

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**  
**Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos**



Tese

**REVESTIMENTOS À BASE DE AMIDO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE  
PEDÚNCULOS DE CAJU ANÃO PRECOCE E GOIABAS PALUMA**

**Lucia Cesar Carneiro**

Pelotas, 2019

**Lucia Cesar Carneiro**

**Revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos  
de caju anão precoce e goiabas Paluma**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angelita da Silveira Moreira

Coorientadores: Prof. Dr. Álvaro Renato Guerra Dias

Prof. Dr. César Valmor

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edna Maria Aroucha

Pelotas, 2019

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas  
Catalogação na Publicação

C289r Carneiro, Lucia Cesar

Revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 e goiabas Paluma / Lucia Cesar Carneiro ; Angelita da Silveira Moreira, orientadora. — Pelotas, 2019.

142 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2019.

1. Revestimentos e filmes comestíveis. 2. Amidos. 3. Qualidade pós-colheita. 4. Caju. 5. Goiaba. I. Moreira, Angelita da Silveira, orient. II. Título.

CDD : 664

Elaborada por Gabriela Machado Lopes CRB: 10/1842

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Cesar Valmor Rombaldi – DCTA/UFPeI

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Angelita da Silveira Moreira – DCTA/UFPeI

Dr. Rufino Fernando Flores Cantillano – EMBRAPA-Pelotas

Prof. Dr. Fabrízio da Fonseca Barbosa – CCQFA/UFPeI

Dedico este trabalho  
à minha amada mãe, Antonia Pereira Cesar  
(*In memoriam*), ao meu pai Francisco Carneiro  
Freire e meus irmãos, pelo amor.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a vida, esta oportunidade e pela presença em todo instante.

Ao Instituto Federal-RN, por minha liberação para a realização deste estudo.

À UFPel, pela oportunidade e condições oferecidas durante a realização do curso.

Aos professores do curso, pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

À prof<sup>a</sup>. Angelita da Silveira, pela segura orientação e poder contar sempre com seu apoio.

À prof<sup>a</sup>. Claire Tondo Vendruscolo, pelo engajamento na busca de aprovação do projeto e pela orientação no início deste estudo.

À UFERSA-RN, na pessoa da professora Edna Maria Mendes Aroucha, pelo acolhimento junto ao Laboratório de Tecnologia de Alimentos, onde parte experimental deste estudo foi realizada, pela contribuição científica, pela confiança, e por poder contar com sua amizade.

Aos professores Cesar Valmor Rombaldi e Álvaro Dias Guerra, pela oportunidade de me ouvirem em momentos de angústias e contribuírem com sábios conhecimentos.

À professora Patrícia Diaz, pelas sugestões e colaboração na realização de análises.

À prof<sup>a</sup>. Elessandra Zavareze, pela viabilização de análises de amidos e compartilhar seus ensinamentos.

Aos bolsistas graduandos e colegas pós-graduandos do Laboratório de Biopolímeros-CEDTEC-UFPel-RS, pela disponibilidade e colaboração em parte dos experimentos. Em especial, à Amanda Rodrigues Ávila, pelas sugestões, ajuda na realização de experimentos e pelo convívio social.

Aos colegas do curso e integrantes dos laboratórios de Pós-Colheita, Industrialização e Qualidade de Grãos Vânia, Shanize, Rosana, e Josiane, pela colaboração sempre que precisei.

Ao Gustavo, técnico do Laboratório de Tec. de Alim. - UFERSA-RN e bolsistas Thiago Rafaela, Nicolas, Bruno e Cristiane, pelo convívio e pela colaboração sempre que precisei.

Ao Thiago de Oliveira, doutorando do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRESA-RN e Nicolas de Araújo integrante do Laboratório de Tec. de Alimentos, pelas sugestões e colaboração na realização das análises estatísticas.

Às amigas de convívio social Conceição e Maynomy, pelas encorajadas conversas.

À Maria de Moraes, pela humildade em compartilhar dos seus conhecimentos, pelo convívio em Laboratório, na vida social e pela eterna amizade.

A todos que de alguma forma, contribuíram com a realização deste trabalho.

## RESUMO

CARNEIRO, Lucia Cesar. **Revestimentos à base de amido na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 e goiabas Paluma**. 2019. 142f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

Este trabalho teve por objetivos prolongar a vida pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce do clone - CCP-76 e goiabas Paluma, por meio de atmosfera modificada obtida com revestimentos à base de amidos. O estudo foi dividido em duas etapas. No primeiro momento obteve-se xantana pruni para uso como estabilizante dos revestimentos; e amidos de arroz, feijão e de mandioca, que foram modificados por tratamento térmico de baixa umidade - TTBU (24% de água/110°C/60 min). Os amidos nativos e modificados foram caracterizados quanto aos teores de umidade, poder de inchamento (PI), claridade de pastas, índice de cristalinidade e morfologia dos grânulos. Posteriormente, foram produzidos filmes por *casting*, sendo avaliados quanto à morfologia. Os géis ou pastas de amido modificado apresentaram redução no PI, da claridade de pastas e do índice de cristalinidade. O TTBU gerou filmes com melhor continuidade da matriz em comparação com filmes de amidos nativos. A segunda etapa constou de três experimentos, com aplicação de recobrimentos em frutos, sendo, dois em pedúnculos de caju anão clone (CCP) 76 e outro com goiabas Paluma. No primeiro experimento com caju foram testados dois revestimentos à base de amidos nativos e xantana: (T1) 3,0% amido de arroz, 0,3% xantana e 3,0% sorbitol (m/v); (T2) 3,0% amido de feijão, 0,3% xantana e 3,0% sorbitol (m/v), frutos sem revestimento serviram como controle. Os frutos foram recobertos por imersão e armazenados a  $7\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $90\pm 5\%$  UR, por 8 dias. Avaliou-se a perda de massa (PM), firmeza de polpa (N); aparência externa (AE); sólidos solúveis ( $^\circ\text{Brix}$ ), acidez titulável (AT), pH, vitamina C e coloração ( $L^*$ ,  $c^*$  e  $^\circ\text{Hue}$ ). Os revestimentos incrementaram a aparência, mas não foram eficientes para retardar a PM. No segundo experimento com caju foram testados quatro revestimentos à base de amidos modificados fisicamente por TTBU, xantana ou quitosana: (T1) 4,0% amido de arroz, 0,3% xantana, 2,0% sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v); (T2) 4% amido de arroz, 0,7% quitosana, 2,0% sorbitol e 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3) 4% amido de mandioca, 0,3% xantana, 2,0% sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio; (m/v); (T4) 4,0% amido de mandioca, 0,7% quitosana, 2,0% sorbitol, 0,02% de fosfato de cálcio (m/v). Previamente foram elaborados filmes por *casting*, avaliando-se a espessura, permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade em água e opacidade. A combinação dos amidos com quitosana gerou filmes mais finos, com menor PVA. As soluções aplicadas como revestimentos foram eficazes no retardo da degradação da vitamina C por até quatro dias de armazenamento em condições semelhantes ao experimento anterior. Para o experimento com recobrimentos em goiabas Paluma, foram estudados quatro tipos de revestimentos à base de amido nativo e modificado de mandioca e quitosana: (1) 3,0% amido de mandioca (AM), 0,3% quitosana (Q); 0,9% sorbitol (S) m/v; (2) 3% AMM, 0,3% Q, 0,9% S (m/v); (3) 2,7% AM, 0,6% Q, 0,9% S (m/v); (4) 2,7% AMM, 0,6% Q, 0,9% S (m/v). Investigou-se as propriedades de filmes elaborados por *casting*, incluindo umidade, solubilidade em água, espessura, PVA, resistência à tração e alongação e morfologia. A combinação da menor concentração de amido com a maior concentração de quitosana (T3 e T4) tornou os filmes mais resistentes à tração e alongação, mas, o uso do amido modificado resultou em menor



luminosidade e aumento da opacidade. Os revestimentos aplicados em goiabas proporcionaram redução da PM ao longo do armazenamento ( $8\pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90\pm 2\%$ ) por 20 dias, comparados aos frutos do tratamento controle. O revestimento composto com a maior concentração de amido nativo (T1) foi o mais eficiente, proporcionando redução de 34% de perda de massa em relação aos frutos não revestidos. Para a cor, após oito dias de armazenamento até 20 dias o melhor desempenho foi alcançado pela utilização do revestimento com a menor concentração de amido modificado. Com o avanço do tempo de armazenamento os frutos revestidos mantiveram maiores teores de carotenoides totais e de clorofilas totais quando comparados aos frutos não revestidos.

**Palavras-chave:** revestimentos e filmes comestíveis, amidos, qualidade pós-colheita, caju, goiaba.

## ABSTRACT

CARNEIRO, Lucia Cesar. **Coatings based on starches at post-harvest conservation of peduncles of dwarf cashew clone - CCP-76 and guavas Paluma.** 2019. 142f. Thesis (Doctor's degree). Thesis (Doctoral) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brazil.

The objective of this work was to prolong the post-harvest life of cashews of the clone - CCP-76 and guavas Paluma by means of a modified atmosphere obtained with coatings based on starches. The study was divided into two stages. Firstly, xanthan pruni was obtained for use as coat stabilizer; and rice, bean and cassava starches modified by low moisture heat treatment - TTBU (24% water/110°C/60 min). The native and modified starches were characterized as moisture content, swelling power (PI), paste clarity, crystallinity index and morphology of the granules. Subsequently, films were produced by casting, being evaluated for morphology. The gels or pastes of modified starch presented reduction in swelling power, pulp clarity and crystallinity index. TTBU generated films with better matrix continuity compared to native starch films. The second stage consisted of three experiments, with application of coatings in fruits, being two in peduncles of dwarf cashew clone - CCP-76 and other with guavas Paluma. In the first cashew experiment, two coatings based on native starches and xanthan were tested: (T1) 3.0% rice starch (RS), 0.3% xanthan and 3.0% sorbitol (w/v); (T2) 3.0% bean starch (BS), 0.3% xanthan and 3.0% sorbitol (w/v), uncoated fruits served as controls. The fruits were covered by immersion and stored at  $7\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $90\pm 5\%$  RH, for 8 days. Mass loss (ML), pulp firmness (N); external appearance (EA); soluble solids ( $^\circ\text{Brix}$ ), titratable acidity (TA), pH, vitamin C and coloration ( $L^*$ ,  $c^*$  and  $^\circ\text{Hue}$ ). Uncoated fruits served as controls. Coatings increased appearance, but were not efficient to retard ML. In the second cashew experiment, four coatings based on physically modified starches (MS), xanthan or chitosan were tested: (T1) 4.0% rice starch 0.3% xanthan; 2.0% sorbitol and 0.02% calcium phosphate (w/v); (T2) 4% rice starch, 0.7% chitosan, 2.0% sorbitol and 0.02% calcium phosphate (w/v); (T3) 4% cassava starch (CS), 0.3% xanthan, 2.0% sorbitol and 0.02% calcium phosphate; (w/v); (T4) 4.0% cassava starch, 0.7% chitosan, 2.0% sorbitol, 0.02% calcium phosphate (w/v). Previously, casting films were prepared, evaluating the thickness, water vapor permeability (WVP), water solubility, opacity. The combination of the starches with chitosan generated thinner films, with lower WVP. The solutions applied as coatings were effective in delaying degradation of vitamin C for up to four days of storage under conditions similar to the previous experiment. For the experiment with guavas Paluma, four types of native and modified starch-based coatings of cassava and chitosan were studied: (1) 3.0% cassava starch (CS), 0.3% chitosan (Ch); 0.9% sorbitol (S) w/v; (2) 3% MCS, 0.3% Q, 0.9% S (w/v); (3) 2.7% CS, 0.6% Q, 0.9% S (w/v); (4) 2.7% MCS, 0.6% Q, 0.9% S (w/v). The properties of cast films, including moisture, water solubility, thickness, WVP, tensile strength and elongation and morphology were investigated. The combination of the lower starch concentration and the higher chitosan concentration (T3 and T4) made the films more tensile and elongation resistance, but the use of the modified starch resulted in lower luminosity and increased opacity. The coatings applied in guavas provided LM reduction throughout the storage ( $8\pm 1$  and  $\text{RU } 90\pm 2\%$ ) for 20 days, compared to the fruits of the control treatment. The composite coating with the highest native starch concentration (T1) was the most efficient, providing a 34% reduction in relation to uncoated fruits.

For color, after eight days of storage up to 20 days the best performance was achieved by the use of the coating with the lowest modified starch concentration, a fact evidenced by the lower values of chroma and higher values of °Hue. With the advancement of storage, time the coated fruits maintained higher total carotenoids and total chlorophyll content when compared to uncoated fruits.

**Key words:** edible coatings and films, starches, post-harvest quality, cashew, guava.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cajueiro anão CCP-76 (à esquerda) e seu fruto apresentando pedúnculo laranja-avermelhado (à direita), em Pacajus. Fonte: EMBRAPA-CE.....	29
Figura 2 - Caju - CP-76: castanha (fruto verdadeiro) e pedúnculo (pseudo-fruto). Fonte: Embrapa-CE. ....	29
Figura 3 - Castanha-de-caju com a amêndoa em seu interior. Fonte: Serrano; Pessoa, 2018.....	30
Figura 4 - Fruto de goiabeira, variedade Paluma', com polpa vermelha. Fonte: Jaboticabal – UNESP.....	34
Figura 5 - Estrutura da amilose. Fonte: Adaptado de WADUGE, 2002. ....	43
Figura 6 - Estrutura da amilopectina. Fonte: Adaptado de WADUGE, 2002.....	44
Figura 7 - Representação da estrutura da xantana. Fonte: Adaptado de Azuaje; Sánchez (1999).....	48
Figura 8 - Representação esquemática da estrutura primária da celulose e da quitosana, sendo o n o grau de polimerização. Fonte: Assis et al., 2003. ....	50
Figura 9 - Difractograma de raios-X e cristalinidade relativa dos amidos de amidos de mandioca arroz (AA), amido de arroz modificado (AAM), amido de mandioca (AM), amido de mandioca modificado (AMM), tratados por TTBU. ....	62
Figura 10 - Grânulos de amidos nativos de arroz (A) e modificado (B) e submetidos a tratamento térmico com baixa umidade 25% (C) e (D).....	64
Figura 11 - Filmes obtidos com amidos nativos de mandioca (A) e de arroz (C) e modificados por tratamento térmico com baixa umidade (25%), mandioca (B) e arroz (D).....	65
Figura 12 - Aparência externa de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76: Testemunha; revestimentos com: 3% de amido de feijão, 0,3% de xantana; 3,0% de sorbitol (m/v); 3,0% de amido de arroz, 0,3% de xantana e 3,0% de sorbitol (m/v), armazenados a 7±1°C, UR 90±5%.....	73
Figura 13 - Valores médios das coordenadas L* (A), perda de massa (B), firmeza (C) e vitamina C (D) de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados a 7±1°C, UR 90±5% durante 8 dias. ....	74

Figura 14 - pH (A), acidez titulável em ácido cítrico (B), sólidos solúveis ( <sup>o</sup> Brix) (C), açúcares redutores em percentual (D) e relação SS/AT (E) de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados a 7±1°C, UR 90±5%, durante oito dias.....	78
Figura 15 - Aparência dos filmes elaborados com: (T1) 4% de amido de arroz modificado, 0,3% de xantana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v); (T2) 4% de amido de arroz modificado, 0,7% de quitosana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato (m/v); (T3) 4% de amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% de quitosana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato (m/v) e (T4) 4,0% de amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% de quitosana, 2,0% de sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v). ....	92
Figura 16 - Valores médios perda de massa (A), aparência externa (B), sólidos solúveis (E), Ângulo Hue (C), Luminosidade (D) e aparência externa (F) pedúnculos de caju revestidos com amidos de arroz e de mandioca, com adição de xantana e quitosana, isoladamente, sorbitol e fosfato de sódio, armazenados à 7±1°C e UR 90±2%.....	98
Figura 17 - Valores médios de pH (A), acidez total (B), vitamina C (C) e açúcares solúveis totais (D) de pedúnculos de caju, do clone CCP-76, armazenados à 7±1°C e UR 90±2%.por oito dias, sob atmosfera modificadas por revestimentos comestíveis. Tratamentos: (T1) 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T2): 4% amido de arroz modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3): 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T4): 4% amido de mandioca modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T5) controle. ....	100
Figura 18 - Morfologia da superfície dos filmes com 3% de amido nativo e 0,3% de quitosana (A); 3% de amido modificado e 0,3% de quitosana (B); 2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana (C) e 2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana (D)....	111
Figura 19 - Perda de massa (A) e firmeza de polpa (B) em goiabas Paluma durante o armazenamento refrigerado, com diferentes revestimentos filmogênicos; T1 (3% de amido nativo e 0,3% de quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle). ....	117
Figura 20 - Clorofila a (A) clorofila b (B) e clorofila total (C) de goiaba Paluma durante o armazenamento (8±1°C e UR 90±2%). T1 (3% de amido nativo e 0,3% de	

quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle)..... 119

Figura 21 - Índice croma (A) e ângulo Hue da casca de goiabas (B); índice croma (C) e ângulo Hue da polpa de goiabas (D) durante o armazenamento refrigerado de 20 dias, com diferentes revestimentos filmogênicos. T1 (3% de amido nativo e 0,3% de quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle)..... 120

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias do poder de inchamento (PI) (g/g), em diferentes temperaturas, de amidos de mandioca e de arroz nativos e modificados por térmico com baixa umidade (TTBU) (25%, 110°C, por 60 minutos). .....	59
Tabela 2 - Médias da claridade de pastas (Abs a 650 nm) de géis de amidos de mandioca e de arroz nativos e modificados por térmico com baixa umidade (TTBU). .....	60
Tabela 3 - valores dos ângulos principais dos difratogramas de raios X e cristalinidade relativa dos amidos de mandioca e arroz nativos e modificados por TTBU. ....	63
Tabela 4 - Valores médios das variáveis de cor, L*, c* e °H* de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76. ....	73
Tabela 5 - Composição das soluções filmogênicas utilizadas para obtenção de filmes aplicados como revestimentos em pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados e 7±1°C, 90±5%, durante oito dias. ....	877
Tabela 6 - Espessura, permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade e opacidade de filmes constituídos de amidos nativos e modificados fisicamente em combinação com xantana e quitosana, isoladamente. ....	93
Tabela 7 - Valores médios de aparência externa (AE), perda de massa (PM), luminosidade (L*), coordenada b*, ângulo Hue (°H), sólidos solúveis (SS) de pedúnculos de caju anão precoce, CCP-76, submetidos à aplicação de diferentes revestimentos com amidos modificados fisicamente em combinação com xantana ou quitosana, armazenados à 7±1°C, UR 90±5%. ....	95
Tabela 8 - Teor de umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes compostos com amido de mandioca nativo ou modificado e quitosana. ....	112
Tabela 9 - Parâmetros de cor e opacidade dos filmes de amido de mandioca nativo ou modificado e quitosana. ....	114
Tabela 10 - Propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água dos filmes a base de amido nativo ou modificado e quitosana. ....	114
Tabela 11 - Teor de carotenoides totais e firmeza de polpa de goiabas Paluma durante o armazenamento refrigerado submetidas à aplicação de diferentes recobrimentos filmogênicos. ....	118

## LISTA DE ABREVIações

A	Área exposta do filme (m <sup>2</sup> )
A	Área da secção transversal do filme (m <sup>2</sup> );
Aa	Área amorfa
AA	Amido de mandioca arroz
AAM	Amido de arroz modificado
Ac	Área da região cristalina;
AE	Aparência externa
AM	Amido de mandioca
AMM	Amido de mandioca modificado
ANN	Annelling - tratamento com elevada umidade
AP	Diferencial de pressão de vapor de água através do filme
AP	Aparência externa
AP	Diferencial de pressão de vapor de água através do filme
AST	Açúcares solúveis totais
C*	Cromaticidade (c)
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
Do	Separação inicial entre as garras (cm);
Dr	Separação entre as garras no momento da ruptura (cm);
E	Elongação (%)
FM	Força máxima no momento da ruptura (N)
Fm	Força máxima no momento da ruptura (N)
Fm	Força máxima no momento da ruptura (N)



GD	Grau de desacetilação
H°	Ângulo Hue
IC	Índice de cristalinidade
L	L é a espessura inicial do filme (mm)
L*	Luminosidade
m/v	Massa volume
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
Mf	Massa final da amostra (g)
m <sub>f</sub>	Massa final da amostra (g)
M <sub>i</sub>	Massa inicial da amostra (g)
MS	Porcentagem de material solubilizado
MS	Porcentagem de material solubilizado
N	Newton
OP	Opacidade do filme em (%).
Op	Opacidade do filme sobreposto a um fundo branco
Opb	Opacidade do filme sobreposto a um fundo branco
Opn	Opacidade do filme sobreposto a um fundo negro
P	Diferença de pressão parcial de vapor de água a 100% UR e 0% UR, ambos a 27°C.
P.A	Pró análise
pH	Potencial hidrogeniônico
PM	Perda de massa
PVA	Permeabilidade ao vapor de água
PVC	Polietileno ou policloreto de polivinila
RT	Resistência à tração (Mpa)
SF	Solução filmogênica

SS	Sólidos solúveis
SS/AT	Relação sólidos solúveis/acidez titulável
T	Tempo de armazenamento (dias)
TTBU	Tratamento térmico com baixa umidade
UR	Umidade relativa (%)
w/t	Relação obtida por meio de regressão linear feita a partir dos dados colhidos de ganho de massa (w) e tempo (t)
x	Espessura do filme (mm)
$\Delta P$	Diferença de pressão parcial (kPa)
$\Delta W$	$\Delta W$ é o ganho de massa pela célula (g)

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	22
2 OBJETIVOS .....	25
2.1 Objetivo geral .....	25
2.2 Objetivos Específicos .....	25
3 HIPÓTESE .....	26
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	27
4.1 Cajueiro .....	27
4.1.1 Origem, aspectos botânicos históricos, produção e importância econômica .....	27
4.1.2 Características e importância nutricional do pedúnculo de caju .....	30
4.1.3 Conservação pós-colheita .....	31
4.2 Goiaba .....	32
4.2.1 Origem, aspectos botânicos, de produção e importância sócio-econômica .....	32
4.2.2 Características do fruto da goiabeira .....	33
4.3.3 Importância nutricional e tecnológica .....	35
4.3.4 Conservação pós-colheita .....	36
4.3 Revestimentos comestíveis biodegradáveis .....	37
4.3.1 Contexto histórico, constituintes e finalidades .....	38
4.3.2 Preparo e aplicação dos revestimentos .....	40
4.3.3 Propriedades dos filmes .....	41
4.4 Amido .....	43
4.4.1 Fontes, estrutura química e propriedades .....	43
4.4.2 Modificação física do amido .....	46
4.5 Xantana .....	47
4.6 Quitosana .....	49
5 CAPÍTULO 1 - PROPRIEDADES E APLICABILIDADE EM FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDOS DE MANDIOCA E DE ARROZ SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO COM BAIXA UMIDADE .....	52
5.1 Introdução .....	53
5.2 Material e métodos .....	55
5.2.1 Obtenção e modificação dos amidos .....	55
5.2.2 Caracterização dos amidos .....	56

5.2.3	Elaboração dos filmes e análise da morfologia .....	57
5.2.4	Análise estatística .....	58
5.3	Resultados e discussão .....	58
5.4	Conclusão.....	65
6	CAPÍTULO 2 - CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE CAJU ANÃO PRECOCE CCP-76 POR REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE AMIDO DE ARROZ E FEIJÃO SOB REFRIGERAÇÃO .....	66
6.1	Introdução.....	67
6.2	Material e métodos .....	70
6.2.1	Material.....	70
6.2.2	Preparo e aplicação dos revestimentos .....	70
6.3	Resultados e discussão .....	72
6.4	Conclusão.....	80
7	CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DE FILMES DE AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS FISICAMENTE, ADICIONADOS DE QUITOSANA E XANTANA E EFEITOS DE REVESTIMENTOS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE CAJU CCP-76 .....	81
7.1	Introdução.....	82
7.2	Material e métodos .....	85
7.2.1	Material.....	85
7.2.2	Métodos.....	86
7.3	Resultados e discussão .....	91
7.3.1	Avaliação macroscópica dos filmes .....	91
7.3.2	Avaliação de propriedades de transporte, opacidade e solubilidade dos filmes.....	92
7.3.3	Efeito dos revestimentos.....	95
7.4	Conclusão.....	102
8	CAPÍTULO 4 - FILMES À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA NATIVO E MODIFICADO COM ADIÇÃO DE QUITOSANA E SEUS IMPACTOS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS 'PALUMA' .....	103
8.1	Introdução.....	104
8.2	Material e métodos .....	105
8.2.1	Material.....	105

8.2.2	Modificação física do amido.....	106
8.2.3	Elaboração dos filmes.....	106
8.2.4	Morfologia dos filmes.....	107
8.2.5	Umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes.....	107
8.2.6	Cor e opacidade dos filmes.....	107
8.2.7	Permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes.....	108
8.2.8	Propriedades mecânicas dos filmes.....	108
8.2.9	Aplicação dos revestimentos em goiabas 'Paluma'.....	109
8.2.10	Perda de massa dos frutos.....	109
8.2.11	Firmeza de polpa dos frutos.....	109
8.2.12	Teores de clorofilas totais e carotenoides dos frutos.....	109
8.2.13	Parâmetros de cor dos frutos.....	110
8.2.14	Análise estatística.....	110
8.3	Resultados e discussão.....	111
8.3.1	Morfologia dos filmes.....	111
8.3.2	Umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes.....	112
8.3.3	Cor e opacidade dos filmes.....	113
8.3.4	Propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água dos filmes.....	114
8.3.5	Perda de massa e firmeza de polpa dos frutos.....	115
8.3.6	Teores de carotenoides totais, clorofila a, b, total e firmeza de polpa dos frutos.....	117
8.3.7	Parâmetros de cor dos frutos.....	119
8.4	Conclusão.....	121
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
10	REFERÊNCIAS.....	123

## 1 INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira tem apresentado tendência de crescimento nos últimos anos. Em 2014, atingiu em média 43,6 milhões de toneladas, ficando abaixo somente da China e Índia (FAO, 2017). Paralelamente, tem havido uma grande demanda pelo consumo de frutos *in natura*, motivada pela divulgação de estudos que enfatizam os efeitos benéficos da ingestão de frutas para a saúde. A junção desses fatos contribuiu com o aumento de filmes plásticos sintéticos não biodegradáveis utilizados como revestimento dos frutos, com a finalidade de modificar a atmosfera em torno dos frutos e estender o tempo de vida útil pós-colheita.

As ceras naturais de carnaúba e abelha e de origem petroquímica, como as de parafina, também têm sido usadas há várias décadas como recobrimentos de frutos cítricos, maçãs, mangas, goiabas e outros (JACOMINO et al. 2003). Esses materiais visam minimizar a perda de água por transpiração, tornar as superfícies dos frutos com aparência mais atrativa, criar uma atmosfera de modo que possa reduzir a atividade respiratória e a transpiração com manutenção dos atributos de qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nas últimas décadas, materiais biodegradáveis têm ganhado interesse no desenvolvimento de materiais de embalagem biodegradáveis, com vista à redução de impacto ambiental e a crescente demanda por alimentos seguros. Os polissacarídeos, proteínas, lipídeos e derivados são os materiais alternativos ao uso de filmes sintéticos e ceras.

O amido de mandioca tem sido vastamente estudado, devido à abundância, por apresentar baixo custo, boas propriedades de formação de gel translúcido, capacidade de gerar filmes transparentes e brilhantes, com boa barreira a gases, como  $O_2$  e  $CO_2$  (KESTER; FENNEMA, 1986; CEREDA, 2002), características importantes para aumentar longevidade de frutos frescos, mantendo a aparência atrativa.

O fruto do cajueiro, constituído pela castanha (verdadeiro fruto) e pedúnculo (pseudofruto) é encontrado em abundância nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, maiores produtores brasileiros de castanha de caju (IBGE, 2018). Apresenta grande importância socioeconômica e alimentar na região Nordeste (CAVALCANTI, 2002). O pedúnculo, que é a parte comestível representa boa fonte de vitamina C e de compostos fenólicos (AGUIAR, 2001). Ainda assim, as perdas

pós-colheita são estimadas entre 80% a 90%. Os maiores problemas associados com as perdas pós-colheita são: a elevada perecibilidade, epicarpo extremamente fino, condições que tornam sensíveis a danos mecânicos, durante a colheita e transporte, ao murchamento e degradação da cor (MENEZES; ALVES, 1995).

Os estudos que abordam a conservação pós-colheita do pedúnculo de caju são focados no uso da refrigeração ( $5\pm 2^{\circ}\text{C}$  e 85-90% de UR), em combinação com filme plástico não biodegradável (MENEZES, 1992; FIGUEIREDO, 2000; MORAIS et al. 2002; FIGUEIREDO et al. 2007; MOURA et al., 2010). O emprego de revestimento biodegradável ainda é incipiente.

O cultivo de goiabeiras é importante para a economia brasileira, sua produção comercial predomina nas regiões Sudeste e Nordeste, com maior produção registrada nos estados de São Paulo, Pernambuco e Bahia. Mas a planta se adequa perfeitamente as diversas regiões e há possibilidade de colheita o ano todo (AGRIANUL, 2015). A goiaba, além de possuir sabor e aroma agradáveis, é boa fonte de vitamina C, licopeno, fibra alimentar, potássio, cálcio e ferro (ROZANE et al., 2018; MANICA, 2000). Mas é um fruto que apresenta intensa atividade respiratória após a colheita (HONG et al., 2012), o que torna necessário e urgente adoção de métodos de conservação.

A longevidade e manutenção da qualidade pós-colheita de goiabas tem sido alcançada por meio da refrigeração (8 a  $10^{\circ}\text{C}$ ) em combinação com filmes plásticos não biodegradáveis e uso de ceras, como modificadores da atmosfera (PEREIRA et al., 2006; JACOMINO, 2003). Na tentativa de manter a textura e a firmeza e reduzir a taxa respiratória tem sido utilizado inibidores da ação do etileno, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP) e aplicação de cálcio pós-colheita, pois de acordo com Mota (2002), o cálcio atua na regulação do amolecimento de frutos, formando pontes entre ácidos pécticos e polissacarídeos.

Oliveira (1996) relata que o uso de ceras em frutos, além de ter custo elevado deixa sabor residual e favorece maior impacto ambiental. Assim, nas últimas décadas os revestimentos biodegradáveis têm constituído objeto de estudos de muitos pesquisadores (VILA et al., 2007; OSHIRO et al., 2012; HONG et al. 2012).

Novos estudos com revestimentos biodegradáveis são interessantes para ampliar a utilização de materiais de embalagens renováveis e biodegradáveis, atender a demanda de casas de embalagens para frutos frescos que estão atentas a questão

ambiental, bem como, às exigências de consumidores que estão buscando uma alimentação saudável. Ademais, as características peculiares de cada variedade de goiabas não possibilita o uso de um revestimento único.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Investigar os efeitos de revestimentos à base de amidos nativos e modificados fisicamente e associados à xantana ou quitosana na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce – CCP-76 e goiabas Paluma.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Extrair amidos de arroz e de feijão e adquirir amido de mandioca, modificá-los fisicamente por tratamento térmico de baixa umidade e caracterizá-los quanto aos teores de umidade, poder de inchamento, claridade de pastas ou géis, índice de cristalinidade e morfologia dos grânulos;
- Desenvolver soluções filmogênicas, elaborar filmes por *casting* e avaliar propriedades mecânicas, de barreira, solubilidade e características morfológicas;
- Aplicar os revestimentos e avaliar os efeitos na redução da perda de massa e na qualidade de pedúnculos de caju clone CCP-76 e goiaba Paluma ao longo do armazenamento sob refrigeração.

### **3 HIPÓTESE**

Revestimentos à base de amido reduzem a perda de massa, minimizam a intensidade de maturação e tornam a aparência externa de caju e goiaba mais atrativa; as propriedades funcionais dos revestimentos são melhoradas pela modificação física do amido e pela combinação com outros polímeros como a quitosana e xantana.

## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 Cajueiro

#### 4.1.1 Origem, aspectos botânicos, históricos, produção e importância econômica

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma planta pertencente à família das *Anacardiaceae*, nativa do nordeste Brasileiro, pois quando os colonizadores chegaram ao Brasil já encontraram amplamente disseminados no litoral nordestino, na vegetação de praias, dunas e restingas. Depois foram encontradas outras espécies nos biomas Amazônia e Cerrado (LIMA, 1998; SERRANO PESSOA, 2016). Atualmente, encontra-se disseminado em vários países, levado pelos colonizadores desde o século XIV, entre 1563 e 1578 (VIDAL, 2016).

Segundo a FAO (2016) a Nigéria, a Índia e Costa do Marfim foram os maiores produtores mundiais de castanha de caju em 2014, com aproximadamente 60,0% da produção global do produto. Referente à produção nacional da castanha de caju, em 2018 foi estimada em 127,907 t, a região Nordeste foi responsável por 126,179 t, sendo o Ceará o maior produtor, com 68.097 t, seguido do Piauí 25.716 t e pelo Rio Grande do Norte com 18.983 t (IBGE, 2017).

De acordo com Serrano; Pessoa (2016), os primeiros modelos de cultivo do cajueiro foram extrativistas. Na década de 1950, devido à crescente demanda pela amêndoa da castanha de caju (ACC), deu-se início aos primeiros plantios organizados de cajueiro no Nordeste, mais precisamente no Ceará. A partir de 1956 foram iniciadas as pesquisas com o cajueiro anão precoce, no município de Pacajus, Ceará.

Conforme Vidal (2016) o cajueiro foi implantado comercialmente no Nordeste na década de 1970 por meio de programas governamentais, que também apoiaram o desenvolvimento da indústria de processamento da castanha de caju. Contudo, o cultivo comercial só foi iniciado em 1983, com o lançamento dos clones CP06 e CCP-76 (1983) e CCP-09 e CCP 1001 (1987); Embrapa 50' e 51' (1996); BRS 189 (2000); BRS 226' (2002); BRS 265' (2005); BRS 274' (BARROS et al. 1984; BARROS, 1988; ALMEIDA et al., 1983), alguns mais direcionados para cultivo de sequeiro e irrigação, alguns mais indicados para o segmento de mesa, outros para a produção de castanha (PAIVA; BARROS, 2004).

A relevância dos clones de cajueiro anão precoce deve-se a maior produtividade da castanha, o porte baixo da planta, que favorece a colheita e o melhor aproveitamento do pedúnculo, por permitir a colheita antes que o fruto caia no solo, evitando injúrias físico-mecânicas do pedúnculo o que são porta de entrada para microrganismos causadores de podridão (FILGUEIRAS et al., 2002; PAIVA; BARROS, 2004).

No Brasil, a cajucultura concentra-se na região Nordeste, onde, segundo dados do IBGE (2017), a área ocupada com cajueiro em 2017 foi estimada em 535.547 ha, com produção estimada em 134.590 t. Desse total a maior produção foi registrada no Ceará, que atingiu 83.996 t, seguida pelo Rio Grande do Norte, com 26.679 t e o Piauí, com 16.976 t. Nesta região, a cajucultura se destaca como importante geradora de empregos formais e informais no campo e nas unidades fabris de beneficiamento da amêndoa, produto comercial de maior importância econômica; aproveitamento do líquido da castanha (LCC), usado como combustível para avião, base para revestimentos, isolantes elétricos, plastificante para borracha, reveladores fotográficos, tintas, vernizes, esmaltes, abrasivos e outras aplicações e; pequenas agroindústrias voltadas para o beneficiamento do pedúnculo para a produção de polpa, sucos, cajuína, doces diversos e outros usos. Destaca-se ainda a comercialização do fruto para o consumo de mesa (VIDAL, 2016; SERRANO; PESSOA, 2016).

Dentre a diversidade de clones de cajueiro, o CCP-76, objeto de investigação no presente estudo, caracteriza-se por apresentar porte baixo, altura média de 2,68 m e diâmetro médio da copa de 4,98 m no sexto ano de idade (Figura 1). Além do porte baixo, apresenta aproximadamente 338,9 kg/ha no sexto ano de produção, em espaçamento 7x7, peso médio da castanha 8,60 g, amêndoa despeliculada 1,8 g com umidade natural, a relação amêndoa/casca igual a 20,1% e 4,8% de amêndoas quebradas do pedúnculo 135 g. A maior produção registrada pela planta matriz foi de 22 kg (PAIVA; BARROS, 2004).



Figura 1 - Cajueiro anão CCP-76 (à esquerda) e seu fruto apresentando pedúnculo laranja-avermelhado (à direita), em Pacajus. Fonte: EMBRAPA-CE.

Como indicadores agroindustriais do pedúnculo consideram-se: peso médio igual a 135 g e coloração laranja a vermelha. A qualidade para o consumo como fruto de mesa está relacionada com coloração alaranjada a vermelha, boa firmeza, baixo teor de taninos (0,26 a 0,30%), sabor doce (mínimo 10 °Brix), baixa acidez (0,3 a 0,4%) pH entre 3,8 a 4,4 (FILGUEIRAS et al., 2002; PAIVA; BARROS, 2004).

O caju é formado por um pedúnculo, ou pseudofruto, que se forma junto à castanha, o fruto verdadeiro (Figura 2).

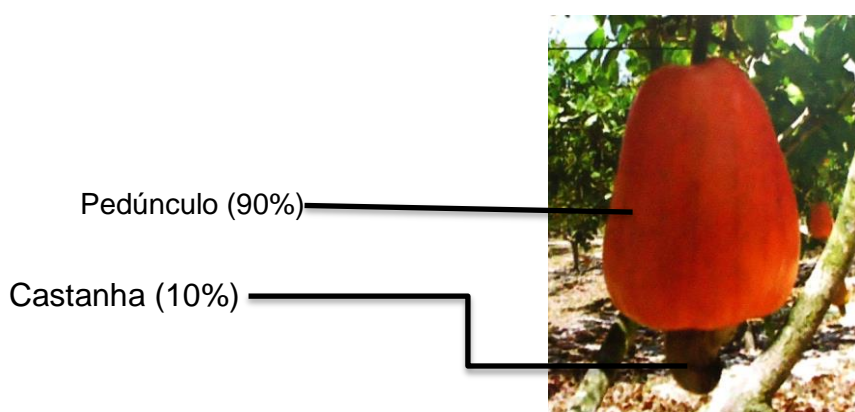


Figura 2 - Caju - CP-76: castanha (fruto verdadeiro) e pedúnculo (pseudo-fruto). Fonte: Embrapa-CE.

A castanha é um aquênio reniforme de cor marrom-acinzentada, é constituída por três camadas: epicarpo, mesocarpo e endocarpo (Figura 3). O epicarpo é a camada mais externa, de consistência coriácea, representando 65% a 70% do peso da castanha. O mesocarpo é uma camada intermediária logo abaixo do epicarpo, apresentando aspecto esponjoso, cujos alvéolos são preenchidos por um líquido

cáustico e inflamável – o líquido da casca da castanha (LCC). O endocarpo é a camada mais interna da castanha, de aspecto duro, e tem a função de proteger a amêndoa (SCHMIDT et al., 2007).



Figura 3 - Castanha-de-caju com a amêndoa em seu interior. Fonte: Serrano; Pessoa, 2018.

Segundo Schmidt et al. (2007), a castanha conserva-se por até um ano sem apresentar grandes perdas, o que garante o fornecimento de amêndoas o ano todo.

Já o pedúnculo, ou falso fruto caracteriza-se por apresentar epiderme extremamente fina e lustrosa, em seu interior há presença de um líquido claro e turvo, com sabor agradável, geralmente doce, mas com certo grau de adstringência, conferido pelos taninos. Quando maduro, apresenta coloração amarela, alaranjada ou vermelha atrativos, dependendo do genótipo. Há também variação nos indicadores agroindústrias como peso médio da castanha e do pedúnculo, relação entre o peso do pedúnculo e o peso da castanha, sólidos solúveis, acidez total, firmeza entre outros (PAIVA; BARROS, 2004).

Ao contrário da castanha, a vida útil pós-colheita do pedúnculo não ultrapassa 24 horas, se armazenado em condições ambientais da região produtora, desprovidos de qualquer revestimento (MENEZES; ALVES, 1995).

#### 4.1.2 Características e importância nutricional do pedúnculo de caju

O caju é classificado como fruto não climatérico, portanto, não apresenta aumento na atividade respiratória, nem mudanças bioquímicas que indiquem amadurecimento após a colheita, deve ser colhido quando apresenta as características ótimas para o consumo, como a coloração alaranjada a vermelha, boa firmeza, baixo teor de taninos (0,26 a 0,30%), sabor doce (mínimo 10 °Brix), baixa

acidez (0,3 a 0,4%) pH entre 3,8 a 4,4. (MENEZES; ALVES, 1995; CHITARRA; CHITARRA, 2005). A colheita manual seletiva é consumidora de mão-de-obra e exaustiva, pela falta comercial de equipamento que possibilite a colheita mecanizada (MARTINS et al., 2009).

Segundo Aguiar (2001), o pedúnculo maduro é boa fonte de vitamina C, cerca de 160 a 387 mg/100g, superando em três a quatro vezes o valor encontrado na laranja, cerca de 50 mg/100g (MENEZES; ALVES, 1995, PAIVA et al., 2000); compostos fenólicos, com destaque para os taninos, teor médio inferior a 0,35% (SOARES, 1986); carotenoides totais, compreendidos 12 a 18 mg/g de fruto fresco, com média de 21,2% (SAMPAIO, 1990); açúcares totais 8,55 a 9,67% e açúcares redutores 8,08 a 8,30% (MAIA et al., 2004), contém ainda, vitaminas B1 e B2, minerais como cálcio, fósforo, entre outros (ARAÚJO, 2004). Além do ácido ascórbico, há presença dos ácidos málico e cítrico (MENEZES; ALVES, 1995). De modo geral, a importância nutricional do pedúnculo de caju está associada ao conteúdo de vitamina C e de compostos fenólicos que ajudam a proteger as células do sistema imunológico contra os danos dos radicais livres (ARAÚJO et al., 2004).

Para as características de pH, os valores situam entre 4,21 a 4,34 e para acidez total, 0,47 a 0,49 g/100 g (MAIA et al., 2004)

#### 4.1.3 Conservação pós-colheita

Apesar do considerável valor de vitamina C do pedúnculo de caju e demais nutrientes, do seu amplo potencial de industrialização, são estimadas 80 a 90% de perdas da produção, grande parte ainda no campo. As principais causas de perdas são epiderme fina e delicada, alto teor de umidade e sensibilidade à perda de água, degradação da cor, devido à instabilidade das antocianinas, que predominam sobre a epiderme, susceptibilidade ao ataque fúngico e fermentação. Quando armazenado em temperatura ambiente elevada, com baixa umidade relativa, sem qualquer revestimento protetor conservam-se por aproximadamente 24 h (MENEZES; ALVES, 1995; PAIVA et al., 2000).

O método comercial de conservação consiste no armazenamento refrigerado ( $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), com umidade relativa entre 85 e 90%, envolvido com filme PVC como modificador da atmosfera. Desta forma, Menezes (1992), constatou vida útil pós-colheita de 10 dias para o pedúnculo de caju comum. Enquanto Figueiredo (2000) em

estudo com cajueiro anão precoce, em condições semelhantes observou 20 dias. No estudo de Moraes et al. (2002), o uso da refrigeração ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $85\pm 3\%$  de UR), associado com a atmosfera modificada com PVC de  $15\ \mu\text{m}$  proporcionou 15 dias de conservação para o clone 157 e de até 25 dias para os clones CCP-76 e END-183. Moura et al. (2010) em seus estudos com o armazenamento de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce (CCP-76 e END 183), objetivando aumento de vida útil, pela redução da temperatura, passando de  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  para  $3^{\circ}\text{C}$  observaram aumento de 10 dias da vida útil pós colheita para os pedúnculos do clone END 183 e, 18 dias para o clone CCP-76, com reduzida perda de massa, da firmeza e antocianinas totais ao longo do período de armazenamento. Figueiredo et al. (2007) investigando a aplicação pós-colheita de cálcio (0,5 e 2,0%) em combinação com atmosfera modificada com PVC e refrigeração  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $85\pm 3\%$  de UR, observaram que o uso do cálcio aumentou os teores de cálcio nos pedúnculos, promovendo maior resistência pós-colheita.

Estudos com revestimentos comestíveis à base de amido e quitosana são escassos, o que torna importante investigar outras formas de revestimentos utilizando polímeros renováveis, biodegradáveis e comestíveis, em combinação com a refrigeração.

## 4.2 Goiaba

### 4.2.1 Origem, aspectos botânicos, de produção e importância socioeconômica

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertence à família Myrtaceae, que compreende mais de 100 gêneros e 300 espécies, nem todas produzem frutos comestíveis (JAISWAL; JAISWAL, 2005). É natural da América Tropical, possivelmente entre o México e o Peru, onde ainda pode ser encontrada em estado silvestre. Sua capacidade de dispersão e rápida adaptação a diferentes ambientes possibilitaram a presença dessas *Mirtaceae* em amplas áreas tropicais e subtropicais do globo, sendo mesmo considerada uma praga em algumas regiões (MENZEL, 1985).

Esta fruteira apresenta grande variedade de cultivares, algumas são mais populares apenas em seus próprios locais de origem, outras se encontram dispersas por diversos países. As variedades mais representativas são: Lalit, Xa ly nghe, Ruot hong da lang, Xa ly don, Paluma, Rica, Pedro Sato, Cultivar Kumagai (polpa branca),



Sassaoka, Século XXI, Ruby Suprema Pedra Branca, Branca de Valinhos, Ogawa branca (POMMER et al., 2006).

No Brasil, há uma grande variedade de população de goiabeiras, introduzidas a partir de genótipos provenientes principalmente da Austrália, dos Estados Unidos e da Índia (KAVATI, 1997). Como principais cultivares destacam-se: Kumagai, Pedro Sato, Sassaoka, Paluma, Rica e Século XXI.

O cultivo comercial de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) representa importante papel na economia do Brasil. Ocorre em vários estados, mas a produção em escala comercial concentra-se nas regiões Sudeste e Nordeste, com destaque para os estados de São Paulo, Pernambuco e Bahia, principais produtores. Em 2016, a área plantada com frutíferas no Brasil foi estimada em 2.633.472 ha. Desse total, 17.688 ha foi ocupada com goiabas e, a produção atingiu em torno de 424.305 t (IBGE, 2016).

De acordo com Gonzaga Neto; Soares (1994) o cultivo de goiabas em escala comercial teve início na década de 70, quando grandes áreas tecnificadas foram implantadas, com produção direcionada para os mercados nacional e internacional, na forma *in natura*, industrializada (doces e sucos) e desidratada.

O fruto da goiabeira é do tipo baga, apresentando formato predominantemente ovulado, periforme e arredondado, com diâmetro médio de 5 a 7 cm e peso médio de 80 g, podendo variar de 300 a 400 g nas cultivares destinada ao consumo de mesa. A cor da polpa dos frutos apresenta diversas tonalidades, como branca, creme, amarelada, rosada e vermelha, sendo o vermelho dominante sobre o branco. As de polpa branca são muito conhecidas internacionalmente, principalmente na Europa, onde são exóticas e consumidas em saladas. As de polpa vermelha são preferencialmente voltadas à industrialização e ao consumo *in natura*, notadamente no Brasil. A polpa é sucosa, doce e fragrante, com numerosas sementes reniformes, duras, com tamanho de 2 a 3 mm (ZAMBÃO, 1998).

Sendo a goiaba uma fruta perene, esta frutífera tem se mostrado eficaz na proteção do meio ambiente e fixadora do homem no campo (TORRES et al., 2005).

#### 4.2.2 Características do fruto da goiabeira

Os frutos da goiabeira são bagas, apresentam formato ovulado, piriforme e arredondado, com diâmetro médio de 5 a 7 cm e peso médio de 80 g, ou superior (300 a 400 g) para os cultivares destinados ao segmento de mesa. A cor da casca vai desde

o verde escuro, verde amarelada e amarelada, em função do cultivar, do estágio de maturidade e amadurecimento. A parte interna ou polpa apresenta cor branca, creme, rosada e vermelha, predominando o vermelho. A polpa pode ser grossa ou fina, o suco é doce, com numerosas sementes, reniformes, duras com tamanho de 2 a 3 mm. O aroma também varia de espécie para espécie, podendo ir de suave a agradável (ZAMBÃO, 1998). A espessura de polpa, quantidade e tamanhos das sementes, o sabor e aroma e composição química sofrem influência do cultivar (MANICA, 1984), condições edafoclimáticas e práticas culturais (AZZOLINI et al., 2004).

A goiaba cv. Paluma (Figura 4), fruto de interesse no presente estudo é um clone derivado da Rubi-Supreme, a partir de sementes de polinização aberta. Foi desenvolvida em Jaboticabal - UNESP - Brasil, a partir de um programa de melhoramento, e disponibilizada para os produtores a partir de 1970. As plantas são vigorosas, de crescimento lateral, apresentam boa tolerância à ferrugem, além de serem altamente produtivas, podendo atingir mais do que 50 t/ha. Os frutos são grandes, com peso variável entre 140 a 250 g, formato ovoide, pescoço curto; casca lisa, cor amarela quando madura; polpa de intenso vermelho escuro, consistência firme e grossa (1,3 a 2,0 cm), pequeno percentual de sementes. Apresenta alto teor de sólidos solúveis ( $\pm 10$  °Brix), sabor e aroma agradáveis e rendimento em polpa estimado em 93,76% (POMMER et al., 2006). A produção é direcionada para fins de industrialização e consumo *in natura*.



Figura 4 - Fruto de goiabeira, variedade Paluma', com polpa vermelha. Fonte: Jaboticabal – UNESP.

Quanto ao padrão respiratório, a goiaba é um fruto climatérico, altamente perecível, e completa seu processo de amadurecimento em poucos dias quando mantida em temperatura ambiente, exigindo uma rápida comercialização (BLEINROTH, 1996).

#### 4.3.3 Importância nutricional e tecnológica

A goiaba vem se destacando entre as frutas tropicais e subtropicais devido ao conteúdo de antioxidantes, representados pela vitamina C e carotenoides, especialmente o licopeno. A vitamina C é mais concentrado nos frutos de coloração branca, com valores estimados entre 52 a 219 mg/100g (LIMA et al., 2002), superado pela acerola, que contém entre 843 a 1.598 mg/100g (AGUIAR, 2001) e pelo camu-camu, que apresenta ente 1.420 a 2.994 mg/100g de polpa (FERREIRA; GENTIL, 2000). Dentre os carotenoides, o licopeno, sobressai em frutas vermelhas, com teor médio igual a 6,5 mg/100g, superior aos valores encontrados na melancia (~4,2 mg/100g), grapefruit rosa (~4,2 mg/100g) e tomate (~3,0 mg/100g) (LIMA et al. 2002). Contém ainda provitamina A (~800 mg/100g), fibra alimentar (~5,0 g/100g), (ROZANE et al., 2018); vitaminas do complexo B, como a tiamina (B1), riboflavina (B2) e niacina; minerais como, potássio, cálcio e ferro, e fibras (MANICA, 2000). Ademais, é um fruto de baixo valor calórico.

O licopeno é um carotenoide que confere coloração vermelha à polpa da goiaba e de outras frutas como morango, melancia, tomate, entre outras. Sua principal característica é a capacidade de combater os radicais livres, manter as células jovens; atua também na prevenção do câncer de próstata (ROZANE et al., 2018)

Assim como outros frutos, a composição da goiaba pode variar em função da variedade, fertilização do solo, época do ano, grau de maturação, condições climáticas, nutrição da planta e estágio de conservação pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Quanto ao potencial de industrialização da goiaba, os principais produtos derivados são sucos, néctares, geleias e doces. Salienta-se também o guatchup, desenvolvido em 2002, visando principalmente à exportação para os EUA e Europa.

#### 4.3.4 Conservação pós-colheita

A goiaba é um fruto altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, evidenciando transformações bioquímicas expressivas na degradação da clorofila, síntese e revelação dos carotenoides, desenvolvimento da cor vermelha, devido à biossíntese de licopeno, salvo os cultivares de polpa branca; degradação da firmeza, que indica senescência (MANICA, 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005). Portanto, o uso de técnicas adequadas de conservação é de extrema importância.

Segundo Durigan (1997), o emprego da refrigeração, entre 8 e 10°C e umidade relativa de 85-90% são eficazes para manter a goiaba por até 21 dias, podendo ser associada com filmes poliméricos e aplicação de cera, objetivando a modificação da atmosfera de armazenamento. Chitarra; Chitarra (2005) reportam o uso de retardadores do amadurecimento, principalmente o 1-MCP, o qual diminui as respostas dos tecidos ao etileno, retardando a maturação, devido à habilidade desta substância se combinar com os sítios de ligação do etileno a célula, evitando que este atue sobre os processos fisiológicos do amadurecimento.

A modificação da atmosfera de armazenamento consiste em reduzir a concentração de oxigênio (O<sub>2</sub>) e aumento dos níveis de CO<sub>2</sub>, em relação aos níveis existentes no ar atmosférico (21% de O<sub>2</sub>, 0,02% de CO<sub>2</sub>) tendo em vista a redução da respiração, inibir o amadurecimento e retardar a senescência. Porém, os limites tolerados para cada fruto devem ser respeitados para evitar danos prejudiciais (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Inúmeros estudos têm sido publicados sobre a conservação pós-colheita de goiabas. Oliveira et al. (2010) relataram que goiabas 'Pedro Sato', armazenadas entre 15 e 20°C, por 10 dias, preservaram melhor firmeza e retenção da cor verde em frutos na menor temperatura. Trindade et al. (2004) constataram que o uso de atmosfera modificada com filme PVC, e o tratamento pós-colheita com 300 mL de 1-MCP, aplicados em goiabas Paluma, em combinação com filme PVC e refrigeração foram eficientes para retardar a perda de massa, e que o tratamento com 1-MCP mantiveram a firmeza da polpa e a aparência dos frutos em condições de serem comercializadas por até cinco dias após o armazenamento refrigerado. Jacomino et al. (2003) constataram que o uso de ceras de carnaúba aplicadas na conservação pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato', quando armazenadas a temperatura ambiente reduziu a

perda de massa e a incidência de podridões, com pouca alterações nos sólidos solúveis, acidez e vitamina C. Vila et al. (2007) verificaram, que goiabas 'Pedro Sato' submetidas a atmosfera modificada pelo uso de fécula de mandioca (2, 3 e 4%), armazenadas a  $9\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $90\pm 5\%$  UR, por 20 dias, evidenciam maior teor de açúcares não redutores e de vitamina C e menor teor de açúcares totais, açúcares redutores, pectina solúvel, percentual de solubilização e menor atividade de pectinametilesterase polaguronase, excetuando a concentração de 2%. Oshiro, et al. (2012) relataram que o uso de revestimentos comestíveis de gelatina (3%) e de quitosana (1% e 3%) não se mostraram eficientes para retardar o amadurecimento e prolongar a preservação e a qualidade dos frutos armazenados a 5 e  $10^{\circ}\text{C}$ , por 28 dias.

Apesar destes e de outros estudos, credita-se que a combinação do amido de mandioca com outros polímeros com boa barreira a gases, em combinação com a refrigeração pode ser mais uma alternativa para contribuir com a longe vida e qualidade pós-colheita de goiabas e de outros frutos com elevada taxa metabólica.

### **4.3 Revestimentos comestíveis biodegradáveis**

Na busca por aumentar a vida útil pós-colheita de frutos frescos e de outros alimentos com menor impacto ambiental, atender a demanda de indústrias que visam à produção de alimentos mais saudáveis e sustentáveis, bem como, de consumidores que estão valorizando aspectos relacionados a uma vida saudável, nas últimas décadas tem crescido o interesse pelo desenvolvimento de revestimentos comestíveis e/ou biodegradáveis.

Neste sentido, a utilização dos polissacarídeos, lipídeos, proteínas são as classes de materiais mais utilizados. Estes têm o potencial para substituir os revestimentos convencionais em algumas aplicações, pois há numerosos estudos que relatam a eficiência dos polissacarídeos e proteínas na redução das trocas de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ . Enquanto os lipídeos oferecem excelente barreira à umidade (KESTER; FENNEMA, 1986; CUQ et al., 1995). Assim, certamente, a utilização de um único material de caráter renovável, biodegradável e/ou comestível não engloba todas as características requeridas para um eficiente revestimento.

A combinação de dois ou mais polímeros naturais, com adição de lipídeos atóxicos constitui uma alternativa para alterar as propriedades dos revestimentos e melhorar seus desempenhos na prática usual.

Os revestimentos comestíveis possuem função de inibir ou reduzir a migração de umidade, oxigênio, dióxido de carbono, lipídeos, aromas e outras substâncias, pois promovem barreiras semipermeáveis. Adicionalmente, oferecem vantagens de poder agregar plastificantes com o objetivo de melhorar a integridade mecânica, incorporar ingredientes aromatizantes, antioxidantes, antimicrobianos e flavorizantes e a qualidade global dos revestimentos (KROCHT; MULDER JOHNSTON, 1997).

Contudo, é necessário conhecer as particularidades dos frutos e de outros produtos a ser revestidos.

#### 4.3.1 Contexto histórico, constituintes e finalidades

Não é recente a utilização de embalagens comestíveis para alimentos: na própria mesa do brasileiro, é possível encontrar o intestino animal, que integra o revestimento de salsicha e linguças, por exemplo. Desde o século XII, os chineses fizeram uso da aplicação de cera em limões e laranjas, para aumentar a vida de prateleira dessas frutas (HARDENBERG, 1967), as ceras de abelha, parafina e carnaúba e os óleos mineral e vegetal são usados na conservação de frutas há mais de oito décadas, como finalidade de retardar a perda de água, o amadurecimento, conferir brilho e aparência (HAGENMAIER; BAKER, 1994). Por volta dos anos 50, cerca de 100 tipos de filmes e revestimentos comestíveis foram patenteados (GUILBERT et al., 1996).

As embalagens comestíveis abrangem dois termos: o filme e, revestimento ou cobertura. O filme é uma fina película formada separadamente do alimento pela secagem *casting* da solução do biopolímero, sendo posteriormente aplicado sobre o mesmo; enquanto o revestimento ou cobertura é uma suspensão ou emulsão aplicada diretamente sobre a superfície do alimento, por imersão ou aspensão (GENNADIOS; WELLER, 1990). O fino recobrimento age como uma barreira aos elementos externos (umidade, óleos, aos gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>), tornando possível estender a vida útil (GUILBERT et al., 1996).

Ao longo das últimas décadas, diversos materiais comestíveis e biodegradáveis têm sido investigados, abrindo possibilidades para a exploração de novos materiais de embalagens, a partir de fontes renováveis, o que contribui para a preservação ambiental. Os polissacarídeos, proteínas, lipídeos e derivados são os mais utilizados (MALLI et al., 2002), acrescidos ou não de plastificantes como o sorbitol e glicerol.

Outras substâncias podem ser adicionadas com finalidades específicas, devendo ser consideradas GRAS (*Generally Recognized as Safe*), isto é, serem atóxicas e seguras para uso em alimentos (FAD, 2018).

Assis et al. (2014) relataram que a escolha do material a ser utilizado como revestimento em frutos depende fundamentalmente das características do produto a ser revestido e do objetivo almejado com o revestimento a ser aplicado.

Dentre os polissacarídeos, o amido é o biopolímero mais utilizado (Mali et al., 2004), outros como, a metilcelulose (CMC), hidroxipropil celulose (HPMC) e carboximetilcelulose (CMC), quitosana, alginato, pectina, carragena, goma xantana, também têm sido estudados. Segundo Kester; Fennema (1986), os filmes à base de polissacarídeos constituem boa barreira aos gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, mas devido serem hidrofílicos não constituem boas barreia contra a umidade. Têm sido indicados, principalmente, para produtos com alta taxa de respiração (ASSIS et al., 2014).

Os lipídeos, por sua natureza hidrofóbica, geram revestimentos com boas propriedades ao vapor de água (GUILBERT et al., 1996), com boa indicação para frutos com alta taxa de respiração.

As proteínas, embora sendo hidrofílicas, são capazes de conferir melhores propriedades mecânicas e de barreira superiores aos revestimentos formados por polissacarídeos (CHEN, 1995; PINHEIRO et al., 2010). As mais estudadas são colágeno, gelatina, zeína (milho), caseína e albumina (leite).

Devido às limitações de cada categoria dos componentes utilizados para compor os filmes comestíveis e biodegradáveis, a combinação de biopolímeros com adição de plastificantes têm sido objeto de pesquisa em muitos estudos visando à melhoria das propriedades de barreira, mecânicas e a funcionalidade dos filmes (KESTER; FENNEMA, 1986).

O plastificante é uma molécula pequena, de baixa volatilidade de natureza química similar àquela do polímero usado na constituição do filme. Adicionado à solução filmogênica (SF) modifica a organização molecular da rede amilácea aumentando o volume livre na molécula, causando alterações no bioplástico, resultando em aumento de flexibilidade e extensibilidade e distensibilidade, contudo, diminui a resistência mecânica, temperatura de transição vítrea, barreira a gases e ao vapor de água, devido à higroscopicidade do plastificante e sua ação na quebra da rede amilácea gerando aumento das interações amido-plastificante que diminuem a

densidade das interações e conseqüentemente a coesão da molécula além do aumento do volume livre (GROSSMAN et al., 2007). É geralmente adicionado na proporção de 10 a 60 g/100g de matéria seca, dependendo do grau de rigidez do material (GONTARD et al., 1994).

Como boas características dos revestimentos a serem aplicados nos alimentos, além de fácil preparo e aplicação, as SF devem apresentar boa capacidade de aderência e fixação, não introduzirem alteração no sabor, serem facilmente removíveis, quando necessário, além de manter a aparência externa atrativa. Se o objetivo é garantir o consumo do produto com o revestimento, todas as condições de higiene e boas práticas de fabricação precisam ser rigorosamente adotadas (ASSIS et al., 2003; ASSIS et al., 2014).

O uso de filmes e revestimentos comestíveis nos alimentos têm múltiplas finalidades, desde a redução de perda da umidade, controlar a permeabilidade aos gases, diminuir a incidência à luz, controlar a atividade microbiana, preservar a integridade estrutural dos produtos, em alguns casos, possibilitam a liberação gradual de sabor, antioxidantes em alimento, entre outras (PINHEIRO et al., 2010). Por isso, as propriedades mecânicas e térmicas, opacidade e cor, solubilidade devem ser previamente estudadas para o direcionamento de aplicação nos alimentos.

#### 4.3.2 Preparo e aplicação dos revestimentos

Diferentes técnicas podem ser empregadas, em função do tipo de polímeros utilizados nas formulações, dos objetivos esperados e de outros fatores.

De modo geral, a obtenção de revestimentos é baseada na dispersão ou solubilização dos polímeros em um solvente (água, etanol ou ácido) e acréscimo de aditivos (plastificantes agentes de liga, antimicrobianos, antioxidantes e outros) obtendo-se uma solução ou dispersão filmogênica (GONTARD et al., 1994).

Os revestimentos podem ser aplicados sobre as superfícies dos frutos e de outros alimentos, por imersão, aspersão ou pincéis. Podem também ser utilizados para a elaboração de filmes em suportes apropriados, que após a secagem originam filmes que podem ser aplicados em alguns produtos. Para os filmes pré-formados é possível fazer uma avaliação de suas propriedades de barreira, ópticas, solubilidade, biodegradabilidade e outras características de interesse.



Para coberturas hidrofóbicas, com a utilização de gorduras sólidas e ceras, a formação de filmes e revestimentos alia processo de fusão e solidificação (VILLADIEGO et al., 2005). Os revestimentos compostos exigem a combinação de métodos.

Quanto às técnicas de aplicação dos revestimentos, Assis et al. (2014) relataram que o procedimento de imersão garante que toda a superfície entre em contato com a solução filmogênica (SF) e uma leve agitação permite o desprendimento de bolhas.

Inúmeros estudos têm sido publicados evidenciando aumento de vida útil de frutas *in natura* intactas ou minimamente processadas, com destaque para o morango (HENRIQUE; CEREDA, 1999), lichia (JIANG; JIANG, 2005; HOJO et al., 2011), uva (FAKHOURY et al., 2007; VICENTINO et al., 2011), mangas *Tommy Atkins* (SANTOS et al., 2011a; SANTOS et al., 2011b), laranjas Champagne (AGOSTINI et al., 2014), tomate cereja (OLIVEIRA et al., 2015), pelo uso de amido, gelatina, quitosana, isolado ou combinados.

#### 4.3.3 Propriedades dos filmes

O potencial de revestimentos e filmes comestíveis é essencialmente baseado numa combinação de propriedades como, barreira ao vapor de água, oxigênio, dióxido de carbono; propriedades mecânicas, como resistência à tração e alongação; propriedades térmicas, opacidade e cor, espessura e solubilidade (PINHEIRO et al., 2010).

A relevância do estudo da permeabilidade ao vapor de água deve-se a possibilidade de permitir controlar a umidade dos alimentos. Fatores como, a natureza química dos polímeros utilizados, a adição de plastificantes, a espessura dos filmes, entre outros, influenciam os valores de permeabilidade (SOBRAL, 2000), a adição de compostos lipídicos (GARCIA et al., 2000) e a incorporação de nanopartículas de argila em filmes à base de polissacarídeos reduzem a permeabilidade; enquanto a adição de plastificantes, como o glicerol e sorbitol, necessários em filmes de polissacarídeos, com o intuito de aumentar a sua flexibilidade e melhorar a sua manuseabilidade, concorre para o aumento da permeabilidade (GONTARD et al., 1994).

Parke (1999) relata que a baixa permeabilidade ao vapor de água pode ser benéfica em alguns casos, prevenindo a condensação do vapor de água, que pode ser uma possível origem da contaminação microbiana.

Ao contrário do que ocorre para o vapor de água, os filmes de polissacarídeos e de proteínas são boas barreiras à transmissão de gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (MALI et al., 2004), sendo indicados no retardo do amadurecimento de produtos hortifrúti (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Mali et al. (2004) relataram que filmes comestíveis com boas propriedades mecânicas, como resistência à tração e alongação são potenciais alternativas aos filmes sintéticos usados. Estas propriedades são também muitas vezes relacionadas com as propriedades térmicas dos polímeros, como e o caso da temperatura de transição vítrea, que é um dos parâmetros mais importantes na determinação das propriedades mecânicas de materiais no estado amorfo ou cristalino.

Conforme Pereira et al. (2010), os filmes comestíveis apresentam baixos valores de resistência à tração, no entanto, o valor de alongação pode variar muito em função dos materiais utilizados, alcançando em alguns casos valores comparáveis com os valores obtidos para os filmes sintéticos comerciais. Segundo Casariego (2009), o aumento da concentração de polímeros leva a um aumento da resistência à tração.

Em relação às propriedades óticas, a cor e opacidade representam um papel fundamental na aparência dos revestimentos e dos filmes. Estas propriedades irão influenciar na aparência e aplicabilidade em diversos produtos alimentares. Sofrem influência da composição e concentração dos componentes de formulações, de técnicas de preparo e aplicação dos revestimentos ou coberturas, bem como dos filmes, presença ou ausência de irregularidade sobre a matriz dos filmes. A opacidade pode constituir barreira importante para controlar a incidência de luz nos produtos alimentares. Já a cor, além de influenciar na aparência concorre à boa aceitação do produto pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

## 4.4 Amido

### 4.4.1 Fontes, estrutura química e propriedades

O amido é o principal polissacarídeo de reserva das plantas superiores, produto final do processo fotossintético, está presente no interior dos cloroplastos e amiloplastos, onde é armazenado na forma de grânulos. É abundante em grãos de cereais, raízes e tubérculos, como milho, trigo e arroz e, em raízes e tubérculos incluindo batata, batata doce e a mandioca (CEREDA, 2002; FRANCO, 2001).

Os grânulos de amido apresentam variações inter e intra-espécies, medindo de 1 a 2  $\mu\text{m}$  até cerca de 200  $\mu\text{m}$  e têm como constituinte a amilose e amilopectina organizados a partir do hilo. Apresentam formas ovais, esféricas, definidas e até irregulares (AMANTE, 1986; BULÉON et al., 1998).

A amilose (Figura 5) é uma molécula basicamente linear, formada por unidades de  $\alpha$ -D-glicose ligadas em  $\alpha$ -(1,4), com pequeno número de ligações  $\alpha$ -(1,6) (entre 0,1 e 2,2%) do total das ligações. Apresenta um tamanho médio da cadeia de aproximadamente  $10^3$  unidades de glicose e sua forma essencialmente linear apresenta tendência à formar hélice com interior hidrofóbico, capaz de acomodar moléculas pequenas como ácidos graxos e iodo (BULÉON et al., 1998).

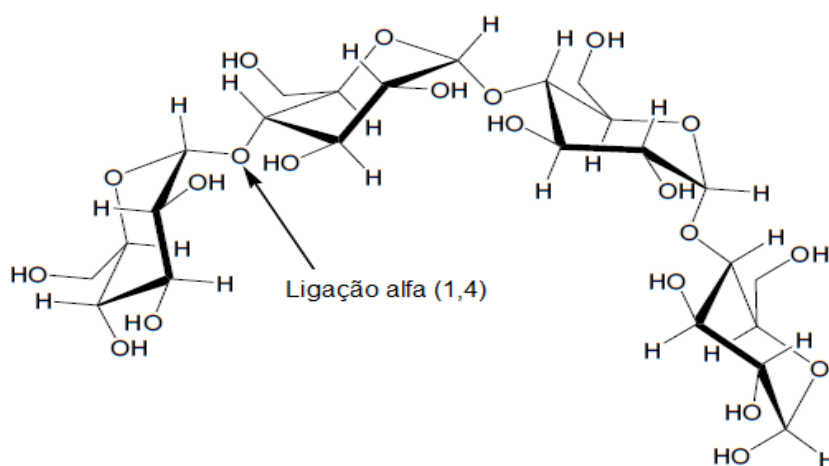


Figura 5 - Estrutura da amilose. Fonte: Adaptado de WADUGE, 2002.

A amilopectina (Figura 6) é altamente ramificada, constituída por cadeias lineares contendo de 20 a 30 unidades D-glicose, ligada em  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4) e com 5 a 6%

com ligações  $\alpha(1\rightarrow6)$  (BULÉON et al., 1998). Estrutural e funcionalmente, é a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o grânulo, como ocorre em mutantes que são desprovidos de amilose (CEREDA, 2002).

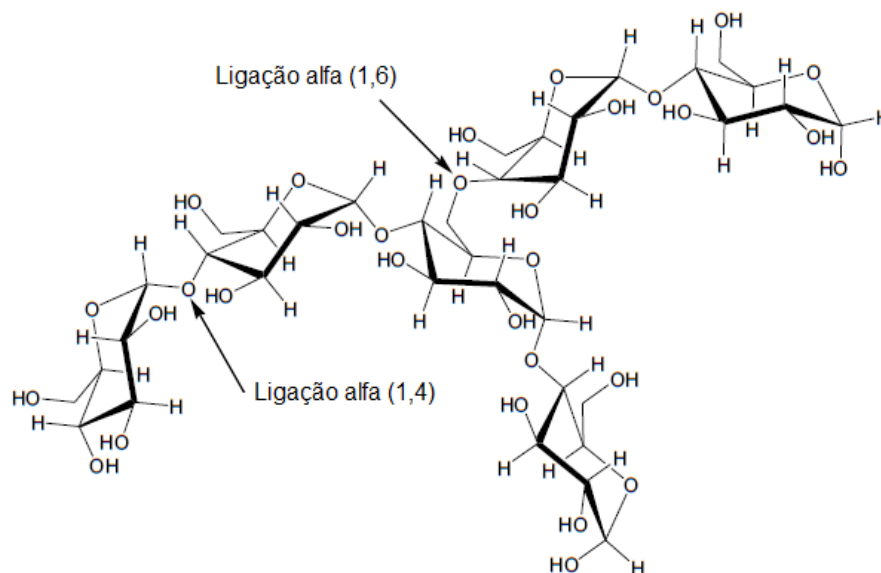


Figura 6 - Estrutura da amilopectina. Fonte: Adaptado de WADUGE, 2002.

Os teores de amilose e amilopectina podem variar de amido para amido, em quantidades relativas, tamanho, forma e modelo de associação no grânulo, o que determina a extensão e o tipo de estrutura cristalina (AMANTE, 1986).

De modo geral, os amidos contêm cerca de 20 a 30% de amilose e 70 a 80% de amilopectina, podendo variar com a fonte botânica, o que confere características específicas ao amido. Variedades mutantes de milho, denominadas de amidos com alto teor de amilose, apresentam um teor de amilose de até 85%, enquanto as variedades comerciais costumam apresentar no máximo 60%. Em contra partida, certos amidos cerosos contêm apenas amilopectina (CEREDA, 2002).

O arranjo da amilose e da amilopectina nos grânulos leva à formação de zonas mais ou menos cristalinas. A região onde se concentra a amilopectina é mais cristalina, onde sua parte linear é responsável pela origem desta característica (Figura 6). As áreas amorfas são formadas pelas cadeias de amilose e ramificações da amilopectina. Grânulos de amido no estado nativo apresentam cristalinidade entre 15 e 45% (CEREDA, 2002; BRIASSOULIS, 2004).

O grânulo de amido apresenta ainda alguns componentes minoritários, entre eles lipídeos (até 1%), proteínas (em torno de 0,4%) e material inorgânico (fósforo até 0,09%) (MARCON et al., 2007). Contudo, a funcionalidade do amido depende da proporção de amilose e amilopectina presente, assim como da organização física das mesmas dentro da estrutura granular (CEREDA, 2002).

Devido as suas propriedades fisicoquímicas e funcionais exclusivas, o amido apresenta grande interesse em diversos setores, incluindo indústria têxtil, de papel, farmacêutica, siderúrgica, plástica e alimentícia. Na indústria alimentícia, é amplamente utilizado como ingrediente calórico ou para alterar ou controlar a textura, aparência, umidade, consistência, melhorar estabilidade no armazenamento. Serve também como agente de liga e, para formação de filmes, resistentes ao óleo e com fraca barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (CEREDA, 2002). Contudo, na sua forma nativa, isto é, extraído de plantas sem nenhuma alteração não satisfaz plenamente às necessidades requeridas para alimentos e/ou outras aplicações.

Entre as principais matérias-primas vegetais utilizadas na produção de amidos está o arroz, encontrado em abundância e com baixo custo no mercado Brasileiro. No entanto, ainda é baixa a extração em escala comercial, devido ao maior direcionamento dos grãos para a dieta alimentar. Porém, de acordo com (ZAVAREZE et al., 2009a; ZAVAREZE et al., 2009b), o amido de arroz reúne características importantes para uso como ingrediente em produtos de panificação isentos de glúten, pode servir como espessante, fornece sólidos em suspensão, textura específica, substituto de gordura, fornecimento de sólidos em suspensão e servir como matéria prima para formação de filmes. Alguns estudos já foram consolidados com o desenvolvimento, e caracterização de filmes (ZAVAREZE et al., 2012; COLUSSI et al., 2014).

O amido originário do feijão ainda não é um produto encontrado no mercado Brasileiro. Embora originário de uma matéria-prima não convencional é uma alternativa para agregar valor à produção de feijão, especialmente, para cultivares que não apresentam boa aceitação para a dieta alimentar. Em anos recentes tem constituído interesse em pesquisa com o desenvolvimento e caracterização de filmes (WANIER et al., 2012).

#### 4.4.2 Modificação do amido

A obtenção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo investigada por diferentes métodos químicos, físicos, enzimáticos, e modificação genética, com o intuito de superar as uma ou mais limitações dos amidos nativos e ampliar o potencial de aplicação industrial (CEREDA, 2002; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007).

Conforme a fonte anterior, a modificação do amido visa melhorar a solubilidade, diminuir a viscosidade das pastas ou géis, a tendência a retrogradação e sinérese; incrementar a transparência e a adesividade, a estabilidade ao resfriamento e descongelamento, adicionar grupamentos hidrofóbicos e introduzir poder emulsificante, melhorar a textura das pastas ou géis e a formação de filmes.

A modificação química dos amidos nativos vem sendo aplicada há muito tempo, geralmente, com o uso de determinados ácido e agentes oxidantes e tem conferido propriedades funcionais peculiares. O grau de modificação dos amidos é produzido por condições controladas de temperatura, pH e afeta diretamente o preço e a aplicação do produto (DOLMATOVA et al., 1998).

Determinadas modificações químicas limitam o uso em produtos alimentícios. Desta forma, nos últimos anos tem havido interesse constante pela utilização de amidos modificados fisicamente por tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) e com elevada umidade (ANN) (ZAVAREZE et al., 2009a).

Para o ANN utiliza-se temperatura abaixo das temperaturas de transição vítrea e umidades elevadas (>60%). No TTBU empregam-se temperaturas elevadas, superiores as requeridas ao processo de gelatinização do amido, com umidade reduzida (até 35%). Estes tratamentos proporcionam a obtenção de amidos mais solúveis em água fria, pastas menos viscosas, com melhor estabilidade que as do amido original (CEREDA, 2002; ZAVAREZE et al., 2009a; GONÇALVES et al., 2009).

Como exemplos de amidos modificados fisicamente por TTBU salientam-se os estudos com amido de arroz (ZAVAREZE et al., 2009a), batata-doce (GONÇALVES et al., 2009), mandioquinha salsa, batata doce e gengibre (VIEIRA, 2004).

Segundo Zavareze et al. (2009a), amido modificado fisicamente não apresenta limitações quanto ao uso, já que é considerado um ingrediente natural de alta segurança alimentar. Além disso, o processo apresenta baixo custo, não polui o

ambiente pelo descarte de resíduos químicos, ainda contribui com a demanda por alimentos mais saudáveis.

#### 4.5 Xantana

A xantana é um polissacarídeo de alto peso molecular, sintetizado extracelularmente através da fermentação de carboidratos por bactérias fitopatogênicas do gênero *Xanthomonas* (JANSSON et al., 1975; GALINDO, 1994; ROSS-MURPHY, 1983). Sua descoberta ocorreu nos anos 50 por pesquisadores do *Northern Regional Research Laboratory* (NRRL) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (BORN et al., 2002) e foi o primeiro biopolímero produzido em escala industrial utilizado em alimentos (ROSALAM; ENGLAND, 2006). No Brasil, teve sua aprovação liberada para uso em alimentos em 1965, pelo decreto Lei nº 55.871 (BRASIL, 1965). Nos Estados Unidos, somente quatro anos depois, isto é, em 1969, sendo aprovada pelo FDA - *Food and Drug Administration* (ROSALAM; ENGLAND, 2006) e em 1974 pela FAO/OMS (*Food and Agriculture Organization of the United Nations/Organização Mundial da Saúde*) (BORN et al., 2002).

. A produção de xantana em escala industrial data de 1964, a partir de fermentação por *Xanthomonas campestris*. O processo de produção de xantana consiste nas etapas de obtenção do inóculo, fermentação, pasteurização, remoção das células, precipitação, recuperação e secagem da goma. A recuperação da xantana e do caldo fermentado é um processo difícil e caro, fato associado à alta viscosidade que complica a remoção da biomassa do caldo. O caldo fermentado contém, ao final do processo, em média 10 a 30 g/L de goma, 1 a 10 g/L de células e 3 a 10 g/L de nutrientes residuais e outros metabólitos (GARCÍA-OCHOA, et al., 1995; GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

Fatores como o tipo de reator, modo de operação (batelada ou contínuo), composição do meio, e as condições de cultura (temperatura, pH e concentração de oxigênio dissolvido) influenciam o crescimento dos microrganismos e o rendimento da xantana (CADMUS et al., 1976; GARCÍA-OCHOA et al., 2000; VENDRUSCOLO et al., 2000).

Quimicamente, a xantana (Figura 7) é composta por repetidas unidades pentassacarídicas. A estrutura química da cadeia principal é semelhante à da celulose e é formada por duas unidades de glicose linearmente unidas por ligações do tipo

$\beta 1 \rightarrow 4$ , que conferem rigidez a molécula. A cadeia lateral trissacarídica é composta por duas unidades de D-manose alternadas pelo ácido D-glicurônico; a manose interna é acetilada e aproximadamente metade da D-manose terminal (externa) contém resíduos de ácido pirúvico (CADMUS et al., 1976; GALINDO, 1994; FITZPPATRICK et al., 2013). A estes resíduos ácidos ligam-se, em diferentes proporções, os cátions, como sódio, potássio, cálcio e magnésio oriundos dos sais utilizados no meio de produção ou adicionados após a fermentação. A massa molecular é de aproximadamente 1MDa ou entre 4 e  $12 \times 10^6$  g/23 mol (BORN et al., 2002).

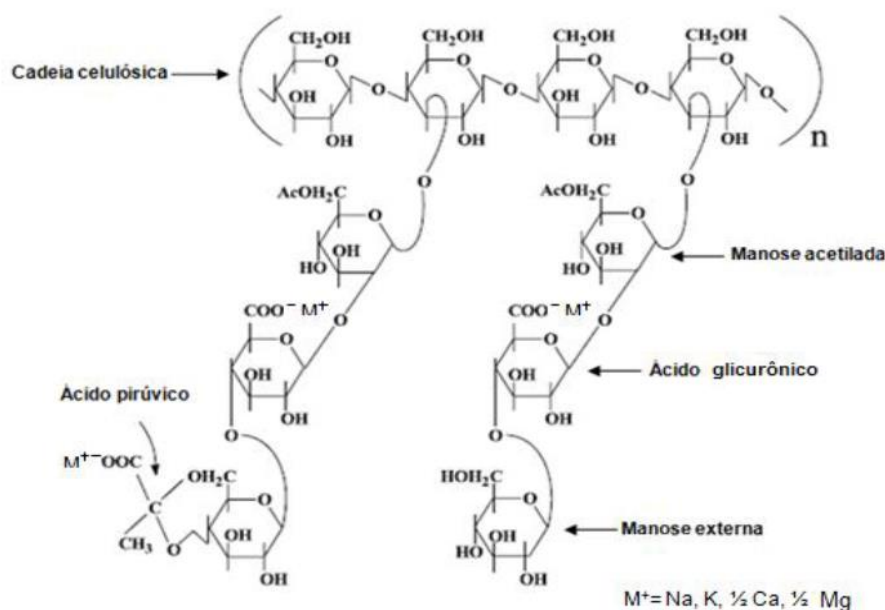


Figura 7 - Representação da estrutura da xantana. Fonte: Adaptado de Azuaje; Sánchez (1999).

Segundo Sutherland (1993), a xantana forma soluções pseudoplástica e é utilizada como aditivo intencional em vários tipos de alimento; apresenta ação espessante, geleificante, estabilizante, agente suspensivo, flocculante e auxiliar de emulsificação. Em anos recentes, o uso da xantana tem sido testado em revestimentos e filmes biodegradáveis. Matta Jr et al. (2011) estudando as propriedades de barreira e solubilidade de filmes de amido de ervilha (3, 4 e 5%) associado com xantana (0, 0,05 e 0,1%) e glicerol (1,5% em relação ao amido) constataram que o aumento da concentração da xantana não interferiu nas propriedades estudadas. Enquanto Costa et al. (2012), avaliando o efeito da aplicação de revestimentos comestíveis à base de fécula de mandioca combinada com xantana



e/ou sorbitol na qualidade físico-química de pitangas roxas, armazenadas a 6°C, por 15 dias, constataram que a aplicação dos revestimentos não foram eficazes no retardo da perda de massa durante a estocagem.

#### **4.6 Quitosana**

A quitosana é polímero natural de origem animal, derivado do processo de desacetilação da quitina, encontrada no exoesqueleto de artrópodes e insetos, na cutícula dos anelídeos e moluscos, nas paredes celulares de alguns fungos e leveduras e nas conchas de crustáceos, como, camarões, lagostas e caranguejos, sendo as cascas de crustáceos e os micélios fúngicos as principais fontes de quitina para extração industrial da quitosana (KUMAR et al., 2005);

A estrutura da quitosana é formada por repetição de unidades beta (1-4) 2-amino-2deoxi-Dglucose ou (D-glucosamina) ou D-glucosamina e apresenta uma cadeia polimérica similar à da celulose, exceto pela substituição dos grupos hidroxila na posição 2 por grupos acetamido conforme é mostrado na Figura 8 (ASSIS et al., 2003)

Segundo Freepons (1986), o isolamento da quitosana pela primeira vez ocorreu em 1859 pelo aquecimento da quitina em solução concentrada de hidróxido de potássio, resultando na sua desacetilação. O processo que ocorre com temperatura entre 110-115°C e concentração de hidróxido entre 40-50% (PETER, 1995). O grau de desacetilação (GD) é uma das características mais importantes da quitosana. Ele determina o conteúdo de grupos amínicos livres no polissacarídeo diferenciando-o da quitina e influenciando principalmente a sua solubilidade.

Em geral, a quitosana disponível comercialmente tem grau de desacetilação >85% (DA <15%), e peso molecular compreendido entre 100-1000 kDa. É geralmente aceito que a quitosana de baixo peso tem MW <50 kDa, a de médio 50-150 kDa e a de alto peso >150 kDa.

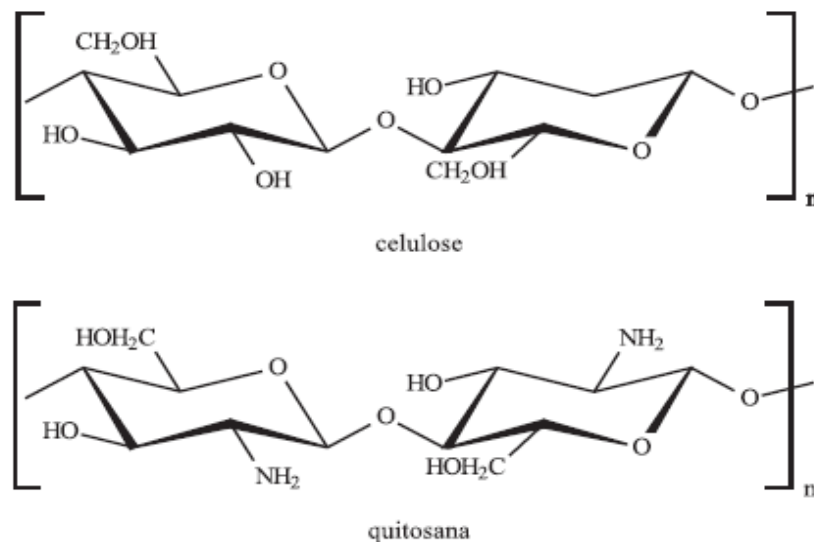


Figura 8 - Representação esquemática da estrutura primária da celulose e da quitosana, sendo o n o grau de polimerização. Fonte: Assis et al., 2003.

A quitosana se caracteriza por apresentar grupos amínicos livres, solubilidade em soluções ácidas, insolubilidade em água, em pH superior a 6,5 e em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, baixa solubilidade em H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, insolubilidade em solventes orgânicos e grupos amínicos protonados (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>), capacidade de formar soluções viscosas com formação de gel. Sua solubilidade depende da sua origem biológica, peso molecular e grau de acetilação e afeta diretamente as aplicações (GOY et al., 2002).

Por ser atóxica e pela habilidade de formar géis, a quitosana tem sido amplamente explorada na indústria farmacêutica (CAMPANA-FILHO; DESBRIÈRES, 2000). Nas últimas décadas tem constituído crescente e constante interesse em pesquisas focadas no desenvolvimento de revestimentos protetores para frutas, hortaliças e outros alimentos. Sua aplicação é atribuída à ação antimicrobiana (COMA et al., 2000; QUINTAVALLA; VINICI, 2002). Em fungos, a quitosana pode produzir alterações nas funções da membrana, por interação com a superfície eletromagnética da mesma, mudando a permeabilidade da membrana, levando a distúrbios metabólicos e a morte celular (FANG et al., 1994; QUATTARA et al., 2000). Em bactérias, deve-se à natureza policatiónica da molécula de quitosana, que permite a interação e formação de complexos polieletrólitos com os polímeros ácidos (lipopolissacarídeos, ácido tecóico e teicurônico) produzidos na superfície de bactérias (CAMPANA-FILHO; DESBRIÈRES, 2000). Ademais, numerosos estudos evidenciam eficácia do uso de revestimentos constituídos com quitosana ou sua combinação com

outros biopolímeros (amido, xantana) no retardo da maturação e senescência na pós-colheita.

Segundo Debeaufort et al. (1993), os revestimentos à base de quitosana aplicados em frutas induzem à produção da enzima quinase, que é um antifúngico natural. Além disso, agem como barreira protetora para reduzir a respiração. Chien et al. (2007) constataram que revestimentos à base de quitosana (0,5, 1 e 2%), utilizadas como coberturas em manga fatiada, associada com a refrigeração a 6°C, inibiram o crescimento microbiano, reduziram a perda de água, possibilitaram maior retenção nos teores de sólidos solúveis, acidez e ácido ascórbico. Hojo et al. (2011) em estudo com lichias observaram que revestimento contendo 0,5% de quitosana, diluída em ácido tartárico a 10%, apresentando pH=0,8, manteve a coloração vermelha, inibiu o escurecimento, armazenadas a 5°C, com 94% UR. Contudo, foi constatado perda de massa superior ao valor observado nos frutos testemunha. Goy et al. (2002) reportam que revestimento contendo quitosana resultou em inibição da degradação da parede celular de carambola, os quais apresentaram boa aparência visual até 12 dias de armazenamento.

## 5 CAPÍTULO 1 - PROPRIEDADES E APLICABILIDADE EM FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDOS DE MANDIOCA E DE ARROZ SUBMETIDOS A TRATAMENTO TÉRMICO COM BAIXA UMIDADE

### Resumo

Objetivou-se avaliar a influência do tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) nas propriedades de amidos de mandioca e de arroz e aplicabilidade desses amidos na elaboração de filmes biodegradáveis. Os amidos de arroz e de mandioca com teores de umidade ajustados para 25% na base seca, respectivamente, foram autoclavados a 110°C por 60 min. Após resfriamento e homogeneização das amostras, foram secos em estufa com circulação de ar à 40°C, até umidade próxima da original (aproximadamente 11%). Os amidos foram avaliados quanto ao teor de umidade e poder de inchamento (PI) (60, 70, 80 e 90°C), claridade de pasta (75 e 90°C), índice de cristalinidade (IC) e morfologia dos grânulos. Filmes foram elaborados por *casting* (secagem em estufa com circulação a 40±2°C/18 h) a partir de suspensões de amido (3% m/v), após gelatinizadas (75°C/15 min) para o amido de mandioca, e (95°C/15 min.) para o amido de arroz. O TTBU causou redução significativa no PI para o amido de mandioca nas temperaturas de 70, 80 e 90°C, mas apenas nas temperaturas de 70 e 80°C para o amido de arroz e resultou em efeitos contrários na claridade de pasta, redução para o amido de mandioca e elevação para o amido de arroz, e redução no IC de ambos. Contudo, os grânulos de amido tratados com TTBU mantiveram as estruturas inalteradas. Os filmes elaborados com amidos modificados apresentaram matriz mais homogênea e contínua, características importantes visando a aplicação em produtos alimentícios e em frutos frescos com metabolismo ativo.

**Palavras-chave:** amido; modificação física; intumescimento; cristalinidade; filme/recobrimentos.

## 5.1 Introdução

Amidos obtidos de diversas fontes têm uma extensa gama de aplicações em diversos segmentos agroindustriais. Na indústria de alimentos, é utilizado como ingrediente calórico, agente umectante, ligante, espessante, melhorador de textura, formador de filmes resistentes a óleo e com boa barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (DEMIATE, 2015).

Nas últimas décadas, tem havido crescente demanda pelo uso do amido no desenvolvimento de filmes biodegradáveis e/ou coberturas para frutas e hortaliças com o intuito de criar uma barreira à difusão de vapor de água, reduzir as taxas de respiração pelos tecidos, minimizar a perda de massa e estender a vida útil pós-colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005)

O grânulo de amido é formado basicamente por dois tipos de macromoléculas, a amilose (linear) e a amilopectina (ramificada). A proporção entre amilose (20 a 30%) e amilopectina (70 a 80%) é variável com a fonte vegetal, isso confere características específicas à pasta de amido (CEREDA et al., 2002). Segundo a mesma fonte, o amido deve muito de sua funcionalidade a estas duas macromoléculas e à organização física delas dentro da estrutura granular.

O amido apresenta amplo uso na indústria alimentícia, servindo como ingrediente básico para diversos produtos ou aditivo para melhorar apresentação e conservação dos produtos. Entretanto, na forma nativa o seu uso é restrito à alguns produtos, devido à sua natureza hidrofílica, a insolubilidade em água fria, a instabilidade frente às condições de congelamento e descongelamento, a alta viscosidade das pastas ou géis e tendência a retrogradação (CEREDA, 2002).

Vários métodos químicos, físicos e enzimáticos podem ser utilizados para melhorar as propriedades funcionais do amido e ampliar seu uso. Dentre os métodos químicos, a fosfatação pode aumentar o poder de inchamento e a solubilização dos grânulos de amido e reduzir a retrogradação (SIVAK, 1998; SCHIMER et al., 1997); as ligações cruzadas, também denominadas *crosslinking* ou reticulação, reforçam as ligações de hidrogênio no grânulo com ligações químicas que atuam como uma ponte entre as moléculas de amido (JYOTHI et al., 2006); a oxidação por peróxido de hidrogênio, ácido peracético, hipoclorito de sódio ou potássio e outros produtos, também conferem melhores propriedades funcionais aos amidos. Essas técnicas são

usualmente desenvolvidas em meio aquoso e geram grande volume de resíduos de difícil reciclagem, podendo gerar grande impacto ambiental.

Em consonância com a preservação ambiental, em anos recentes vem aumentando o interesse em modificar o amido por métodos físicos, pois além de eliminar a utilização de reagentes químicos que concorre para danos ambientais, quando descartados indevidamente, os produtos resultantes podem ser utilizados como ingredientes, sem uso restrito por legislação quanto às quantidades requeridas para o fim desejado (BEMILLE, 1997; CONSEX, 1971). As técnicas físicas são basicamente, a pré-gelatinização e o tratamento com calor, como alta umidade ou *annealing* (ANN) e tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) (CEREDA, 2002).

O TTBU é um processo no qual o amido com baixos teores de umidade (15 a 35%) é submetido a temperaturas superiores requeridas à gelatinização. (GONÇALVES et al., 2009; ZAVAREZE et al., 2009a). Esse tratamento proporciona ao amido baixa viscosidade e estabilidade de pasta, sem mudanças na estrutura granular (ZAVAREZE et al., 2009a), alterações de propriedades como digestibilidade enzimática, poder de inchamento, teor de amilose e propriedades de pasta (GONÇALVES et al., 2009). O efeito do TTBU reduzindo o poder de inchamento e solubilidade foi constatado nos estudos de Zavareze et al. (2009a), com amido de arroz; em amido de batata doce (GONÇALVES et al., 2009) e redução da viscosidade em amido de mandioquinha-salsa, batata doce e gengibre, modificados por TTBU (VIEIRA, 2004).

O amido de mandioca é um biopolímero comestível que tem sido amplamente utilizado para a confecção de filmes biodegradáveis e comestíveis, devido à sua abundância, baixo custo, alta capacidade de formar pastas ou soluções viscosas, mesmo em baixas concentrações, transparentes e com boa aderência. As soluções filmogênicas (SF) obtidas por meio da gelatinização do amido têm sido intensamente estudadas visando melhorar a aparência, reduzir a perda de massa e a intensidade da respiração, prolongando a longevidade pós-colheita, pelo reconhecimento dos filmes pré-formados, que apresentarem boa barreira a gases com O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (VICENTINO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2015).

Propriedades e aplicabilidade de filmes de amido de mandioca, modificado quimicamente em combinação com outros polímeros naturais ou não, têm sido estudadas visando à conservação de frutas. Vicentino et al. (2011) observaram que

filmes de amido acetilado, oxidado acetilado, catiônico e esterificado apresentaram maior homogeneidade na superfície, características de interesse no que diz respeito à aplicação para coberturas de frutas. O emprego de coberturas com fécula de mandioca nas concentrações de 1, 2, 4 e 5% aplicadas em morangos proporcionou retardo da perda de massa e aumento de longevidade dos frutos em até cinco vezes comparados ao controle.

Ao contrário do amido de mandioca, a produção do amido de arroz é pouco expressiva, embora este cereal figure entre as cinco fontes de matérias-primas destinadas à extração de amidos. No Brasil, a maior produção de arroz é voltada para compor a dieta alimentar.

O amido de arroz caracteriza-se por ser mais consistente, apresentar baixa viscosidade e coloração mais opaca, comparados aos amidos de tuberosas. Constituem grande interesse para a confecção de pudins e sobremesas prontas (CEREDA, 2002; ZAVAREZE et al., 2009b). Contudo, em anos recentes, há numerosos que apontam seu interesse no desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis (PIYADA et al., 2013; COLUSSI et al., 2015). Atualmente há pouca Informação sobre propriedades de filmes obtidos com amidos de mandioca e de arroz modificados fisicamente. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) nas propriedades físicas de amidos de mandioca e arroz e a aplicabilidade desses amidos na elaboração de filmes biodegradáveis.

## **5.2 Material e métodos**

### **5.2.1 Obtenção e modificação dos amidos**

Foram utilizados os amidos de mandioca (Yoki® Brasil) e o de arroz da cultivar IRGA - 417, extraído pelo método alcalino descrito por (WANG; WANG, 2004).

A modificação de ambos os amidos foi realizada no laboratório de grãos da UFPel-RS, seguido o método descrito por Horndok; Noomhorm (2007), com adaptação, conforme Zavareze et al. (2009a).

Amidos de mandioca e de arroz apresentando 11,73 e 10,96% na base seca, respectivamente, tiveram os teores de umidade ajustados para aproximadamente 25%, borrifando água destilada, utilizando-se bomba *spray* manual. As amostras

homogeneizadas foram acondicionadas em potes de vidro codificados e fechados com tampa metálica rosqueável. Em seguida, foram condicionadas sob refrigeração ( $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ ) por 24 h, para uniformidade. As amostras, então, foram autoclavadas ( $110^{\circ}\text{C}$ ), por uma hora. Após o resfriamento, os amidos foram transferidos para bandejas de polietileno, secos em estufa com circulação de ar ( $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até atingirem aproximadamente 11% de umidade; posteriormente foram moídos e armazenados em recipientes herméticos.

## 5.2.2 Caracterização dos amidos

Os amidos nativos e modificados pelo TTBU foram avaliados quanto ao teor de umidade, poder de inchamento (PI), claridade de pastas ou géis, índice de cristalinidade relativa (IC) e morfologia dos grânulos.

### 5.2.2.1 Umidade

O teor de umidade dos amidos foi determinado por gravimetria, em estufa a  $105^{\circ}\text{C}$  com circulação de ar natural até peso constante, sendo os resultados calculados em base seca e expresso em % (IAL, 2008).

### 5.2.2.2 Poder de inchamento (PI)

O poder de inchamento foi determinado segundo metodologia descrita por Leach et al. (1959). Amostras contendo cerca de 1 g dos amidos foram suspensas em água destilada e transferidas para tubos Falcon previamente tarados; após agitação foram submetidas às temperaturas de 60, 70, 80 e  $90^{\circ}\text{C}$ , em banho-maria, por 30 min, com agitação ocasional. Em seguida, foram centrifugadas a 2.500 rpm por 20 min. Após remoção do sobrenadante, os tubos contendo os grânulos de amido intumescidos foram pesados para determinar o (PI), sendo quantificado pela diferença entre o peso do amido intumescido, separado da fração sobrenadante, em relação ao peso inicial do amido. Os resultados foram expressos em (g/g).

### 5.2.2.3 Claridade de pastas ou géis de amidos

O procedimento adotado foi baseado no descrito por Marcon et al. (2007), com modificação da temperatura de gelatinização, tomando-se por base a temperatura média de gelatinização dos amidos em estudo. Suspensões aquosas (1% m/v) de



amidos de mandioca e arroz foram submetidas às temperaturas de 75 e 90°C, respectivamente, em banho-maria por 30 min, com agitação a cada 3 min. Após resfriamento natural a 25°C e agitação, realizou-se a leitura da absorbância (Abs) a 650 nm, utilizando-se espectrofotômetro (U-1800 Hitachi®), Japão. O procedimento foi realizado em triplicata. Os resultados foram expressos em unidades de absorbância (AU).

#### 5.2.2.4 Índice de cristalinidade Relativa (Raios-X)

O índice de cristalinidade relativa (IC) dos grânulos de amido foi quantitativamente determinado de acordo com Rabek (1980), utilizando-se um difractômetro de raios X (XRD-6000, Shimadzu®, Japão). A região de varredura da difração variou de 5 a 30°, com uma tensão de 30 kV, uma corrente de 30 mA e uma velocidade de digitalização de 1°/min. O IC é definido como a razão entre a área da região cristalina (Ac) e a área total coberta pela curva (Ac + Aa), composta pela área da região cristalina (Ac) e a área da região amorfa (Aa), a partir da Equação 2.

$$IC (\%) = \frac{Ac \times 100}{Ac + Aa} \quad (2)$$

Onde: IC: índice de cristalinidade; Ac: área da região cristalina; Aa: área amorfa.

#### 5.2.2.5 Morfologia dos grânulos de amidos - Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras dos amidos em estudo foram depositadas em fitas adesivas, essas fixadas em suportes de alumínio e recobertas com uma fina camada de ouro. Em seguida, foram registradas imagens com uma ampliação de x 1.300, em microscópio eletrônico de varredura (JSM-6060, Jeol®, Japão) operando a 10 k.

#### 5.2.3 Elaboração dos filmes e análise da morfologia

Suspensões contendo 3 g de amido (mandioca e arroz) em 100 mL de água destilada foram submetidas à gelatinização em temperaturas de 75 e 90°C, respectivamente, por 15 min, seguindo faixas recomendadas por Cereda (2002) em banho-maria, com agitação de 50 rpm utilizando-se agitador eixo hélice.

Os filmes foram elaborados *por casting*, partindo-se de 10 g de solução filmogênica (SF), que foram espalhadas em placas de acrílico (10x20 cm), prosseguindo-se com secagem em estufa com circulação de ar (modelo 314D242,

Quimis, Brasil) à  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 18 horas. Depois de secos foram mantidos em dessecador, em temperatura ambiente ( $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), sendo avaliados quanto à morfologia, com ampliação de x 2000. As amostras dos filmes foram depositadas em suporte de alumínio e recobertas com uma fina camada de ouro. Em seguida foram registradas imagens com uma ampliação de x 2.000, em microscópio eletrônico de varredura (JSM-6060, Joel<sup>®</sup>, Japão) operando a 10 k.

#### 5.2.4 Análise estatística

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram submetidos à análise de variância através do aplicativo SISVAR (FERREIRA, 2003) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

### 5.3 Resultados e discussão

O teor médio de umidade dos amidos tratados por TTBU atingiu 12,11% para o amido de mandioca e 11,22% para o amido de arroz, cujos valores iniciais, isto é, antes do processo de inicial foram iguais a 11,73% e 10,96%. Esses valores estão um pouco inferiores ao limite máximo tolerado para o armazenamento de amidos, valor máximo de 14,00% p/p (CEREDA, 2002).

Na Tabela 1 estão apresentados os valores médios do poder de inchamento dos grânulos de amido.

O poder de intumescimento é uma medida importante para avaliar a capacidade de hidratação dos grânulos de amido sob aquecimento. É influenciado pela temperatura, tamanho de grânulo, fonte amilácea, processos de modificação do amido e por outros fatores (MESTRES, 1996). Pelos dados apresentados na Tabela 1, pode-se observar que o TTBU influenciou o poder de inchamento (PI) dos grânulos de amido, com tendência à redução dos valores. Com o aumento da temperatura (70, 80 e  $90^{\circ}\text{C}$ ), os grânulos de amido de mandioca exibiram valores médios de PI significativamente inferiores aos amidos nativos. Para o amido de arroz, entretanto, constatou-se redução significativa no PI apenas na temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$ .

Tabela 1 - Médias do poder de inchamento (PI) (g/g), em diferentes temperaturas, de amidos de mandioca e de arroz nativos e modificados por térmico com baixa umidade (TTBU) (25%, 110°C, por 60 minutos).

Temperatura	Tipo de amido*	Poder de inchamento (g/g)
60°C	AMN	5.75 ± 0.02 <sup>h</sup>
	AMM	5.75 ± 0.02 <sup>h</sup>
	AAN	5,57 ± 0,68 <sup>h</sup>
	AAM	4,94 ± 0,62 <sup>h</sup>
70°C	AMN	12,29 ± 0,23 <sup>c</sup>
	AMM	9,57 ± 0,48 <sup>e</sup>
	AAN	7,03 ± 0,11 <sup>g</sup>
	AAM	6,60 ± 0,03 <sup>g</sup>
80°C	AMN	15,95 ± 0,76 <sup>b</sup>
	AMM	11,22 ± 0,15 <sup>d</sup>
	AAN	8,00 ± 0,39 <sup>f</sup>
	AAM	7,37 ± 0,31 <sup>g</sup>
90°C	AMN	18,06 ± 1,53 <sup>a</sup>
	AMM	10,96 ± 0,51 <sup>d</sup>
	AAN	10,19 ± 1,02 <sup>e</sup>
	AAM	9,01 ± 0,41 <sup>e</sup>

\*AMN: amido de mandioca nativo; AMM: amido de mandioca modificado; AAN: amido de arroz nativo; AAM: amido de arroz modificado. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Zavareze et al. (2009a) investigando o processo de TTBU em diferentes condições de umidade (15, 20 e 25%), aquecido em condições idênticas ao estudo em questão, também observaram redução no PI, sendo o maior efeito detectado acima de 80°C. Gonçalves et al. (2009) observaram redução do PI em amido de batata

tratado por TTBU. Os autores relatam que a redução do PI deve-se à reorganização molecular do amido, provocado pela modificação hidrotérmica, ocasionando uma limitação na hidratação e, portanto menor capacidade de inchamento. Tais características são vantajosas para a utilização em alimentos que requerem menor capacidade de hidratação e menor viscosidade.

Os valores médios obtidos para a claridade de pastas, obtidos após gelatinização térmica dos amidos de mandioca (60 e 70°C) e de arroz (80 e 90°C), são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias da claridade de pastas (Abs a 650 nm) de géis de amidos de mandioca e de arroz nativos e modificados por térmico com baixa umidade (TTBU).

Temperatura	Fonte de amido*	Claridade de pasta (Abs a 650 nm)
75°C	AMN	0,987 ± 0,003 <sup>g</sup>
	AMM	1,418 ± 0,006 <sup>e</sup>
	AAN	1,971 ± 0,003 <sup>a</sup>
	AAM	1,625 ± 0,049 <sup>c</sup>
90°C	AMN	1,340 ± 0,031 <sup>f</sup>
	AMM	1,473 ± 0,007 <sup>d</sup>
	AAN	1,707 ± 0,001 <sup>b</sup>
	AAM	1,438 ± 0,007 <sup>e</sup>

\*AMN: amido de mandioca nativo; AMM: amido de mandioca modificado; AAN: amido de arroz nativo; AAM: amido de arroz modificado. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Em análise aos dados apresentados na Tabela 2, verifica-se que os amidos de mandioca tiveram os menores valores de absorvância; entretanto, o TTBU elevou o valor, comparado ao amido de mandioca nativo. Efeito contrário foi verificado para o amido de arroz. Segundo Marcon et al. (2007), quanto menor a absorvância, maior a claridade de pasta ou géis. Portanto, o TTBU tornou a pasta de amido de arroz com aspecto mais transparente, que devido a sua composição natural tende a ser mais opaco (CEREDA, 2002). Franco et al. (2001) relatam que a transparência da pasta é

um atributo importante e afetado pelo conteúdo de amilose, pelo pH, presença de sais e procedimentos de solubilização. Altos teores de amilose geram pastas mais opacas. Assim, existem amidos mais transparentes, outros mais opacos.

Dentre as aplicações do amido na indústria alimentícia, o amido é utilizado para alterar ou controlar diversas características, destacando-se a aparência, conferir opacidade ou turvação aos produtos. Dessa forma, a redução da absorvância do gel de amido de arroz, conferindo-lhe aspecto mais translúcido pode ser uma estratégia para permitir sua aplicação em produtos alimentícios e elaboração de filmes e recobrimentos biodegradáveis que exigem translucidez, com a finalidade de torná-los mais brilhantes e atrativos. O amido de arroz nativo forma géis mais opacos, o que o torna indicado para uso em formulações de produtos alimentícios e/ou filmes biodegradáveis com o intuito de elevar a opacidade, característica de interesse para minimizar a degradação de componentes sensíveis à incidência direta da luz.

Por outro lado, a elevação da absorvância observada para o amido de mandioca modificado por TTBU sugere que esse tratamento não é indicado para amidos de mandioca quando a translucidez é um atributo importante.

Para o índice de cristalinidade (IC), na Figura 9 são apresentados os difratogramas de raios X dos amidos de arroz e de mandioca nativos e modificados e, na Tabela 3, os valores dos ângulos principais dos difratogramas de raios X e cristalinidade relativa dos amidos de mandioca e arroz nativos e modificados por TTBU.

Ao observar a Figura 9, verifica-se que os diferentes amidos tiveram redução nas intensidades de pico em comparação com os amidos nativos, sendo a redução mais perceptível para o amido de arroz. Gonçalves et al. (2009) também observaram que amido de batata-doce tratado por tratamento térmico com baixa umidade, em forno convencional (35% de umidade) e por micro-ondas (25 e 35% de umidade) tiveram redução no IC, mais acentuadas no amido contendo maior teor de umidade.

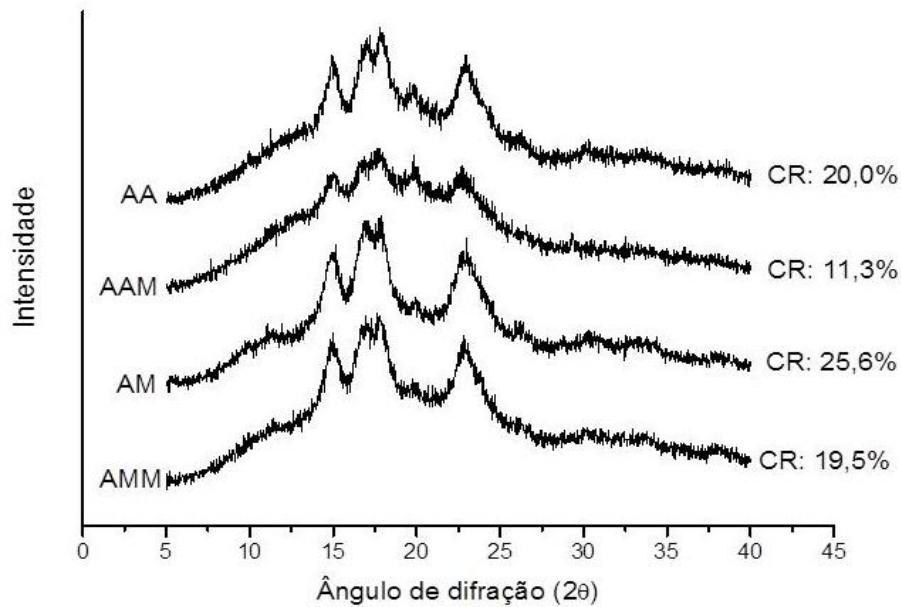


Figura 9 - Difratoograma de raios-X e cristalinidade relativa dos amidos de amidos de mandioca arroz (AA), amido de arroz modificado (AAM), amido de mandioca (AM), amido de mandioca modificado (AMM), tratados por TTBU.

É provável que a redução da cristalinidade dos amidos modificados de mandioca e de arroz possa ser atribuída a sensibilidade dos amidos ao tratamento térmico, pois de acordo com Hizukuri (1995), o efeito da temperatura sobre a cristalinidade é variável segundo o cultivar. Enquanto Gunarante e Hoover (2002) creditam a diferença de cristalinidade entre os amidos ao tamanho dos cristais, à orientação das duplas hélices (dentro dos cristais), ao comprimento das cadeias de amilopectina e ao percentual molar das frações da cadeia curta de amilopectina. Dessa forma, a cristalinidade dos amidos é importante fator de diferenciação de fontes botânicas e caracterização de amidos para uso específicos.

Na Tabela 3, constata-se que os principais picos observados para o amido de arroz, variando entre 15 a 23 Å, estão dentro dos ângulos de difração 2 Å, que é considerado padrão para cereais; para o amido de mandioca, os principais picos situaram-se entre 11 e 26 Å, caracterizando como cristalinidade do tipo B, característico de tubérculos, conforme relatado por Mestres (1996).

Tabela 3 - valores dos ângulos principais dos difratogramas de raios X e cristalinidade relativa dos amidos de mandioca e arroz nativos e modificados por TTBU.

Amidos*	Picos						
	1	2	3	4	5	6	7
AM	11	15	17	18	20	23	26
AMM	11	15	17	18	20	23	26
AA	15	17	18	20	23	-	-
AAM	15	17	18	20	23	-	-

\*AM: amido de mandioca nativo; AMM: amido de mandioca modificado; AA: amido de arroz nativo; AAM: amido de arroz modificado.

Na Figura 10, que exhibe a morfologia dos grânulos de amidos pode se observar que os amidos de arroz e de mandioca nativos apresentam formas características das espécies, formato poliédrico para o amido de arroz (a); formas arredondadas, truncada e cilíndrica para o amido de mandioca (C) (CEREDA, 2002). As formas dos amidos de arroz e de mandioca tratados por TTBU (B) e (D) mantiveram-se inalteradas, porém os grânulos aparecem mais aglomerados. Esse comportamento também foi observado por Gonçalves et al. (2009) em amido de batata e por Zavareze et al. (2009a) em amido de arroz tratado por TTBU.

Para os filmes, os resultados apresentados na (Figura 11) indicam ausência de porosidade e de fissuras, mas quando elaborados com amido nativo apresentam imperfeições sobre a matriz, mais evidentes no filme confeccionado com amido de arroz, indicando a presença de grânulos não gelatinizados completamente. Em filmes constituídos com amido de outras fontes também foram observados grânulos e fragmentos (MATTA JR et al., 2011). O TTBU gerou uma matriz com melhor uniformidade. A continuidade da matriz, além de assegurar menores variações na espessura, influencia em propriedades de transporte a vapor de água, oxigênio, e dióxido de carbono. Desta forma, a partir dos resultados obtidos, é possível inferir que a modificação do amido por TTBU constitui interesse de aplicação comercial no desenvolvimento de filmes biodegradáveis.

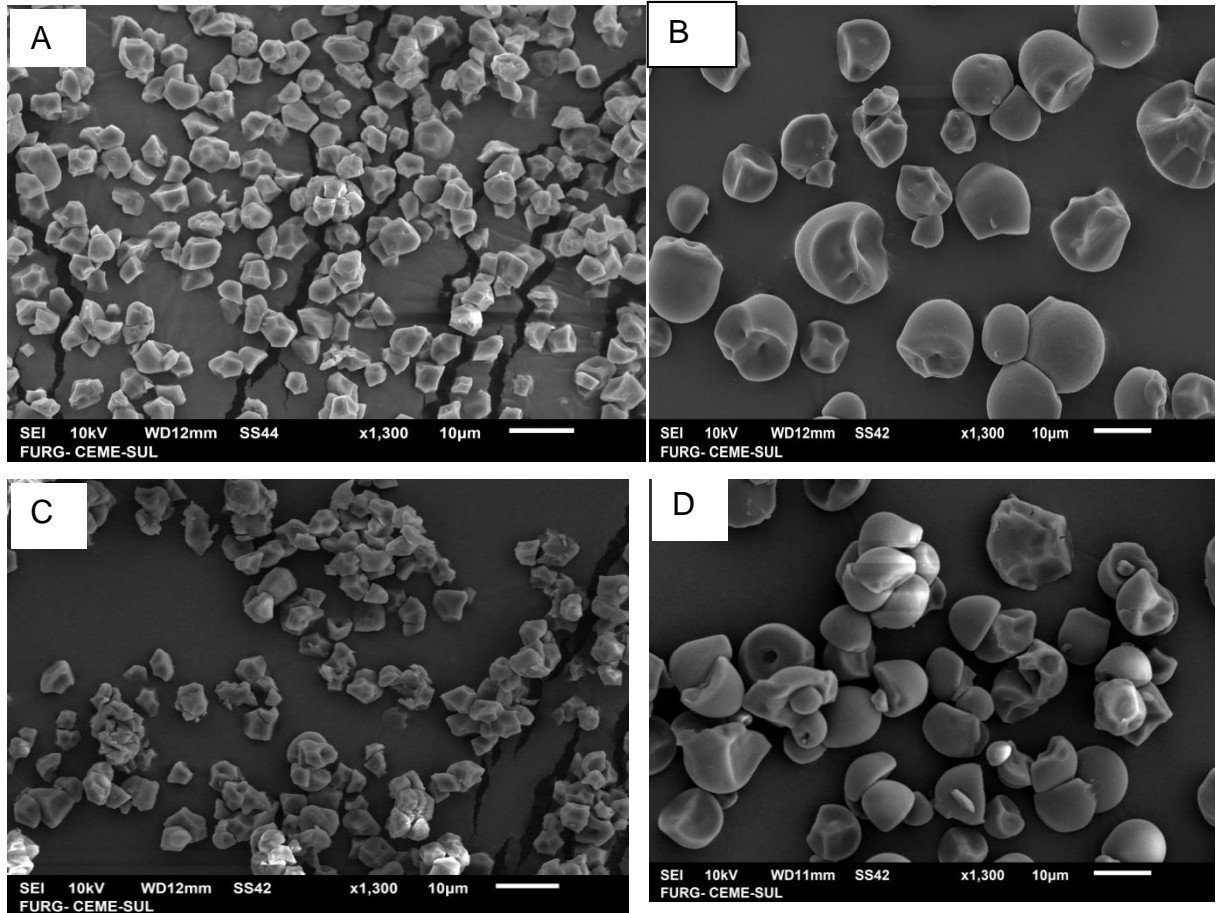


Figura 10- Grânulos de amidos nativos de arroz (A) e modificado (B) e submetidos a tratamento térmico com baixa umidade 25% (C) e (D).

Muitos estudos relatam que filmes elaborados exclusivamente com amido tendem a serem quebradiços e higroscópicos (CEREDA, 2002; HENRIQUE et al., 2008; ORIANI et al., 2012). Portanto, é importante estudar a adição de agentes plastificantes e de outras substâncias que proporcionem reforço mecânico, bem como avaliar propriedades de mecânicas e de barreira.



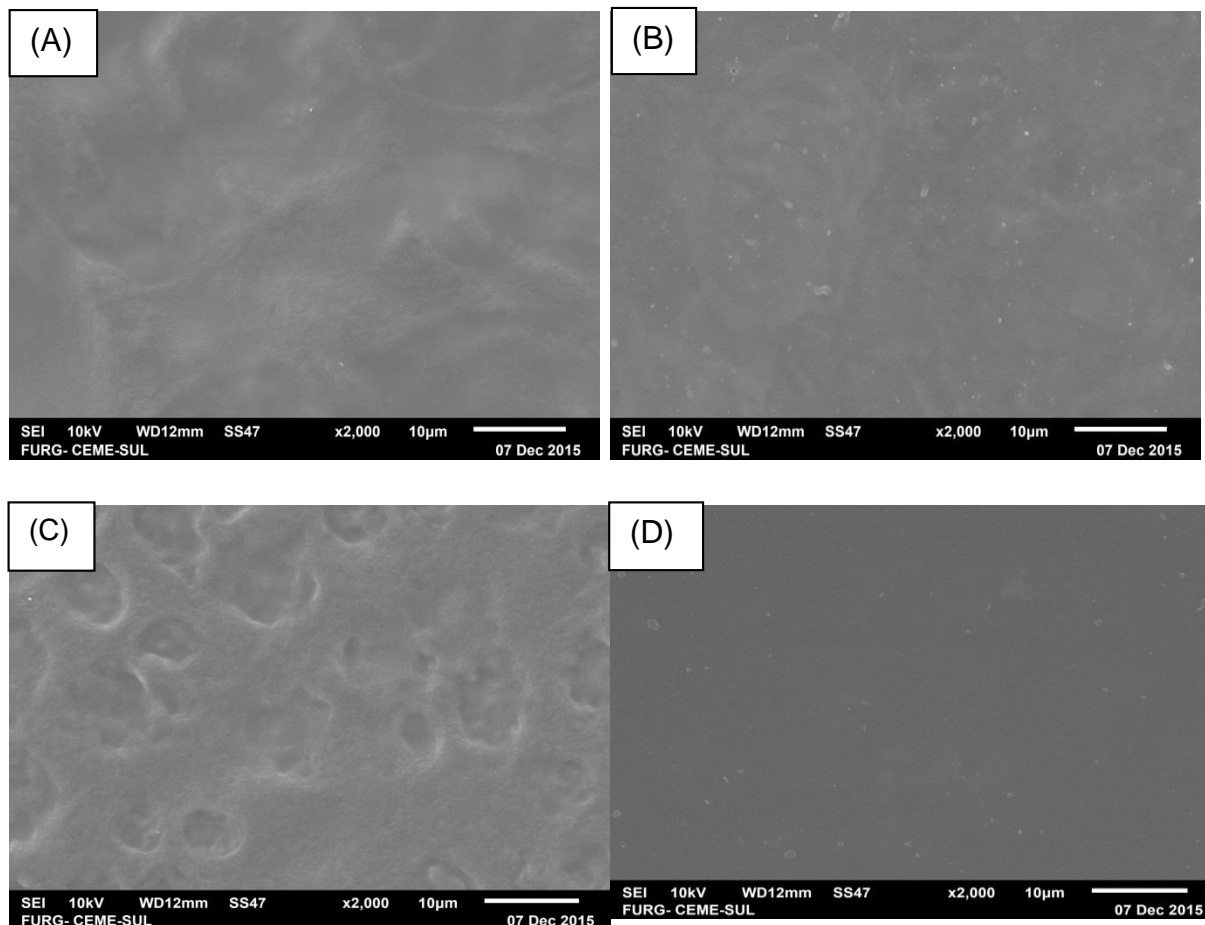


Figura 11 - Filmes obtidos com amidos nativos de mandioca (A) e de arroz (C) e modificados por tratamento térmico com baixa umidade (25%), mandioca (B) e arroz (D).

## 5.4 Conclusão

De modo geral, o tratamento térmico com baixa umidade reduziu a capacidade de hidratação dos grânulos de amidos, promoveu redução no índice de cristalinidade, incrementou a claridade de pastas do amido de arroz, mas tornou o amido de mandioca mais opaco. Os grânulos de amido não sofreram alterações. Os filmes elaborados com amidos modificados apresentaram matriz mais homogênea e contínua, características importantes visando a aplicação em produtos alimentícios e em frutos frescos com metabolismo ativo.

Visando uma aplicação destes amidos em revestimentos, como alternativa sustentável na conservação de produtos alimentícios, é importante avaliar a combinação com outros biopolímeros e plastificantes, com a finalidade de melhorar propriedades de barreira e resistência à tração e alongação.

## 6 CAPÍTULO 2 - CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE CAJU ANÃO PRECOCE CCP-76 POR REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS DE AMIDO DE ARROZ E FEIJÃO SOB REFRIGERAÇÃO

### Resumo

O cajueiro destaca-se entre as frutíferas produzidas na região nordeste do Brasil. Seus frutos são constituídos pela castanha (verdadeiro fruto) e pedúnculo (pseudofruto) de cor e aroma atrativos, de grande importância nutricional, pela fonte de ácido ascórbico e compostos fenólicos, mas devido sua epiderme frágil, alta perecibilidade e susceptibilidade a perda de massa, degradação de cor e fermentação, após colheita tem vida útil de aproximadamente 24 h, se armazenados à temperatura ambiente. A atmosfera modificada com filme de cloreto de polivinila – PVC (15  $\mu$ ), juntamente com a refrigeração (5 a 7°C $\pm$ 2 e 85-90% UR) tem a capacidade de estender a vida útil. Objetivou-se avaliar a conservação pós-colheita de pedúnculos anão precoce CCP-76 por revestimentos constituídos de amido de arroz e feijão, sob refrigeração. Os revestimentos foram compostos com: 3,0% de amido de feijão, 0,3% de xantana e 3,0% de sorbitol (m/v) e revestimento contendo 3% de amido de arroz, 0,3% de xantana e 3,0% de sorbitol (m/v), obtidos mediante gelatinização do amido. Frutos sem revestimento serviram de controle. No tempo zero (0) e em intervalos de dois dias, durante oito dias de armazenamento (7 $\pm$ 1°C, UR 90 $\pm$ 5%) os frutos revestido e controle foram avaliados quanto a perda de massa, aparência externa (escala de notas de 0-4), firmeza de polpa, sólidos solúveis ( $^{\circ}$ Brix), acidez titulável, pH, vitamina C, cor ( $L^*$ ,  $c^*$  e  $H^*$ ) e açúcares solúveis totais. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições em esquema de fatorial 3x5 (tratamentos x tempo de armazenamento), respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Os revestimentos preservaram a cor dos pedúnculos de caju até seis dias de armazenamento, não havendo diferença significativa para as demais variáveis estudadas quando comparados com os frutos sem revestimento.

**Palavras-chave:** revestimento; amido; *Anacardium occidentale* L.; longevidade; qualidade

## 6.1 Introdução

O cajueiro (*Anacardium occidentale*) é uma planta nativa do nordeste brasileiro, apresenta elevada importância socioeconômica para os estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, sendo a castanha o principal produto na pauta de produção e exportação. Em 2016, a produção nacional atingiu 79.665 toneladas de castanha. A maior produção ocorreu nos estados do CE (50%), RN ( $\approx 22\%$ ) e PI ( $\approx 18\%$ ), que juntos representam cerca de 90% do total produzido (IBGE, 2018). Como o pedúnculo ou pseudofruto representa em média 10% do peso da castanha, estima-se que sua produção alcançou 116.985 toneladas.

A castanha (fruto verdadeiro) é uma fração bastante estável, podendo manter-se armazenada por até um ano, sem registrar grandes perdas (SCHMIDT et al., 2007). Já o pedúnculo (pseudofruto), se armazenado em condições ambientais, sem qualquer revestimento protetor, não ultrapassa 24 h, devido à alta perecibilidade, epiderme extremamente fina e delicada, alta susceptibilidade perda de água e murchamento, degradação das antocianinas e fermentação (MENEZES; ALVES, 1995). Assim, perde rapidamente sua atratividade e o valor comercial, gerando prejuízos econômicos.

Nos últimos anos, o pedúnculo de caju tem despertado interesse entre os frutos brasileiros voltados para o consumo de mesa, pois além do sabor e aroma agradáveis, destaca-se pelo seu valor nutritivo, apresentando teor de ácido ascórbico entre 156 a 387 mg/100 g, superando em quatro vezes o valor encontrado na laranja (cerca de 50 mg/100 g), pelos compostos fenólicos presentes, os taninos (MENEZES; ALVES, 1995).

Cabe ressaltar, alguns estudos focados na obtenção e caracterização de uma grande variedade genética de clones de cajueiro anão precoce, que além de direcionados a maior produtividade da castanha apresenta menor concentração de tanino, portanto, menor adstringência (MOURA et al. 2001; FILGUEIRAS et al. 2002).

A refrigeração, em combinação com filmes plásticos e flexíveis à base de polietileno ou policloreto de polivinila (PVC) é a prática comercial para prolongar a vida de prateleira de pedúnculos de caju e estender sua comercialização em locais distantes dos centros de produção (MENEZES, 1992; MORAIS et al. 2002; MOURA et al. 2010). O filme modifica o ar circulante e interno da fruta, reduzindo os níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, resultando em redução do metabolismo e retardando a senescência

(CHITARRA; CHITARRA, 2005; HOJO et al., 2007).

Dentre os estudos focados na conservação pós-colheita, MENEZES (1992), em sua pesquisa com pedúnculos de cajueiro comum, com atmosfera modificada, utilizando bandejas de isopor para acondicionamento dos frutos e revestimento com filme PVC, com espessura de 15 $\mu$ m, armazenamento (5 $\pm$ 1°C e 88 $\pm$ 3% UR) constatou 10 dias de vida útil. Para os clones CCP-76, END-157, END-183 e END 189, armazenados em condições semelhantes ao estudo anterior, Moura et al. (2001) constataram 10 e 15 dias para pedúnculos de coloração mais intensa (END 157 e END 189), respectivamente, 15 dias para o clone END 157 e até 25 dias para os clones CCP-76. Objetivando aumentar o tempo de vida útil pós-colheita de pedúnculos de caju cajueiro anão precoce (END 183 e CCP-76), pela redução da temperatura de armazenamento, passando de 5 para 3°C, sob atmosfera modificada por filme PVC, Moura et al. (2001), constataram redução da vida útil pós-colheita para os pedúnculos do clone CCP-76 e aumento de 3 dias úteis para os frutos do clone END 183. Figueiredo et al. (2007), avaliando a qualidade de caju submetido à aplicação pós-colheita de cálcio (0,5, 1 e 2% p/v), constataram que o cálcio aplicado nas doses de 0,5 e 2% (p/v) elevou os teores de cálcio até o 15º dia, refletindo em aumento da resistência pós-colheita, com diminuição posterior até o final do armazenamento.

Tendo em vista a redução de impactos ambientais, causados pelos descartes de filmes plásticos convencionais, nas últimas décadas, o emprego da refrigeração, juntamente com aplicação de revestimentos à base de amido e de outros polímeros naturais tem despertado grande interesse, visando à aplicação em produtos vegetais como frutas e hortaliças.

Henrique; Cereda (1999) em estudo com morangos (*Fragaria Ananassa Duch*), observaram que revestimentos constituídos com 1, 2, 3, e 4% promoveram aumento de textura, prolongando em até 5 vezes a vida pós-colheita dos frutos. Para uvas revestidas com amido de mandioca acetilado, armazenadas a 5 $\pm$ 2°C e umidade relativa em torno de 70 $\pm$ 2%, durante 25 dias, foi constatado aumento de 12 dias de vida útil, fato observado pela diminuição da perda de sólidos solúveis, sem alteração da acidez (VICENTINO et al., 2011). Em tomates cereja, Oliveira et al. (2015) observaram que os frutos revestidos com películas contendo 3% de amido preservaram os atributos de qualidade, como menor acidez e menor atividade da pectinametilesterase (PME). Para o pedúnculo de caju, há escassez de literatura.

Assim, novas técnicas pós-colheita capazes de aumentar o tempo de vida útil pós-colheita do pedúnculo de caju são importantes.

Para a utilização do amido como revestimento protetor para frutas é necessária à elaboração de géis, mediante a gelatinização. Após resfriamento natural podem ser aplicados sobre a superfície dos frutos, por imersão ou aspersão, formando uma película fina após a secagem, capaz de modificar a atmosfera em torno do produto, de modo semelhante as que se obtém como o filme PVC (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O amido de mandioca tem sido um dos mais utilizados, devido à sua grande abundância e baixo custo. Seu gel possibilita boa aderência, transparência formação de filmes com boa barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>. Por isso, as películas à base de amido têm se mostrado eficientes no retardo da atividade respiratória dos frutos, preservando a qualidade. Adicionalmente, conferem brilho e incrementam a aparência. Contudo, o amido de arroz, embora ainda apresente produção pouco expressiva é importante ser investigado, já que este cereal está entre as cinco principais espécies consideradas mundialmente como fontes comerciais de amido (CEREDA, 2002). Ademais, informações acerca de sua utilização como recobrimento em frutas ainda são escassas. Ressalta-se sua utilização no desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis (PIYADA et al., 2013; COLUSSI et al., 2014; COLUSSI et al., 2015). O amido de feijão, fonte não convencional de amido, também vem sendo investigado como material para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis, não havendo até o momento estudo de sua aplicação como revestimento em frutos *in natura*.

A xantana, polissacarídeo de origem bacteriana tem sido combinada com o amido com o intuito de aumentar a viscosidade e estabilidade dos géis de recobrimentos filmogênicos (MATTA JR et al., 2011).

A adição de plastificantes, como glicerol e sorbitol, reforça as ligações de hidrogênios entre as cadeias dos polímeros, fortalecendo a resistência e flexibilidade dos filmes (REIS et al., 2011).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo de estender o tempo de conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76 com o uso de revestimentos comestíveis de amido de arroz e feijão, em combinação com xantana, sob refrigeração.

## 6.2 Material e métodos

### 6.2.1 Material

Foram utilizados pedúnculos de cajus do clone CCP-76, procedentes da Serra do Mel em Mossoró-RN, amidos de arroz nativo (AAN) e amido de feijão nativo (AFN), xantana pruni e sorbitol P.A, como agentes estabilizante e plastificante, respectivamente.

#### 6.2.1.2 Extração dos amidos e produção da xantana

O amido do arroz da cultivar IRGA - 417 foi extraído pelo método alcalino descrito por Wang; Wang (2004), com modificações, conforme Zavareze et al. (2009b). O amido de feijão foi originário da cv. Carioca, da marca tordilho, extraído pelo método do bissulfito, conforme Rupollo et al. (2011). A xantana pruni, foi produzida por *Xanthomonas arboricola* pv pruni, segundo pedido de patente WO/04784520 (VENDRUSCOLO et al., 2006).

### 6.2.2 Preparo e aplicação dos revestimentos

Foram realizados três (3) diferentes tratamentos: controle (sem revestimento); revestimento com 3% de amido de feijão (AF), 0,3% de xantana e 3,0% sorbitol (m/v) e revestimento constituído com 3% de amido de arroz (AA), 0,3% xantana e 3,0% sorbitol (m/v).

Os revestimentos foram obtidos por meio da dispersão dos amidos em água destilada e geleificação a 90°C, em banho-maria, sob agitação constante por 15 min. A xantana e o sorbitol dispersos em pequena quantidade de água destilada foram adicionadas após as suspensões de amido alcançarem temperaturas em torno de 55°C, como agentes estabilizante e plastificante, respectivamente.

Os frutos (pedúnculo + castanha), colhidos manualmente, no estágio de maturação comercial foram acondicionados em contentores vasados, em única camada, transportados imediatamente até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Semiárido, campus de UFERSA – Mossoró-RN. Em seguida foram selecionados quanto a integridade, coloração uniforme, lavados e sanificados com solução aquosa de hipoclorito de sódio contendo 150 mg/L, por 10

min, seguidos de enxague com água potável e secagem natural ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $76\pm 1\%$  de UR). Depois foram imersos nas soluções de revestimento, resfriadas até  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 2 min, removidos e expostos em peneiras de nylon para escoamento do excesso e secagem, com auxílio de ventilação, em ambiente com temperatura de  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $76\pm 1\%$  de UR, por aproximadamente 60 min. Os pedúnculos + castanha ( $n= 4$ ) foram acondicionados em bandejas de isopor, armazenados em câmara fria à  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90\pm 5\%$  por 8 dias. Frutos sem revestimento (controle) foram armazenados em condições idênticas.

No tempo inicial (tempo zero) e a cada dois dias, ao longo de 8 dias os frutos foram avaliados quanto as seguintes características: perda de massa fresca (%), obtida pela diferença entre a massa inicial e a obtida nos diferentes períodos de armazenamento, através de pesagem em balança analítica com precisão de 0,001g; aparência externa: utilizando-se escala de notas (0-4), onde: 0= pedúnculos com aparência boa, resistente ao choque mecânico, isento de enrugamento, com cheiro agradável; 1= manchas pequenas de mudança de cor; 2= descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo; 3= perda de brilho, mudança total de coloração e presença de depressão, características de contato com as superfícies e 4= liberação espontânea do suco, presença de bolores, cheiro desagradável, imprestável para o consumo (FIGUEIREDO, 2000; MOURA et al., 2005); firmeza da polpa determinada por quatro leituras na região mediana do pedúnculo, utilizando-se penetrômetro (Fruit Hardness Tester, modelo 802 de 0,5 a 15,0 Kg/cm<sup>2</sup>, com ponteira 3,5 mm e a média expressa em N; coloração externa, determinada em dois pontos medianos externos aleatórios de cada fruto, através de colorímetro (Color Reader<sup>®</sup> CR10, Konica Minolta Sensing) e sistema CIELab, avaliando-se as variáveis: luminosidade (L), que varia do branco (100) ao preto (0), cromaticidade (c) e ângulo Hue (H<sup>°</sup>), que indica a tonalidade da cor variando de 0 (vermelho), 90 (amarelo), 180 (verde) e 360<sup>°</sup> (azul); e sólidos solúveis totais (°Brix): determinados em refratômetro digital portátil, modelo PR-100 Palette, ATAGO Co. Ltda., Japan, com faixa de medição de 0-53%, seguindo as normas analíticas (A.O.A.C., 1995), e os resultados expressos em (%); acidez total titulável (ATT), obtida por titulação do suco com solução de NaOH 0,01 N, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985), sendo o resultado expresso em mg ácido málico/100 mL; pH determinado em potenciômetro digital QUIMIS, São Paulo, Brasil, calibrado previamente com soluções de pH 4,0 e

7,0 (A.O.A.C., 1995); teor de vitamina C (mg de ácido ascórbico /100g), determinada por titulometria de neutralização com solução de Tillman (2,6 diclorofenolindofenol - DFI), conforme metodologia descrita por Strohecker; Henning (1967); açúcares solúveis (%), utilizando o método de determinação por Antrona, conforme Yemn; Willis (1954).

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), com esquema fatorial 3x5, sendo três tratamentos (controle, cobertura com amido de feijão e cobertura com amido de arroz) e cinco tempos de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 dias), com 4 repetições de um fruto para cada tratamento, nos diferentes intervalos de armazenamento. Os dados foram submetidos à análise de variância através do aplicativo software SISVAR (FERREIRA, 2003) e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### **6.3 Resultados e discussão**

Verificou-se interação significativa entre revestimento e tempo de armazenamento, apenas para a aparência externa (Figura 12). Efeito simples da cobertura para a coloração (variáveis  $L^*$ ,  $c^*$  e  $^{\circ}H$ ) e efeito simples do tempo de armazenamento para a  $L^*$ , perda de massa fresca, sólidos solúveis, pH, teor de vitamina C, açúcares solúveis totais e relação sólidos solúveis acidez total titulável (SS/ATT).

Para a aparência externa (AE), ambos os recobrimentos proporcionaram notas inferiores a dois (2) até o 6º dia de armazenamento (Figura 12), indicando que o produto ainda pode ser comercializável. Segundo Menezes (1992); Figueiredo (2000), os frutos com notas superiores a 2,0 já são considerados inadequados à comercialização. Ao contrário do observado neste estudo Damasceno et al. (2003), verificaram que coberturas de amido de mandioca a 3% (m/v), aplicadas em tomates promoveram melhoria na aparência. No estudo de Henrique; Cereda (1999), a aplicação de revestimentos constituídos com concentrações (4 e 5% m/v) desse mesmo amido, aplicadas em morangos deixaram os frutos com coloração opaca. Porém, ao utilizarem menores concentrações (1, 2 e 3% m/v), os frutos mantiveram melhor a cor.



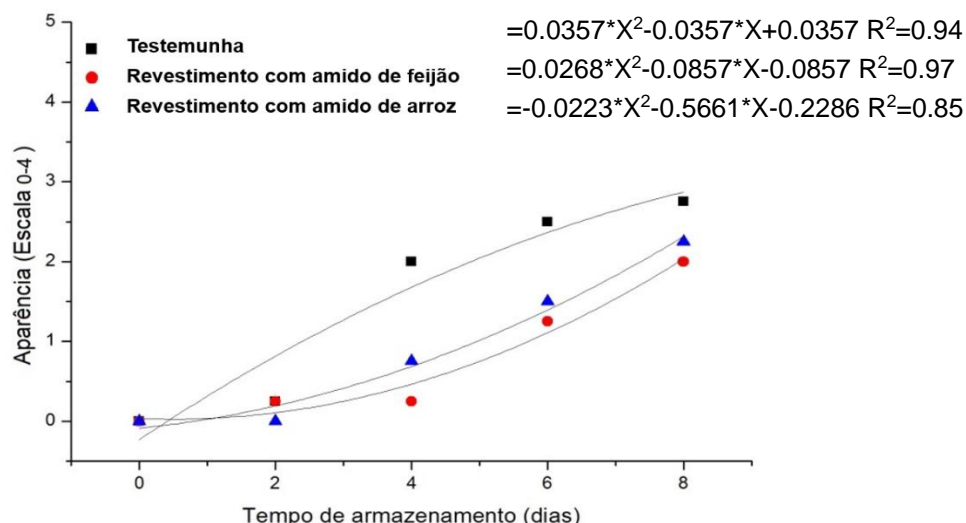


Figura 12 - Aparência externa de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76: Testemunha; revestimentos com: 3% de amido de feijão, 0,3% de xantana; 3,0% de sorbitol (m/v); 3,0% de amido de arroz, 0,3% de xantana e 3,0% de sorbitol (m/v), armazenados a  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 5\%$

Para a cor dos pedúnculos de caju, na Tabela 4, constata-se que o revestimento com amido de feijão manteve a coloração ( $L^*$ ), cromaticidade ( $c^*$ ) e ângulo Hue ( $^{\circ}\text{H}$ ) inferior aos frutos do tratamento controle, mas não propiciou diferença nesses parâmetros quando comparada à cobertura de amido de arroz, que foi semelhante aos resultados dos frutos testemunha.

Tabela 4 - Valores médios das variáveis de cor,  $L^*$ ,  $c^*$  e  $^{\circ}\text{H}^*$  de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76.

Tratamentos	$L^*$	$c^*$	$H^*$
Testemunha (sem revestimento)	55,77 <sup>a</sup>	47,24 <sup>a</sup>	54,68 <sup>a</sup>
Revestimento com amido de feijão	53,23 <sup>b</sup>	42,21 <sup>b</sup>	44,52 <sup>b</sup>
Revestimento com amido arroz	54,68 <sup>ab</sup>	44,95 <sup>ab</sup>	48,31 <sup>ab</sup>

Revestimento: 3,0% de amido de feijão, 0,3% de xantana e 3,0% de sorbitol (m/v). Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A Figura 13 ilustra os Valores médios de coordenada L (luminosidade), perda de massa, firmeza de polpa e da vitamina C de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados a  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 5\%$ , durante 8 dias.

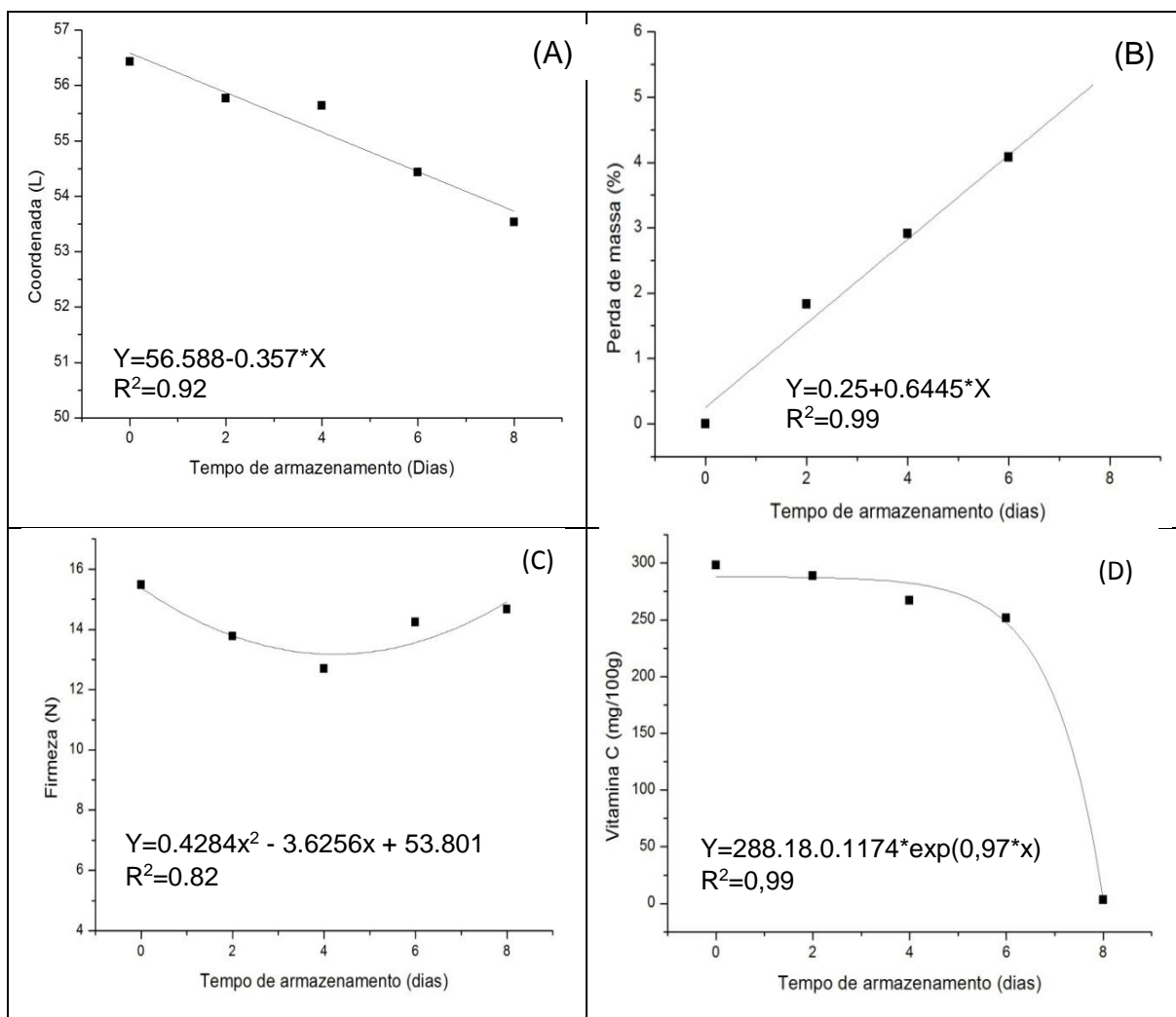


Figura 13- Valores médios das coordenadas L\* (A), perda de massa (B), firmeza (C) e vitamina C (D) de pedúnculos de caju ano precoce CCP-76, armazenados a  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 5\%$  durante 8 dias.

Analisando a Figura 13A, observa-se que os valores de (L\*) diminuíram com o tempo de armazenamento, apresentando, no tempo inicial  $L=56,6$  e aos 8 dias  $L=53,7$ , o que permite afirmar que houve tendência ao escurecimento da epiderme dos pedúnculos. A redução da luminosidade é fato observado durante o armazenamento de frutas e hortaliças frescas, com ou sem aplicação de revestimentos sintéticos e/ou biodegradáveis. Tem sido associada com a perda de água por transpiração, murchamento e escurecimento do envoltório externo, com a instabilidade das antocianinas presentes nas superfícies dos vegetais, que são facilmente oxidadas por enzimas presentes nos tecidos vegetais, produzindo compostos marrons (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Assim como neste trabalho, Moura et al. (2005) ao avaliarem a aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo *in natura*, armazenados sob diferentes camadas de PVC, com complemento da refrigeração (5°C), observaram redução da luminosidade, com maior intensidade para os clones mais avermelhados.

Para a perda de massa não houve diferença significativa entre os dois revestimentos e controle (Figura 13B). Todos os frutos apresentaram perda linear constante ao longo do armazenamento, atingindo valores médios de 5,4% aos 8 dias de armazenamento, que de acordo com Chitarra; Chitarra (2005) torna os pedúnculos não comercializáveis, apesar da nota alcançada para aparência externa para o revestimento com amido de feijão (Figura 12).

Agostini et al. (2014), avaliando os efeitos de diferentes recobrimentos e temperaturas de armazenamento na conservação de laranjas Champagne, constaram que frutos revestidos com fécula de mandioca, independente da temperatura de estocagem tiveram perdas de massa maiores, quando comparados com frutos revestidos com PVC. Lemos et al. (2007), Sousa et al. (2009) e Nunes et al. (2010), também constataram que coberturas contendo 3% de amido de mandioca não foram eficientes em retardar a perda de massa em berinjela, pimentão, pêssegos, respectivamente. Em contrapartida, Henrique; Cereda (1999), Pereira et al. (2006), Fakhoury et al. (2007) e Santos et al. (2011a) observaram menor perda de massa em morangos, uva Crimson e tomates revestidas com biofilmes contendo 3% de fécula de mandioca. Kester; Fennema (1986) reportam que a barreira à perda de umidade em revestimentos à base de amido é mínima, devido a sua natureza hidrofílica. Fato que pode justificar a elevada perda de água observada no presente estudo. Percebe-se, assim, a necessidade de modificação dos recobrimentos, haja vista que para reduzir a intensidade de respiração e transpiração que provocam a perda de massa, o filme tem que consistir em barreiras a gases e ao vapor de água (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Como outra característica de perda de qualidade, observou-se redução na firmeza da polpa (Figura 13C) com o tempo de armazenamento, até quatro dias, independentemente do tipo fator recobrimento; depois ocorreu elevação na curva de valores médios, com aproximação ao valor inicial, valor médio igual a 15,5 N. Tal comportamento pode estar associado com a perda de água decorrente da

transpiração.

Chitarra; Chitarra (2005) relatam que a redução da firmeza em frutos é resultante da degradação da parede celular, hidrólise do amido e da perda de água. Enquanto, o aumento pode ocorrer em alguns frutos como resultado da formação de lignina na parede celular, como ocorre em aspargos (BRECHT et al., 2010).

A redução da firmeza de pedúnculos ao longo do armazenamento é um fato observado na maioria dos estudos de conservação pós-colheita de caju. Como exemplo, Morais et al. (2002) estudando o armazenamento refrigerado (5°C, UR 87±2%) de pedúnculos de cajueiro anão-precoce dos clones (CCP-76, END-157 e END-189) associada a atmosfera modificada pelo uso de filmes PVC (15 micra), condições de armazenamento atual em escala comercial, observaram decréscimo gradual da firmeza até 15 dias de armazenamento, passando de 18 para 14 N e tendência a estabilização até 25 dias. Lopes et al. (2011) avaliando os atributos de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce CCP-76, CCP 09, BRS em sete diferentes estádios de maturação observaram valores de firmeza entre 37,51 a 9,98 N, com média igual a 21,72 N.

Para outros frutos, Santos et al. (2011a) em sua pesquisa com mangas Tommy Atkins com aplicação de coberturas constituídas de amido de mandioca e de milho nas concentrações de 2, 4 e 6%, armazenadas 12+0,6°C e 86% de UR, observaram perda de firmeza superior ao valor médio observado no presente estudo, os valores de firmeza superiores a 88,6 N e, ao final do experimento, atingiram valores entre 49 a 58,3N. Nos estudos de Lemos et al. (2007) e Nunes et al. (2004) também ocorreu redução da firmeza em pimentões e pêssegos, revestidos com recobrimentos de amido de mandioca, sendo associada com a perda de massa. Chitarra; Chitarra (2005) relatam que a redução da firmeza é resultante da degradação da parede celular, hidrólise do amido e da perda de água.

Os resultados de firmeza observados no presente trabalho, variando entre 14,3 a 12,5 N, sendo o maior valor semelhante ao observado no estudo de Morais et al. (2002). Santos et al. (2011a) observaram maior valor de perda de firmeza em mangas Tommy Atkins com aplicação de coberturas constituídas de amido de mandioca e de milho nas concentrações de 2, 4 e 6%, armazenadas 12+0,6°C e 86% de UR. Os frutos apresentaram valores de firmeza superiores a 88,6 N e, ao final do experimento, apresentaram valores entre 49 a 58,3 N.

Para a vitamina C (Figura 13D), verificou-se estabilidade inicial nos valores médios, seguido de acentuado decréscimo entre o 6 e 8º dias de armazenamento. Nesse sentido, pode-se inferir que o período de armazenamento interessante foi até seis dias. Reduções no teor de vitamina C durante o armazenamento de frutos *in natura* estão relacionadas à oxidação do ácido ascórbico pelo oxigênio e ação de enzimas (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Outros autores constataram comportamento semelhante, quando armazenaram pedúnculos de caju comum e anão precoce, revestidos com filmes plásticos (PVC 15 micra) sob refrigeração a  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $85\pm 3\%$ , sendo mais acentuadas as perdas no final do armazenamento aos 10 (MORAIS et al., 2002) e 25 dias (MOURA et al., 2010).

Os valores de vitamina C variaram no presente estudo de 287 a 250 mg no tempo zero aos 6 dias, respectivamente. Entretanto aos 8 dias foi inferior a 45 mg. Os teores de vitamina C, observados no presente estudo, superaram os observados em diferentes outros clones de cajueiro anão precoce, de 153,20 a 158,26 mg de AA/100 g (MAIA et al., 2004). Fato que pode ser associado com condições climáticas, tipo de solo e outros fatores.

A Figura 14 ilustra-se o comportamento do pH, acidez titulável em ácido cítrico, sólidos solúveis ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), açúcares redutores em percentual e relação SS/AT de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados a  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 5\%$ , durante oito dias.

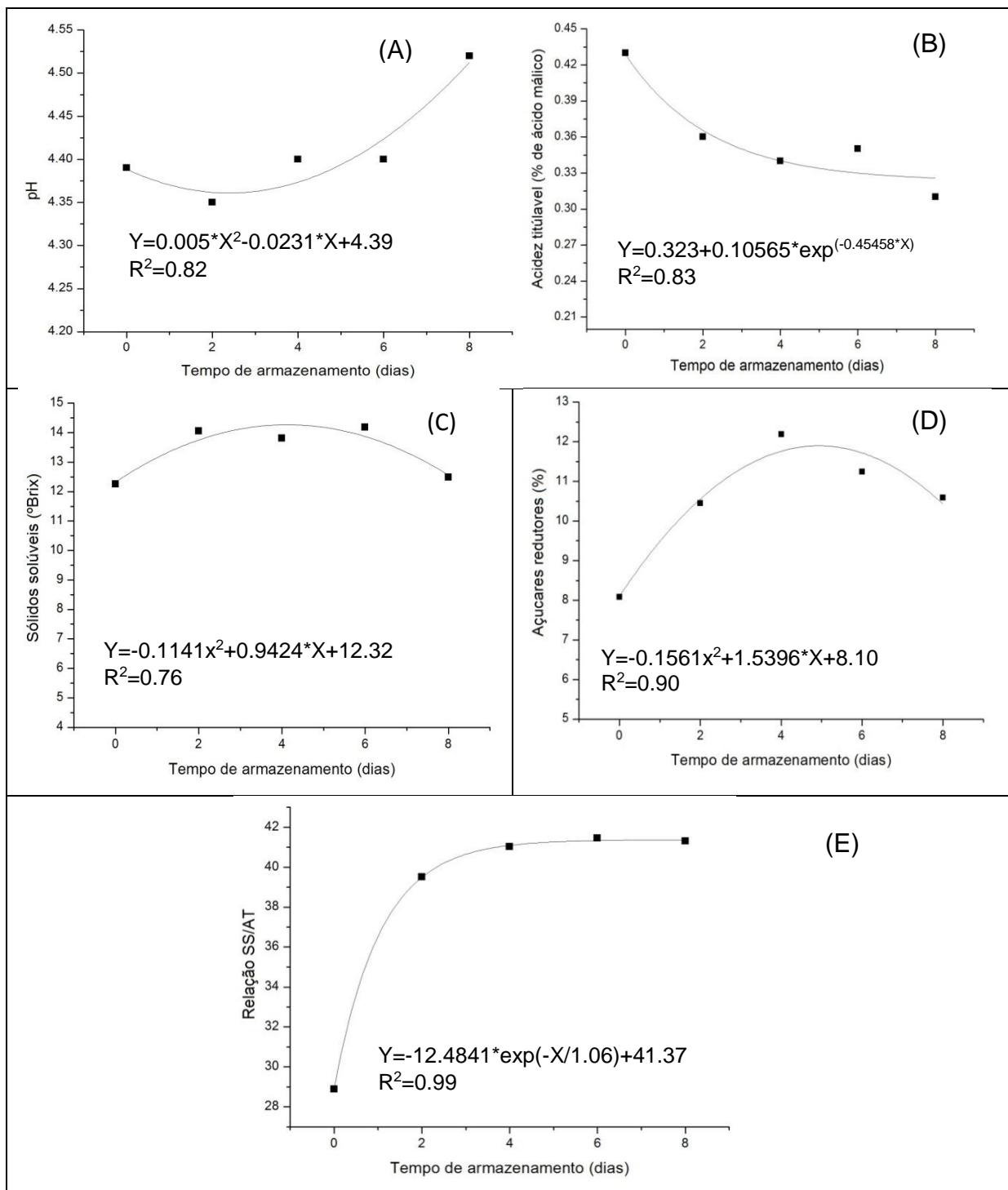


Figura 14 - pH (A), acidez titulável em ácido cítrico (B), sólidos solúveis (°Brix) (C), açúcares redutores em percentual (D) e relação SS/AT (E) de pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados a  $7\pm 1^\circ\text{C}$ , UR  $90\pm 5\%$ , durante oito dias.

Com relação ao pH (Figura 14A), observou-se leve declínio as dois dias, seguido de uma elevação ao longo do período de armazenamento. A elevação do pH está coerente com o declínio observado no teor de acidez dos pedúnculos de caju

durante o armazenamento (Figura 14B). Da mesma forma, Moura et al. (2001) constataram aumento de pH em pedúnculos de caju revestidos com filmes plástico armazenado sob refrigeração.

Para a acidez titulável (Figura 14B), o valor médio obtido no tempo inicial 0,43% foi reduzido para 0,35% aos seis dias de armazenamento, finalizando com 0,32%. Essa redução está associada à oxidação dos ácidos orgânicos em decorrência da respiração dos frutos ao longo do armazenamento. Em estudo realizado por Moura et al. (2010), com o clone de caju CCP-76 e END-183, revestidos com filmes plástico e armazenados sob refrigeração, também foi constatado pequena redução na acidez titulável.

O valor médio inicial estimado em 0,43% (m/v), em ácido málico, está muito próximo do citado para pedúnculos dos clones CCP-76 destinados ao consumo de mesa, que é de 0,4 a 0,75% de acidez total em ácido málico (GOMES et al., 2006).

Para os sólidos solúveis (Figura 14C) verificou-se, inicialmente, 12,32°Brix e aumento ao 8º dia, quando se detectou 12,55 °Brix. É provável que o aumento esteja associado à perda de massa dos pedúnculos por transpiração durante o armazenamento. Para os clones de cajueiro CCP-76 e END-189, preservados pelo uso combinado de filmes plásticos (PVC 12 micra) e refrigeração (3,4°C e UR de 85±11%) foi constatado uma ligeira redução nos sólidos solúveis, passando de 12% no tempo inicial para 10% ao final de 30 dias (MOURA et al. 2010). Opostamente, Morais et al. (2002) não observaram diferença significativa de sólidos solúveis ao longo do armazenamento dos clones de cajueiro CCP-76, END-157, END-183 e END-189, revestidos com filme PVC de 15 micra, submetidos à refrigeração (5±1°C e 85±3% de UR). Contudo, estudo similar, utilizando pedúnculos de cajueiro comum, evidenciou aumento significativo de sólidos solúveis (MENEZES, 1992). O teor médio dos SS (%) dos pseudofrutos no tempo inicial, próximos de 12,5% é equivalente ao valor citado na literatura para o clone CCP-76, cerca de 12,6% (GOMES et al., 2006).

Verificou-se aumento nos teores de açúcares solúveis totais dos pedúnculos até o 4º dia de armazenamento, seguido de um decréscimo (Figura 14D). De acordo com Chitarra; Chitarra (2005), um aumento nos teores de açúcares solúveis pode ocorrer após a colheita em função da hidrólise de amido, desidratação dos frutos e degradação de polissacarídeos da parede celular. Considerando que o teor de amido em caju é muito baixo, o aumento nos teores de açúcares redutores observados no

presente estudo está, provavelmente, relacionado à perda de massa ao longo do armazenamento.

O resultado observado no presente trabalho é similar ao valor encontrado no estudo de caracterização química de diferentes clones de cajueiro, valor médio igual a 8,3% (MAIA et al. 2004) divergem do estudo em caju por Moraes et al. (2002).

Na Figura 14E, observa-se um aumento na relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) dos pedúnculos com o período de armazenamento, passando de 29 para 42 aos 8 dias. Essa elevação deve-se a redução dos ácidos orgânicos e manutenção dos sólidos solúveis elevados.

A relação SS/AT além de constituir um indicador do ponto de colheita de alguns frutos, também é uma das formas mais utilizadas para avaliar o sabor das frutas, por proporcionar uma ideia do equilíbrio doce ácido (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para pedúnculo de caju do clone CCP-76, que reúne as melhores características para o consumo de mesa, excetuando a firmeza, no estudo de Gomes et al. (2006), foi observado valor médio da relação SST/AT igual a 54,78.

#### **6.4 Conclusão**

A atmosfera modificada pelo uso de revestimentos constituídos de amido, com incorporação de sorbitol e xantana, independente da fonte de amido, não se mostrou eficiente no retardo da perda de massa. Porém revelou nota de aparência inferior a dois para os pedúnculos de caju revestidos, o que indica viabilidade de comercialização por até seis dias, superando em dois dias, comparado aos frutos do tratamento controle.

#### **Agradecimentos**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq) pelo suporte financeiro, a UFPel e a UFersa-RN, pela disponibilidade do Laboratório de Tecnologia de Alimentos para à realização deste estudo.



## 7 CAPÍTULO 3 - FILMES DE AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS FISICAMENTE, ADICIONADOS DE QUITOSANA E XANTANA PARA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE PEDÚNCULOS DE CAJU CCP-76

### Resumo

Neste trabalho objetivou-se o desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amidos de arroz e de mandioca modificados por tratamento térmico com baixa umidade (TTBU), em combinação com quitosana e xantana, e aplicação das soluções filmogênicas em pedúnculos de caju anão precoce para estender a vida útil pós-colheita. Os filmes foram elaborados por *casting*, utilizando-se os seguintes tratamentos (T1) 4% amido de arroz modificado (AAM), 0,3% xantana; 2,0% sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v); (T2) 4% amido de arroz modificado (AAM), 0,7% quitosana, 2,0% sorbitol e 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3) 4% amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% quitosana, 2,0% sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio; (m/v); (T4) 4,0 % amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% quitosana, 2,0% sorbitol, 0,02% de fosfato de cálcio (m/v). Avaliou-se as características macroscópicas, espessura, solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água (PVA) e opacidade. As soluções filmogênicas (SF) que deram origem aos filmes foram utilizadas com revestimentos em pedúnculos de caju anão precoce-CCP-76. Os frutos foram recobertos por imersão por 2 min. Após remoção do excesso e secagem ( $24\pm 2^{\circ}\text{C}$  e 56% UR) foram acondicionados em bandejas de isopor, armazenados em câmara fria ( $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 2\%$ ) por 8 dias. Nos tempos 0, 2, 4, 6, e 8 dias avaliou-se perda de massa, aparência externa, firmeza de polpa, sólidos solúveis, e acidez total, açúcares solúveis totais e variáveis de cor, incluindo a luminosidade ( $L^*$ ) e  $^{\circ}\text{Hue}$  e  $b^*$ . Os filmes de amidos, com adição de quitosana se mostraram menos espessos e menos permeáveis ao vapor de água; não houve diferença para a opacidade. Os recobrimentos não se mostraram eficientes no retardo da perda de massa, manutenção da firmeza e incremento da aparência. Porém, possibilitaram retenção de vitamina C até o quarto dia de armazenamento.

**Palavras-chave:** *Anacardium occidentale* L, pós-colheita, filmes e revestimentos comestíveis

## 7.1 Introdução

A preocupação ambiental, aliada a demanda por alimentos mais saudáveis têm motivado a utilização de polímeros naturais como amido, quitosana e xantana na produção de filmes e revestimentos, para proteger e aumentar a vida útil de frutas, hortaliças e outros alimentos, podendo ser ou não adicionados de plastificantes, espessantes, secantes e outros aditivos, considerados seguros e atóxicos (FAD, 2018).

O amido, polímero de reserva das plantas e fonte de energia para as plantas e animais é de grande interesse à obtenção de filmes biodegradáveis e comestíveis. Tem sua estrutura constituída por amilose e amilopectina. A amilose é linear, formada por unidades de  $\alpha$ -D-glicose ligadas em  $\alpha$ -(1,4), com pequeno número de ligações  $\alpha$ -(1,6) (entre 0,1 e 2,2%) do total das ligações. Enquanto a amilopectina é altamente ramificada, constituída por cadeias lineares contendo de 20 a 30 unidades D-glicose, ligada em  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4) e com 5 a 6% com ligações  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 6) (BULÉON et al., 1998; FRANCO et al., 2001).

Além de fonte de energia, o amido tem amplo uso em diversos segmentos agroindustriais. Na indústria de alimentos, é utilizado como ingrediente calórico, agente ligante, umectante, texturizante, estabilizante de emulsões, formação de coberturas leves ou crocantes e de filmes resistente ao óleo e com boa barreira a gases como O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (CEREDA, 2002; KESTER; FENNEMA, 1986). Mas, na forma nativa, isto é, como obtido na natureza, o amido apresenta certas limitações. Certas modificações químicas, físicas ou enzimáticas possibilitam melhorar as propriedades fisicoquímicas e funcionais do amido e potencializar o seu uso (CEREDA, 2002).

Amidos obtidos por modificação física causam menor impacto ambiental (ZAVAREZE et al., 2009b). Assim, muitos estudos têm sido publicados com foco na modificação e caracterização de amidos modificados por tratamento térmico com baixa umidade (TTBU) e com elevada umidade (ANN). No TTBU, empregam-se temperaturas elevadas, superiores às requeridas ao processo de gelatinização do amido, com umidade reduzida (até 35%). Este tratamento proporciona a obtenção de amidos mais solúveis em água fria, com formação de pastas menos viscosas, com melhor estabilidade que as do amido original, conforme evidenciado nos estudos com amido de arroz (ZAVAREZE et al., 2009a), batata-doce (GONÇALVES et al., 2009), mandioquinha salsa, batata doce e gengibre (VIEIRA, 2004).

O uso do amido na formação de filmes se baseia no princípio da gelatinização, que ocorre em determinada faixa de temperatura, em excesso de água. Segundo Fennema (2010), para o amido de mandioca, a faixa de temperatura de gelatinização varia entre 59 a 70°C, para o de arroz vai de 65 a 73°C, havendo a necessidade de quantidade suficiente de água maior que 60%. Em consequência, formam-se pastas ou géis com viscosidade e opacidade diferenciadas, em função da fonte botânica e dos tipos e quantidades de outros constituintes presentes no amido (CEREDA, 2002; RIBEIRO; SERAVALLI, 2007). Os géis resultantes, quando depositados sobre uma superfície formam filmes. Devido às propriedades do amido, estes géis têm constituído grande interesse para conservação de frutos, principalmente para produtos com alta taxa de respiração (ASSIS et al., 2007).

Devido às propriedades funcionais do amido, ao seu baixo custo e disponibilidade, ao interesse em tecnologias capazes de gerar menor impacto ambiental, nos últimos anos é crescente o interesse no desenvolvimento de filmes e revestimentos ou coberturas para aplicação na conservação de frutos e outros alimentos. Porém, os filmes produzidos exclusivamente com amidos são pouco flexíveis e quebradiços, devido às interações entre as moléculas de amilose, que embora contribuam para a formação do filme, sendo muito intensas dificultam a continuidade e coesividade da matriz do filme. Quando plastificados com o glicerol e sorbitol em proporções adequadas (10 a 60 g/100 g) de matéria seca há incremento da flexibilidade e extensibilidade (GONTARD et al., 1994).

Além dos plastificantes, o uso de amidos modificados tem evidenciado resultados eficazes na formação filmes biodegradáveis e comestíveis. Como exemplos, Zavareze et al., (2012) verificaram que filmes obtidos com amido modificados com tratamento térmico de baixa umidade apresentaram melhorias na resistência à tração e permeabilidade ao vapor de água. Enquanto a utilização de amido modificado por oxidação melhorou as propriedades de resistência à tração, com menor alongamento na ruptura, menor solubilidade, e menor permeabilidade ao vapor de água, comparado ao amido nativo.

Cabe ressaltar os estudos com a utilização do amido em revestimentos ou coberturas para frutas e hortaliças *in natura*, como morango (HENRIQUE; CEREDA, 1999), limão siciliano (HENRIQUE; CEREDA, 2007), manga '*Tommy Atkins*' (VIEIRA et al., 2009; SANTOS et al., 2011a; SANTOS et al., 2011b), uvas (VICENTINO et al.,

2011), tomate cereja (OLIVEIRA et al., 2015), com relatos de preservação de parâmetros de qualidade, como os sólidos solúveis, firmeza, cor, menor índice de perda de massa, ao longo do armazenamento, dependendo da composição e concentrações dos materiais biológicos e das cultivares utilizadas. Convém frisar que, nos estudos relacionados, os revestimentos não foram adicionados de plastificantes. Mas, conforme Assis et al. (2014) o plastificante também é indicado para conferir uma maior plasticidade e favorecer uma melhor adesão.

A quitosana, polissacarídeo de origem animal, derivado da desacetilação da quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza, perdendo apenas para a celulose. Sua estrutura é composta por unidades beta (1-4) 2-amino-2deoxi-Dglucose ou (D-glucosamina) e apresenta cadeia polimérica similar à da celulose. Devido as suas características atóxicas, antimicrobiana e de fácil formação de géis, este polímero tem sido considerado há décadas como um composto de interesse industrial, especialmente de uso farmacêutico (CAMPANA-FILHO; DESBRIÈRES, 2000). Mais recentemente, vem sendo investigada no desenvolvimento de filmes e revestimentos ou coberturas comestíveis para alimentos (ASSIS et al., 2007).

A formação de filmes utilizando a quitosana dá-se por dispersão em meio ácido, mediante agitação, sem aquecimento (ASSIS et al., 2003). O uso das soluções à base de quitosana, como revestimento ou coberturas de frutos tem se mostrado eficaz no controle de podridões fúngica e extensão da longevidade pós-colheita. Hojo et al. (2011) constataram que, solução filmogênica constituída com 1% de quitosana, combinada com 2% de amido, aplicada em morangos orgânicos, proporcionou redução de 5% de perda de massa nos frutos, incrementou a aparência e reduziu a contagem de leveduras psicrófilas, quando comparado com os frutos não tratados, mantidos sob refrigeração. Jiang; Jiang (2005) observaram redução e proliferação de fungos e do escurecimento enzimático em Lichias revestidas com quitosana.

A xantana, polissacarídeo de origem bacteriana, aliada com o amido e outros polímeros biocompatíveis, proporciona boa estabilidade as soluções e produz revestimentos (cobertura) ou filmes comestíveis com melhores propriedades funcionais (MATTA JR et al., 2011).

O Cajueiro (*Anacardium occidentale* L) é amplamente cultivado na região nordeste do Brasil, onde apresenta grande importância econômica, alimentar e social. Os estados de maior produção são Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí (IBGE, 2018).

Seu fruto, constituído pela castanha (fruto verdadeiro) pode ser armazenado por até um ano, sem registrar grandes perdas (SCHMIDT et al., 2007). Enquanto o pedúnculo (pseudofruto) é altamente perecível, degrada facilmente sua cor atrativa, é sensível a fermentação, limitando sua conservação, que não ultrapassa 24 h, quando armazenado fora da refrigeração (MENEZES, 1992, MENEZES; ALVES, 1995). Ademais, seu epicarpo é extremamente fino não suporta muito manuseio pós-colheita.

O pedúnculo é importante fonte de vitamina C (160 a 387 mg/100 g), três a quatro vezes mais que o encontrado na laranja, que contém 50 mg/100 g (MENEZES; ALVES, 1995), compostos fenólicos, carotenoides, vitaminas (B1 e B2), cálcio, fósforo, (ARAÚJO, 2004) e açúcares. Embora assim, as perdas pós-colheita são estimadas entre 80 a 90%.

Atualmente, a preservação do pedúnculo de caju dá-se basicamente pelo uso da refrigeração ( $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), com umidade relativa entre (85 e 90%), em combinação com atmosfera modificada pelo emprego de filme de policloreto de vinila PVC (15 micra), com vida útil pós-colheita entre 10 a 28 dias (MENEZES, 1992; FIGUEIREDO, 2000; MORAIS et al., 2002; MOURA et al., 2010). Estudos com a utilização de recobrimentos à base de amidos, quitosana e xantana são incipientes.

Considerando o exposto, este trabalho objetivou produzir e caracteriza filmes de amido, com adição de quitosana e xantana, isoladamente. Além de investigar os efeitos das soluções filmogênicas utilizadas como revestimentos protetores na conservação pós-colheita de pedúnculos de caju anão precoce.

## **7.2 Material e métodos**

### **7.2.1 Material**

Utilizou-se amido de arroz de alta amilose, oriundo da cultivar IRGA-417, cultivada em Pelotas-RS, sendo esse amido extraído pelo método alcalino descrito por Wang; Wang (2004); amido de mandioca comercial da marca Yoki<sup>®</sup> Alimentos S.A, adquirido em supermercado de Pelotas-RS; quitosana Polymar grau alimentício, Fortaleza-CE, Brasil; sorbitol P.A.; xantana pruni, obtida no Laboratório de Biopolímero do Núcleo de Biotecnologia do Centro de Desenvolvimento Tecnológico – CDTEC da Universidade Federal de Pelotas-UFPEL-RS, conforme Vendruscolo et al. (2006); sorbitol da Vetec, São Paulo-SP, Brasil, como agentes plastificantes e,

fosfato de cálcio como antiemectante.

Como matéria-prima foram utilizados frutos do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), clone CCP-76, procedentes de cultivo comercial localizado no município de Itaú-RN, colhidos no estágio de maturação comercial.

## 7.2.2 Métodos

### 7.2.2.1 Modificação física do amido por tratamento térmico com baixa umidade - TTBU

Os amidos de arroz e de mandioca contendo teores de umidade iguais a 11 e 12,5%, respectivamente, de umidade na base seca, foram condicionados em 25% de umidade, borrifando-se água destilada, utilizando-se um bomba *spray* manual. Estes foram transferidos para potes de vidro com tampa metálica rosqueável, armazenados a  $7\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 24h, para a uniformização da umidade. Depois, as amostras foram autoclavadas à  $110^{\circ}\text{C}/1\text{h}$ . O processo foi realizado no Laboratório de grãos da Universidade Federal de Pelotas-UFPEL-RS, baseado no método descrito por Wang; Wang (2004), adaptado por (ZAVAREZE et al., 2009b). Após resfriamento, os amidos foram removidos com auxílio de uma espátula, expostos em bandejas de plástico, secos em estufa com circulação de ar a  $40^{\circ}\text{C}$ , até alcançar a umidade próxima da inicial das amostras. Posteriormente, foram moídos e estocados em recipientes de vidro a temperatura ambiente ( $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) até o momento de sua utilização.

### 7.2.2.2 Preparo e caracterização dos filmes

Os filmes foram preparados utilizando-se 4g de amido de mandioca e de arroz, nativos e modificados, por 100 ml de solução filmogênica (SF), acrescentando-se 0,7g de quitosana nos tratamentos em que foram usados amidos nativos (T1 e T3), 0,3 de xantana quando utilizou-se os amidos modificados (T2 e T4). Para todos os tratamentos adicionou-se 2 g de sorbitol como agente plastificante e, 0,02% de fosfato de cálcio como agente secante, conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5 - Composição das soluções filmogênicas utilizadas para obtenção de filmes aplicados como revestimentos em pedúnculos de caju anão precoce CCP-76, armazenados e  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$ ,  $90\pm 5\%$ , durante oito dias.

Tratamentos	Tipos de amido				Sorbitol (% m/v)	Fosfato de cálcio (% m/v)
	AAM (% m/v)	AMM (% m/v)	Quitosana (% m/v)	Xantana (% m/v)		
T1	4,0	0,0	0,0	0,3	2,0	0,02
T2	4,0	0,0	0,7	0,0	2,0	0,02
T3	0,0	4,0	0,0	0,3	2,0	0,02
T4	0,0	4,0	0,7	0,0	2,0	0,02

\*AAM: amido de arroz modificado; AMM: amido de mandioca modificado.

Os filmes foram preparados por *casting*, que consiste na desidratação de uma solução filmogênica (SF) aplicada sobre a superfície de placas de Petri.

O preparo e caracterização dos filmes foram realizados no Laboratório de Biopolímeros da UFPel-RS. Para os tratamentos em que foram utilizados a combinação do amido com quitosana (T2 e T4), inicialmente elaborou-se suspensão de quitosana (n=2), utilizando-se 0,7 g, dispersa em 30 mL de solução de ácido acético a 1%, manteve-se as suspensões sob agitação eixo hélice, por 8 horas, para a completa solubilização (ASSIS et al., 2007), com adaptações. Prosseguindo, elaborou-se as suspensões de amido de arroz modificado (AAM) e de amido de mandioca modificado (AMM), pela dispersão de 4 g, em 60 mL de água destilada. Estas foram submetidas à gelatinização à  $75^{\circ}\text{C}/15$  min (amidos de mandioca) e  $90^{\circ}\text{C}/15$  min (amidos de arroz), em banho-maria termostático (Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil), por 15 min, seguindo recomendações de Cereda (2002). Quando as misturas atingiram  $55^{\circ}\text{C}$ , adicionando-se o sorbitol, disperso em 10 mL de água destilada e, o fosfato de sódio como agentes plastificantes e secantes.

Após resfriamento dos géis de amido, em torno de  $60^{\circ}\text{C}$ , adicionaram-se os géis de quitosana, as blendas mantidas em homogeneizador de bancada, com leve agitação para alcançar uniformidade, evitando-se a formação de bolhas de ar.

A partir das blendas, obteve-se filmes por *casting*, utilizando-se alíquotas de 25,5 g, que foram espalhadas em placas de acrílico de 9 cm de diâmetro. Realizou-se

a secagem em estufa com circulação de ar (Tecnal, Piracicaba-SP) à 40°C, por 24 h.

#### 7.2.2.3 Avaliação macroscópica dos filmes

Após 48 horas de armazenamento das placas contendo os filmes, em ambiente a 56% de UR, a 29°C, os filmes foram removidos com auxílio de espátula metálica, avaliados de modo subjetivo empregando parâmetros estabelecidos por Gontard et al. (1994), verificando-se a continuidade (ausência de ruptura após a secagem), homogeneidade (ausência de partículas insolúveis, bolhas de ar ou zonas de opacidade), manuseabilidade, isto é, possibilidade de ser manuseado sem riscos de ruptura.

#### 7.2.2.4 Caracterização dos filmes – propriedades de barreira e solubilidade

Os filmes foram caracterizados quanto aos parâmetros de umidade, espessura, permeabilidade ao vapor de água, solubilidade em água e opacidade, com três repetições, após 48 horas, armazenados a 25±2°C e 58% de UR, seguindo norma D882-02 da ASTM (ASTM, 2002).

O teor de umidade dos filmes foi determinado pelo método da estufa a 105°C, com circulação natural de ar, até peso constante (AOAC, 1995), sendo os resultados calculados em base úmida e expressos em g/100 g.

As espessuras dos filmes foram mensuradas no ponto central e no centro dos quadrantes, utilizando-se micrômetro digital (modelo INSIZE, Japão), com escala variando entre 0,25 a 0,01 mm.

A Solubilidade em água foi determinada a 27±2°C, por 24h, a 150 rpm conforme (GONTARD et al., 1994). O percentual (%) de material solubilizado foi calculado a partir da Equação 1.

$$\% \text{ MS} = (m_i - m_f / M_i * 100) \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: % MS - porcentagem de material solubilizado,  $m_i$  - massa inicial da amostra (g),  $m_f$  - massa final da amostra (g)

A opacidade (%) foi avaliada com o uso do colorímetro (Color Reader CR10, Konica Minolta Sensing), após calibração do aparelho com um fundo padrão branco e



preto, sendo realizadas três leituras em pontos aleatórios de cada filme. O cálculo foi realizado utilizando-se a Equação 2.

$$OP (\%) = Opn / Opb \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Onde: OP - opacidade do filme em (%), Opn - opacidade do filme sobreposto a um fundo negro, Opb = opacidade do filme sobreposto a um fundo branco.

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) foi determinada por método gravimétrico a 29°C, utilizando-se o método padrão E-96-95 da ASTM (ASTM, 2000), descrito por Sarantópoulos et al. (2002). Amostras de cada filme foram fixadas em célula teste de PVC contendo cloreto de cálcio em seu interior, sendo vedadas e mantidas em dessecador contendo água destilada. As células de permeação apresentavam abertura circular com área de exposição dos filmes igual a 2 cm<sup>2</sup>mm. A partir do ganho de massa do cloreto de cálcio, registrado a cada 24h, durante sete dias, foi possível determinar a transferência de umidade através do filme, utilizando-se a Equação 3.

$$PVA = \frac{w}{t} \times \frac{x}{A \cdot \Delta P} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde: PVA: permeabilidade ao vapor de água (g.mm/h.m<sup>2</sup>.KPa), w/t: relação obtida por meio de regressão linear feita a partir dos dados colhidos de ganho de massa (w) e tempo (t), x: espessura do filme (mm), A: área exposta do filme (m<sup>2</sup>), P: diferença de pressão parcial de vapor de água a 100% UR e 0% UR, ambos a 27°C, AP: diferencial de pressão de vapor de água através do filme.

#### *7.2.2.5 Aplicação dos revestimentos em pedúnculos de caju e avaliação dos efeitos*

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA-RN. O processo de obtenção dos revestimentos foi realizado conforme já descrito para obtenção dos filmes, descrito no item 7.2.2.2.

Pedúnculos de caju do Clone CCP-76, provenientes do município de Apodi-RN, colhidos manualmente, nas primeiras horas da manhã, em estágio fisiologicamente maduro, sendo acondicionados em monoblocos protegidos com toalhas de papel

macio, para evitar danos mecânicos, transportados em caixa de isopor contendo gelo em escamas, até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos UFRESA-RN.

Os pedúnculos de caju com a castanha foram lavados em água corrente, sanitizados por imersão em água contendo (150 mg/L) de cloro ativo, com pH corrigido para 7, por 15 min. Após enxague em água potável e secagem natural, os pedúnculos com a castanha foram submetidos à aplicação dos revestimentos, por imersão nas soluções filmogênicas, por dois minutos. Em seguida, removidos um por um, dispostos em suportes de plástico com telas de nylon, para o escoamento do excesso e secagem, com auxílio de ventilação forçada (ventilador Arno, com velocidade mínima, até a formação de uma película fina sobre as superfícies dos frutos. Os tempos de secagem foram de aproximadamente 1 h para os tratamentos contendo a quitosana e de 1 h e 30 min quando foram utilizados a xantana.

Os frutos secos (n=6) foram acondicionados em bandejas de isopor e armazenados a  $7\pm 2^{\circ}\text{C}$  e UR  $90\pm 2\%$  durante 0, 2, 4, 6 e 8 dias. Uma amostragem contendo frutos sem revestimento foram avaliados em triplicata também pelos parâmetros a seguir:

Perda de massa (PM): obtida através da pesagem dos frutos balança analítica (Acualab, Brasil). Obteve-se o percentual (%) de perda pela diferença entre a massa inicial e a obtida em cada período de armazenamento.

Aparência externa (AP): avaliada através de escala de notas de (0-4), conforme Menezes (1992). Onde: 0=pedúnculos com aparência boa, resistentes ao choque mecânico, isento de enrugamento, com cheiro agradável; 1= manchas pequenas de mudança de cor; 2= descoloração em aproximadamente metade do pedúnculo; 3= perda de brilho, mudança total de coloração e presença de depressão, características de contato com as superfícies e 4= liberação espontânea do suco, presença de bolores, cheiro desagradável e imprestável para o consumo.

Firmeza de polpa: realizada com o fruto íntegro, utilizando-se penetrômetro portátil (Mc Cromick) com ponteira de 12 mm. As medições foram realizadas em quatro pontos aleatórios na região mediana de cada fruto e os resultados foram expressos em (N).

Sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ): utilizando-se refratômetro digital (Atago, Japão, PR-100 Palette), com correção automática de temperatura e leitura feitas na faixa de

medição de 0-32 °Brix. Foram tomadas três leituras para cada fruto, seguido as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

Acidez titulável (% de ácido málico): determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1 N (IAL, 2008).

Potencial hidrogênio (pH): realizado com auxílio do pHmetro (Tecnal, Brasil, Tec-3MP), com eletrodo de membrana de vidro calibrado com soluções de pH 4 e 7 (AOAC, 1985).

Vitamina C (mg/100 g): determinada por titulometria com solução de 2,6 diclorofenolindofenol-DFI a 0,1%, padronizada com ácido ascórbico, conforme metodologia descrita por Strohecker; Hennig (1967).

Açúcares solúveis totais (%): utilizando o método de determinação por Antrona, conforme Yemn; Willis (1954).

Parâmetros de cor: mensurados em dois pontos medianos externos aleatórios de cada fruto, utilizando colorímetro (Konica Minolta Sensing, Color Reader CR10), avaliando-se a luminosidade ( $L^*$ ), que varia do branco (100) ao preto (0), ângulo Hue ( $H^\circ$ ), que indica a tonalidade da cor, variando de 0 (vermelho), 90 (amarelo), 180 (verde) e 360° (azul).

#### *7.2.2.6 Análise estatística*

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições em esquema fatorial 5x4 (tratamentos x tempo de armazenamento), respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância através do aplicativo software SISVAR (FERREIRA, 2003) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

### **7.3 Resultados e discussão**

#### **7.3.1 Avaliação macroscópica dos filmes**

A aparência dos filmes é um atributo importante para a aceitação do produto revestido pelo consumidor (PINHEIRO et al., 2010; ASSIS et al., 2014). Pode ser afetada pela composição dos filmes, técnica de preparo e, por outros fatores. Para os filmes com amido de arroz, a melhor aparência e melhor continuidade foram observadas na matriz composta com incorporação da quitosana (Figura 15 – T2),

características importantes para a utilização como revestimentos em frutos. Esse comportamento também foi visualizado para o filme composto amido de mandioca e quitosana, porém, exibe melhor continuidade e aparência (Figura 15 – T4). É provável que este comportamento possa ser explicado pela melhor interação dos polímeros, diminuindo a tendência de retração, com incremento da continuidade do filme. Ademais, os filmes com amido de mandioca apresentaram melhor flexibilidade e manuseio ao serem removidos das placas e durante os procedimentos de análises.

De modo geral, a utilização do amido com adição de xantana, resultou em filme de coloração mais esbranquiçada, sugerindo que a aplicação do revestimento poderá influenciar na descaracterização da cor original do pedúnculo de caju, que por sua vez poderá influenciar na aceitação do produto revestido. Por outro lado, uso da quitosana em combinação com o amido de mandioca gerou filmes mais amarelo, devido à cor característica do polímero. Além disso, se apresentaram mais flexíveis.

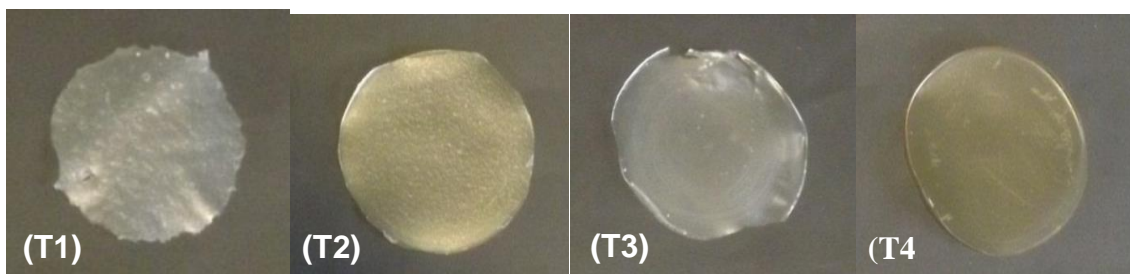


Figura 15 - Aparência dos filmes elaborados com: (T1) 4% de amido de arroz modificado, 0,3% de xantana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v); (T2) 4% de amido de arroz modificado, 0,7% de quitosana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato (m/v); (T3) 4% de amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% de quitosana, 2% de sorbitol e 0,02% de fosfato (m/v) e (T4) 4,0% de amido de mandioca modificado (AMM), 0,7% de quitosana, 2,0% de sorbitol e 0,02% de fosfato de cálcio (m/v).

### 7.3.2 Avaliação de propriedades de transporte, opacidade e solubilidade dos filmes

A tabela 6 apresenta os valores de espessura, permeabilidade ao vapor de água, solubilidade em água e opacidade dos filmes.

Tabela 6 - Espessura, permeabilidade ao vapor de água (PVA), solubilidade e opacidade de filmes constituídos de amidos nativos e modificados fisicamente em combinação com xantana e quitosana, isoladamente.

Tratamentos* (Filmes)	Espessura (mm)	PVA (g.mm/d.m <sup>2</sup> .KPa)	Solubilidade (%)	Opacidade (%)
T1	0,387 <sup>a</sup>	26,81 <sup>a</sup>	35,83 <sup>a</sup>	35,43 <sup>b</sup>
T2	0,210 <sup>c</sup>	19,18 <sup>b</sup>	33,50 <sup>b</sup>	32,30 <sup>c</sup>
T3	0,254 <sup>b</sup>	24,21 <sup>a</sup>	31,23 <sup>c</sup>	32,30 <sup>c</sup>
T4	0,181 <sup>d</sup>	15,7 <sup>b</sup>	31,23 <sup>c</sup>	39,07 <sup>a</sup>

\*(T1) 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T2): 4% amido de arroz modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3): 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T4): 4% amido de mandioca modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v). Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Para a espessura, o filme correspondente ao (T1), constituído com amido de arroz modificado (AAM), combinado com xantana evidenciou valor igual à 0,387 mm, estatisticamente superior ao valor observado para o filme composto com amido de mandioca modificado (AMM) combinado com xantana (T3), que exibiu valor igual 0,254 mm, embora apresentando as mesmas concentrações de sólidos nas soluções filmogênicas (SF). Esses resultados podem ser explicados pela tendência de retração do filme (Figura 15 – T1), quando comparado com o filme elaborado pela combinação do amido de arroz modificado combinado com quitosana (Figura 15 – T2).

Entre os filmes constituídos com as duas fontes amiláceas, em combinação com quitosana (T2 e T4), também apresentando massa idêntica, porém superior à massa dos filmes contendo xantana, a espessura atingiu valores médios iguais a 0,210 e 0,181 mm, respectivamente, estatisticamente inferiores aos tratamentos contendo xantana, embora apresentando uma composição com menor quantidade de sólidos. Isto reforça o fenômeno de retração.

Os resultados de espessura encontrados no presente estudo são superiores aos encontrados no estudo de Zavareze et al. (2012), valores compreendidos entre 0,118 e 147 mm em filmes constituídos com 4 e 5% de amido de batata modificado

fisicamente por TTBU, fato que pode estar ligado as diferenças de concentrações dos polímeros e técnicas de preparo utilizadas.

Segundo Sobral (1996), Henrique; Cereda (2008) a espessura dos filmes é influenciada pelo tipo e concentração de biopolímeros e plastificantes utilizados, técnicas de elaboração e espalhamento da suspensão sobre o suporte. Sua mensuração é uma importante ferramenta para avaliar a uniformidade da matriz, a barreira à umidade e aos gases, e ainda, para obter informações sobre a resistência mecânica. Porém, em processos de produção por *casting* é difícil ser controlada.

Para a permeabilidade ao vapor de água, os filmes com amido de arroz e quitosana (T2), amido de mandioca e quitosana (T4) se mostraram menos permeáveis ao vapor de água, exibindo valores médios iguais a 19,18 e 15,7 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa, respectivamente. Esses resultados sugerem que os filmes compostos com amido e quitosana são mais indicados para reter água em torno dos produtos, comparados com os filmes obtidos pela combinação dos diferentes amidos com xantana, que atingiram valores iguais 26,81 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa (T1) e 24,21 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa (T3), estatisticamente superiores aos tratamentos (T2) e (T4). Contudo, não diferiram entre si em função dos tipos de amidos.

De modo geral, a PVA dos filmes é considera alta, podendo ser atribuído ao caráter hidrofílico dos polímeros utilizados, a adição do plastificante, a estrutura química dos biopolímeros, sua morfologia, o espaço livre entre as moléculas e a espessura dos filmes.

A solubilidade dos filmes elaborados com AMM (T3 e T4) apresentou menores valores (31,23%), não diferindo estatisticamente em função da associação com xantana e/ou quitosana. Comportamento contrário foi observado para os filmes constituídos pela combinação do AAM, em que a combinação desse polímero com xantana evidenciou maior solubilidade. Esses resultados indicam maior facilidade de degradação. Ademais, filmes com baixa solubilidade em água são indicados quando o objetivo é proporcionar a preservação de alimentos com grande quantidade de água e a liberação de substâncias antimicrobianas, mas não para produtos desidratados, uma solubilidade moderada é vantajosa ao cozinhar alimentos revestidos (LACHAKUNJIT; NOOM, 2004).

Para à opacidade, dentre os filmes preparados com as mesmas concentrações de AMM (3 e 4), a utilização da a quitosana tornou o filme mais opaco, fato que pode

ser atribuído a cor amarela característica do referido polímero, bem como ao aumento da concentração, em relação a xantana. Para os filmes em que foram utilizados AAM (1 e 4), a incorporação da xantana levou a um aumento significativo da opacidade. É certo que, quanto maior o valor de opacidade, menor será a quantidade de luz que o atravessa. Podendo esta barreira constituir interesse para controlar a incidência de luz nos produtos alimentares (PINHEIRO et al., 2010). Dessa forma, os recobrimentos elaborados com as concentrações definidas nos tratamentos (4 e 1) se apresentam com maior potencial para minimizar degradação das antocianinas e de outros pigmentos sensíveis à presença de luz.

### 7.3.3 Efeito dos revestimentos

Os valores médios obtidos para aparência externa, perda de massa, firmeza, parâmetros de cor ( $L^*$ ,  $b^*$  e  $^{\circ}Hue$ ) e sólidos solúveis de pedúnculos de caju anão precoce, CCP-76 tratados com diferentes revestimentos que deram origem aos filmes apresentados na Tabela 6, estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios de aparência externa (AE), perda de massa (PM), luminosidade ( $L^*$ ), coordenada  $b^*$ , ângulo Hue ( $^{\circ}H$ ), sólidos solúveis (SS) de pedúnculos de caju anão precoce, CCP-76, submetidos à aplicação de diferentes revestimentos com amidos modificados fisicamente em combinação com xantana ou quitosana, armazenados à  $7\pm 1^{\circ}C$ , UR  $90\pm 5\%$ .

Tratamentos*	AE (0-4)	PM (%)	Firmeza (N)	$L^*$	$b^*$	$^{\circ}H$	SS (%)
T1	0,83 <sup>a</sup>	3,10 <sup>a</sup>	11,25 <sup>a</sup>	54,48 <sup>b</sup>	49,07 <sup>a</sup>	47,84 <sup>b</sup>	14,86 <sup>a</sup>
T2	0,73 <sup>b</sup>	2,45 <sup>b</sup>	11,98 <sup>a</sup>	54,41 <sup>b</sup>	50,16 <sup>a</sup>	50,44 <sup>a</sup>	15,16 <sup>a</sup>
T3	0,96 <sup>a</sup>	3,44 <sup>a</sup>	11,21 <sup>a</sup>	56,62 <sup>a</sup>	50,35 <sup>a</sup>	49,88 <sup>a</sup>	15,04 <sup>a</sup>
T4	0,60 <sup>b</sup>	3,15 <sup>a</sup>	12,35 <sup>a</sup>	54,35 <sup>b</sup>	48,33 <sup>a</sup>	47,23 <sup>b</sup>	14,98 <sup>a</sup>
T5	0,60 <sup>b</sup>	2,73 <sup>b</sup>	11,37 <sup>a</sup>	55,58 <sup>a</sup>	48,85 <sup>a</sup>	47,40 <sup>b</sup>	14,73 <sup>a</sup>

\*(T1) 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T2): 4% amido de arroz modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3): 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T4): 4% amido de mandioca modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T5) controle. Médias seguidas por mesma letra não se diferenciam pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Quando se analisa os dados apresentados na Tabela 7, verifica-se efeito de revestimentos sobre as características de perda de massa (PM), aparência externa (AE), luminosidade ( $L^*$ ) e ângulo Hue.

Para a perda de massa, os frutos revestidos com amido de arroz modificado com quitosana (T2) foram os que apresentaram menor perda de massa, alcançando valor igual a 2,45%, diferindo estatisticamente ( $p < 0,05$ ) dos demais recobrimentos, ainda assim, não diferiram estatisticamente dos frutos do tratamento controle (T5), que exibiram valor médio igual a 2,73%. Corroborando com este resultado Sousa et al. (2009) observaram maiores perda de massa em berinjelas revestidas com fécula de mandioca.

Para a aparência externa, o (T4), constituído com amido de mandioca modificado em combinação com a quitosana resultou em menor valor das médias, indicando melhor aparência dos frutos, conforme escala de notas (0-4), em que os menores valores indicam a melhor qualidade dos frutos (MENEZES, 1992). Os frutos revestidos com amido e xantana se apresentaram com aparência semelhante ao controle. No decorrer do armazenamento, a partir segundo dia, os frutos sem revestimento apresentam nota superior a 2, que já indica sinais não aceitáveis à comercialização.

Analisando a cor, a luminosidade ( $L^*$ ), que varia do branco (100) ao preto (0), o revestimento elaborado com 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana (T3) proporcionou valor médio igual a 56,62, estatisticamente superior ao aos demais revestimentos, quando comparado ao controle não houve incremento no brilho. Segundo Chitarra; Chitarra (2005), a luminosidade relaciona-se diretamente com percepção da aparência pelo consumidor. Assim, a aplicação dos revestimentos não se mostrou como uma alternativa promissora para incrementar o brilho dos pedúnculos de caju.

Para a variável  $b^*$ , que indica cor amarela, bem como para os sólidos solúveis, as medias obtidas dos frutos revestidos não diferiram estatisticamente em relação ao controle.

No tocante ao ângulo Hue, o valor médio dos frutos revestidos com amido de arroz em combinação com quitosana (50,44) foi estatisticamente semelhante ao valor observado para os frutos revestidos com amido de mandioca e xantana (49,88), os



quais resultaram em incremento da cor, quando comparados com os outros revestimentos, e controle, que não diferiam entre si.

Para a firmeza dos frutos as médias variaram entre 11,91 e 11,98 N, ficando inferior ao encontrado no estudo de Pereira et al. (2011), valor igual a 16,9 N para a parte mediana do mesmo clone.

Na Figura 16, estão apresentados os valores médios obtidos da perda de massa, firmeza, ângulo Hue, luminosidade sólidos solúveis e aparência externa dos pedúnculos de caju ao longo do armazenamento à  $7\pm 1^{\circ}\text{C}$  e UR  $\pm 2\%$ .

Em análise aos dados apresentados na Figura 16, nota-se que no decorrer do armazenamento houve um aumento gradual da perda de massa (F16A), o que pode ser atribuído à perda de água pelos frutos.

No tocante a firmeza (16B) observa-se redução entre o tempo inicial até dois dias, seguido de aumento significativo até o 4º dia, com decréscimo e aumento. De modo geral, a firmeza dos frutos, tende a reduzir, em decorrência da quebra de componentes da parede células, perda de água e do turgor (CHITARRA; CHITARA, 2005). É provável que o comportamento de firmeza observado no presente estudo, possa ser atribuído ao procedimento de análise. Corroborando com esta percepção Calbo; Moretti (2005) relatam que o penetrômetro não é muito útil para avaliar firmeza causada por desidratação dos frutos, visto que a leitura pode aumentar na razão inversa da firmeza percebida.

Para o ângulo Hue (Figura 16C) houve uma tendência de aumento, o que indica amarelecimento. Isto pode ter ocorrido devido à instabilidade das antocianinas presentes sobre as superfícies dos frutos.

Em relação a luminosidade (Figura 16D) houve tendência de aumento, fato que também pode ser associada com degradação das antocianinas.

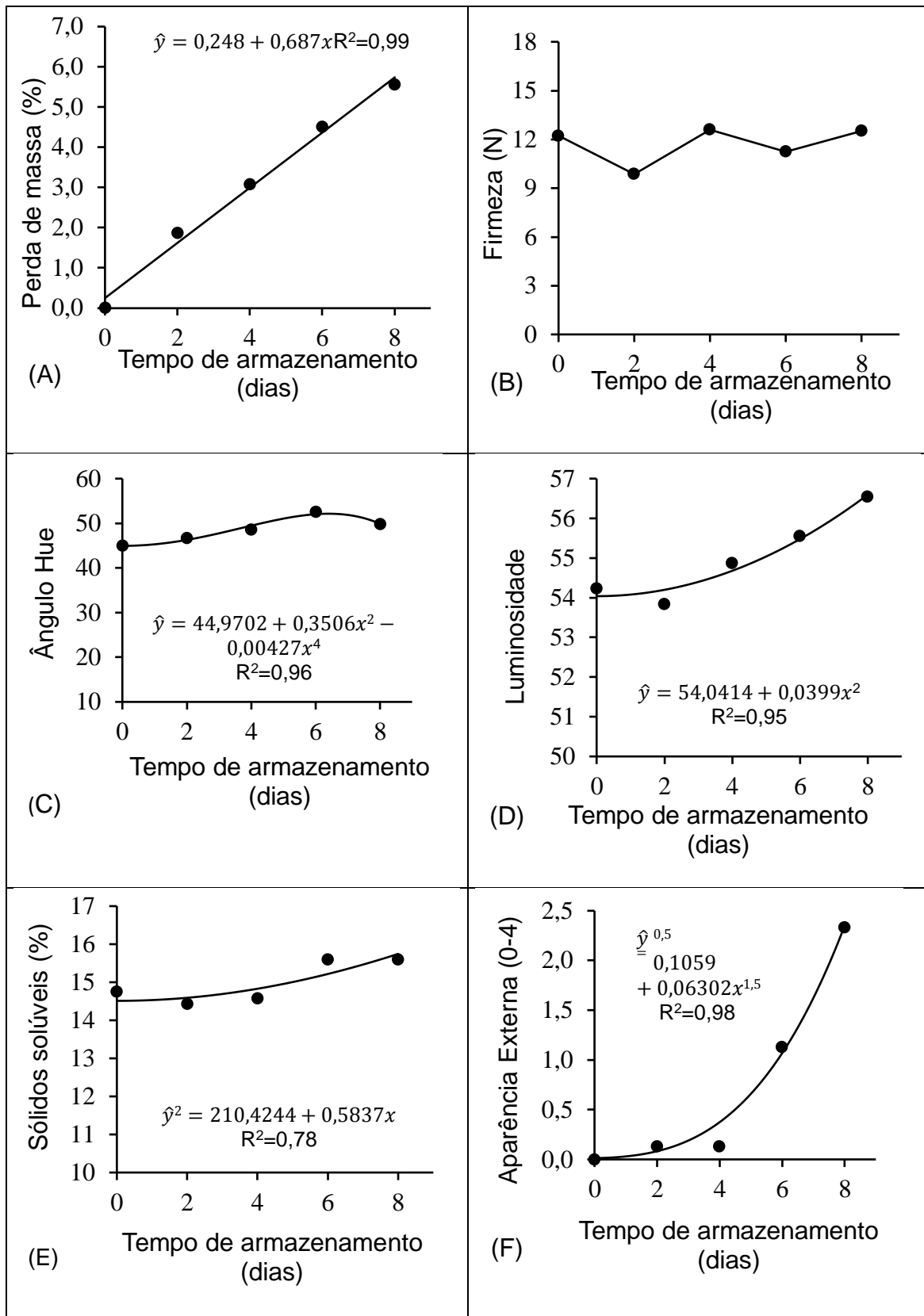


Figura 16 - Valores médios perda de massa (A), aparência externa (B), sólidos solúveis (E), Ângulo Hue (C), Luminosidade (D) e aparência externa (F) pedúnculos de caju revestidos com amidos de arroz e de mandioca, com adição de xantana e quitosana, isoladamente, sorbitol e fosfato de sódio, armazenados à  $7 \pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90 \pm 2\%$ .

Para os sólidos solúveis (Figura 16E) houve um aumento linear crescente nos sólidos solúveis no decorrer do armazenamento, passando de 14,6% para 16,5%. Conforme Aroucha et al. (2012) este aumento pode ocorrer em função do processo bioquímico de amadurecimento. Segundo Chitarra; Chitarra (2005) este comportamento pode ocorrer em resposta à hidrólise de amido, desidratação dos frutos e degradação de polissacarídeos da parede celular. Como o pedúnculo de caju apresenta um padrão respiratório não climatérico, teor mínimo de amido, em média 0,34% (ALVES et al., 2000), provavelmente, este aumento está associado com a desidratação. Ao contrário do observado neste estudo, Morais et al., (2002) e Figueiredo et al. (2007), em estudos com atmosfera modificada de pedúnculos de caju, com filme PVC, em combinação com a refrigeração observaram leve decréscimo nos sólidos solúveis, que de acordo com Hojo et al. (2009) é relacionado com o consumo no processo de respiração.

No tocante a aparência externa (Figura 16F) os valores médios observados indicam pequenas qualidades para comercialização até o quarto dia de armazenamento (FIGUEIREDO, 2000; MOURA et al., 2005).

Através das análises de variância constatou-se interação entre os fatores tratamentos e tempo de armazenamento para pH, acidez total, vitamina C e açúcares solúveis (Figura 17).

Para o pH (Figura 17A), o tratamento 4, correspondendo ao revestimento contendo 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana, proporcionou os menores valores médios e menor variação até o sexto dia, seguido de leve aumento, podendo está associado com a oxidação de ácidos. Para os demais tratamentos observou-se uma tendência de aumento dos valores médios de pH até dois dias de armazenamento, indicando condição que pode favorecer a maior degradação das antocianinas presentes na epiderme dos pedúnculos, pois de acordo com Bobbio; Bobbio (2001), este grupo de pigmentos apresenta cor vermelha mais intensa com pH mais baixos. A partir do quarto dia de armazenamento, até o oitavo dia, excetuando o tratamento 1, foi constatada redução nos valores médios de pH, que embora proporcione à melhor estabilidade da cor vermelha das antocianinas, é indicativo de maior acidez, sugerindo que houve tendência à fermentação dos açúcares. Aumento de pH em pedúnculos de caju também foram observados durante o armazenamento

de pedúnculos de caju comum (*Anacardium occidentale* L.) sob atmosfera ambiental e modificada (MENEZES, 1992) e de cajueiro anão precoce, clone CCP-76, em condições semelhantes de armazenamento ao estudo anterior (MORAIS et al., 2002; FIGUEIREDO et al., 2007). Os valores de pH (Figura 17A) variaram entre 3,99 a 4,59, próximos dos valores reportados na literatura (3,5 a 4,25) para clone de caju CCP-76 (MAIA et al., 2004).

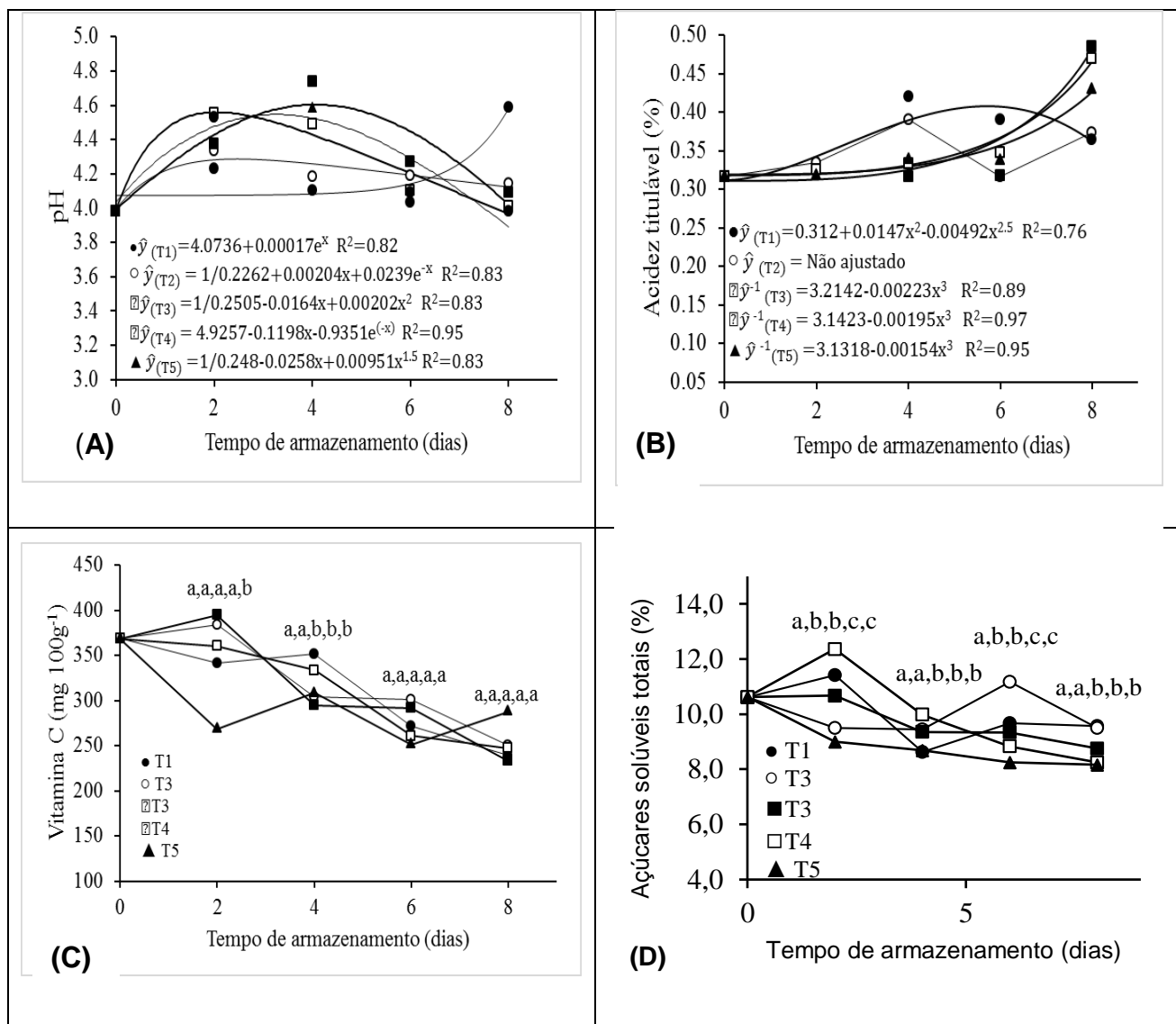


Figura 17 - Valores médios de pH (A), acidez total (B), vitamina C (C) e açúcares solúveis totais (D) de pedúnculos de caju, do clone CCP-76, armazenados à 7±1°C e UR 90±2%. por oito dias, sob atmosfera modificadas por revestimentos comestíveis. Tratamentos: (T1) 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T2): 4% amido de arroz modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T3): 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T4): 4% amido de mandioca modificado, 0,7% quitosana, 2% sorbitol, 0,02% fosfato de cálcio (m/v); (T5) controle.

Quanto à acidez total (Figura 17B), os frutos revestidos com a menor concentração de amido de mandioca modificado, com adição de xantana (T3) e, com a maior concentração de amido de mandioca com incorporação de quitosana (T4) revelaram comportamento semelhante aos frutos sem revestimentos ou controle (T5), apresentando valor médio inicial igual a 0,30%, com tendência de leve aumento até oito dias de armazenamento, tendo atingido o teor final de 0,37%, contrariando o que normalmente ocorre ao longo do armazenamento de frutos, isto é, tendência à redução, em consequência, do processo metabólico. Conforme Kays (1991), a redução de ácidos orgânicos totais tende a declinar, após a colheita e durante o armazenamento, em consequência, o pH sofre elevação. Em pedúnculos de caju do clone CCP-76, armazenados sob refrigeração ( $3,4 \pm 0,6$  e umidade relativa  $85 \pm 11\%$ ), em combinação com atmosfera modificada com filme PVC ( $12 \mu\text{m}$ ) a acidez total inicial igual a 0,22% sofreu leve declínio (MOURA et al., 2010).

Embora os resultados da acidez total não estejam em concordância com os valores de pH, os valores encontrados no presente estudo (0,32 a 0,49%), estão em concordância com valores reportados no estudo de (MAIA et al., 2004).

Para a vitamina C (Figura 17C), até dois dias de armazenamento, os frutos revestidos, independente da composição dos tratamentos mantiveram os maiores valores médios, diferindo estatisticamente, comparado aos frutos do tratamento controle (T5), fato que pode estar ligado com a menor concentração de  $\text{O}_2$  em torno dos frutos revestidos. Aos quatro dias, os frutos revestidos com 4% amido de arroz modificado, 0,3% xantana (T1) e 4% amido de mandioca modificado, 0,3% xantana (T4) se mostraram mais eficientes na retenção da vitamina C. Para os demais tratamentos verificou-se decréscimo, mais acentuado nos frutos analisados sem revestimento. A partir do quarto dia até o final do armazenamento não ocorreu diferença significativa entre os frutos revestidos e controle. Pequena redução no conteúdo de vitamina C foi constatada em estudos com atmosfera modificada com filme PVC, em combinação com a refrigeração ( $5 \pm 1^\circ$  e  $88 \pm 3\%$  de umidade relativa), durante 22 dias, para pedúnculos de cajueiro comum (MENEZES, 1992) e pedúnculos de cajueiro-anão precoce CCP-76 (FIGUEIREDO et al., 2007).

Apesar da redução do conteúdo de vitamina C observado no presente estudo, os valores médios encontrados estão dentro dos limites reportados na literatura (455 mg/100 g (MENEZES; ALVES, 1995; FIGUEIREDO et al., 2007).

Maia et al. (2004) em estudo de caracterização química de diferentes clones de cajueiro anão precoce (CCP-76, CCP-01 e CCP-06) encontraram teor de açúcar total igual a 8,77%, para o clone CCP-76. No presente estudo, no tempo inicial de armazenamento, o conteúdo de açúcar total foi 10,5% (Figura 17D), divergindo do estudo anterior, mas próximo do valor relatado por Figueiras et al. (2002) para o clone CCP-76, valor igual a 11,71%.

#### **7.4 Conclusão**

Os filmes elaborados pela combinação dos amidos de arroz e mandioca em combinação com a quitosana apresentaram menor permeabilidade ao vapor de água e menor solubilidade. Embora assim, quando os mesmos foram utilizados como recobrimentos, não se mostraram eficientes para a preservação dos atributos de qualidade pós-colheita de pedúnculos de caju CCP-76. Apenas o conteúdo de vitamina C foi favorecido até o quarto dia de armazenamento pelo uso dos recobrimentos.

Devido ao alto índice de perdas pós-colheita do pedúnculo, sua relevância nutricional como fonte de vitamina C, a demanda crescente e constante pela preservação de alimentos com menor impacto ambiental, os resultados obtidos para a vitamina C no presente estudo, apontam que para estudos futuros há necessidade de tornar os revestimentos mais eficientes à perda de água dos frutos.

## **8 CAPÍTULO 4 - FILMES À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA NATIVO E MODIFICADO COM ADIÇÃO DE QUITOSANA E SEUS IMPACTOS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE GOIABAS “PALUMA”**

### **Resumo**

O objetivo deste estudo foi elaborar filmes à base de amido de mandioca nativo e modificado com adição de quitosana, avaliar a solubilidade em água, as suas propriedades mecânicas, de barreira e morfologia e aplicar em goiabas Palumas e manter a qualidade. O amido de mandioca foi modificado por tratamento térmico de baixa umidade (25% de umidade e 110°C). Os filmes foram obtidos utilizando amido de mandioca nativo ou modificado (3,0 ou 2,7% m/v) e quitosana (0,3 ou 0,6% m/v). As soluções filmogênicas foram aplicadas como revestimentos em goiabas Paluma, sendo avaliadas quanto à perda de massa, firmeza de polpa, conteúdo de clorofila total, carotenoides totais e parâmetros de cor, durante 20 dias de armazenamento à  $8\pm 0,1^{\circ}\text{C}$  e UR  $90\pm 2\%$ . Um tratamento de frutas sem revestimento foi utilizado como controle. Os filmes apresentaram matriz contínua, homogênea, ausência de bolhas de ar e porosidade. A redução da concentração de amido e aumento da concentração de quitosana aumentou a resistência à tração e alongação dos filmes, porém a utilização do amido modificado resultou em menor luminosidade e aumento da opacidade. Os frutos revestidos com amido modificado e maior concentração de quitosana proporcionou maior firmeza aos frutos e também foi mais eficiente no retardo do amadurecimento, evidenciado pelos menores valores de croma, e maiores valores de ângulo Hue detectados na casca dos frutos. Enquanto o revestimento composto com maior concentração de amido de mandioca nativo e menor concentração de quitosana foi o mais eficiente em conter a perda de massa fresca.

**Palavras-chave:** *Psidium guajava* L., pós-colheita, amido, quitosana, revestimentos.

## 8.1 Introdução

O interesse pela preservação ambiental tem motivado as buscas pelo desenvolvimento e uso de revestimentos biodegradáveis produzidos a partir de materiais biológicos, como os polissacarídeos, proteínas e lipídeos (WANG et al., 2017). Os revestimentos biodegradáveis vêm ganhando espaço no mundo científico por questões ambientais e também por promover melhorias na qualidade de alimentos, uma vez que atuam como barreira semipermeáveis à perda de umidade, troca gasosa, reações de oxidação, além de funcionar como veículos para ingredientes. Todavia, o uso isolado de polissacarídeos como material de embalagem apresenta algumas limitações, como fracas propriedades mecânicas e sensibilidade a umidade (RUBENTHEREN et al., 2016). Nesse sentido, várias pesquisas têm sido realizadas constantemente com o propósito de melhorar as propriedades desses polímeros como materiais de embalagens, sendo a mistura de polímeros uma das mais utilizadas (WANG et al., 2013; LIMA et al., 2017).

O amido de mandioca é um polissacarídeo muito utilizado na elaboração de revestimentos comestíveis para aplicação em frutas, devido ao seu baixo custo, alta disponibilidade, formação de filmes transparentes e capazes de estender a vida útil pós-colheita (WANG et al., 2003; AQUINO et al., 2015). Em função do seu caráter hidrofílico, os filmes formados a partir de amido não apresentam boa barreira à umidade (ACOSTA et al., 2015). Uma forma de melhorar as propriedades funcionais deste polímero consiste em modificar o grânulo de amido por meio de métodos químicos, enzimáticos ou físicos (ABBAS et al., 2010). Os métodos físicos têm atraído muitos pesquisadores, por não utilizar reagentes químicos, e conseqüentemente garantir produtos mais saudáveis. Nesse sentido, o tratamento térmico com baixa umidade (TTBU), onde são utilizadas temperaturas elevadas e umidade reduzida, é uma opção viável para melhorar as propriedades do amido e de produtos derivados como filmes e coberturas (ZAVAREZE et al., 2012).

A quitosana é um polissacárido catiônico composto principalmente por unidades de  $\beta$  (1-4)-2-amino-2-desoxid-glucopiranosose, derivado da quitina (WU et al., 2013). Em razão de sua abundância, compatibilidade, capacidade de formar filmes de boa aparência com boas propriedades de barreira ao O<sub>2</sub> e ação antimicrobiana, a quitosana tem sido largamente empregada como materiais de embalagens (WAN DEN BROEK et al., 2015).



No mundo a goiaba (*Psidium guajava*) está entre os frutos tropicais mais apreciados na forma *in natura* (CABALLERO et al., 2015), sendo a Índia o país que mais produz este fruto (APEDA, 2017). A qualidade sensorial (aroma, sabor), nutricional (alto teor de vitamina C, carotenoides) e preço acessível são os principais responsáveis pelo alto consumo (PATEL et al., 2016). Entretanto, o seu padrão respiratório de natureza climatérica, associado à alta atividade metabólica após a colheita, são fatores que condicionam o rápido amadurecimento dos frutos de goiaba, limitando sua vida útil (RANA et al., 2015). Os frutos de goiaba geralmente são comercializados sem recobrimento e mantidos em temperatura ambiente. Estas condições favorecem a redução da vida útil pós-colheita da goiaba, ao acelerar a degradação da clorofila e a diminuição da firmeza de polpa do fruto. Nesse sentido, o uso de revestimentos biodegradáveis combinado com temperatura de refrigeração é capaz de prolongar a vida útil destes frutos (ANGGARWULAN et al., 2015).

O objetivo deste estudo foi avaliar as propriedades mecânicas dos filmes à base de amido de mandioca nativo ou modificado, adicionado de quitosana, e avaliar sua influência sobre a qualidade pós-colheita de frutos de goiaba Paluma durante o armazenamento refrigerado por 20 dias.

## **8.2 Material e métodos**

### **8.2.1 Material**

O amido de mandioca (marca YOKI<sup>®</sup>, Brasil) foi adquirido em supermercados na cidade de Pelotas-RS, com 11,7% de umidade. Quitosana, proveniente da empresa Polymar Ciência e Nutrição S/A, Fortaleza-CE, Brasil, com granulometria de 80 mesh, densidade aparente de 0,32 g/mL, pH 7,9, cinzas totais 1,35% e grau de desacetilação 86,3%. O sorbitol foi adquirido da Merck<sup>®</sup>, Brasil. As goiabas (*Psidium guajava* L) cv. Paluma, no estágio de maturação 2 (verde-claro) foram adquiridas na central de abastecimento de frutas e hortaliças (COBAL), no município de Mossoró-RN, Brasil.

### 8.2.2 Modificação física do amido

O amido de mandioca foi modificado pelo tratamento de calor com baixa umidade (HMT; 25% de umidade, 110°C, por 60 min), conforme a metodologia citada por Zavareze et al. (2009a), já descrita no item 4.4.2.

### 8.2.3 Elaboração dos filmes

A elaboração dos filmes foi realizada utilizando a técnica de *casting*, como descrito na metodologia de Araujo-Farro et al. (2010). Foram preparadas quatro formulações de filmes variando a proporção de amido e quitosana: T1: 90.9/9.09 amido de mandioca nativo/quitosana, p/p (3% m/v de amido de mandioca nativo e 0,3% m/v de quitosana); T2: 90.9/9.09 amido de mandioca modificado/quitosana, p/p (3% m/v de amido de mandioca modificado e 0,3% m/v de quitosana; T3: 81.81/18.18 amido de mandioca nativo/quitosana, p/p (2,7% m/v de amido de mandioca nativo e 0,6% m/v de quitosana; T4: 81.81/18.18 amido de mandioca modificado/quitosana, p/p (2,7% m/v de amido de amido de mandioca modificado e 0,6% m/v de quitosana). Em todos os tratamentos foi utilizado 0,22 g de sorbitol/g de polímero seco (amido/quitosana), como plastificante.

As soluções filmogênicas foram preparadas com a mesma quantidade de polímeros 3,3 g (amido e quitosana) por 100 mL de solução aquosa, como mostrado nas formulações acima. Inicialmente, a quitosana foi dispersa em solução de ácido acético a 1%, seguida de agitação (mesa agitadora Tecnal, TE 1401, Piracicaba São Paulo, Brasil), a  $37\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 8 h, para solubilização e obtenção de um gel homogêneo. Após esse período, o amido de mandioca foi disperso em água destilada e aquecido em banho-maria, à  $75^{\circ}\text{C}$  por 15 min, para ocorrer a gelatinização. Quando alcançou a temperatura de  $55^{\circ}\text{C}$ , foi incorporado o sorbitol disperso em água na proporção de 0,22 g por g de polímero, como plastificante. Os géis de quitosana e de amido foram misturados e submetidos a agitação leve por 10 minutos para homogeneização e remoção de bolhas de ar. Alíquotas de 25 g foram espalhadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro e secas em estufa com circulação de ar (QUIMIS, modelo 314D 242) a  $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ , por 18 h. Após a secagem, os filmes foram armazenados adequadamente por 48 h até o início das análises.

#### 8.2.4 Morfologia dos filmes

A morfologia dos filmes foi avaliada utilizando um microscópio eletrônico de varredura (JEOL, JSM-6060, Japão) operado a 10 kV. As amostras dos filmes foram recobertas com carbono para melhorar a condutibilidade e fotografadas com uma ampliação de 1.000 x.

#### 8.2.5 Umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes

O teor de umidade dos filmes foi avaliado em estufa a 105°C até peso constante (AOAC, 1995). A espessura dos filmes foi avaliada em micrômetro digital (modelo INSIZE), utilizando cinco pontos diferentes de cada filme. A solubilidade em água foi avaliada conforme a metodologia descrita por Gontard et al. (1994), com algumas modificações. Amostras de filmes com 2 cm de diâmetro foram secas em estufa a 105°C, por 24 h. Após resfriamento e pesagem as amostras foram imersas em 50 mL de água destilada e agitadas em mesa agitadora (Tecnal TE.1401, Piracicaba São Paulo, Brasil) a 150 rpm, à 37±1°C, por 24 h. As amostras de filmes foram removidas e secas nas mesmas condições da amostra inicial. A porcentagem da solubilidade dos filmes foi medida através da Equação 1.

$$S(\%) = \frac{mi - mf}{mf} \times 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde: S é a solubilidade em água (%); *mi* é a massa seca inicial da amostra (g); *mf* é a massa seca final da amostra (g).

#### 8.2.6 Cor e opacidade dos filmes

Os parâmetros de cor dos filmes foram obtidos utilizando um colorímetro (Minolta, CR 400, Osaka, Japão). A cor foi obtida pelo sistema CIELab, avaliando-se a Luminosidade (L\*) que varia do branco (100) ao preto (0), a\*, que indica transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a), b\*, representando a transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b) e a opacidade (Y) foi calculada seguindo a metodologia de Hunterlab (1997), avaliando o filme sobreposto sobre o padrão preto (Yp) e sobre o padrão branco (Yb), conforme a Equação 2.

$$Y = \frac{Yp}{Yb} \quad \text{Eq. (2)}$$

### 8.2.7 Permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes

A permeabilidade ao vapor de água dos filmes foi determinada gravimetricamente pelo método padrão da American Society for Testing and Materials E-96-95 (ASTM, 1995), com algumas modificações. Os filmes foram fixados e pesados em células hermeticamente fechadas contendo cloreto de cálcio. As células foram armazenadas em dessecador a temperatura ambiente à  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , 75% UR, sendo pesadas a cada 24 h, por um período de cinco dias a fim de determinar o ganho de umidade. A permeabilidade dos filmes foi calculada conforme a Equação 3.

$$PVA = \frac{\Delta w}{tA} \cdot \frac{L}{\Delta P} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:  $PVA$  é a permeabilidade ao vapor de água ( $\text{g}\cdot\text{mm}/\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{kPa}$ );  $\Delta W$  é o ganho de massa pela célula (g);  $L$  é a espessura inicial do filme (mm);  $t$  é o tempo de armazenamento (dias);  $A$  é a área do filme exposta ( $\text{m}^2$ ) e  $\Delta P$  é a diferença de pressão parcial (kPa).

### 8.2.8 Propriedades mecânicas dos filmes

As propriedades mecânicas de resistência à tração e alongação foram determinadas através de um texturômetro (TextureAnalyser TA.XT plus, Stable Micro Systems) de acordo com o método ATM D 882 (ASTM, 2000), com separação inicial de 50 mm e velocidade do probe (sonda cilíndrica) de 1 mm/s. As dimensões dos filmes foram de 8,5 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. A resistência à tração foi determinada através da Equação 4 e a alongação ( $E$ ) foi calculada utilizando a Equação 5.

$$RT = \frac{Fm}{A} \quad \text{Eq. (4)}$$

Onde:  $RT$  é a resistência à tração (MPa);  $Fm$  é a força máxima no momento da ruptura (N);  $A$  é a área da secção transversal do filme ( $\text{m}^2$ );

$$E = \frac{dr - do}{do} \cdot 100 \quad \text{Eq. (5)}$$

Onde:  $E$  é a alongação (%);  $do$  é a separação inicial entre as garras (cm);  $dr$  é a separação entre as garras no momento da ruptura (cm); e  $do$  é a separação inicial entre as garras (cm).

#### 8.2.9 Aplicação dos revestimento sem goiabas Paluma

Os frutos de goiaba Paluma foram lavados e sanitizados em solução clorada contendo 150 mg/L de cloro ativo, pH corrigido para 7, por 10 minutos. Após enxague em água potável e secagem natural, foram selecionados quanto à ausência de defeitos e uniformidade de cor verde, sendo divididos em 5 grupos contendo 30 frutos. Os grupos (1, 2, 3 e 4) foram imersos em soluções filmogênicas contendo a mesma composição utilizada na elaboração dos filmes, conforme descrito no item 8.2.3. Após dois minutos foram expostos em suporte com tela fina para escoamento do excesso gel e secagem, em temperatura ambiente  $24\pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $56\pm 2\%$ , durante 40 a 50 minutos, com auxílio de ventilação na velocidade mínima (ARNO, Brasil). Frutos sem revestimento (T5) foram imersos em água e deixados secar em condições semelhantes aos frutos revestidos. Após secagem, os frutos ( $n=6$ ) foram acondicionados em bandejas de isopor e armazenados em câmara fria a  $8\pm 1^\circ\text{C}$ , UR  $90\pm 2\%$ , por 20 dias, sendo avaliados nos intervalos de 4, 8, 12, 16 e 20 dias.

#### 8.2.10 Perda de massa dos frutos

A perda de peso foi avaliada pela diferença entre a massa inicial dos frutos ( $M_i$ ) e a massa final ( $M_f$ ), tomada em balança semi-analítica, da marca Bioscale. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa (Equação 6).

$$\text{Perda de massa} = \frac{M_i - M_f}{M_i} 100 \quad \text{Eq. (6)}$$

Onde  $m_i$  é massa inicial e  $m_f$  é massa final.

#### 8.2.11 Firmeza de polpa dos frutos

A firmeza de polpa foi determinada com auxílio de um penetrômetro manual (Mc CROMICK, modelo FT 327 analógico), com ponteira de 8 mm de diâmetro, realizando-se duas leituras em pontos aleatórios na região mediana de cada fruto, após retirada superficial da casca com auxílio de uma lâmina metálica, expressando-se os resultados em Newtons (N).

#### 8.2.12 Teores de clorofilas totais e carotenoides dos frutos

Os teores de clorofilas foram avaliados segundo metodologia descrita por

Lichtenthaler (1987), com modificações. Uma amostra de 1 g foi obtida a partir da retirada superficial da casca, em pontos distintos da região mediana do fruto. A amostra foi macerada com acetona a 80%, filtrada em papel qualitativo e o volume completado para 25 mL. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (Gehaka UV 340G) com comprimentos de onda de 646,8 nm (clorofilas a) e 663,2 nm (clorofilas b), sendo quantificadas conforme as Equações 7 e 8, respectivamente; para a clorofila totais foi utilizada a Equação 9. Carotenoides totais, determinados a partir do mesmo filtrado foram determinados utilizando comprimento de onda de 470 nm e quantificados pela Equação 10.

$$\text{Clorofila a (ug/mL)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8} \quad \text{Eq. (7)}$$

$$\text{Clorofila b (ug/mL)} = 12,25 \times A_{663,2} - 2,79 \times A_{646,8} \quad \text{Eq. (8)}$$

$$\text{Clorofila total (ug/mL)} = 7,15 \times 12,25 \times A_{663,2} + 18,71 \times 2,79 \times A_{646,8} \quad \text{Eq. (9)}$$

$$\text{Carotenóides totais (ug/mL)} = [1000 \times \text{Abs } 470 - (1,82 \text{ Ca} - 85,02 \times \text{Cb})]/198 \quad \text{Eq. (10)}$$

### 8.2.13 Parâmetros de cor dos frutos

Os parâmetros de cor da casca e da polpa dos frutos foram determinada pela medição dos valores do ângulo Hue ( $^{\circ}\text{h}$ ) e índice croma ( $C^*$ ), utilizando colorímetro (Color Reader CR10, Minolta, Osaka, Japão), com escala CIELab ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), com leituras em pontos aleatórios de cada fruto.

### 8.2.14 Análise estatística

Os dados obtidos das análises aplicadas nos filmes, realizadas em triplicata foram analisados estatisticamente através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de Tukey a 5% de significância. As avaliações dos frutos foram realizadas em triplicata e submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

## 8.3 Resultados e discussão

### 8.3.1 Morfologia dos filmes

As superfícies dos filmes apresentaram uma matriz contínua, sem evidências de rachadura, bolha de ar, porosidade e de fragmentos de grânulos de amido não gelatinizados completamente, o que indica eficiência do tratamento térmico de gelatinização e boa interação entre os polímeros nas condições estudadas. Contudo, foram observadas leves imperfeições, independente das misturas e concentrações poliméricas investigadas (Figura 18).

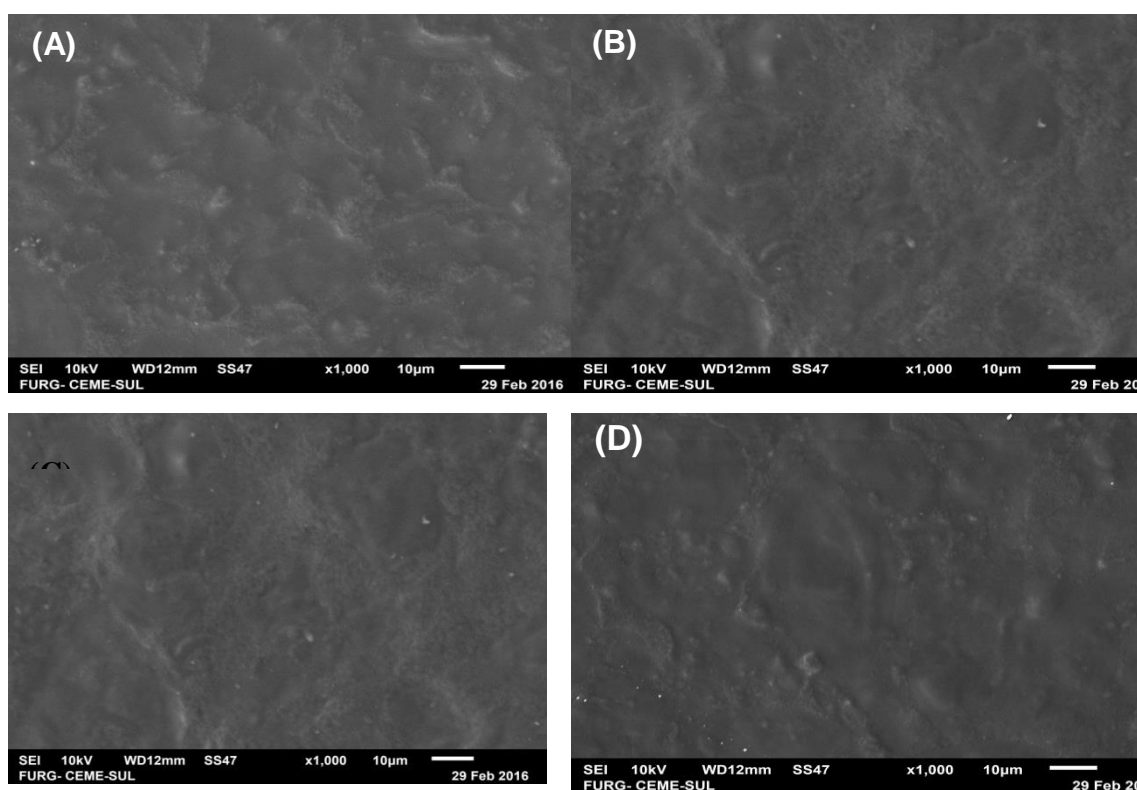


Figura 18 - Morfologia da superfície dos filmes com 3% de amido nativo e 0,3% de quitosana (A); 3% de amido modificado e 0,3% de quitosana (B); 2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana (C) e 2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana (D).

Comportamento diferente foi constatado por Matta Jr et al. (2011) que observaram grânulos e fragmentos em filmes formulados com amido de ervilha associado com goma xantana e glicerol e, por Acosta et al. (2015) que detectaram imperfeições em filmes à base de amido-gelatina. Enquanto Al-Hassan; Norziah (2012), ao analisarem filmes a base de amido de sagu e gelatina com diferentes

plastificantes, observaram que os filmes produzidos com sorbitol apresentaram uma superfície mais compacta e homogênea.

Filmes biodegradáveis cuja matriz apresenta menos imperfeições indicam maior compatibilidade entre os biopolímeros e outras substância utilizadas, assim a microestrutura do filme está diretamente relacionada com as propriedades de barreira, mecânica e ópticas (ACOSTA et al., 2015).

### 8.3.2 Umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes

Os filmes apresentaram uma média de 10% de umidade, 28% de solubilidade e 0,1 mm de espessura, não diferindo estatisticamente entre tratamentos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 8). Valores de espessura inferiores, compreendidos entre 0,033 a 0,043 mm, foram evidenciados em filmes biodegradáveis a partir de quitosana-glucomanano e amido de mandioca (NAIR et al., 2017). As variações nos valores de espessura dos filmes biodegradáveis estão relacionadas com as concentrações dos biopolímeros utilizados na solução filmogênica.

Tabela 8 - Teor de umidade, espessura e solubilidade em água dos filmes compostos com amido de mandioca nativo ou modificado e quitosana.

Amido de Mandioca	Tratamentos		Umidade (%)	Solubilidade em água (%)	Espessura (mm)
	Amido (%; m/v)	Quitosana (%; m/v)			
Nativo	3,0	0,3	10,1±0,2 <sup>a</sup>	29,9±0,8 <sup>a</sup>	0,100±0,002 <sup>a</sup>
Modificado	3,0	0,3	10,6±0,2 <sup>a</sup>	26,6±1,0 <sup>a</sup>	0,100±0,003 <sup>a</sup>
Nativo	2,7	0,6	10,7±0,3 <sup>a</sup>	29,7±1,8 <sup>a</sup>	0,104±0,002 <sup>a</sup>
Modificado	2,7	0,6	10,7±0,3 <sup>a</sup>	28,0±0,3 <sup>a</sup>	0,107±0,003 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para a solubilidade, os valores variaram entre 26,60 a 29,87%, superiores aos verificados por Zavareze et al. (2012) em filmes produzidos com 3,0 a 5,0% de amido de batata modificado por tratamento de baixa umidade e inferiores aos reportados por Jaramillo et al. (2015) em biofilmes à base de amido de mandioca contendo extrato



de erva-mate. A relevância da determinação da solubilidade em filmes biodegradáveis reside no fato de que, por meio dos valores encontrados, é possível direcionar a aplicabilidade em determinado produto, além de fornecer uma ideia da biodegradabilidade (GONTARD et al.,1994).

### 8.3.3 Cor e opacidade dos filmes

A presença do amido de mandioca modificado e aumento da concentração de quitosana promoveu redução significativa nos valores de luminosidade ( $L^*$ ) e no parâmetro  $a^*$  dos filmes (Tabela 9), comparado aos filmes com amido nativo. Porém, o amido modificado promoveu aumento nos valores do parâmetro  $b^*$  apenas na presença de baixo teor de quitosana com 3% de amido (Tabela 9). Ao contrário, Zavareze et al. (2012) constataram que os valores de  $L^*$  e croma ( $a^*$  e  $b^*$ ) não foram afetados em função da utilização do amido de batata nativo e modificado por tratamento térmico com baixa umidade (TTBU), utilizados em filmes biodegradáveis, contudo, observaram que os filmes produzidos com amido tratado por TTBU apresentaram menor transparência comparados aos filmes de amido nativos.

Redução de valores  $L^*$ , com aumento do parâmetro  $b^*$  indica aumento da opacidade. Garcia et al. (2006) reportaram que o aumento da opacidade em filmes é uma propriedade indesejável para a conservação de muitos produtos alimentícios, quando se deseja manter o produto com aparência atrativa, contudo constitui interesse para aplicação em muitos produtos alimentícios, com o intuito de minimizar reações oxidativas.

O filme elaborado com a maior concentração de amido nativo combinado com a menor concentração de quitosana (T1) teve valor inferior de opacidade (13,2%) em relação aos demais tratamentos, sugerindo que sua possível aplicação como coberturas em frutas e hortaliças frescas possa incrementar o brilho e atrair interesse dos consumidores. Já o filme de amido modificado com menor concentração de amido e maior concentração de quitosana apresentou maior opacidade, comparado aos demais tratamentos (Tabela 9). Os resultados permitem afirmar que tanto o TTBU como a concentração de quitosana aumentaram a opacidade dos filmes.

Tabela 9 - Parâmetros de cor e opacidade dos filmes de amido de mandioca nativo ou modificado e quitosana.

Amido de Mandioca	Tratamentos		*L	*a	*b	Opacidade (%)
	Amido (%; m/v)	Quitosana (%; m/v)				
Nativo	3,0	0,3	87,30±0,00 <sup>a</sup>	5,83±0,76 <sup>a</sup>	9,23±0,06 <sup>b</sup>	13,2±1,9 <sup>c</sup>
Modificado	3,0	0,3	86,13±0,04 <sup>b</sup>	4,53±0,61 <sup>b</sup>	10,30±0,01 <sup>a</sup>	17,6±1,6 <sup>b</sup>
Nativo	2,7	0,6	86,30±0,08 <sup>b</sup>	4,60±0,57 <sup>b</sup>	11,10±0,30 <sup>a</sup>	21,2±0,1 <sup>ab</sup>
Modificado	2,7	0,6	85,07±0,04 <sup>c</sup>	3,80±0,08 <sup>c</sup>	10,93±0,15 <sup>a</sup>	23,9±0,7 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey (p < 0,05).

#### 8.3.4 Propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água dos filmes

Os filmes com maior proporção de quitosana apresentaram maior resistência à tração, não havendo diferença significativa entre estes (Tabela 10).

Tabela 10 - Propriedades mecânicas e permeabilidade ao vapor de água dos filmes a base de amido nativo ou modificado e quitosana.

Amido de mandioca	Tratamentos		Resistência à tração (MPa)	Elongação (%)	PVA <sup>b</sup> (g.mm/m <sup>2</sup> .d.kPa)
	Amido (%; m/v)	Quitosana (%; m/v)			
Nativo	3,0	0,3	8,70±0,58 <sup>b</sup>	37,97±2,61 <sup>b</sup>	14,03±0,37 <sup>a</sup>
Modificado	3,0	0,3	6,33±0,58 <sup>c</sup>	35,60±5,99 <sup>b</sup>	14,70±0,25 <sup>a</sup>
Nativo	2,7	0,6	12,23±0,89 <sup>a</sup>	57,44±1,72 <sup>a</sup>	14,73±0,19 <sup>a</sup>
Modificado	2,7	0,6	11,93±1,46 <sup>a</sup>	51,70±4,19 <sup>a</sup>	13,63±0,08 <sup>a</sup>

Letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O aumento da resistência à tração pode ser atribuído à formação de ligações de hidrogênio intermoleculares entre as cadeias poliméricas dos biopolímeros (WU et al., 2009). Shapi'i; Othman (2016) relataram que filme puro de amido possui baixa resistência à tração e alongação, mas ao adicionar quitosana ocorre um aumento na resistência à tração do filme. Lourdin et al. (1997) reportaram que a resistência à

tração depende da espessura, dos constituintes presentes na matriz do filme e do processo de fabricação.

Os valores de alongação dos filmes oscilaram entre 35,6 a 57,4%. A adição de quitosana também influenciou na alongação, sendo os que os filmes com maior concentração de quitosana apresentaram a maior alongação.

Os filmes não diferiram significativamente na PVA em função do tipo de amido (nativo e modificado) e diferentes proporções de amido e quitosana. Os valores de PVA variaram entre 13,63 e 14,70 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa. Zavareze et al. (2012) observaram que a utilização de amido de batata submetido a tratamento térmico originou um aumento na permeabilidade dos filmes comparados com o amido nativo, cujos valores de PVA variaram de 9,50 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa (amido tratado por TTBU) e 7,30 g.mm/m<sup>2</sup>.d.kPa (amido nativo). Slavutsky; Bertuzzi (2015) relataram que a permeabilidade ao vapor de água é uma combinação de solubilidade em água no filme e a difusividade de moléculas de água na matriz de amido. Ambos os coeficientes fenomenológicos dependem da concentração de umidade na matriz polimérica. Versino; Garcia (2014) reportaram que a transmissão de vapor de água através de um material é um equilíbrio da sua relação hidrofílica/hidrofóbica dos componentes do filme, a cristalinidade do filme, a presença de defeitos superficiais ou estruturais.

#### 8.3.5 Perda de massa e firmeza de polpa dos frutos

Não houve efeito dos revestimentos para a variável perda de massa. Observou-se aumento gradativo para a referida variável ao longo do armazenamento, mas de modo geral, os diferentes revestimentos permitiram retardo na perda de massa (Figura 19), o que pode ser atribuído a provável redução na perda de água por transpiração e do consumo de substratos decorrentes do processo de respiração.

Ao final do período de armazenamento os frutos revestidos com a maior proporção de amido nativo combinada com a menor concentração de quitosana (T1) tiveram perda de massa igual a 5,35%, representando um decréscimo de 66% em relação à perda dos frutos controle, que atingiram 8,10%, evidenciando que o revestimento proporcionou proteção contra a perda de água por transpiração. Zhu et al. (2008) relataram que a perda de peso em frutas e vegetais frescos é principalmente devido à perda de água causada pelos processos de transpiração e respiração. Hong et al. (2012), ao aplicarem revestimento à base de quitosana (0,5, 1,0 e 2,0% m/v) em

goiabas (*Psidium guajava* L.) e armazená-las a 11°C com UR 90±5% verificaram maior redução de perda de massa quanto maior a concentração de quitosana. Enquanto Jongsri et al. (2016) ao estudarem efeito de diferentes massas moleculares de quitosana sobre a qualidade pós-colheita e as características físico-químicas de manga durante o armazenamento observaram que as frutas revestidas com quitosana de alta massa molecular mostraram a menor porcentagem de perda de massa durante o armazenamento.

Em análise aos dados apresentados na Tabela 11, observa-se que todos os frutos revestidos tiveram maior firmeza comparados ao controle. Entretanto, o maior valor (78,56 N) foi obtido para os frutos recobertos com amido modificado e maior proporção de quitosana (T4), que diferiu significativamente dos demais tratamentos. O menor valor de firmeza foi observado nos frutos do tratamento controle que atingiram 31,73 N. Assim, o T4 pode constituir interesse para aplicação comercial em goiaba com o intuito de torná-los mais resistentes no manuseio durante o armazenamento e comercialização *in natura*.

Corroborando com este estudo, Aquino et al. (2015) também constataram que revestimentos comestíveis de amido de mandioca e quitosana, enriquecidos com misturas de óleo essencial, proporcionaram maior retenção da firmeza em goiabas, armazenadas à temperatura ambiente por 10 dias. Hong et al. (2012) constaram que goiabas tratadas com quitosana, combinada com a utilização de sacos plásticos e refrigeração exibiram maiores valores de firmeza do que os frutos não revestidos.

Chong et al. (2015) relataram que o uso de quitosana adicionado de cloreto de cálcio diminuíram significativamente a perda de peso, melhoraram a firmeza, atrasaram as mudanças de cor e inibiram o crescimento microbiano em melão fresco durante o armazenamento.

Houve uma redução da firmeza das goiabas ao longo do armazenamento (Figura 19B). Comportamento similar tem sido observado em diferentes estudos com aplicação de revestimentos plásticos e biodegradáveis em frutos tropicais e de clima temperado na pós-colheita (AQUINO et al., 2015). A redução da firmeza em frutos na pós-colheita deve-se à despolimerização e solubilização das pectinas, componentes da parede celular, conversão do amido em açúcares mais simples, mediados por ação de enzimas como a pectinametilesterase (PME), poligalacturonase (PG) e amilases (ATKINSON et al., 2012).

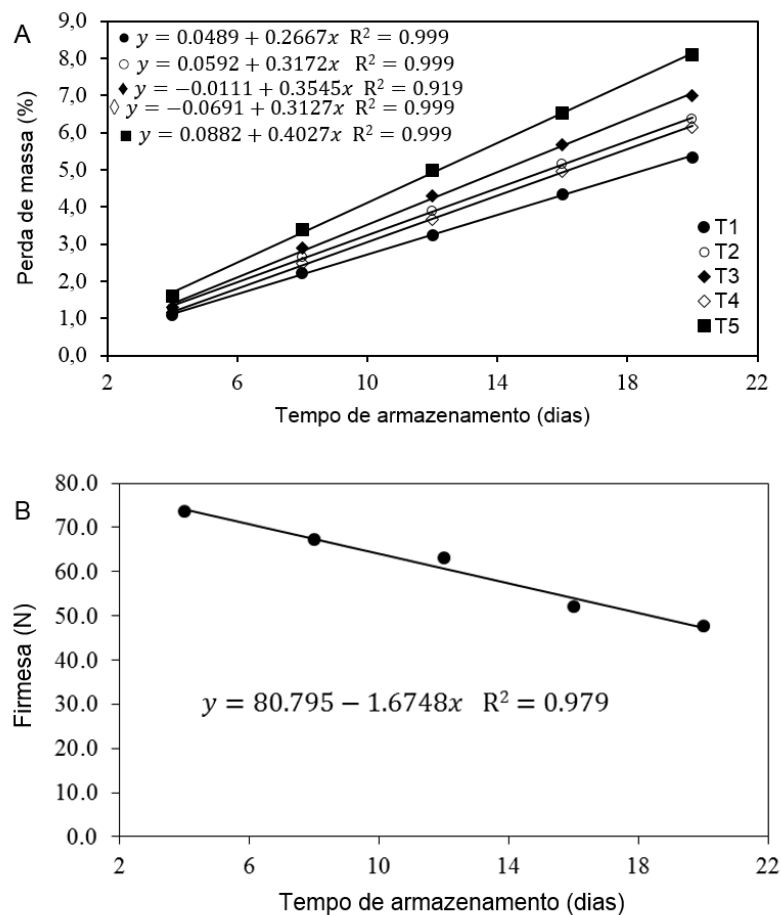


Figura 19 - Perda de massa (A) e firmeza de polpa (B) em goiabas Paluma durante o armazenamento refrigerado, com diferentes revestimentos filmogênicos; T1 (3% de amido nativo e 0,3% de quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle).

### 8.3.6 Teores de carotenoides totais, clorofila a, b, total e firmeza de polpa dos frutos

As diferentes proporções de amido e de quitosana não influenciaram nos teores de carotenoides totais (Tabela 11). Contudo, os frutos revestidos tiveram valores significativamente superiores quando comparados aos frutos do tratamento controle.

Tabela 11 - Teor de carotenoides totais e firmeza de polpa de goiabas Paluma durante o armazenamento refrigerado submetidas à aplicação de diferentes recobrimentos filmogênicos.

Amido	Tratamentos		Firmeza (N)	Total carotenoides ( $\mu\text{g mL}^{-1}$ )
	Amido (%; m/v)	Quitosana (%; m/v)		
<b>Nativo</b>	3,0	0,3	68,7 $\pm$ 08 <sup>b</sup>	724,5 $\pm$ 06 <sup>a</sup>
<b>Modificado</b>	3,0	0,3	59,9 $\pm$ 03 <sup>b</sup>	743,9 $\pm$ 09 <sup>a</sup>
<b>Nativo</b>	2,7	0,6	56,2 $\pm$ 01 <sup>b</sup>	727,3 $\pm$ 04 <sup>a</sup>
<b>Modificado</b>	2,7	0,6	78,56 $\pm$ 08 <sup>a</sup>	775,2 $\pm$ 07 <sup>a</sup>
<b>Controle</b>	0,0	0,0	31,7 $\pm$ 05 <sup>c</sup>	469,5 $\pm$ 06 <sup>b</sup>

Médias com a mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ( $p < 0,5\%$ ).

Para a clorofila a, observou-se redução linear ao longo do armazenamento (Figura 20 A). Já a clorofila b, manteve-se praticamente inalterada até 18 dias de armazenamento, seguida de acentuado decréscimo até o final do armazenamento (Figura 20 B). Redução dos teores de clorofilas ao longo do armazenamento, deve-se a degradação de clorofila, síntese e/ou revelação de pigmentos coloridos como carotenoides, associados a atividade de enzimas como, clorofilase, feoforbídeo oxidase peroxidase, lipoxigenase, feoforbídeo oxidase, resultando na formação de catabólitos incolores, que favorecem a revelação dos carotenoides (PRUZINSKÁ et al., 2005).

Para as clorofilas totais constatou-se efeito de revestimentos e do tempo de armazenamento (Figura 20C). Dentre os quatro tipos de revestimentos utilizados, observou-se que até 8 dias de armazenamento, o revestimento contendo a maior concentração de amido modificado e menor concentração de quitosana evidenciou maior valor de clorofila. Entre o oitavo ao décimo dias de armazenamento, observa-se o mínimo de alteração entre os diferentes revestimentos. Ao longo de todo o armazenamento, os frutos revestidos tiveram valores superiores de clorofila total. Esse efeito está associado, provavelmente, à modificação da atmosfera gerada pelos revestimentos, que reduz a quantidade de O<sub>2</sub> e aumenta CO<sub>2</sub> em torno dos frutos, limitando a biossíntese do etileno e a degradação da clorofila (MIDMORE, 2015).

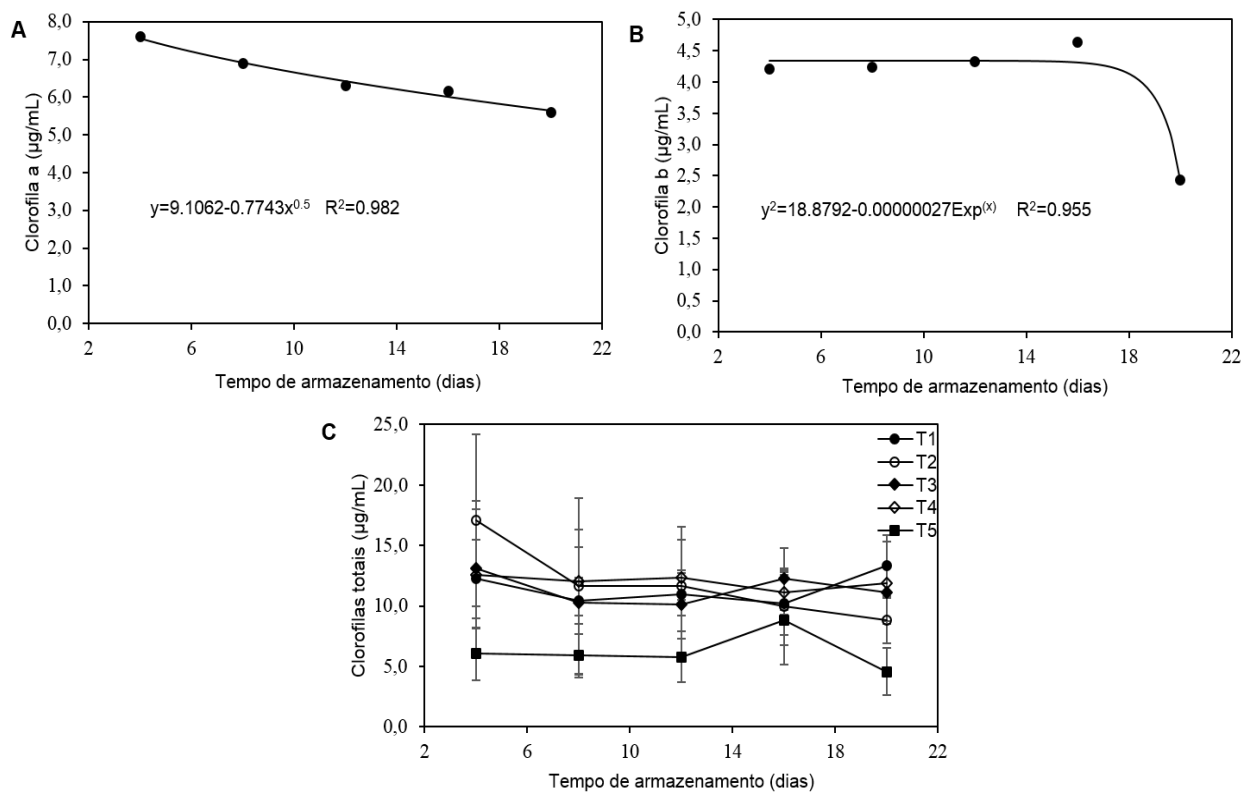


Figura 20 - Clorofila a (A) clorofila b (B) e clorofila total (C) de goiaba Paluma durante o armazenamento ( $8\pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90\pm 2\%$ ). T1 (3% de amido nativo e 0,3% de quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle).

### 8.3.7 Parâmetros de cor dos frutos

Os valores de índice croma e ângulo Hue da casca e polpa de goiabas Paluma durante o armazenamento refrigerado ( $8\pm 1^\circ\text{C}$  e UR  $90\pm 2\%$ ), submetidas à aplicação de diferentes recobrimentos compostos de amido (3% e 2,7% m/v) e quitosana (0,3% e 0,7% m/v) estão apresentados na Figura 21.

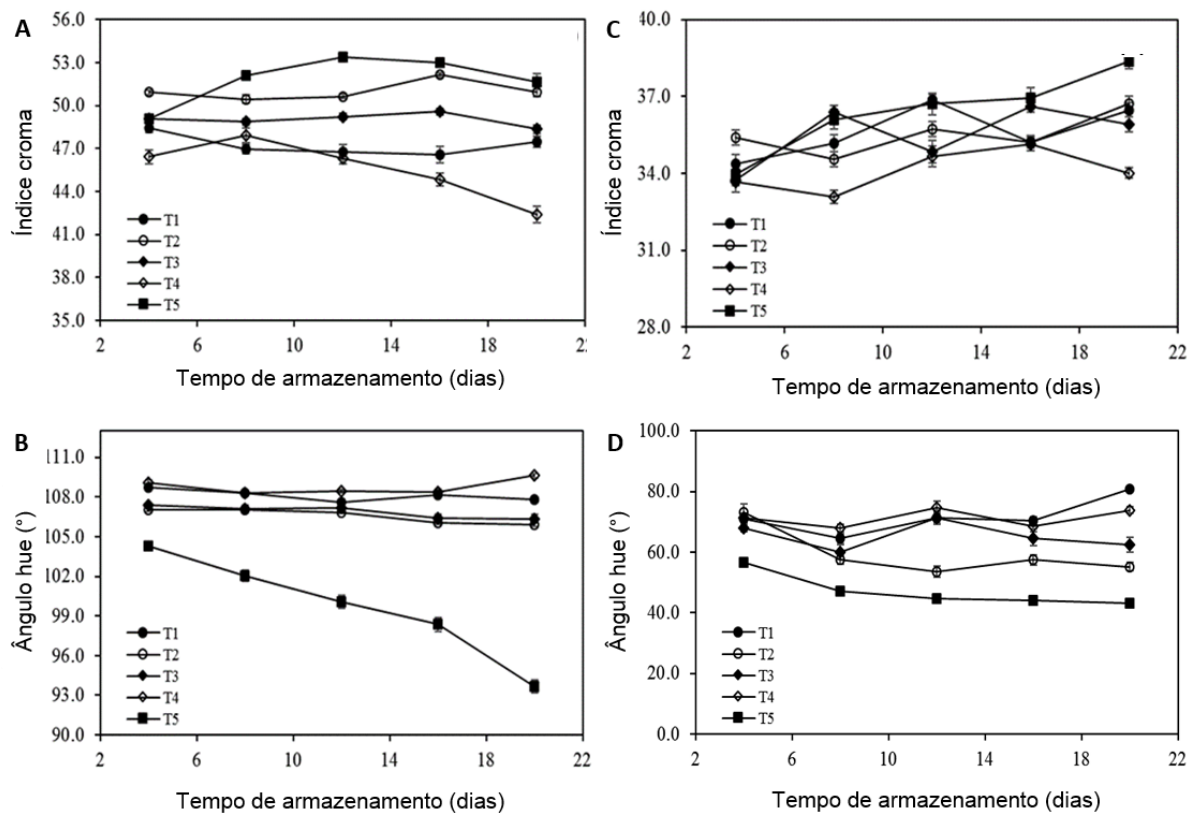


Figura 21 - Índice croma (A) e ângulo Hue da casca de goiabas (B); índice croma (C) e ângulo Hue da polpa de goiabas (D) durante o armazenamento refrigerado de 20 dias, com diferentes revestimentos filmogênicos. T1 (3% de amido nativo e 0,3% de quitosana); T2 (3% de amido modificado e 0,3% de quitosana); T3 (2,7% de amido nativo e 0,6% de quitosana); T4 (2,7% de amido modificado e 0,6% de quitosana); T5 (controle).

Em relação à casca, o índice croma que indica intensidade da cor, aumentou gradualmente para os frutos não revestidos (T1), acompanhado de um decréscimo nos valores de ângulo Hue (B) até 12 dias de armazenamento, caracterizando uma transição da cor verde para amarelo, em consequência do amadurecimento, sendo mais rápido nesses frutos que em frutos revestidos.

O tratamento constituído com a maior concentração de amido de mandioca nativo, combinado com a maior concentração de quitosana (T1) foi o que proporcionou menores valores de croma até oito dias de armazenamento, e após houve tendência à estabilização até 16 dias, seguido por leve aumento até 22 dias.

As goiabas revestidas com menor concentração de amido de mandioca modificado, combinado com a maior concentração de quitosana (T4) tiveram menores valores de croma e maiores valores de  $^{\circ}$ Hue a partir de oito dias até o final do armazenamento, indicando que esse tratamento foi mais eficiente na retenção da



coloração e conservação dos frutos. Corroborando com este estudo, Aquino et al. (2015) observaram perda de coloração verde em goiabas revestidas com amido de mandioca e quitosana com incorporação de óleo essencial e sem revestimento, quando armazenadas em temperatura ambiente, por 10 dias.

Os frutos revestidos pela combinação da maior concentração de amido de mandioca nativo e com a menor concentração de quitosana (T1) e os revestidos com menor concentração de amido de mandioca modificado e maior concentração de quitosana (T4) apresentaram maiores valores de  $^{\circ}$ Hue (Figura 21). Siqueira (2011) ao estudar goiabas Paluma, armazenadas em condições ambientais por nove dias, observou que os menores valores de  $^{\circ}$ Hue caracteriza mudanças da cor amarela para vermelha.

Forato et al. (2015) ao estudarem revestimentos comestíveis à base de goma-carboximetilcelulose proveniente do cajueiro em goiabas frescas e cortadas, observaram que ângulos Hue de todas as amostras mudaram para valores mais altos com o passar do tempo, indicando que a cor estava menos vermelha, deslocando-se para uma coloração escura ou acastanhada. Assim, concluíram que a perda da cor vermelha é uma ocorrência natural que pode ser influenciada por vários fatores, dentre elas, desidratação, ação de enzimas e a proliferação de fungos.

#### **8.4 Conclusão**

Os filmes elaborados com a maior concentração de amido de mandioca nativo, combinado com a menor concentração de quitosana apresentaram maior resistência à tração e alongação. A utilização do amido de mandioca modificado, bem como o aumento da concentração de quitosana aumentou a luminosidade do filme.

O tratamento composto com a maior concentração de amido nativo, combinado com a menor concentração de quitosana foi o mais eficiente em retardar a perda de massa dos frutos. Porém, a firmeza e cor foram mantidas por maior tempo em frutos revestidos com a solução filmogênica contendo menor concentração de amido modificado, combinado com a maior concentração de quitosana.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os revestimentos de amidos de feijão ou de arroz com xantana aplicados em pedúnculos de caju foram satisfatórios para incrementar a aparência dos frutos até quatro dias de armazenamento.

Já nos revestimentos obtidos pela combinação de amidos modificados fisicamente, xantana e ou quitosana, separadamente, o emprego da quitosana tornou os filmes mais opacos, devido a cor amarela do polímero comercial, sugerindo uma alternativa de revestimento com características mais natural para a preservação da cor características dos pedúnculos de caju investigados no presente estudo.

Como efeito de revestimento, a combinação do amido de mandioca modificado com quitosana não se mostrou eficiente para a conservação pós-colheita de pedúnculos de caju CCP-76, pois apenas o conteúdo de vitamina C foi favorecido pelo uso dos recobrimento.

Embora os filmes produzidos a partir de polissacarídeos apresentem limitações de uso quanto à higroscopicidade e fraca barreira ao vapor de água, para a goiaba Paluma, revestimentos constituídos de amido de mandioca nativo associado à quitosana e refrigeração ( $8\pm 1^{\circ}\text{C}$ , UR  $90\pm 12\%$ ) corresponderam de forma satisfatória na redução da perda de massa, além de retardar o amadurecimento, contribuir para a redução de alterações de coloração e de perdas dos pigmentos clorofilas e carotenoides totais.

Desta forma, o referido revestimento surge como um perspectiva de método a ser explorado comercialmente na preservação pós-colheita de goiaba Paluma, com menor impacto ambiental. Há, entretanto, a necessidade de pesquisas futuras, priorizando-se avaliar os efeitos do revestimento nos atributos sensoriais.

## 10 REFERÊNCIAS

ABBAS, K. A.; KHALIL, S. K.; HUSSIN, A. S. M. Modified starches and their usages in selected food products: a review study. ***Journal of Agricultural Science***, v. 2, p. 90-100, 2010.

ACOSTA, S.; JIMÉNEZ, A.; CHÁFER, M.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHIRALT, A. Physical properties and stability of starch-gelatin based films as affected by the addition of esters of fatty acids. ***Food Hydrocolloids***, v. 49, p. 135-143, 2015.

AGOSTINI, J. S.; SCALON, S. de P. Q.; LESCANO, C. H.; SILVA, K.E.; GARCETE, G. J. Nota científica: Conservação pós-colheita de laranjas Champagneh (*Citrus reticulata* X *Citrus sinensis*). ***Brazilian Journal of Food Technology***, v. 17, n. 2, p. 177-184, 2014.

AGRIANUAL. **AGRIANUAL 2015**: anuário da agricultura brasileira. 20. ed. São Paulo: [s.n.], 2015.

AGUIAR, L. P.  **$\beta$ -caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 87 p. 2001.

ALMEIDA, J. I. L.; ARAÚJO, F. E.; LOPES, J. G. V. **Evolução do cajueiro anão precoce na Estação Experimental de Pacajus, Ceará**. Fortaleza: EPACE, (EPACE. Documentos, 6), p. 17, 1983.

ALVES, R. E.; MOSCA, J. L.; FILGUEIRAS, H. A. C. E. T. Armazenamento refrigerado de pedúnculos de cajueiro anão-precoce CCP 76 sob atmosfera modificada. ***Revista Iberoamericana Tecnología Postcosecha***, v. 5, n. 1, p. 38-41, 2003.

AMANTE, E. R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihota esculenta*, Grantz), e de batata doce (*Ipomoea batatas*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 1986.

ANGGARWULAN, E.; MUDYANTINI, W.; ASIYAH, I. J. Chitosan treatment and storage temperature in the retardation of fruit ripening of red guava (*Psidium guajava*). ***Journal Nasional***, v. 7, p. 153-159, 2015.

AOAC. **ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. Washington (USA): AOAC. International. 16. ed. Arlington, AOAC.1995.**

APEDA. **Export shelled walnut and raw banana to republic of south korea.** Disponível em: <[http://apeda.gov.in/apedawebsite/six\\_head\\_product/FFV.htm](http://apeda.gov.in/apedawebsite/six_head_product/FFV.htm)>. Acesso em 04 de Julho 2017.

AQUINO, A. B.; BLANK, A. F.; AQUINO SANTANA, L. C. L. Impact of edible chitosan–cassava starch coatings enriched with *Lippia gracilis* Schauer genotype mixtures on the shelf life of guavas (*Psidium guajava* L.) during storage at room temperature. ***Food Chemistry***, v. 171, p. 108-116, 2015.

ARAÚJO, C.; MUFARREJ, L.; BORGES, M. A. O poder de cura de vitaminas, minerais e outros suplementos. ***Reader's Digest***, p. 44, 2004.

ARAUJO-FARRO P. C; PODADERA G.; SOBRAL P. J, MENEGALLI F. C. Development of films based on quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willdenow) starch. ***Carbohydrate Polymer***, v. 81, p. 839-848, 2010.

AROUCHA E. M. M; SOUZA C. S. M; SOUZA, A. E. D; FERREIRA R. M. A; FILHO, J.C.A. Qualidade pós-colheita da cajarana em diferentes estádios de maturação durante armazenamento refrigerado. ***Revista Brasileira de Fruticultura***, v. 34, n. 2, p. 391-399, 2012.

ASSIS, O. B. G., BRITTO, D. FORATO, L. A. O. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. ***Food Technology***, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M.; NOVAES, A. P. Avaliação do efeito cicatrizante da quitosana por aplicação tópica em ratos. Série Documentos, 29. ***São Carlos: Embrapa Clima Temperado***, p. 116, 2007.

ASSIS, O. B. G.; LEONI, A. M.; NOVAES, A. P. Filmes comestíveis de Quitosana. ***Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento***, v. 30, p. 33-38, 2003.

ASTM. 2000. **Designation D882-00: Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting.** In Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia: American Society for Testing and Materials. 2000.

ASTM. 2002. **Standard test methods of water vapor transmission of materials.** American Society for Testing and Materials, E 96-95. 2002.

ASTM. **Standard test methods of water vapor transmission of materials.** Philadelphia: American Society for Testing and Materials. E96–E5, 1995.

ATKINSON, R. G.; SUTHERLAND, P. W.; JOHNSTON, S. L.; GUNASEELAN, K.; HALLETT, I. C.; MITRA, D.; BRUMMELL.; SCHRÖDER.; JOHNSTON., SCHAFFER. Down-regulation of polygalacturonase alters firmness, tensile strength and water loss in apple (*Malus x domestica*) fruit. **BMC Plant Biology**, v. 129, p. 1-13, 2012.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H. F. Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 1, p. 29-31, 2004.

BARROS, L. DE M. Melhoria. In: LIMA, V. P. M. S. (Ed) **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil.** Fortaleza: BNB/ETENE - Estudos Econômicos e Sociais, 35, p. 321-356, 1988.

BARROS, L. DE M.; ARAÚJO, F. E.; ALMEIDA, J. I. L.; TEIXEIRA, L.M.S. **A cultura do cajueiro anão.** Fortaleza: EPACE, 67p. EPACE. (Documentos, 3), 1984.

BEMILLER, J. N. Starch modification: challenges and prospects. **Starch/Starke**, v. 49, n. 4, p. 127-131, 1997.

BLEINROTH, E. W. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI, N. M; GARCIA, A. E.; ARDITO, F. G.; GARCIA, E. E. G.; BLEINROT, E. W.; MATALIO, M.; CHITARRA, M. I. F.; BORIM, M. R. Goiaba para a exportação. Procedimento de colheita e pós-colheita, **EMBRAPA, Brasília.** (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 20), p. 12-23, 1996.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos.** 3º ed., São Paulo, Varela, 143, 2001.

BORN, K.; LANGENDORFF, V.; BOULENGUER, P. Xanthan. In: Steinbüchel, A.; VANDAMME, E. J.; BAETS, S. **Biopolymers**, Weinheim: Wiley-VCH, v. 5, p. 259-291, 2002.

BRECHT, J K.; RITENOUR, M. A.; HAARD, N. F.; CHISM, G. W. **Fisiologia pós-colheita de tecidos vegetais comestíveis.** In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L., FENNEMA, O. R, organizadores. Química de alimentos de Fennema. 4. ed. Porto Alegre: Artmed; p. 760-815, 2010.

BRIASSOULIS, D. An overview on the mechanical behaviour of biodegradable agriculture films. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 12, p. 65-81, 2004.

BULÉON, A.; COLONNA, P.; PLANCHOT, V.; BALL, S. Starch granules: structure and biosynthesis. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of food and health. Academic Press, 2015.

CADMUS, M. C.; ROGOVIN, S. P.; BURTON, K. A.; PITTSLEV, J. E.; KNUTSON, C. A.; JEANES, A. Colonial variation in *Xanthomonas campestris* NRRL B-1459 and characterization of the polysaccharide from a variant strain. *Canadian Journal of Microbiology*, v. 22, p. 942-948, 1976.

Calbo, A.G. & Moretti, C.L. 2005. Penetrômetro a gás para a avaliação da firmeza de frutos. Embrapa-Hortaliças. Disponível em: <[http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos\\_colheita/penetrometro.htm](http://www.cnph.embrapa.br/laborato/pos_colheita/penetrometro.htm)>. Acesso em: 20/03/2008.

CAMPANA-FILHO, S. P. DESBRIÈRES, J. Chitin, chitosana and derivatives .in: **Natural polymers and agrofibrs composites**. São Carlos. Embrapa Instrumentalização Agropecuária. p. 41-71, 2000.

CASARIEGO, A.; SOUZA, B. W. S.; CERQUEIRA, M. A.; TEIXEIRA, J. A.; CRUZ, L.; DÍAZ, R.; VICENTE, A. A. Chitosan/clay films properties as affected by biopolymer and clay micro/nanoparticles concentrations. *Food Hydrocolloids*, v. 23, p. 1895-1902, 2009.

CAVALCANTI, J. J. V. Em: **O cajueiro: exploração, perspectivas e potencialidades no âmbito da Mata Atlântica**. SIMÕES, L.L.; LINO, C.F. (organizadores); Senac: São Paulo, p. 55. 2002.

CEREDA, M. P. **Propriedades gerais de amido**. São Paulo. Fundação Cargill, v. 1. 221p. (Série: Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas), 2002.

CHEN, H. Functional properties and applications of edible filmes made of milk proteins. *Journal Dairy Science*, v. 78, n. 11, p. 2563-2583, 1995.

CHIEN, P. J.; SHEU, F. U. U; YANG, F. H. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *Journal of Food Engeneering*, n. 78, p. 225-229, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras:ESAL:FAEPE, p. 783. 2005.

CHONG, J. X.; LAI, S.; YANG, H. Chitosan combined with calcium chloride impacts fresh-cut honeydew melon by stabilising nanostructures of sodium-carbonate-soluble pectin. **Food Control**, v. 53, p. 195-205, 2015.

COLUSSI, R.; EI HALAL, S.L.M.; PINTO, V.Z.; BARTZ, J; GUTKOSKI, L. C, ZAVAREZE, E.R.; DIAS, A.R.G. Acetylation of rice starch in an aqueous medium for use in food. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, p. 1076-1082, 2015.

COLUSSI, R.; PINTO, V. Z ; EI HALAL, S. L. M. ; ZAVAREZE, E. R. ; DIAS, A. R. G. Physical, mechanical, and thermal properties of biodegradable films of rice starch. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 20, p 1-9, 2014.

COMA, V.; MARTIAL-GIROS, A.; GARREAU, S.; COPINET, A. SALIN, F.; DESCHAMPS, A. Edible antimicrobial films based on chitosan matrix. **Journal of Food Science**, v. 679, n. 3, p. 1162-8, 2002

CONSEX (Conselho Nacional do Comércio Exterior). Resolução nº 66, Anexo 11 de 14.05, 1971.

COSTA, R. J.; RUTZ, J. K.; KRUMREICH, F. D.; LUVIELMO, M. M. ZAMBIAZI, R. C. In: IV Jornadas internacionais **AGROBIO ENVASES**. Uso de revestimentos comestível em pitangas roxas (*Eugenia uniflora* L.), AGROBIO ENVASES, Florianópolis. set. 2012.p. 75.

CUQ, B.; GONTARD, N.; GUILBERT, S. Edible films and coatings as active layers: In: ROONEY, M. L. (Ed) **Active food packaging**. London: Blackie Academic & Professional, p. 111-142. 1995.

DAMASCENO S; OLIVEIRA, P. V. S; MORO E.; MACEDO JUNIOR E. K; LOPES M. C; VICENTINI N. M. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 377-380, 2003.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; DELPORT, B.; VOILLEY, A. A Lipid hydrophobicity and physical state effects on the properties of bilayered edible films. **Journal of Membrane Science**, v. 180, p. 47-75, 2000.

DEMIATE, I. M. **Aplicação do amido de mandioca nas indústrias** <http://www.cerat.unesp.br/Home/compendio/palestras/palestra9.pdf>. Acesso em: 12/05/2015.

DURIGAN, J. F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, Jaboticabal. **Anais. Jaboticabal: FUNEP**, p. 152- 154, 1997.

FAKHOURY, F. M.; BRIGATTO, L. C.; GONÇALVES, P. V. M.; MILANEZ, C. R.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Filmes e coberturas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crismon. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 369-375, 2007.

FAO- **ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. FAO. FAOSTAT.** (2017) Divisão de estatística. Disponível em: <<http://faostar3.fao.org/download/Q/Q/E>>. Acesso em: 05/07/2017.

FANG, S. W.; LI, C. F.; SHIH, D. Y. C. Antifungal activity of chitosan and its preservative effect on low-sugar candied kumquat. **Journal of Food Protection**, v. 56, p.136-40, 1994.

FENNEMA, O. R. **Química de Alimentos**, 4º ed., Porto Alegre, Artmed, cap. 17, p. 750-817, 2010.

FERREIRA, D. F. **Manual de sistema sisvar para análises estatística**. Lavras, UFLA, Lavras, p. 66. 2003.

FERREIRA, S. A. M.; GENTIL, D. F.O. Armazenamento de sementes de cacu-camu (Myrciaria dúbia) com diferentes graus de umidade e temperatura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 440-442. 2000.

FIGUEIREDO, R. W. **Qualidade e bioquímica de parede celular durante o desenvolvimento, maturação e armazenamento de pedúnculos de cajueiro-anão-precoce CCP-76 submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio**. 2000. 154f. (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Faculdade Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2000.

FIGUEIREDO, R.W.; LAJOLO, F.M.; ALVES, R.E. Qualidade de pedúnculos de caju submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e armazenamento sob refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 475-482, 2007.



FILGUEIRAS, H. A. S.; ALVES, R.E.; MENEZES, J. B., MAIS, C. E.; MOURA, C. F. H. PINTO, S. A. A.; FIGUEIREDO, R. WW.; MOSCA, J. L.; FREIRE, F. C. O.; MELO, Q. S. Características do pedúnculo para exportação (Caju Pós-colheita). **Frutas do Brasil**, 2002.

FITZPATRICK. P.; MEADOWS J.; RATCLIFFE, I.; WILLIAMS, P. A. Control of the properties of xanthan/glucomannan mixed gels by varying xanthan fine structure. **Carbohydrate Polymers**, v. 92, p. 1018–25. 2013.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - FAD. **Generally recognized as safe (GRAS)**. Silver Spring. Disponível em: <<http://www.fad.gov/Food/IngredientsPackingLabeling/GRAS/>>. Acesso em: 05/11/2018

FORATO, L. A.; DE BRITTO, D.; DE RIZZO, J. S.; GASTALDI, T. A.; ASSIS, O. B. Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 5, p. 68-74, 2015.

FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**, Fundação Cargil, Campinas, 2001.

FREEPONS, D. Enhancing food production whit chitosan seed-coating technology. In: MUZZARELLI, R.; JEUNIAUX, C.; GOODAY, G. W. (Ed.). **Chitin in nature and technology**. New York: Plenum Press. p. 129-139. 1986.

GALINDO, E. Aspects of the process for xanthan production. **Institution of Chemical Engineers**, v. 72, p. 227-237, 1994.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. **Biotechnology Advances**, v.18, n. 7, p. 549-579, 2000.

GARCIA, M. A.; PINOTTI, A.; ZARITZKY, N. E. Physicochemical, water vapor barrier and mechanical properties of corn starch and chitosan composite films. **Starch Stärke**, v. 58, p. 453-463, 2006.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; ALCÓN, A. Xanthan gum production: An unstructured kinetic model. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 17, n. 3, p. 206-217, 1995.

GARCÍA-OCHOA, F.; SANTOS, V. E.; CASAS, J. A.; GÓMEZ, E. Xanthan gum: production, recovery, and properties. *Biotechnology Advances*, v.18, n.7, p. 549-579, 2000.

GENNADIOS, A. WELLER, C. Edible films and coatings from wheat and corn proteins. *Food Technology*, v. 44, n. 10, p. 63-69, 1990.

GOY, R. C.; ASSIS, O. B. G. E CAMAPANA-FILHO, S. P. **Chitosan crosslinking by Glutaraldehyde and Epichlorohydrin and their interaction with CU<sup>2+</sup> ions in aqueous medium**, in: Proceedings of The VIII Latinamerican Symposium on Polymers (SLAP'2002), p. 602, Acapulco – México, nov., 2002.

GOMES, J. C. M.; GOMES, N. W.; SILVA, L. C. A.; LIMA, W. A. Caracterização pós-colheita de clones de cajueiro anão precoce no Oeste da Bahia. *Bahia Agrícola*, v. 7, n. 2, p. 76-80, 2006.

GONÇALVES, M. F. V.; SARMENTO, S. B. S.; DIAS, C. T. S.; MAEQUEZUNI, N. Tratamento térmico do amido de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) sob baixa umidade em micro-ondas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 29, n. 2, p. 270-276, 2009.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J.; GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: Water vapor permeability and other physical properties. *International Journal Food Science Technology*, v. 29, n. 39–50, 1994.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J. M. **Goiaba para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: Embrapa-SPI: FRUPEX, 1994.

GROSSMAN, M. V. E.; MALI, S.; SHIMAZU, A. A. Efeitos plastificantes e aniplastificantes do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007

GUILBERT, S.; GONTARD, N.; GORRIS, G. N. Prolongation of Shelf life of Perishable Food Products using Biodegradable Films and Coatings. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, v. 21, n. 1-2, p. 10-17, 1996.

GUNARANTE, A.; HOOVER, R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydrate Polymers*, v. 49, p. 452-437, 2002.

HARDENBERG, R. E. **Wax and related coatings for horticultural products.** Agricultura Research Bulletin, Washington, DC, P. 51-52, 1967.

HENRIQUE, M. C.; CEREDA, M. P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa Duch*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 2, 1999.

HENRIQUE M. C.; CEREDA, M. P.; SARMENTO, S. B. S. Características de filmes biodegradáveis produzidos a partir de amidos modificados de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 231-276, 2008.

HIZUKURI, S. Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and the crystalline structure of starch granules. **Carbohydrate Research**, v. 141, p. 259-360, 1985.

HOJO, E. T. D.; ABREU, C. M. P.; ASMAR, S. A.; HOJO, R. H.; CORREA, A. D.; VILAS BOAS, E. V. D. Avaliação da qualidade de mangas 'Palmer' tratadas com 1-metilciclopropeno armazenada sob refrigeração e condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 28-38, 2009.

HOJO, E. T. D.; CARDOSO, A. D.; HOJO, R. H.; VILASBOAS, E. V. B. ALVARENGA, M. A. Uso de películas de fécula de mandioca e PVC na conservação pós-colheita de pimentão. **Ciência Agrotecnológica**, v. 31, p. 184-190, 2007.

HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H. Uso de embalagens plásticas e coberturas de quitosana na conservação pós-colheita de lichias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume especial, p. 377-383, 2011.

HONG, K.; XIE, J.; ZHANG, L.; SUN, D.; GONG, D. Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. **Scientia Horticulturae**, v. 144, p. 172–178, 2012.

HORMDOK, R.; NOOMHORM, A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement rice noodle quality. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, v. 40, n. 10, p. 1723-1731, 2007.

IBGE. 2012. **Levantamento sistemático da produção agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil.** Rio de Janeiro. p. 88. 2016. Disponível em

<[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2016\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf)>

Acesso em: 18/08/2018.

IBGE. CONAB– Companhia Nacional de Abastecimento, 2018. **Conjuntura Mensal – Castanha de caju.** Disponível em <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_08\\_10\\_09\\_58\\_41\\_conjuntura\\_rn\\_castanha-de-caju\\_agosto\\_2016.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_10_09_58_41_conjuntura_rn_castanha-de-caju_agosto_2016.pdf)>. Acesso em: 18/08/2018.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal de cultura temporárias e permanentes.** Rio de Janeiro, v. 43, 2016. Disponível em <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam\\_2016\\_v43\\_br.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2016_v43_br.pdf)> Acesso em: 18/08/2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo: IAL, v. 1, p. 533. 2008.

JACOMINO, A. P.; ARRUDA, M. C.; BRON, I. B.; KLUGE, R. A. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. In: KOBLITZ, M. A. **Bioquímica de Alimentos – teorias e aplicações.** Editora Guanabara. 242 p. 2008.

JACOMINO, A. P.; OJEDA, R. M. O; KLUGE, R. A.; ALEXIO, J. FILHO, S. **Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 25, n. 3, p. 401-405, dezembro 2003.

JAISWAL, U.; JAISWAL, V.S. *Psidium guajava* Guava. In: LITZ, R. E. (Ed). Biotechnology of fruit and nuts crops. Cambridge: CAB International, p. 394-401. **Biotechnology in Agricultural.** Series, 29. 2005.

JANSSON, P. E., KENNE, L.; LINDBERG, B. Structure of the extracellular polysaccharide from *Xanthomonas campestris*. **Carbohydrate Research**, v. 45, p. 275-282, 1975.

JARAMILLO, C. M.; GONZÁLEZ SELIGRA, P.; G, S., BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biofilms based on cassava starch containing extract of yerba mate as antioxidant and plasticizer. **Starch-Stärke**, v. 67, p. 780-789, 2015.

JIANG, L.; LI, J.; JIANG, W. Effects of chitosan on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature. **LWT - Food Science and Technology**, v. 38, p. 757-761, 2005.

JONGSRI, P.; WANGSOMBOONDEE, T.; ROJSITTHISAK, P.; SERAYPHEAP, K.. Effect of molecular weights of chitosan coating on postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruit. **LWT - Food Science and Technology**, v. 73, p. 28-36, 2016.

JYOTHI, A. N., MOORTHY, S. N., RAJASEKHARAN, V. Effect of cross linking with epichlorohydrin on the properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch. **Starch/Stärke**, v. 58, p. 292–299, 2006.

KAVATI, R. Cultivares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais Jaboticabal: UNESP-FCAVJ**. p. 1-16, 1997

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Avi book, 543p. 1991.

KENNEDY, J. F. BRADSHAW, I. J. Production, properties and applications of xanthana. **Progress Industrial Microbiology**, v. 1, n. 10, p. 319-371, 1984.

KESTER, J. J.; FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, v. 40, n. 12, p. 47-59, 1986.

KROCKA, J. M.; DEMULDER-JHONSTON, C. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. **Food Technology**, v. 51, n. 2, p. 61-74, 1997.

KUMAR A. B. V, Varadaraj M. C, Gowda L. R, Tharanathan R. N. Characterization of chitooligosaccharides prepared by chitosan analysis with the aid of papain and pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. **Biochemistry Journal**, v. 391, p. 167-75, 2005.

LAOCHAKUNJIT, N; NOONHORN, A. Effect of plasticizer on mechanical and barrier properties of rice starch film. **Starch**, v. 56, p. 348-356, 2004.

LEACH, H.; McDOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of starch granule. I - Swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, n. 6, p. 534-549, 1959.

LEMOS OL; REBOUÇAS TNH; JOSÉ ARS; VILA MTR; SILVA KS; SILVA DS; BARRETO APP; BOMFIM MP. Conservação do pimentão “Magali” em duas condições de armazenamento associada à atmosfera modificada. **Magistra**, v. 20, p. 06-15, 2008.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophyll and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: COLOWICK, S.P., KAPLAN, N.O. (Eds.) *Methods in Enzymology*, 148. San Diego: **Academic Press**, p. 350-382, 1987.

LIMA, M. A. C.; JOSTON, A. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 273-276, 2002.

LIMA, M. M.; CARNEIRO, L. C.; BIANCHINI, D.; DIAS, A. R. G.; ZAVAREZE, E. R.; PRENTICE, C.; MOREIRA, A. S. Structural, Thermal, Physical, Mechanical, and Barrier Properties of Chitosan Films with the Addition of Xanthan Gum. **Journal of Food Science**, v. 82, p. 698-705, 2017.

LIMA, V. P. M. S. Botânica do cajueiro. In: Lima, V. P. M. S. (Org.). **A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: BNB/ETENE, p. 15-61. 1988.

LOURDIN, D.; COIGNARD, L.; BIZOT, H.; COLONNA, P. Influence of equilibrium relative humidity and plasticizer concentration on the water content and glass transition of starch materials. **Polymer**, v. 38, p. 5401-5406, 1997.

MAIA, G. A., FILHO, M. S. M. S. FIGUEIREDO, R. W.; BRASIL, I. M. Caracterização química de pedúnculos de caju de diferentes clones de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, Número Especial, p. 272-278. 2004.

MALI, S., GROSSMANN, M. V. E., GARCÍA, M. A., MARTINO, M. M.; ZARITZKY, N. E. Barrier, mechanical and optical properties of plasticized yam starch films. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 129-135, 2004.

MANICA, I.; CONDE, A. R.; PINHEIRO, R. V. R. Produtividade de seis cultivares de goiaba em Pirapora. **Minas Gerais: CERES**, v. 31, n. 157, p. 142-155, 1984.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, M. T. **Fruticultura tropical: goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 373. 2000.

MARCON, M. J. A.; AVANCINI, S. R. P.; AMANTE, E. R. **Propriedades químicas e tecnológicas do amido de mandioca e do polvilho azedo**. Florianópolis, Editora da UFSCA, p. 101, 2007.

MARTINS, A. F. et al. **Análise da Transmissão de Preços na Cadeia Produtiva da Amêndoa de Castanha de Caju no Brasil**. 2009. Disponível em:

argus.iica.ac.cr:19555/.../artigo%20sober%20caju%20transmissao%20precos.docx.

Acesso em: 18/12/2018.

MATTA JR, M. D.; SARMENTO, S. B. S.; DE OLIVEIRA, L. M. ZOCCHI, S. S. Mechanical properties of pea starch films associated with xanthan gum and glycerol. **Starch-Stärke**, v. 63, p. 274-282, 2011.

MENEZES, J. B. **Armazenamento refrigerado de pedúnculos do caju (*Anacardium occidentale* L.) sob atmosfera ambiental e modificada.** (1992). 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras. 1992.

MENEZES, J. B.; ALVES, R. E. **Fisiologia e Tecnologia pós-colheita do caju.** Fortaleza: Embrpa-CNPAT. (EMBRPA-CNPAT. Documentos, 17). 1995

MENZEL, C. M. Guava: an exotic fruit with potencial in **Queensland**. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 3, p. 93-98, 1985.

MESTRES, C. Los estados físicos de almidon. In: **Conferência Internacional de Almidon**. Quito. P. 1-16, 1996.

MIDMORE, D. J. **Principles of tropical horticulture**. CABI, 2015.

MORAIS, A. S.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, E. A. C.; MOURA, C. F. H. Armazenamento refrigerado sob atmosfera modificada de pedúnculos de cajueiro anão-precoce dos clones CCP-76, END-157, END-183 e END-189. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 647-650. 2002.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; INVECO, O.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOSCA, J. L.; PINTO, S. A. A. Características de pedúnculos de cajueiro para comercialização in natura. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 23, n.1, p. 140-125, 2001.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, P. G. L.; MACIEL, V. T. Aumento da vida útil pós colheita de pedúnculos de cajueiro anão precoce pela redução da temperatura de armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.1, p. 140-125, 2010.

MOURA, C. F. H.; FIGUEIREDO, R. W.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, P. G. L. Aparência e cor da película de pedúnculos de clones de cajueiro anão precoce para consumo in natura armazenados sob diferentes camadas de PVC. **Revista Ciência Agonômica**, v. 36, n.3, p. 371-375. 2005.

MOTA, W. F. da; SALOMÃO, L. C.C.; PEREIRA, M. C.; CECON, P. R. Influência do tratamento pós-colheita com cálcio na conservação de jaboticabas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 049-052, 2002.

NAIR, S. B.; ALUMMOOTIL, N.; MOOTHANDASSERRY, S. Chitosan konjac glucomannan cassava starch nanosilver composite films with moisture resistant and antimicrobial properties for food-packaging applications. **Starch Stärke**, v. 69, p. 1-2, 2017.

NUNES, E. E.; VILAS BOAS, B. M.; CARVALHO G. L.; SIQUEIRA, H. H.; LIMA, L. C. O. Vida útil de pêssegos 'Aurora 2' armazenados sob atmosfera modificada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, p. 438-440, 2004.

OLIVEIRA, M. A. DE. **Utilização de películas de fécula de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*)**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, 73p. 1996.

OLIVEIRA, G. H. H.; CORRÊA, P. C.; BAPTISTINI, F. M.; FREITAS, R. L.; VASCONCELLOS, D. S.L. Controle do amadurecimento de goiabas 'Pedro Sato' tratadas pos frio. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 9, p. 1-15, 2010.

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**, v. 33, n. 4, 2015.

ORIANI, V. B.; CHIUMARELLI, M.; HUBINGER, M. D. Efeito do glicerol nas propriedades mecânicas e de barreira ao vapor de água em filmes e coberturas à base de fécula de mandioca, adicionados de óleos essenciais. IV JORNADAS INTERNACIONAIS – sobre avanços na tecnologia de filmes e coberturas comestíveis funcionais em alimentos. **Agrobioenvases**, p. 38., 2012.

OSHIRO, A. M.; DRESCH, D. M.; SCALON, S. P. Q. Preservação de goiabas 'Pedro Sato' armazenadas sob atmosfera modificada em refrigeração. **Revista Ciências Agrárias**, v. 35, p. 213-221, 2012.

PAIVA, F.F.A.; GARRUTI, D.S.; SILSVA NETO, R. M. **Aproveitamento industrial de caju**. Fortaleza: Embrapa-CNPT/SEBRAE/CE (Documentos), v. 88, p. 38, 2000.



PAIVA, J. R.; BARROS, L. M. **Clones de cajueiro: Obtenção, Características e perspectivas**, EMBRPA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – CNPT, (Documentos), v. 82, p. 26, 2004.

PARKE, H. J. Development of advanced edible coatings for fruits. *Trends in Food Science and Technology*, v. 10, p. 254-260, 1999.

PATEL, P.; ELLIS, K.; SUNKARA, R.; SHACKELFORD, L.; OGUTU, S. S.; WALKER, L. T.; WALKER, HERRING, J. VERGHESE, M. Development of a Functional Food Product Using Guavas. *Food and Nutrition*, v. 7, p. 927-937, 2016.

PEREIRA, M. E. C.; SILVA, A. S.; BISPO, A. S. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, S. B.; SANTOS, V. J. Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

TORRES, A.; TURCO, C. de P.; PEDRECA, P. FRUTAS - PERSPECTIVAS DA GOIABA 2005. *Revista de Agronegócios da FGV*, mai, 2005

PETER, M. G. J.M. S. Applications and environmental aspects of chitin and chitosan. *Pure Applied Chemistry*, v. 4, p. 629-640, 1995.

PINHEIRO A. C.; CERQUEIRA M. A.; SOUZA, B. W. S.; MARTINS, J. T.; TEIXEIRA, J. A.; VICENTE, A. A. Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações alimentares, *Boletim de Biotecnologia*, p.18-28, 2010.

PIYADA, K., WARANYOU, S.; THAWIEN, W. Mechanical, thermal and structural properties of rice starch films reinforced with rice starch nanocrystals. *International Food Research Journal*, v. 20, n. 1, p. 439-449, 2013.

POMMER, C.V.; MURAKAMI, K.R.N.; WALTINGTON, F. **A goiaba no Brasil e no mundo**. O Agrônomo, A goiaba no Brasil e no mundo. Campinas, 58 (1/2), p. 21-25, 2006. Disponível em <[http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v58\\_Goiaba\\_no\\_mundo.pdf](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v58_Goiaba_no_mundo.pdf)> Acesso em: 17 /07/2018.

PRUZINSKÁ, A.; TANNER, G.; AUBRY S.; ANDERS, L.; MOSER, S.; MULLER, T. et. al.. Chlorophyll breakdown in senescent Arabidopsis leaves. Characterization of chlorophyll catabolites and of chlorophyll catabolic enzymes involved in the degreening reaction. *Plant Physiol*, v. 139, p. 52-63, 2005.

QUATARRARA, B. et al. Inhibition of surface spoilage bacteria in processed meats by application of antimicrobial films prepared with chitosan. *International Journal of Food Microbiology*, v. 62, n. 1, p. 1-2, 2000.

QUINTAVALA, S. VICINI, L. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, v. 62, p. 373-380, 2002.

RABEK, J. F. **Applications of wide-angle X-ray diffraction (WAXD) to the study of the structure of polymers.** Experimental methods in polymer chemistry, 1 ed., p. 505- 508, Chichester: Wiley-Interscience. 1980.

RANA, S.; SIDDIQUI, S.; GOYAL, A. Extension of the shelf life of guava by individual packaging with cling and shrink films. *Journal of Food Science and Technology*, v. 52, p. 8148-8155, 2015.

REIS, L. C. F.; BARCELLOS, A. D.; MACHADO, B. A. S.; DRUZIAN, I. Filme biodegradável incorporado com glicerol e aditivos naturais. *ProspeCT&; Cadernos de Prospecção*, v. 4, n. 2, p. 23-32, 2011.

RIBEIRO, E. P. e SERAVALI, E. A. G. **Química de alimentos** 2. ed. São Paulo, Editora Blucher, p. 145-167, 2007.

ROSALAM, S.; ENGLAND, R. Review of xanthan gum production from unmodified starches by *Xanthomonas campestris* sp. *Enzyme and Microbial Technology*, v. 39, n. 2, p. 197-207, 2006.

Ross-Murphy, S. B., Morris, V. J.; Morris, E.R.. Molecular viscoelasticity of xanthan polysaccharide. *Faraday Symposium of the Chemical Society*, v. 18, p. 115-129, 1983.

ROZANE, D. E.; OLIVEIRA, D. A.; LIRIO, V.S. Importância econômica da goiaba Disponível em <[http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livrogoiaba\\_pdf/13\\_importanciaeconomica.pdf](http://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/13_importanciaeconomica.pdf)>. Acesso em: 08/12/2018.

RUBENTHEREN V.; WARD T. A.; CHEE C. Y.; NAIR, P.; SALAMI, E.; FEARDAY, C.. Effects of heat treatment on chitosan nanocomposite film reinforced with nanocrystalline cellulose and tannic acid. *Carbohydrate polymers*, v. 140, p. 202-208, 2016.

RUPOLLO, G.; VANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; de OLIVEIRA, M.; PEREIRA, J. M.; PARAGINSKI, R. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Pasting, morphological, thermal and crystallinity properties of starch isolated from beans stored under different atmospheric conditions. *Carbohydrate Polymers*, v. 83, p. 1403-1409, 2011.

SAMPAIO, T. M. T. **Estudo dos sucos lípidios simples**. Concentrado de caju (Anacardium occidentale L.) Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 172p. 1990.

SANTOS, A. E. O.; ASSIS, J. S.; BERBERT, P. A.; SANTOS, O. O.; BATISTA, P. F.; GRAVINA, G. DE A. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 6, n. 3, p. 508-513, 2011a.

SANTOS, A. E. O.; GRAVINA, G. A.; BERBERT, P.A.; ASSIS, J.S.; BATISTA, P.F.; SANTOS, O. O. Efeito do tratamento hidrotérmico e diferentes revestimentos na conservação pós-colheita de mangas 'tommy atkins'. *Revista brasileira de ciências agrárias*, v. 6, n. 1, p. 140-146, 2011b.

SARANTÓPOULUS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; ALVES, R. M. V. O. GARCIA, E. C. **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. ITAL. Campinas, 2017. Disponível em <[http://www.ital.sp.gov.br/cetea/publi\\_embalagens\\_plasticas\\_flexiveis.php](http://www.ital.sp.gov.br/cetea/publi_embalagens_plasticas_flexiveis.php)>. Acesso em: 03/03/2019.

SCHMIDT, F. L.; HASHIMOTO, J. F., VITALI, A. A. Otimização do processamento da castanha de caju. *Higiene Alimentar*, v. 21, n. 157, p. 98-103, 2007.

SERRANO, A. L.; PAULA PESSOA, P. F.A. **Sistema de produção de caju: Aspectos econômicos do cajueiro** 2ªed. EMBRAPA- agroindústria tropical, 2ª ed. jul. 2016. Disponível em: <[https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p\\_p\\_id=conteudoportlet\\_WAR\\_sistemaasdeproducaolf6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemaasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p)>. Acesso em: 28/12/2018.

SHAPI'I, R. A.; OTHMAN, S. H. Effect of concentration of chitosan on the mechanical, morphological and optical properties of tapioca starch film. *International Food Research Journal*, v. 23, p. 187-S19, 2016.

SIQUEIRA, A. M. de A.; COSTA, J M. C. da; AFONSO, M. R. A.; CLEMENTE, E.. Pigments of guava paluma cultivar stored under environmental conditions. ***African Journal of Food Science***, v. 5, n. 6, p. 320-323, 2011.

SLAVUTSKY, A. M.; BERTUZZI, M. A. Formulation and characterization of nanolaminated starch based film. ***LWT - Food Science and Technology***, v. 61, p. 407-413, 2015.

SOARES, J.B. **O caju: aspectos tecnológicos**. Fortaleza:BNB. 296 p. 1986.

SOBRAL, P. J. A. Influência da espessura sobre certas propriedades de biofilmes à base de proteínas miofibrilares. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v. 35, n. 6, p. 1251-1259, 2000.

SOUSA, A. R. M. de, BRAZACA, S. G. C., ARTUR, V. et. al. Efeito da radiação gama e armazenamentona qualidade de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). ***Ciência e Agrotecnologia***, v. 33, p. 848-854, 2009.

SOUSA, G. M. DE.; AROUCHA, E. D. M. FERREIRA, R. M. DE A.; LEITE, R. DE L.; OLIVEIRA, T. A. DE.; AMARIZ, A.; GRANJEIRO, L. C. Avaliação da perda de massa e coloração de tomates revestidos com biofilme a base de colágeno durante o armazenamento. ***Horticultura Brasileira***, v. 28, n. 2, 2010.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: metodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, p. 428, 1967.

SUTHERLAND, I. W. Microbial biopolymers from agricultural products: production and potential. ***International Biodeterioration & Biodegradation***, v. 38, n. 3-4, p. 249-261, 1993.

TRINDADE, C.G.; LIMA, M.A.C.; SILVA, A L.; ASSIS, J.S.; SÁ, N.M de; COSTA, R. S; SANTOS, P. SÁ. **Armazenamento refrigerado de goiaba “Paluma” submetida à atmosfera modificada e aplicação pós-colheita de 1-MCP**. In: Congresso Brasileiro E Fruticultura, 18, Florianópolis. Anais Florianópolis: SBF: Governo do Estado: Epagri, 2004.

VENDRUSCOLO, C. T.; MOREIRA, A. S.; SOUZA, A. S.; ZAMBIAZI, R.; SCAMPARINI, A. R. P. **Heteropolysaccharide produced by *Xanthomonas campestris* pv *pruni* C24**. In: NISHINARI, K. Hydrocolloids. Amsterdam: Elsevier, v. 1, p. 187-191, 2000.

VENDRUSCOLO, C. T.; VENDRUSCOLO, J. L. S.; MOREIRA, A. S. **WO/2006047845**. Universidade Federal de Pelotas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2006.

VERSINO, F.; GARCÍA, M. A. Cassava (*Manihot esculenta*) starch films reinforced with natural fibrous filler. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 305-314, 2014.

VICENTINO, S. L.; FLORIANO, P. A. DRAGUNSKI, D. C. 2011. Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas. **Química Nova**, v. 34, n. 8, p. 1309-1314, 2011.

VIDAL, M. F. **Situação da cajucultura nordestina após a seca**. BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Fortaleza. Caderno Setorial ETENE. Ano 1, n. 4, dezembro, 2016. Disponível em <https://www.bnb.gov.br/.../cajucultura.pdf/ab38a224-57d8-3bf7-242b-6666846b0d1>. Acesso em: 19/07/2018.

VIEIRA, E. L.; PEREIRA, M. E. C.; SANTOS, D. B.; LIMA, M. A. C. Aplicação de biofilmes na qualidade da manga 'Tommy Atkins'. **Magistra**, v. 21, n.3, p.165-170, 2009.

VIEIRA, F. C. **Efeito do tratamento térmico com calor e baixa umidade sobre características físicas e funcionais dos amidos de mandioquinha-salsa, (arracacio xanthorrhiza), de batata doce (ipomoea batatas) e de gengibre (zingiber officinale)**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo – USP.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O.; VILAS BOAS, E. V. B.; HOJO, E. D.; RODRIGUES, J. L.; PAULA, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

VILLADIEGO, A. M. D.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J.; PUSCHMANN, R.; MINIM, R. P. V.; CRUZ, R. Filmes e Revestimento comestíveis na conservação de produtos alimentícios. **Revista Ceres**, v. 52, p 221-244, 2005.

WAN DEN BROEK, L. A., KNOOP, R. J., KAPPEN, F. H., BOERIU, C. G. Chitosan films and blends for packaging material. **Carbohydrate polymers**, v. 116, p. 237-242, 2015.

WANG, L.; WANG, Y. J. Rice starch isolation by neutral protease and high-intensity ultrasound, **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 291 -296, 2004.

WANIER, N. L.; ZAVAREZE, E. R.; PINTO, V. Z.; KLEIN, B.; BOTELHO, F. T.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Physicochemical, crystallinity, pasting and morphological properties of bean starch oxidised by different concentrations of sodium hypochlorite. **Food Chemistry**, v. 131, p. 1255–1262, 2012.

WU, J.; ZHONG, F.; LI, Y.; SHOEMAKER, C. F.; XIA, W. Preparation and characterization of pullulan–chitosan and pullulan–carboxymethyl chitosan blended films. **Food Hydrocolloids**, v. 30, p. 82-91, 2013.

WU, Y.; GENG, F.; CHANG, P. R.; YU, J.; MA, X. Effect of agar on the microstructure and performance of potato starch film. **Carbohydrate Polymers**, v. 76, p. 299-304, 2009.

YEMN, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrate in plant extract by anthrone. **The Biochemical Journal**, v. 57, p. 505-514, 1954.

ZAMBÃO, L. C., NETO, A.M.B. **Cultura da Goiaba**. Boletim Técnico – CATI 236, Cap.1, p. 01-03, 1998.

ZAVAREZE, E. R., RODRIGUES, A.O., STORCK, C.R., ASSIS, L. M., WILLY, A.P. S., DIAS, A. R. G. 2009. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 31-35, 2009a.

ZAVAREZE, E. R.; EI HALL, S. L. M.; PEREIRA, J. M.; RADÚNEZ, A. L.; ELIAS, M.C.; DIAS, A. R. G. Caracterização química e rendimento de extração de amido de arroz com diferentes teores de amilose. **Brazilian Journal of Food Technology**, p. 24-30, 2009b.

ZAVAREZE, E. R.; PINTO, V. Z.; KLEIN B.; EL HALAL, S. L. M.; ELIAS, M. C.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; DIAS, A. R. G. Development of oxidised and heat–moisture treated potato starch film. **Food Chemistry**, v. 132, p. 344–350, 2012.

ZHU, X. Q.; WANG, J. CAO AND W. JIANG. Effects of Chitosan coating on postharvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, n. 5, p. 770-784, 2008.