



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

GERMANO DE ALBUQUERQUE ANDRADE NETO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS PARA
REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM GOIABAS**

**JOÃO PESSOA - PB
2017**

GERMANO DE ALBUQUERQUE ANDRADE NETO

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS PARA
REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM GOIABAS**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química como requisito necessário para
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química pela Universidade Federal da
Paraíba.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Flávia Santos
Coelho


Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Menegaz
Zaccaron Cristiano

GERMANO DE ALBUQUERQUE ANDRADE NETO

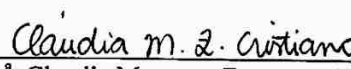
**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES POLIMÉRICOS PARA
REVESTIMENTO COMESTÍVEL EM GOIABAS.**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química como requisito necessário para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química pela Universidade
Federal da Paraíba.


Aprovado em 25 de setembro de 2017.



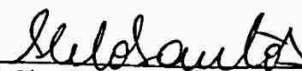
Prof.^a Dr.^a Flávia Santos Coelho (Orientadora)
Universidade Federal da Paraíba



Prof.^a Dr.^a Cláudia Menegaz Zaccaron Cristiano (Co-orientadora)
Universidade Federal da Paraíba



Prof. Dr. Genaro Zenade Clericuzi
Universidade Federal da Paraíba (Examinador)



Prof.^a Dr.^a Sharline Florentino de Melo Santos
Universidade Federal da Paraíba (Examinador)

Dedico este trabalho à minha mãe, Rossana Montenegro que sempre acreditou no meu potencial, sempre ficou do meu lado e sempre fez de tudo por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que se faz presente em minha vida.

A minha mãe, Rossana Montenegro, que sempre me apoiou e incentivou em todas as minhas decisões acadêmicas e pessoais e acreditou no meu sonho de ser engenheiro químico. Hoje, estou realizando esse sonho ao lado dela.

À minha irmã, Rafaela Montenegro, pelo apoio e companheirismo em casa e por me aguentar mostrar esse trabalho inúmeras vezes.

Aos meus familiares que contribuíram para a minha educação.

À professora Cláudia, que me orientou desde o segundo período da graduação, sempre acreditando no meu potencial de aluno, que se fez presente em cada linha desse trabalho com críticas positivas e negativas e a quem eu tenho uma admiração enorme.

À professora Ana Flávia, que apareceu na hora que eu mais precisava para a continuação desse trabalho e que me aceitou como aluno de braços abertos, ensinando uma área de estudos com qual eu não tinha afinidade.

À todos os professores do departamento de engenharia química da UFPB.

Aos técnicos de cada laboratório que precisei entrar e realizar as análises desse trabalho.

Aos amigos de curso que conquistei ao longo desses anos e aos meus colegas de trabalho do laboratório LCCQS que com seu companheirismo e profissionalismo colaboraram de alguma forma com execução do meu trabalho.

“A tarefa dura não é ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

(Arthur Schopenhauer)

RESUMO

As blendas poliméricas surgiram como uma forma para obtenção de novos materiais com melhores propriedades e características de maneira rápida e econômica. O objetivo desse trabalho foi caracterizar e reticular filmes poliméricos formados por carboximetilcelulose de sódio (CMC), goma xantana (GX) e blenda polimérica GX/CMC, além de avaliar o comportamento de goiabas revestidas com essas composições à temperatura ambiente, buscando identificar a melhor alternativa para a confecção de revestimentos comestíveis a fim de aumentar o tempo de prateleira das frutas. Foi avaliado o efeito do agente reticulante, ácido cítrico (AC), em relação à resistência à água dos filmes (solubilidade, intumescimento, permeabilidade aos vapores de água). Os valores de pH, °Brix, acidez total titulável (ATT), análise sensorial visual e análise de bolores e leveduras nos dias de tratamento 1, 4, 6, 8 das goiabas estudadas, além de testes de biodegradabilidade dos filmes no solo, mostrando que o impacto ambiental causado por esses filmes é mínimo. Os filmes reticulados apresentaram boa resistência à solubilidade em água. O filme de GX/CMC/AC apresentou a melhor propriedade de barreira aos vapores de água ($0,63 \times 10^{-8} \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) e ao intumescimento (495,76 %). Houve tendência de aumento do pH das amostras de goiaba em todos os tratamentos. Ao término do armazenamento, o pH das amostras submetidas ao tratamento controle (4,32) foi superior aos demais: CMC (3,74), GX/CMC (3,75) e GX (3,92). Os resultados de °Brix mostraram que as frutas revestidas apresentaram um amadurecimento mais lento. Nas goiabas sem revestimento observou-se menores valores da acidez total titulável. O tratamento que apresentou a menor contagem de bolores e leveduras ao fim do dia 8 foi a blenda polimérica. Pode-se concluir que o estudo do revestimento comestível em frutas é pertinente uma vez que foram obtidos resultados melhores.

Palavras-chave: filmes poliméricos; goma xantana; carboximetilcelulose; revestimento de frutas; *Psidium guajava*.

ABSTRACT

The polymeric blends have emerged as a way to obtain new materials with better properties and features quickly and cost-effectively. The goal of this work is to characterize and crosslinking polymeric films formed by sodium carboxymethyl cellulose (CMC), xanthan gum (GX) and polymeric blend GX/CMC, in addition to evaluating the behavior of guavas coated with these compositions at room temperature, trying to identify the best alternative for the production of edible coatings in order to increase the shelf life of fruits. It was evaluated the effect of crosslinking agent, citric acid (AC), in relation to the water resistance of the films (solubility, swelling, permeability to water vapours). The values of pH, °Brix, total titratable acidity (ATT), visual sensory analysis and analysis of moulds and yeasts in the days of treatment 1, 4, 6, 8 of the guavas studied, besides tests of biodegradability of the films in the soil, shows that the environmental impact caused by these films is minimal. The reticulated films showed good resistance to water solubility. The GX/CMC/AC film presented the best property of the water vapour barrier ($0,63 \times 10^{-8} \text{ g s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$) and swelling degree (495.76 %). There was a tendency to increase the pH of the samples of guavas in all treatments. At the end of the storage, the pH of the samples submitted to the control treatment (4.32) was superior of the others: CMC (3.74), GX/CMC (3.75) e GX (3.92). °Brix results have shown that the fruits covered showed a slower ripening. The uncoated guavas showed lower values of total titratable acidity. The treatment that presented the lower count of yeasts and moulds at the end of day 8 was the polymeric blend. It can be concluded that the study of edible coating on fruits is relevant since they were obtained better results.

Keywords: polymeric films; xanthan gum; carboxymethyl cellulose; coating of fruits; *Psidium guajava*.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Classificação de defeitos graves das goiabas..... | 17 |
| Figura 2. Classificação de defeitos leves das goiabas..... | 18 |
| Figura 3. Estrutura molecular da goma xantana..... | 23 |
| Figura 4. Estrutura molecular da carboximetilcelulose..... | 24 |
| Figura 5. Estrutura molecular do ácido cítrico..... | 26 |
| Figura 6. Esquema do processo de obtenção dos filmes..... | 29 |
| Figura 7. Preparo de amostras com revestimento..... | 32 |
| Figura 8. Solubilidade das composições reticuladas..... | 35 |
| Figura 9. Intumescimento das composições reticuladas com 4h de testes..... | 35 |
| Figura 10. Degradação no solo das composições reticuladas..... | 36 |
| Figura 11. Resultados referentes aos tratamentos estudados para análise de pH..... | 37 |
| Figura 12. Resultados referentes aos tratamentos estudados para medidas de °Brix..... | 38 |
| Figura 13. Resultados referentes à análise de ATT das goiabas em função do período de tratamento..... | 39 |
| Figura 14. Resultados referentes aos tratamentos estudados para perda de massa..... | 40 |
| Figura 15. Análise visual para as goiabas sem revestimento..... | 41 |
| Figura 16. Análise visual para as goiabas revestidas com CMC..... | 42 |
| Figura 17. Análise visual para as goiabas revestidas com GX..... | 43 |
| Figura 18. Análise visual para as goiabas revestidas com GX/CMC..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Valores padrões para características físico-químicas de goiabas. | 19 |
| Tabela 2. Resultados referentes aos testes de solubilidade, intumescimento e PVA (Média ± dP)..... | 34 |
| Tabela 3. Resultados referentes aos tratamentos estudados para perda de massa (Média ± dP)..... | 39 |
| Tabela 4. Resultados referentes aos valores obtidos para bolores e leveduras. (valor até valor | 46 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|------------------------------------|
| AC | ÁCIDO CÍTRICO |
| ATT | ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL |
| CMC | CARBOXIMETILCELULOSE |
| GX | GOMA XANTANA |
| PM | PERDA DE MASSA |
| PVA | PERMEABILIDADE AOS VAPORES DE ÁGUA |
| W_M | MASSA ÚMIDA |
| W_S | MASSA SECA |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVO | 15 |
| 2.1. Objetivos Específicos..... | 15 |
| 3. REVISÃO DA LITERATURA | 16 |
| 3.1. Goiaba | 16 |
| 3.2. Impacto ambiental causado por embalagens sintéticas..... | 19 |
| 3.3. Métodos de conservação de frutas | 20 |
| 3.4. Polímeros como material de revestimento comestível..... | 22 |
| 3.4.1. Goma xantana..... | 23 |
| 3.4.2. Carboximetilcelulose de sódio | 24 |
| 3.4.3. Blendas poliméricas | 25 |
| 3.5. Agente reticulante | 26 |
| 3.5.1. Ácido Cítrico | 26 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS | 27 |
| 4.1. Material | 27 |
| 4.2. Métodos..... | 28 |
| 4.2.1. Obtenção dos filmes GX/CMC | 28 |
| 4.2.2. Solubilidade..... | 29 |
| 4.2.3. Intumescimento | 30 |
| 4.2.4. Permeabilidade aos vapores de água | 30 |
| 4.2.5. Degradação no solo | 30 |
| 4.2.6. Aplicação..... | 31 |
| 4.2.7. Preparo de amostras..... | 31 |
| 4.2.8. Acidez total titulável (ATT) | 32 |
| 4.2.9. pH..... | 32 |
| 4.2.10. °Brix..... | 32 |
| 4.2.11. Perda de massa | 33 |
| 4.2.12. Análise microbiológica..... | 33 |
| 4.2.13. Análise sensorial visual | 33 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 34 |
| 6. CONCLUSÃO | 48 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 49 |

1. INTRODUÇÃO

Os métodos de preservação de alimentos diferem em função de vários fatores. Entre eles, a natureza do alimento, o tempo pelo qual se deseja conservá-lo, a economia do processo e os elementos de deterioração envolvidos. Além disso, não se devem provocar modificações sensíveis nas propriedades organolépticas e nutritivas dos alimentos. A forma como os produtos são armazenados, seja na indústria, no ponto de venda ou em casa, também são importantes na conservação dos alimentos (ASSIS et al., 2011).

Quando se trata do segmento de frutas, pode-se observar um aumento na procura de frutas frescas em comparação às frutas processadas, porém há uma dificuldade de conservação (PEREIRA et al, 2003). Os principais mecanismos de deterioração que afetam, ao longo do período de armazenamento, frutas frescas, inteiras ou processadas (fatiadas, descascadas, cortadas, picadas, etc.), são o crescimento microbiológico, o escurecimento enzimático e a perda de umidade (PEREIRA et al, 2003).

O uso de embalagem pode reduzir a perda de massa fresca, as mudanças na aparência durante o armazenamento (KOSHI, 1988), aumentar de 50 a 400 % a vida útil dos frutos, reduzir as perdas econômicas e facilitar a distribuição dos produtos a longas distâncias sem comprometer a qualidade (FARBER, 1991).

Tradicionalmente, os materiais de embalagens têm sido selecionados no sentido de ter mínima interação com o alimento que acondicionam, constituindo assim barreiras inertes (AZEREDO et al, 2000). No sentido convencional, uma embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreiras a contaminações (microbiológicas e químicas) e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (HOTCHKISS, 1995).

O uso de revestimentos - filmes e coberturas - comestíveis tem recebido bastante atenção de pesquisadores nos últimos anos, graças principalmente às suas propriedades de barreira e de melhoria da aparência, da integridade estrutural e das propriedades mecânicas do alimento (AZEREDO et al., 2000).

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de goiaba (*Psidium guajava L.*), dentro as variedades, a Pedro Sato é a preferida no mercado nacional, constitui-se em um dos frutos de maior importância nas regiões subtropicais e

tropicais, não só devido ao seu elevado valor nutritivo, mas pela excelente aceitação do consumo *in natura*. A goiaba possui intensa atividade metabólica, requerendo o uso de tecnologias pós-colheita para extensão de sua vida útil e manutenção da qualidade. Como é fruto que se consome com a casca, a aplicação de revestimento comestível é uma tecnologia de modificação da atmosfera passível de ser utilizada (FORATO et al., 2011).

A goma xantana (GX) é um polissacarídeo natural obtido através da bactéria *Xanthomonas campestris*, através do processo fermentativo que utiliza a glicose ou sacarose como principal substrato. Soluções de xantana possuem alta viscosidade em baixas concentrações e estabilidade em uma ampla faixa de temperatura. Por estas razões, a goma xantana tem sido bastante empregada, principalmente nas indústrias alimentícias, além de possuir a capacidade de alterar as propriedades básicas da água como espessante, estabilizante de emulsões, suspensão, entre outras (KIOSSEOGLOU, A. et al., 2003).

A carboximetilcelulose de sódio (CMC) possui aplicação como aditivo alimentar semelhantes a da goma xantana, tais como, retenção de água, controle de reologia, coligante, espessante e dispersante. É um polímero semissintético aniônico, amplamente utilizado na área alimentícia, exploração de petróleo, detergentes, nas indústrias de papel e têxtil, além de ser atóxica, biocompatível e biodegradável (LIU et al., 2006).

O caráter altamente hidrofílico dos filmes de GX, CMC e GX/CMC podem ser superados pela adição de agentes reticulantes. Os reticulantes devem apresentar dois ou mais grupos funcionais capazes de reagir e modificar no mínimo um dos polímeros inicialmente presentes na mistura. A reticulação das cadeias poliméricas, um processo também denominado de reação de entrecruzamento, é um tipo de modificação química que visa unir suas cadeias poliméricas, ou ainda, ligar suas cadeias às de outros polímeros gerando redes poliméricas híbridas. Esse procedimento ocorre por meio da reação entre sítios reativos específicos presentes nas unidades estruturais da GX e da CMC e alguns reagentes reticulantes. Esse tipo de reação visa principalmente modificar determinadas propriedades do biopolímero, tais como, estabilidade química e térmica, rigidez estrutural, permeabilidade e cor.

Na seleção de um agente reticulante é importante considerar a sua toxicidade. O ácido cítrico (AC) é um agente reticulante, conservante natural, acidulante, regulador de acidez e flavorizante, amplamente utilizados na indústria alimentícia.

Diversos autores (THIEBAUD et al., 2003; SHIET AI, 2004; ORÉFICE et al., 2006; CANEVAROLO, 2002; GHANBARZADEH et al., 2011) relatam que o AC pode melhorar a resistência à água, devido à redução de grupos hidroxilas do polímero. Além de ser biodegradável e renovável, é geralmente considerado seguro para utilização como aditivo alimentar tais como em doces, refrigerantes, frutas e vegetais, carnes e bebidas não alcoólicas. Assim, ele pode ser utilizado em materiais de contato com os alimentos.

A crescente preocupação com o meio ambiente tem gerado uma grande demanda pelo desenvolvimento de materiais biodegradáveis. É importante evidenciar que os plásticos são usados por um curto período em sua função como embalagem, após o uso são jogados no lixo ou no ambiente, onde permanecem por vários anos. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo caracterizar e reticular filmes poliméricos formados por GX/CMC/AC e utilizá-los a fim de obter revestimentos comestíveis com o objetivo de prolongar o tempo de prateleira das goiabas.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho produzir, reticular e caracterizar filmes poliméricos formados por goma xantana, carboximetilcelulose de sódio e sua blenda e avaliar o comportamento de frutos de goiaba revestidas com esses filmes a fim de aumentar o tempo de prateleira e melhorar as propriedades físico-químicas e controlar a ação de microrganismos.

2.1. Objetivos Específicos

- Realizar o processo de reticulação dos filmes poliméricos;
- Caracterizar os filmes quanto à solubilidade, intumescimento e a permeabilidade aos vapores de água;
- Acompanhar a degradação dos filmes em solo;
- Revestir e acompanhar a capacidade de conservação da goiaba realizando análise sensorial visual e análise de bolores e leveduras;
- Realizar análises físico-químicas das amostras de goiaba (pH, °Brix, ATT).

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Goiaba

A goiaba (*Psidium guajava L.*) é uma fruta amplamente consumida no Brasil, sendo cultivada em grande parte do território nacional. Sua produção está concentrada nos estados de São Paulo e Pernambuco, os quais detêm a maior parte da produção brasileira. Os frutos apresentam excelentes condições para exploração comercial, além de serem muito apreciados pelas suas características organolépticas e nutricionais (MATTIUZ et al., 2003).

É considerada uma das mais completas e equilibradas frutas, no que diz respeito ao valor nutritivo. Entre os valores observados na análise nutricional, destacam-se os teores em proteínas, fibras, açúcares totais, cálcio, fósforo e potássio e as vitaminas A e C. Os mais recentes estudos acrescentaram um elemento fundamental às propriedades nutricionais da goiaba vermelha: o licopeno, carotenóide que confere cor vermelha à polpa. É evidente que, quanto mais vermelha a fruta, maior o teor de licopeno. No Brasil, as condições de iluminação, solo, temperatura, etc. conferem à polpa da goiaba vermelha brasileira o mais intenso tom de vermelho.

Entre as variedades, a ‘Pedro Sato’ é bastante plantada para comercialização de goiaba de mesa. É muito perecível, da mesma forma que as demais variedades, carecendo de tecnologias que preservem sua qualidade por mais tempo. A expansão do mercado consumidor de goiaba *in natura* está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da sua vida útil, pois é altamente perecível devido a seu intenso metabolismo (AZZOLINI et al., 2004).

A goiaba é um fruto climatérico e possui clara transição entre o crescimento e o amadurecimento, caracterizada pelo aumento da atividade respiratória e da biossíntese de etileno (RODHES, 1980). Isto impede seu armazenamento e transporte por períodos longos, pois possui vida útil máxima de oito dias (MOWLAH E ITOO, 1982). Para consolidar, no Brasil o hábito de se consumir goiaba como fruta de mesa, é necessário estudar técnicas e racionalizar o seu cultivo, com adoção de práticas que vão desde o plantio de variedades selecionadas, com vistas ao mercado consumidor,

até os cuidados com a apresentação e a regularidade de oferta do produto, tanto para mercado interno quanto para o externo (GONZAGA NETO, 2001).

A qualidade de um produto alimentício depende de suas características sensoriais, nutricionais e higiênicas, que mudam durante a estocagem e comercialização. Muitos processos químicos e físicos têm sido desenvolvidos para preservar a qualidade dos alimentos. Contudo, é necessária embalagem adequada para a conservação e comercialização do produto, por ter um papel de fundamental importância na manutenção da qualidade do alimento.

A goiaba é classificada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01 (BRASIL, 2000), em relação a cor, tamanho, formato e qualidade. Produtores, atacadistas, indústrias, varejistas e consumidores devem ter os mesmos parâmetros para determinar a qualidade do produto. Em relação a cor de polpa as goiabas podem ser branca ou vermelha. Em relação a cor da casca as goiabas podem ser classificadas em verde clara (fruta não madura), verde amarelada (processo de amadurecimento) e amarela (fruta madura). As goiabas são classificadas de acordo com o maior diâmetro equatorial do fruto, classe 5 (5 a 6 cm), classe 6 (6 a 7 cm), classe 7 (7 a 8 cm), classe 8 (8 a 9 cm), classe 9 (9 a 10 cm) e classe 10 (superior a 10 cm). Em relação aos defeitos graves das goiabas elas podem ser classificadas de acordo com a Figura 1.



Figura 1. Classificação de defeitos graves das goiabas.

Fonte: INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº1

A goiaba 1 é classificada como imaturo, seria aquele fruto que não alcançou o estágio de maturação comercial. A goiaba 2 apresenta danos profundos com lesões não cicatrizadas ocasionadas por pragas, ações mecânicas, granizo, roedores, que ocasione rompimento na epiderme em qualquer profundidade. A goiaba 3 é classificada como podre, dano patológico que apresenta grau de decomposição, desintegração ou fermentação dos tecidos. E a goiaba 4 apresenta alterações fisiológicas, causada por deficiência hídrica ou nutricional, provocando anelamento necrótico no fruto.

Em relação aos defeitos leves das goiabas elas podem ser classificadas de acordo com a Figura 2.

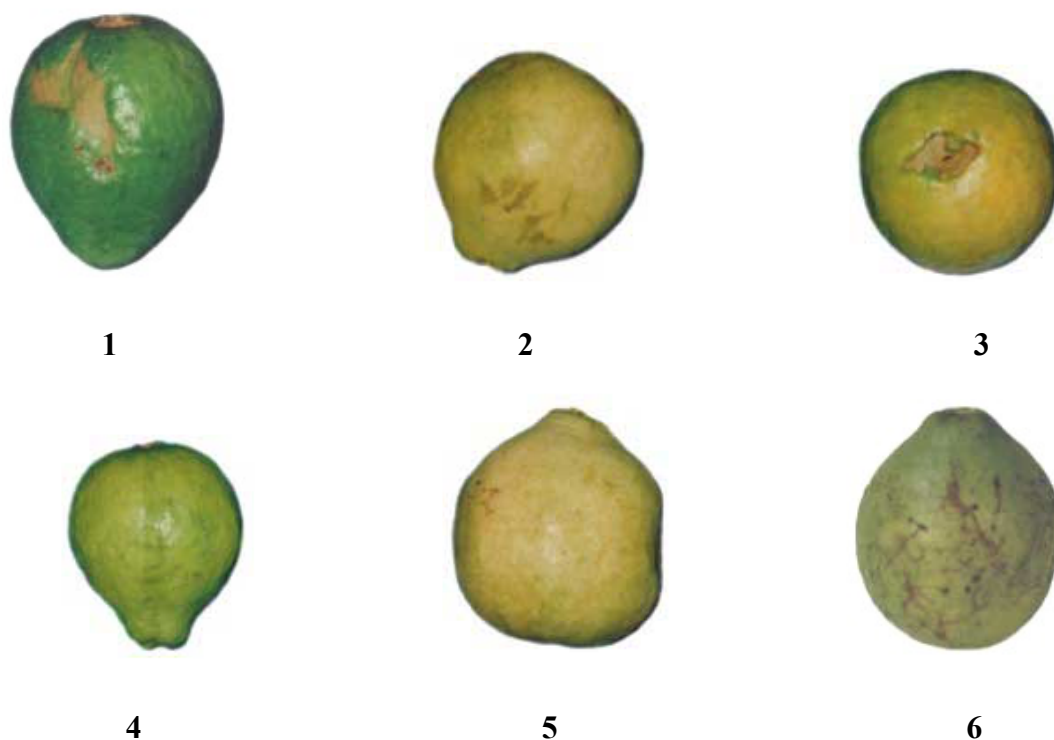


Figura 2. Classificação de defeitos leves das goiabas.

Fonte: INSTRUÇÃO NORMATIVA N^o1

A goiaba 1 apresenta lesões cicatrizadas, de origem indeterminada que não afetaram a polpa. A goiaba 2 apresenta danos superficiais, são lesões que não rompem a epiderme que podem ter sido originadas através de danos mecânicos ou pragas, a coloração verde escura é característica. A goiaba 3 apresenta umbigo mal formado,

causada principalmente pela retirada do botão floral tardiamente ou precocemente. A goiaba 4 apresenta o dano leve mais comum, a deformação, ocasionada pelo desvio da forma característica de cultivar provocando perturbações fisiológicas ou genéticas. A goiaba 5 apresenta amassados ocasionados por danos físicos. Por fim, a goiaba 6 apresenta manchas provocando alterações da coloração normal da casca.

A Tabela 1 apresenta alguns valores padrões para as goiabas de acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01 (BRASIL, 2000).

Tabela 1. Valores padrões para características físico-químicas de goiabas.

| | Mínimo | Máximo |
|---|--------|--------|
| °Brix | 7,0 | - |
| pH | 3,5 | 4,2 |
| ATT expressa em AC (g/100g) | 0,40 | - |
| Ácido ascórbico (mg/100mg) | 40,0 | - |
| Açúcares totais naturais da goiaba (g/100g) | - | 15,0 |
| Sólidos totais (g/100g) | 9,0 | - |

Fonte: INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 01

3.2. Impacto ambiental causado por embalagens sintéticas

Hoje, um terço do lixo doméstico é composto por embalagens. Cerca de 80 % das embalagens são descartadas após usadas apenas uma vez. Como nem todas seguem para reciclagem, este volume ajuda a superlotar os aterros e lixões, exigindo novas áreas para depositar o lixo gerado. No Brasil, aproximadamente um quinto do lixo é composto por embalagens de alimentos. São 25 mil toneladas de embalagens que vão parar, todos os dias, nos depósitos de lixo. Ou seja, as embalagens, quando consumidas de maneira exagerada e descartadas de maneira regular ou irregular - em lugar de serem encaminhadas para reciclagem - contribuem e muito para o esgotamento de aterros e lixões, dificultam a degradação de outros resíduos, são ingeridos por animais causando sua morte, poluem a paisagem e muitos outros tipos de impactos ambientais menos visíveis ao consumidor final (MANUAL DE EDUCAÇÃO PARA O CONSUMO SUSTENTÁVEL, 2005). Sacolas plásticas são

comumente utilizadas para o armazenamento das goiabas *in natura* com o objetivo de evitar um maior contato da fruta com fatores externos que possam prejudicar a qualidade da fruta.

3.3. Métodos de conservação de frutas

Os métodos normalmente empregados para a conservação de frutas intactas na condição pós-colheita, ou após alguma etapa mínima de processamento, fazem uso, prioritariamente, de refrigeração associada ou não a embalagens com atmosferas controladas. As condições mais comuns, e de comprovada eficiência, têm por base procedimentos nos quais a temperatura é reduzida logo após a colheita e a cadeia do frio – a uma temperatura apropriada para cada produto – é mantida, preferencialmente em ambiente com alta umidade relativa, até a comercialização final (BARBOSA-CÁNOVAS et al., 2003; COSTA e CLEMENTE, 2012).

Na prática, contudo, a manutenção e o controle efetivo da temperatura em todas as etapas da cadeia não é uma condição trivial, o que é observado mesmo em países ditos desenvolvidos, nos quais as infraestruturas para este fim são consideravelmente superiores às brasileiras (RODRIGUE e NOTTEBOOM, 2009).

Desta forma, uma tecnologia alternativa cada vez mais divulgada e avaliada como um procedimento viável para elevar o tempo de vida de frutas e hortaliças, processadas ou não, é o emprego de coberturas comestíveis protetoras. Esses revestimentos não têm como objetivo substituir o uso dos materiais convencionais de embalagens ou mesmo eliminar definitivamente o emprego do frio, mas sim o de apresentar uma atuação funcional e coadjuvante, contribuindo para a preservação da textura e do valor nutricional, reduzindo as trocas gasosas superficiais e a perda ou ganho excessivo de água. Ao promover alterações na permeação e, por conseguinte, alterar a atmosfera interna, alguns autores consideram o efeito dessas coberturas similares aos conseguidos pelas embalagens com atmosfera modificada (PARK, 2005; TURHAN, 2010). Essas coberturas têm sido indicadas, principalmente, para produtos com alta taxa de respiração (ASSIS et al., 2011).

As coberturas ditas comestíveis são aplicadas ou formadas diretamente sobre a superfície das frutas, configurando membranas delgadas, imperceptíveis a olho nu e

com diversas características estruturais, que são dependentes da formulação da solução filmogênica precursora. Como estas coberturas passam a fazer parte do alimento a ser consumido, os materiais empregados em sua formação devem ser considerados como GRAS (Generally Recognized as Safe), ou seja, serem atóxicos e seguros para o uso em alimentos (FDA, 2013).

Atualmente, existe a tendência de classificar os materiais empregados nos revestimentos em duas amplas categorias: hidrofóbicos e hidrofílicos (ASSIS et al., 2011; ZARITZKY, 2011), que podem ser genericamente assim definidos como:

Hidrofílicos: materiais com estruturas nas quais há a predominância de grupos amino ou hidroxila e carboxila, caracterizados por ligações covalentes polares. Essa característica da estrutura química favorece o acúmulo e o rearranjo de moléculas polares, e principalmente da água, em torno desses sítios. Alguns exemplos destes materiais são os polissacarídeos, como a celulose, a quitina, a goma xantana, a goma guar, a pectina, o amido e os polieletrólitos, como a carboximetilcelulose, a quitosana, o alginato, etc. Os materiais hidrofílicos normalmente apresentam boa solubilidade em meio aquoso, favorecendo uma melhor dispersão do soluto e uma formação mais homogênea do filme. Dependendo da estrutura química, podem formar géis ou até mesmo requerer alterações químicas para uma completa solubilização.

Hidrofóbicos: materiais caracterizados por moléculas nas quais predominam estruturas cujas ligações tendem a ser eletricamente neutras, ou seja, não configuram regiões polares definidas. Incluem grupos alquilas e aromáticos. Na presença de água esses materiais tendem a se aglomerar e excluir as moléculas polares de sua redondeza. Nesta categoria, encontram-se as proteínas hidrofóbicas (predominância de substituintes apolares), óleos e ácidos graxos, em que predominam substituintes de cadeia alifática, parafinas, alcoóis de cadeia longa, etc.

As coberturas hidrofílicas são mais indicadas para superfícies fatiadas, frutas com aspectos brilhantes que apresentem alta molhabilidade ou presença de cargas superficiais. Por terem afinidade por água, as coberturas hidrofílicas preservam o aspecto hidratado, mantendo por mais tempo a superfície brilhante. As formulações hidrofóbicas, por sua vez, são indicadas para o revestimento de frutas com alta taxa de transpiração, nas quais a degradação ocorre essencialmente por perda de água, levando a desidratação e alteração do aspecto superficial. Por exemplo, após a colheita a pera apresenta uma superfície com grau de hidrofobicidade superior ao da maçã, que é mais hidrofóbica, por sua vez, do que a goiaba (ASSIS et al., 2011).

Essas indicações, contudo, são bastante genéricas e demais aspectos físico-químicos das frutas a serem revestidas devem ser avaliados para que a seleção de uma formulação tenha um resultado satisfatório.

Uma grande variedade de polímeros naturais pode ser utilizada para a preparação de sistemas poliméricos de transporte, dos quais se destacam os peptídeos, as proteínas e os polissacarídeos.

3.4. Polímeros como material de revestimento comestível

Durante todo o século XX, com a industrialização e a comercialização, uma grande variedade de polímeros ganhou importância. Materiais poliméricos atualmente são utilizados em aplicações tão distintas como a construção, a indústria automobilística, alimentícia, farmacêutica entre outras. Outra aplicação que tem ganhado bastante importância nos nossos dias é a utilização dos polímeros como biomateriais (HOFFMAN, 2002).

As matérias-primas empregadas na formação das coberturas e revestimentos comestíveis podem ter origem animal ou vegetal, ou formarem um composto com a combinação de ambas. Polissacarídeos, ceras (lipídios) e proteínas são as classes de materiais mais empregados, e a escolha, como veremos, depende fundamentalmente das características do produto a ser revestido e do principal objetivo almejado com o revestimento aplicado (ASSIS et al., 2011).

O uso de filmes e revestimentos comestíveis vem se tornando tópico de grande interesse, devido ao potencial para evitar a deterioração dos alimentos e pela característica de biodegradabilidade. Desta forma, as pesquisas sobre embalagens têm sido enfocadas em filmes e revestimentos comestíveis à base de biopolímeros, como proteínas, polissacarídeos e lipídios, que são completamente biodegradados, dentro de um período consideravelmente curto de tempo, contribuindo para a diminuição da poluição ambiental. (ASSIS et al., 2011).

Os filmes e revestimentos comestíveis têm demonstrado ser uma técnica eficaz de preservação de frutas e hortaliças para manter a aparência fresca, a firmeza e o brilho, aumentando, assim, o valor comercial (ASSIS et al., 2011).

3.4.1. Goma xantana

A goma xantana (GX) é um polissacarídeo extracelular sintetizado por várias cepas da bactéria *Xanthomonas campestris* e por outras espécies de *Xanthomonas* (SUTHERLAND, 1993). *Xanthomonas* é um gênero da família da *Pseudomonaceae*. A *X. campestris* é uma bactéria fitopatogênica que infecta diversas espécies de crucíferas, causando a morte destas plantas. Quando esta bactéria infecta a planta, ela produz um polissacarídeo de alto peso molecular, conhecido como goma xantana (FONTANIELLA et al., 2002).

Comercialmente é sintetizada pela bactéria *Xanthomonas campestris pv campestris* cepa NRRL B-1459 (JEANES, 1974), cujo heteropolissacarídeo é constituído, normalmente, de unidades de β -D-glicose unidas por ligação 1-4, formando a cadeia principal e as cadeias laterais contém unidades de β -D- manose-1,4- β -D-ácido glicurônico-1,2- α -D-manose (SLONECKER; JEANES, 1962) (Figura 3). Esse polímero tem extrema importância comercial e vem sendo utilizado em alimentos, no Brasil e no mundo.

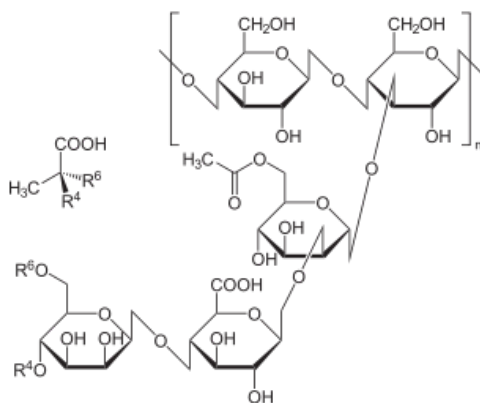


Figura 3. Estrutura molecular da goma xantana.

Fonte: Internet

Foi aprovado pelo FDA (*Food and Drug Administration*) em 1969, sendo aplicado a inúmeros produtos em diferentes segmentos industriais, entre eles, alimentos, fármacos, cosméticos, químico e petroquímico, o que se deve principalmente a suas propriedades reológicas, que permitem a formação de soluções

viscosas a baixas concentrações (0,05- 1,0 %), e estabilidade em ampla faixa de pH e temperatura (GARCÍA-OCHOA et al., 2000).

Devido à possibilidade de formar filmes homogêneos, apresentar elevada solubilidade em água, possuir alta viscosidade, ser comestível e de baixo custo, a goma xantana apresenta-se como um biopolímero interessante para diversas aplicações, principalmente por não produz resíduos tóxicos.

Essa goma tem sido utilizada em diversos produtos como um agente espessante e estabilizante (GARCÍA-OCHOA et al., 2000). A goma xantana já foi utilizada como revestimento comestível em mamão (CORTEZ-VEJA et al., 2013), maçã (FREITAS et al., 2013), pêssigo (PIZATO et al., 2013) e morangos minimamente processados (BORGES et al., 2013), entretanto os resultados são dependentes da fruta, assim como dos aditivos utilizados. De acordo com VU et al. (2011), normalmente, os revestimentos são à base de polissacarídeos ou proteínas, e estes atuam, principalmente, mantendo a umidade e estendendo a vida de prateleira.

3.4.2. Carboximetilcelulose de sódio

A carboximetilcelulose de sódio (CMC) (Figura 4) possui aplicação como aditivo alimentar semelhantes a da goma xantana, tais como, retenção de água, controle de reologia, coligante, espessante e dispersante. É um polímero semissintético aniônico, amplamente utilizado na área alimentícia, exploração de petróleo, detergentes, nas indústrias de papel e têxtil, além de ser atóxica, biocompatível (LIU et al., 2006). É biodegradável e representa um derivado de celulose altamente solúvel em água aplicável na formação de filmes (RAMOS et al. 2005).

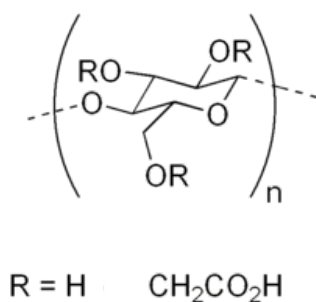


Figura 4. Estrutura molecular da carboximetilcelulose.

Fonte: Internet

A CMC pura tem coloração branca e suas partículas são inodoras e não apresentam gosto. Devido a hidroxilas presentes em sua cadeia estrutural e o grau de substituição, o composto torna-se altamente hidrofílico e, conseqüentemente, é insolúvel em solventes orgânicos.

O uso de revestimento duplo com carboximetilcelulose (CMC) e quitosana, foi estudado como alternativa à aplicação de ceras sintéticas comerciais em alguns citros (ARNON et al., 2014). O efeito na vida de prateleira de pedaços retangulares de mamão (*Carica papaya, L.*), revestidos ou não com uma película comestível à base de três diferentes biopolímeros (quitosana, alginato e carboximetilcelulose - CMC) foi estudado por JUNIOR et al., (2010).

3.4.3. Blendas poliméricas

Os polímeros podem gerar artefatos de várias formas e tamanhos, principalmente filmes finos, o que possibilita a sua aplicação tecnológica (SLATER; WATT, 1991). A mistura física de dois ou mais polímeros sem que haja reação química entre os componentes é denominada blenda polimérica (CANEVAROLO, 2002). Estudos de blendas são realizados com o objetivo de melhorar as propriedades físicas dos materiais poliméricos (MIURA et al., 1999). A mistura de dois ou mais polímeros representa uma alternativa mais econômica e rápida de se obter um novo material com propriedades intermediárias àquelas apresentadas pelos polímeros puros (ELIAS, 1984). Os métodos convencionais para produção de blendas poliméricas são fusão e evaporação do solvente (UYAR; TONELLI; HACALOĞLU, 2006).

Blendas poliméricas são imiscíveis na maioria dos casos, tendendo a separar fases formando misturas heterogêneas e filmes opacos (ITO, 2004). Geralmente estas são compatibilizadas para atingir um desempenho satisfatório. Blendas miscíveis são homogêneas, portanto apresentam uma única fase e formam filmes translúcidos ou transparentes (CORRADINI; RUBIRA; MUNIZ, 1997). As interações específicas entre os segmentos dos polímeros impedem a separação de fases.

3.5. Agente reticulante

As propriedades físicas e/ou mecânicas do filme polimérico podem ser melhoradas adicionando-se um agente reticulante. Estes podem modificar a rede polimérica através da reticulação das cadeias. Mesmo um pequeno número de ligações cruzadas entre as cadeias é suficiente para impedir a separação destas e sua passagem para a solução. Uma das formas de diminuir a solubilidade em água de um polímero é realizar ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas, que podem ser obtidas através de um processo de reticulação. Com o aumento da densidade de reticulação, a capacidade de absorção do solvente diminui (LUCAS, 2001).

Um polímero semicristalino reticulado forma cristalitas, que ancoram as cadeias da parte amorfa e se tornam os pontos de reticulação, deixando o material insolúvel em água (HASSAN, 2000). Entre os reticulantes utilizados temos glutaraldeído, formaldeído, glioxal, ácido cítrico e outros.

3.5.1. Ácido Cítrico

O ácido cítrico (AC) (Figura 5), apresenta grupos carboxilas e hidroxilas e existem amplamente em citrinos, onde é o principal ácido. O ácido cítrico foi escolhido como reticulante devido à presença de estrutura multicarboxílica, possibilitando a ocorrência de esterificação entre o grupo carboxílico do ácido com a hidroxila do CMC ou GX.

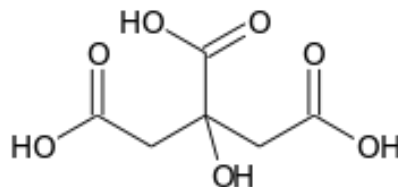


Figura 5. Estrutura molecular do ácido cítrico.

Fonte: Internet

Pode servir como um agente de ligação cruzada, devido à sua estrutura, reforçando a ligação intermolecular através da introdução de ligações covalentes, de modo a melhorar as propriedades mecânicas e de resistência em água. Em segundo lugar, o ácido cítrico residual livre pode atuar como um plastificante e terceiro ponto ele é nutricionalmente inofensivo, uma vez que é um produto não tóxico. Esta propriedade de atoxicidade do ácido cítrico beneficia sua incorporação em filmes poliméricos.

A reticulação visa principalmente modificar as propriedades de estabilidade química e térmica, rigidez estrutural, permeabilidade, cor e capacidade de imobilização proteica e celular (GUPTA; ARORA, 2011). A reticulação constitui-se em um método de transformação de polímeros que reduz a porosidade do material obtido e, assim, a permeabilidade à água e a difusão de possíveis substâncias aprisionadas nas redes poliméricas formadas (ORÉFICE et al., 2006; CANEVAROLO, 2006).

Submeter um polímero à reticulação representa uma maneira eficiente de produzir materiais insolúveis. A reticulação é um método de copolimerização, que propicia ao polímero a alteração de propriedades de temperatura de transição, comportamento químico e solubilidade, em decorrência da manutenção de duas ou mais cadeias poliméricas unidas por meio da criação de ligações covalentes, evitando deformação permanente e conferindo características elásticas e plásticas ao material reticulado (ORIFÍCIO et al., 2006; CANEVAROLO, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Compostos de Coordenação e Química de Superfície do Departamento de Química pertencente ao Centro de Ciências Exatas e Natureza e no Laboratório de Microbiologia Industrial do Departamento de Engenharia Química pertencente ao Centro de Tecnologia, todos na Universidade Federal da Paraíba.

Foram utilizadas unidades de goiaba vermelha *Psidium guajava L.* adquiridas no comércio local da cidade de João Pessoa/PB. As frutas foram selecionadas quanto a massa média de, aproximadamente, 100-120 g, de formato arredondado, cor estando no estado de maturação verde, sem defeitos fisiológicos e infecções detectáveis.

A goma xantana foi adquirida da marca Racine, carboximetilcelulose de sódio ($M_w \sim 90000 \text{ g mol}^{-1}$; grau de substituição: 0,7 grupos carboximetila por unidade de anidroglicose) da Sigma Aldrich, ácido cítrico monohidratado granular (99,8 % de pureza) da J.T. Baker, cloreto de sódio comercial e água deionizada obtida a partir do sistema Milipore-Q.

Para a preparação do meio de cultura foi utilizado DRBC Agar (*Dichloran Rose Bengal Chlorotetracycline*) da marca Acumedia e para preparação da água peptonada foi usado Peptona A (*Peptic Digest of Animal Tissue*), também da marca Acumedia.

O bicarbonato de sódio da marca Kitano foi utilizado para o processo de higienização das goiabas. Para as análises de acidez total titulável foi usado NaOH da marca Vetec $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, indicador utilizado foi a fenolfaleína.

4.2.Métodos

4.2.1. Obtenção dos filmes GX/CMC

Os filmes foram obtidos pelo método de evaporação do solvente (casting) utilizando-se placas circulares de politetrafluoretileno (*Teflon*[®]), com 10 cm de diâmetro (UYAR et al. 2006). Escolheu-se utilizar placas circulares do tipo *Teflon*[®] por se tratarem de um material inerte de baixa aderência aos filmes.

Os filmes 1 % (m/v) formados pelos polímeros puros e pela mistura GX/CMC (50/50, m/m). As composições foram dissolvidas em água destilada sob agitação magnética pelo período de 24 horas à temperatura ambiente. Em seguida, as soluções foram vertidas nas placas de *Teflon*[®] e foram reservadas em um ambiente plano, livre de perturbação externas até total evaporação do solvente para posterior remoção do filme polimérico. (Figura 6).

Os filmes que possuem ácido cítrico 20% (m/v) em sua composição foram recortados em quadrados de 4 cm², posicionados em um recipiente de porcelana e aquecido em uma mufla (EDG 1800) à 170 °C por 3 horas para efetivar a reticulação (BUENO et al., 2013).



Figura 6. Esquema do processo de obtenção dos filmes.

Fonte: Autor

4.2.2. Solubilidade

Os ensaios de solubilidade e intumescimento em água deionizada foram realizados com filmes 1 % (m/v) formados por GX, CMC e GX/CMC reticulados com 20 % (m/m) de ácido cítrico. Os filmes (2 x 2 cm) foram previamente secos até massa constante, pesados (w_0) e em seguida mergulhados em um béquer contendo 30 mL de água deionizada, à temperatura ambiente, conforme descrito por (KOKABI et al., 2007). Para a análise da solubilidade, os filmes permaneceram mergulhados na água durante 24 h. Após este tempo, os filmes foram submetidos a uma temperatura de 80 °C durante 1,5 h (até massa constante) (Solab SL-100/42) para retirar a água adsorvida e na sequência foram novamente pesados (w_t). A porcentagem de massa do filme não solubilizado foi determinada de acordo com a equação 1.

$$\% = \frac{w_t - w_0}{w_0} \times 100 \quad (1)$$

4.2.3. Intumescimento

Em relação à medida de intumescimento, os filmes foram retirados da água em intervalos de tempo pré-definido. A superfície do filme foi levemente seca para retirar o excesso de água e na sequência os mesmos foram pesados (w_t). A percentagem de intumescimento foi obtida através da Equação 1. As análises intumescimento foram realizadas em triplicata.

4.2.4. Permeabilidade aos vapores de água

A permeabilidade aos vapores de água (PVA) foi avaliada para os filmes previamente secos formados por GX, CMC e GX/CMC, não reticulados e reticulados com 20 % de AC. A análise foi realizada com o auxílio de um sistema composto por sílica dentro de um recipiente vedado com o filme. Este sistema foi acondicionado dentro de uma caixa contendo uma solução supersaturada de NaCl, para manter um ambiente de umidade relativa de cerca de 75 %. A análise foi realizada em duplicata, o sistema (recipiente/sílica/filme) foi pesado em diferentes intervalos de tempo e os cálculos foram realizados de acordo com a norma ASTM E-96-00.

4.2.5. Degradação no solo

Os testes de degradação no solo foram realizados com os filmes 1 % (m/v) reticulados e sem o agente reticulante. Foi montado um sistema em uma caixa contendo terra, simulando um ambiente externo de um terreno à temperatura ambiente. Dez amostras (2 x 2 cm) de cada composição de filme, previamente secas a 80 °C e pesadas, foram enterradas manualmente em altura mediana, cerca de 3cm a baixo da superfície. Os filmes foram retirados em tempos pré-determinados (máximo de 160 dias) e pesados para avaliar a perda de massa. Os filmes reticulados foram lavados com água deionizada para retirar o excesso de terra na superfície em seguida foram secos em uma estufa com temperatura de 80 °C até massa final constante.

4.2.6. Aplicação

As goiabas, recobertas e sem a presença do revestimento comestível, foram avaliados quanto à atividade de crescimento microbiológica, perda de massa, medidas de pH, acidez total titulável (ATT), grau Brix e análise visual do amadurecimento. Foram utilizados filmes de CMC, GX e da blenda polimérica desses dois, GX/CMC. Utilizou-se uma única concentração para cada composição (1 %), baseadas em proporção de solução aquosa. Para a blenda utilizou-se medidas proporcionais a 50 % de cada polímero. Os testes foram realizados nos dias: 1 (data que as goiabas foram revestidas) em seguida nos dias 4, 6 e 8. Para a análise microbiológica, pH, ATT e Brix foram utilizadas três repetições para cada dia de análise. A preparação do meio de cultura utilizou-se DRBC Agar usando a proporção de 31,6 g para cada litro de água e água peptonada 0,1 %. Para a análise de perda de massa e a análise visual das goiabas foram utilizadas três repetições, as quais foram mantidas intactas até o final do experimento para o devido acompanhamento.

4.2.7. Preparo de amostras

As amostras de goiaba foram lavadas com água e sabão neutro e foram colocadas em um recipiente com água acrescido de uma colher de sopa de bicarbonato de sódio repousando por 20 minutos e em seguida lavadas com água corrente e secadas a temperatura ambiente. As goiabas foram imersas nos diferentes revestimentos por três minutos e em seguida colocadas em um local para retirada do excesso (Figura 7). O grupo controle (sem revestimento) foi imerso em água destilada estéril nas mesmas condições. As amostras foram acondicionadas em um ambiente simulando as condições de compra em um supermercado ou feira livre à temperatura ambiente.



Figura 7. Preparo de amostras com revestimento.

4.2.8. Acidez total titulável (ATT)

A acidez titulável foi obtida por titulometria realizando em triplicata a pesagem de 10 g de goiaba homogeneizada e adicionada 100 mL de água destilada, com solução de NaOH 0,1 N, sendo os valores expressos em g ácido cítrico/100 g de amostra (AOAC, 2005). O indicador utilizado foi a fenolfaleína.

4.2.9. pH

O pH foi determinado em 30 g de amostra de goiaba que foi previamente triturada e homogeneizada, para isto utilizou-se um pHmetro digital (Marconi MA-522).

4.2.10. °Brix

Os valores relativos ao teor de açúcar na goiaba foram analisados através das amostras triturada e homogeneizada que sofreram centrifugação em uma mini centrífuga eppendorf EDG e posteriormente colocadas no equipamento ABBE Refractometer fornecendo os valores de cada amostra. Os resultados foram expressos em porcentagem de °Brix.

4.2.11. Perda de massa

A perda de massa foi obtida relacionando-se a diferença entre a massa inicial da goiaba e a massa obtida ao final de cada tempo de armazenamento. Os resultados foram expressos em porcentagem de perda de massa.

4.2.12. Análise microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas de bolores e leveduras em triplicata. Para realizar o plaqueamento em superfície, as placas foram previamente preparadas, com 15 a 20 mL do meio de cultura (Agar DRBC) adequado ao grupo de microrganismos que se objetiva contar. Para que as placas sejam incubadas é necessário aguardar que elas sequem (cerca de 15 minutos). Para a inoculação foi selecionado três diluições adequadas da amostra (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) e inoculou-se 0,1 mL de cada diluição na superfície das placas preparadas. O inóculo foi espalhado por toda a superfície do meio usando uma alça de *Drigalsky*. A contagem das colônias e o cálculo dos resultados foi realizado da seguinte forma: contou-se placas com 15 a 150 colônias e multiplicou-se o resultado por 10, para levar em conta o volume dez vezes menor inoculado determinando o número de unidade formadora de colônia através da equação 2. (JUNQUEIRA et al. 2010)

$$(\text{UFC/g ou mL} = \text{n}^\circ \text{ colônias} \times 10/\text{diluição}) \quad (2)$$

4.2.13. Análise sensorial visual

Foi realizado o acompanhamento visual das goiabas nos dias de medidas observando as imperfeições que apareciam, a presença de manchas e a diminuição na rigidez das frutas através de fotos retiradas na bancada do laboratório.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A permeabilidade aos vapores de água foi estudada afim de verificar a barreira dos filmes poliméricos em todas as composições contra os vapores de água. Testes de solubilidade e intumescimento foram necessários para atestar a eficácia do processo de reticulação que tinha como objetivo aumentar a resistência à água dos filmes. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resultados referentes aos testes de solubilidade, intumescimento e PVA (Média \pm dP).

| | Solubilidade após 24 h (%) | Intumescimento até 4 h (%) | PVA (g s ⁻¹ m ⁻¹ Pa ⁻¹) |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|--|
| CMC | - | - | 1,48E-08 \pm 1,00 |
| GX/CMC | - | - | 1,27E-08 \pm 0,15 |
| GX | - | - | 1,25E-08 \pm 0,15 |
| CMC/AC | 16,92 \pm 1,75 | 162,04 \pm 22,12 | 0,70E-08 \pm 0,01 |
| GX/CMC/AC | 19,23 \pm 1,20 | 495,76 \pm 12,18 | 0,63E-08 \pm 0,01 |
| GX/AC | 15,84 \pm 1,90 | 159,05 \pm 4,93 | 0,81E-08 \pm 0,16 |

A solubilidade (Figura 8) fornece uma indicação do comportamento que os filmes podem apresentar quando imerso em água ou em contato com ambientes úmidos e depende dos componentes de sua estrutura. As medidas mostraram que a reticulação dos filmes foi efetiva. Os resultados indicaram que o CMC, a GX e a blenda perderam 16,92; 15,84 e 19,23 % de massa, respectivamente, após 24 h imersos em água. A blenda foi a composição que solubilizou mais, pois como processo de reticulação foi efetivo, pode-se supor que os grupos hidroxilas presentes em ambos os polímeros ficaram expostos tornando possível, assim, uma maior interação com a água.

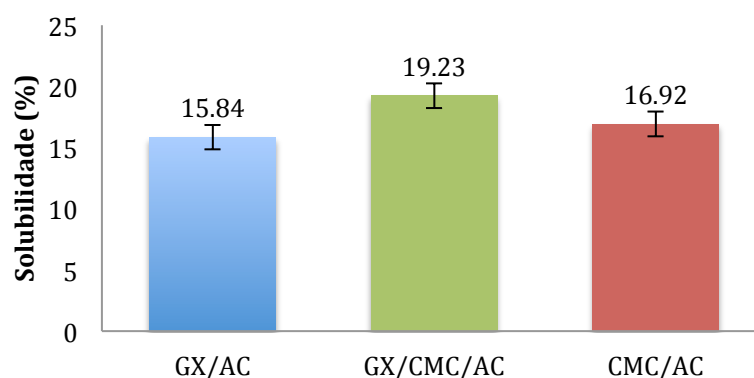


Figura 8. Solubilidade das composições reticuladas.

Quanto maior o grau de intumescimento do filme, maior é sua capacidade em absorver fluidos e conservar o local de aplicação úmido. Observou-se que os filmes de GX não resistiram até o final do teste (48 h) (Figura 9), dessa forma, os dados apresentados na Tabela 2 representam 4 h de medidas. A CMC apresentou uma estabilidade após 6 h de medida e a mistura da GX/CMC foi mais eficaz que cada polímero individualmente. A blenda apresentou um alto poder de absorção de água, cerca de 663 % (48 h), contra uma média de 165 % dos polímeros individualmente. Isso ocorre devido a interação molecular dos dois polímeros, ocorrendo um efeito sinérgico entre eles. Pode-se propor que a maioria dos grupos hidroxilas presentes na estrutura, devido à reticulação, esterificam, tornando os outros grupos hidroxilas expostos, possibilitando a formação de ligações de hidrogênio, bem como uma maior interação com a água.

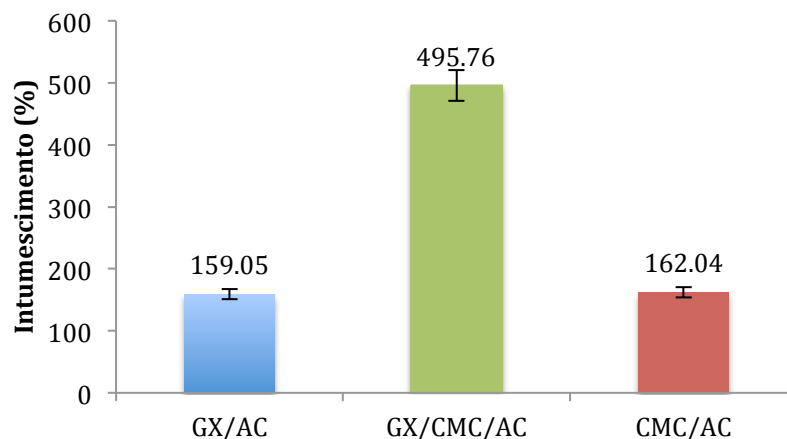


Figura 9. Intumescimento das composições reticuladas com 4h de testes.

Os resultados obtidos para a permeabilidade de vapores de água sugeriram que o CMC puro e a GX pura quando comparado aos CMC reticulado e GX reticulada, apresentaram uma taxa de permeabilidade maior, ou seja, os polímeros puros possuem uma menor barreira contra o vapor de água. A blenda pura apresentou uma taxa de permeabilidade de $1,27 \times 10^{-8} \text{ gs}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$ e a blenda polimérica reticulada apresentou uma taxa de permeabilidade de $0,63 \times 10^{-8} \text{ gs}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$, ou seja, a blenda polimérica reticulada apresentou o menor valor de permeação de vapores de água entre todas as amostras analisadas, sugerindo então ser a composição que apresentou maior barreira.

Devido a grande preocupação ambiental faz-se necessária à utilização de novos materiais biodegradáveis, dessa maneira o ensaio de degradação dos filmes poliméricos no solo é pertinente ao estudo. O ensaio teve duração de 160 dias e foi constatado que neste período a blenda reticulada apresentou uma maior perda de massa, cerca de 45 %. Os filmes de CMC com AC apresentaram uma perda de 38 % e os filmes de GX com AC perderam 35 % da sua massa inicial. Os filmes sem o agente reticulante degradaram por completo com menos de um mês de teste, provando que os polímeros estudados são biodegradáveis e que o processo de reticulação interfere na estrutura da cadeia polimérica conferindo melhores propriedades de resistência.

Na Figura 10 é apresentado o gráfico de degradação no solo para a blenda, GX e CMC reticulados em função do tempo.

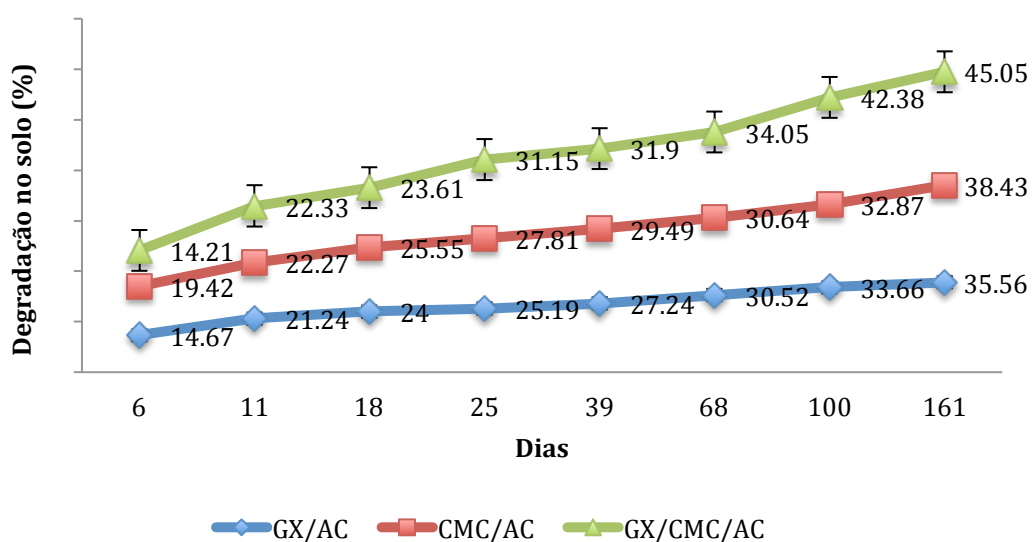


Figura 10. Degradação no solo das composições reticuladas.

Para a aplicação, foram utilizadas somente composições sem a presença do agente reticulante, uma vez que, para o processo de reticulação ser eficaz é necessário aquecer o filme durante 3 h à 170 °C, impossibilitando o processo por imersão filmogênica. Contudo, os filmes sem o agente reticulante para o processo de revestimento da goiaba apresentaram resultados bastante satisfatórios.

Ao longo do período de armazenamento verificou-se que o pH aumentou (Figura 11) com o tempo de armazenamento, isso justifica o escurecimento das frutas no teste de análise visual, uma vez que o aumento do pH favorece o escurecimento das frutas; consequentemente ocorreu diminuição na acidez. Este comportamento possivelmente, pode ter ocorrido devido a formação de ácidos orgânicos (ácido poligacturônico) proveniente da degradação da parede celular. E a sua manutenção dos níveis apresentados, muito provavelmente, foi devido a baixa temperatura e a inibição do etileno catalítico resultando em baixa taxa de respiração dos frutos e, consequentemente, menor consumo dos ácidos orgânicos (PEREIRA et al, 2005).

Ao término do armazenamento, o pH das amostras submetidas ao tratamento controle e goma xantana foi significativamente superior aos outros dois tratamentos, 13,38 % e 19,14 % respectivamente. O tratamento controle no dia 8 apresentou valor superior ao permitido pela Instrução Normativa N° 01 (Tabela 1). Dentre as outras amostras revestidas o tratamento com revestimento de CMC obteve a menor variação (3,31 %) e a blenda (7,14 %).

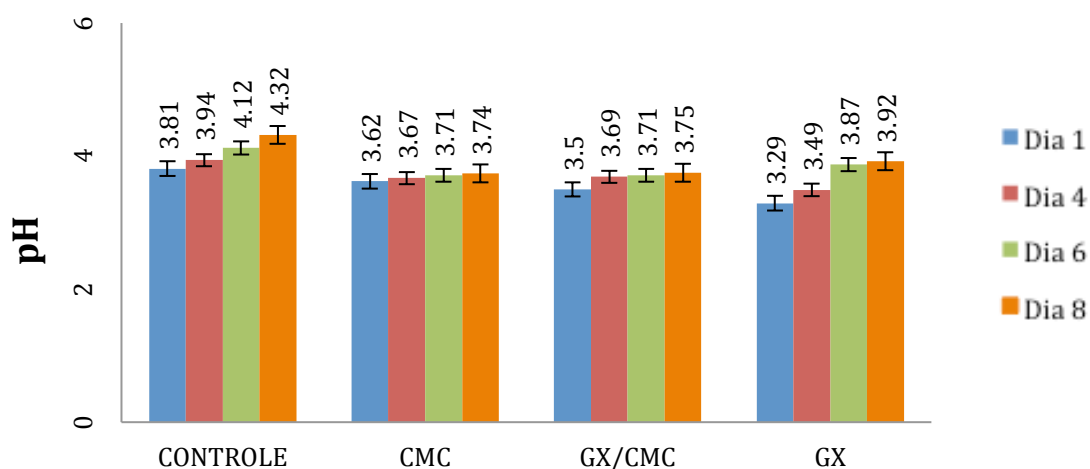


Figura 11. Resultados referentes aos tratamentos estudados para análise de pH.

Observou-se um aumento nos valores de °Brix nas amostras de goiabas revestidas, CMC (17,82 %), goma xantana (10,41 %) e para a blenda GX/CMC (15,29 %) (Figura 12), considerando as análises realizadas nos dias 1 e 8. Para o tratamento da amostra controle houve um aumento de 24,47 % neste mesmo intervalo de tempo. Estes resultados mostram que os tratamentos com revestimento impediram de certa forma o amadurecimento da fruta, principalmente o revestimento com goma xantana. O aumento observado nos sólidos solúveis totais até o dia 4 pode estar relacionado ao acúmulo de açúcares pela perda da umidade (COSTA, BALBINO, 2002), já nos dias 6 e 8 houve estabilização, e este comportamento pode estar associado ao consumo de açúcares estável, devido ao maior metabolismo respiratório da fruta, e ao crescimento de micro-organismos. Entretanto tais fenômenos ocorrem, simultaneamente, com diferenças de intensidade dependendo do período.

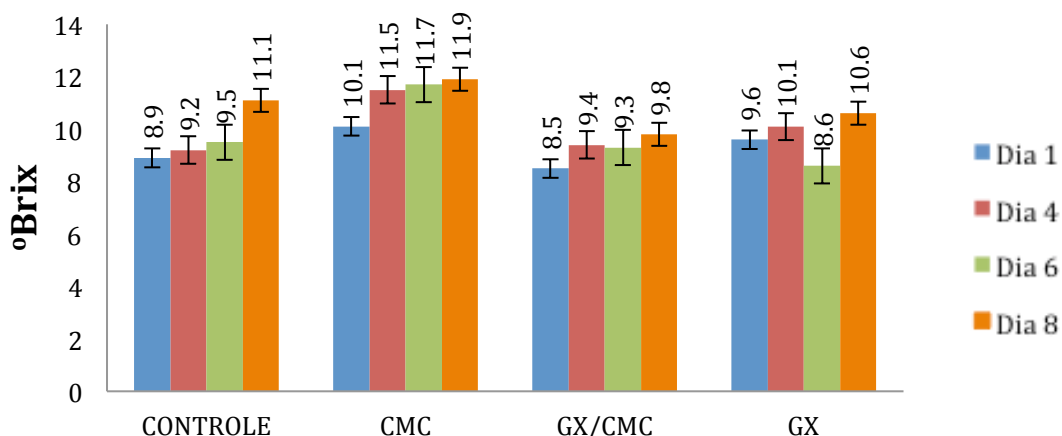


Figura 12. Resultados referentes aos tratamentos estudados para medidas de °Brix.

Para as goiabas sem revestimento foi observado um aumento no teor de acidez de 10,73 % ao longo de 8 dias de testes. As goiabas revestidas com CMC e GX/CMC notou-se uma diminuição no teor de acidez, cerca de 11,92 % e 22,65 % respectivamente. A diminuição dos teores de acidez titulável nos filmes revestidos provavelmente está relacionada com o aumento da taxa respiratória dos frutos induzido pela perda de água ao longo do armazenamento. O teor de ácidos em vegetais diminui com a maturação, pois estes se transformam em substratos para biossíntese de

compostos fenólicos, lipídios e aromas vegetais. Em relação as goiabas revestidas com GX observou-se um aumento de 4,51 % no teor de acidez, provando assim que as goiabas sem revestimentos apresentaram uma taxa de acidez bem maior que as frutas resvestidas (Figura 13). Soares et al. (2011) também verificaram valores mais elevados para a acidez titulável na polpa de goiabas ‘Pedro Sato’ do tratamento controle, em relação àquelas revestidas.

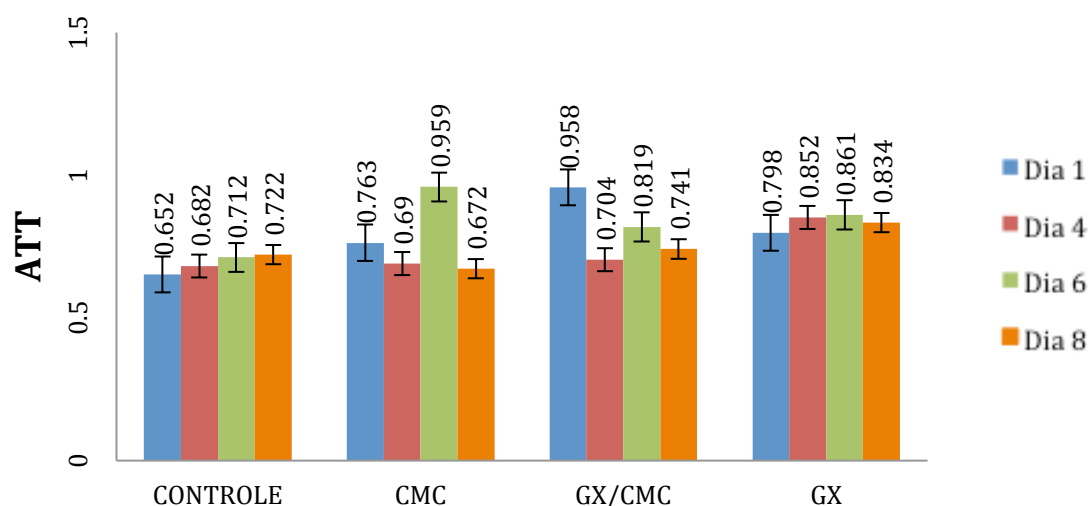


Figura 13. Resultados referentes à análise de ATT das goiabas em função do período de tratamento.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para a perda de massa (PM) para todos os tratamentos durante os oito dias de testes.

Tabela 3. Resultados referentes aos tratamentos estudados para perda de massa (Média \pm dP).

| Tratamento | Dia 1 | Dia 4 | Dia 6 | Dia 8 |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| Controle | 133,84g \pm 5,63 | 114,65g \pm 3,85 | 106,45g \pm 3,61 | 98,75g \pm 3,64 |
| CMC | 138,47g \pm 7,02 | 129,89g \pm 4,96 | 124,72g \pm 3,87 | 120,44g \pm 3,35 |
| GX/CMC | 117,96g \pm 4,68 | 105,51g \pm 4,58 | 99,34g \pm 4,51 | 98,75g \pm 4,55 |
| GX | 122,69g \pm 13,40 | 109,79g \pm 13,38 | 102,01g \pm 13,90 | 95,21g \pm 13,64 |

Houve aumento da perda de massa durante o período de armazenamento em todos os tratamentos estudados. A perda de massa obtida nas amostras do tratamento controle foi superior aos demais tratamentos, chegando a 26,21 % em apenas 8 dias de armazenamento. As amostras submetidas ao revestimento com CMC e GX/CMC apresentaram as menores perdas, 13,02 % e 16,28 % respectivamente, enquanto as submetidas ao tratamento GX obtiveram perda de 22,39 %, maior perda entre as amostras revestidas.

A maior perda de massa apresentada pelos frutos sem o filme, ocorreu muito provavelmente pela perda de água decorrente das taxas de transpiração, enquanto que as menores perdas em frutos revestidos, podem ser explicadas pelo fato do revestimento não permitir a perda de água em excesso para o meio externo, alcançando o equilíbrio no micro ambiente, pela mudança da atmosfera. Os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com Yamashita e Benassi (1998) que estudaram o uso atmosfera modificada em embalagens flexíveis em goiaba “Kumagai”, de polpa branca. A Figura 14 também ilustra essas perdas.

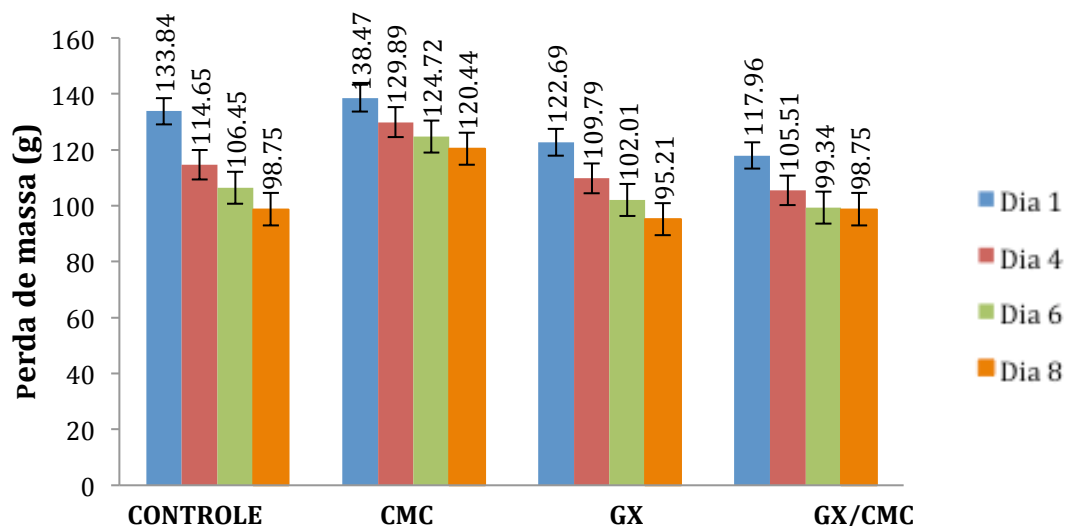


Figura 14. Resultados referentes aos tratamentos estudados para perda de massa.

Foi realizado o acompanhamento visual das goiabas nos dias de medidas observando as imperfeições que apareciam, a presença de manchas e a diminuição na rigidez das frutas. A análise foi realizada em triplicata (Figuras 15 à 18).

Tratamento Controle – Dia 1



Tratamento Controle – Dia 4



Tratamento Controle – Dia 6



Tratamento Controle – Dia 8



Figura 15. Análise visual para as goiabas sem revestimento.

Fonte: Autor

Tratamento CMC – Dia 1



Tratamento CMC – Dia 4



Tratamento CMC – Dia 6



Tratamento CMC – Dia 8



Figura 16. Análise visual para as goiabas revestidas com CMC.

Fonte: Autor

Tratamento GX – Dia 1



Tratamento GX – Dia 4



Tratamento GX – Dia 6



Tratamento GX – Dia 8



Figura 17. Análise visual para as goiabas revestidas com GX.

Fonte: Autor

Tratamento GX/CMC – Dia 1



Tratamento GX/CMC – Dia 4



Tratamento GX/CMC – Dia 6



Tratamento GX/CMC – Dia 8



Figura 18. Análise visual para as goiabas revestidas com GX/CMC.

Fonte: Autor

A partir das imagens obtidas podemos analisar que o tratamento controle (Figura 15) foi apresentando sinais de degradação na goiaba ao longo do tempo de estudo. Nenhuma goiaba apresentou defeitos graves no dia 1. A partir do dia 4 foi notada uma mudança na coloração passando de verde para verde amarelada, essa coloração estendeu-se até o dia 8. As amostras apresentaram defeitos graves já no dia 6, podridão e fissuras fisiológicas, diminuindo significativamente o aspecto agradável da fruta.

Para o tratamento CMC (Figura 16) a coloração verde foi mantida praticamente na maior parte da goiaba até o dia 8. Nenhuma goiaba apresentou defeitos graves. Em apenas uma amostra foi detectado leves manchas em sua casca, alteração considerada normal devido ao processo de amadurecimento ao fim do dia 8. Esse tratamento conferiu melhores propriedades visuais as goiabas estudadas.

O tratamento GX (Figura 17) a coloração verde foi mantida praticamente na maior parte da goiaba até o dia 8. Nenhuma goiaba apresentou defeitos graves. Leves manchas nas cascas das goiabas foram notadas a partir do dia 6, defeito considerado normal devido ao processo de amadurecimento.

Por fim, o tratamento GX/CMC (Figura 18) a coloração verde também foi mantida praticamente na maior parte da goiaba até o dia 8 com alguns pontos amarelados. Nenhuma goiaba apresentou defeitos graves.

Para todos os tratamentos com revestimento foi observada uma melhora no aspecto físico das goiabas ao longo dos oito dias. Além de conferir um aspecto de brilho às frutas, o processo de amadurecimento foi retardado indicando uma eficácia do revestimento em prolongar a vida de prateleira do produto estudado. Algumas goiabas estudadas apresentam defeitos leves, os quais não interferem nos resultados obtidos, relacionados à deformação, ocasionada pelo desvio da forma característica de cultivas provocando perturbações genéticas.

A Tabela 4 apresenta os valores médios obtidos para bolores e leveduras. A contagem total de bolores e leveduras variou da ordem de 10^2 a 10^5 UFC/g.

Tabela 4. Resultados referentes aos valores obtidos para bolores e leveduras. (valor até valor

| Tratamento | Dia 1 (UFC/g) | Dia 4 (UFC/g) | Dia 6 (UFC/g) | Dia 8 (UFC/g) |
|------------|--|--|--|--|
| Controle | 1,2x10 ³ (est) - 2,9x10 ⁵ | 9,0x10 ³ (est) - 1,5x10 ⁵ (est) | 2,6x10 ³ - 1,5x10 ⁵ (est) | 1,7x10 ³ (est) - 8,0x10 ⁴ (est) |
| CMC | 2,0x10 ² (est) - 1,5x10 ⁵ (est) | 2,0x10 ³ (est) - 9,0x10 ³ (est) | 1,3x10 ³ (est) - 2,7x10 ⁵ | 1,1x10 ³ (est) - 1,2x10 ⁴ (est) |
| GX/CMC | 2,9x10 ³ - 5,4x10 ³ | 3,6x10 ³ - 4,7x10 ⁵ | 2,0x10 ² (est) - 1,1x10 ⁵ (est) | 3,0x10 ² (est) - 6,0x10 ² (est) |
| GX | 8,0x10 ² (est) - 1,0x10 ⁵ (est) | 2,2x10 ³ (est) - 3,4x10 ³ | 1,1x10 ³ (est) - 2,8x10 ³ | 4,0x10 ² (est) - 5,0x10 ³ (est) |

Legenda: (est) estatístico (-) até

Bolores e leveduras constituem um grande grupo de microrganismos, a maioria originária do solo ou do ar. Os bolores são extremamente versáteis, a maioria das espécies capaz assimilar qualquer fonte de carbono derivada de alimentos. São também bastante resistentes às condições adversas, como pH ácido e atividade de baixa água. Com relação ao pH, os fungos são muito pouco afetados pela variação na faixa de 3,0 a 8,0. Vários bolores crescem abaixo de 2,0 e diversas leveduras abaixo de 1,5. A temperatura ótima de crescimento da maioria dos fungos encontra-se na faixa de 25 a 28°C, não crescendo bem nas temperaturas mesófilas (35-37 °C).

Os bolores deteriorantes de alimentos, como quase todos os outros fungos filamentosos, exigem oxigênio para crescimento, podendo ser considerados aeróbios estritos. No entanto, várias espécies, são eficientes em utilizar pequenas quantidades de oxigênio, de forma que o efeito do O₂ é dependente da quantidade absoluta dissolvida no substrato, e não da concentração presente na atmosfera.

A consistência do alimento, assim como a atmosfera de armazenamento, exerce uma considerável influência sobre os tipos de fungos que irão provocar a deterioração do produto (DOWNES; ITO, 2001).

Para o tratamento controle foi percebido um aumento no dia 4 em relação ao dia 1 e um decaimento nos dias seguintes. Para os filmes com revestimento foi observada uma queda nos valores de contagem a partir do dia 4, sugerindo que o revestimento diminuiu o crescimento de bolores e leveduras nas goiabas, isso ocorre pelo fato do revestimento criar uma barreira de trocas gasosas entre a goiaba e o ar do ambiente, uma vez que, os microrganismos são seres aeróbicos, que necessitam de oxigênio para se desenvolver. Outros fatores que podem explicar a diminuição dos valores é a competição interna entre os microrganismos e os fatores implícitos de relação entre eles e o alimento.

O tratamento que apresentou a menor contagem de bolores e leveduras ao fim do dia 8 foi a blenda polimérica, $3,0 \times 10^2$ (est) UFC/g até $6,0 \times 10^2$ (est) UFC/g contra $1,1 \times 10^3$ (est) UFC/g até $1,2 \times 10^4$ (est) UFC/g do revestimento CMC e $4,0 \times 10^2$ (est) UFC/g até $5,0 \times 10^3$ (est) UFC/g do tratamento GX. O maior valor de contagem ao fim dos 8 dias de testes foi detectado na amostra controle com medidas variando de $1,7 \times 10^3$ (est) UFC/g até $8,0 \times 10^4$ (est) UFC/g.

Alguns trabalhos realizados com polpas de goiabas e doce do tipo cascão apresentaram valores referentes a bolores e leveduras variando entre $7,80 \times 10^3$ UFC/g e $1,28 \times 10^7$ UFC/g segundo (DAL RI, 2006), das 100 amostras analisadas, 78 % estavam contaminadas por bolores e leveduras com valores encontrados acima do permitido pelo MAPA (2000). Já Santos, Coelho e Carreiro (2008), nos seus estudos, 70,4 % das amostras de frutas climatéricas, como por exemplo, acerola com valores variando de $<10^*$ UFC/g e $2,3 \times 10^4$ UFC/g e maracujá variando entre $<10^*$ UFC/g e $2,5 \times 10^4$ UFC/g, apresentaram-se dentro dos padrões microbiológicos para bolores e leveduras. De acordo com Pereira et al. (2006), os resultados referentes a bolores e leveduras nas polpas de goiaba analisadas variavam entre $1,0 \times 10^1$ UFC/g até $2,6 \times 10^4$ UFC/g.

De maneira geral o revestimento GX/CMC apresentou melhores propriedades físico-químicas, conferiu um aspecto agradável as goiabas e é biodegradável. A mistura de dois polímeros, que representa uma alternativa mais econômica e rápida de se obter um novo material com propriedades intermediárias àquelas apresentadas pelos polímeros puros, foi evidenciada nesse trabalho.

6. CONCLUSÃO

Filmes poliméricos formados por carboximetilcelulose de sódio (CMC), goma xantana (GX) e da blenda polimérica desses dois, GX/CMC, foram caracterizados e reticulados. O comportamento de frutos de goiaba revestidos com essas composições, armazenados em temperatura ambiente, foi avaliado, buscando identificar a melhor alternativa para a confecção de revestimentos comestíveis a fim de aumentar o tempo de prateleira dos mesmos.

A ação do agente reticulante atuou de forma eficaz sobre a estrutura polimérica, conferindo maior propriedade de resistência extrema à água. O filme de GX/CMC/AC apresentou a melhor propriedade de barreira aos vapores de água ($0,63E-08 \pm 0,01$) e ao intumescimento ($495,76 \pm 12,18$). Houve tendência de aumento do pH das amostras de goiaba em todos os tratamentos.

Os filmes são biodegradáveis, atestados pela degradação no solo. Ao término do armazenamento, o pH das amostras submetidas ao tratamento controle (4,32) foi superior aos demais: CMC (3,74), GX/CMC (3,75) e GX (3,92). Os resultados de °Brix mostraram que as frutas revestidas apresentaram um amadurecimento mais lento. Nas goiabas sem revestimento observou-se menores valores da acidez total titulável.

O tratamento que apresentou a menor contagem de bolores e leveduras ao fim do dia 8 foi a blenda polimérica. Para todos os tratamentos com revestimento foi observada uma melhora no aspecto físico das goiabas ao longo dos oito dias. Além de conferir um aspecto de brilho às frutas, o processo de amadurecimento foi retardado indicando uma eficácia do revestimento em prolongar a vida de prateleira do produto estudado.

Pode-se concluir que o estudo do revestimento comestível em frutas é pertinente uma vez que foram obtidos resultados melhores no revestimento GX/CMC.

7. BIBLIOGRAFIA

ARNON, H., ZAITSEVA Y., PORATB, R., POVERENOV, E. Effects of carboxymethyl cellulose and chitosan bilayer edible coating on postharvest quality of citrus fruit. *Postharvest Biology and Technology*, v.87, p.21-26, 2014.

ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Evaluation of the antifungal properties of chitosan coating on cut apples using a non-invasive image analysis technique. *Polymer International*, London, v. 60, n. 6, p. 932-936, 2011.

AZEREDO H. M. C. de; FARIA J. A. F.; AZEREDO A. M. C. de. Embalagens Ativas para Alimentos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.20 n.3, 2000.

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; BRON, L. U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 2, p. 139-145, 2004.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FRENÁNDEZ-MOLINA, J. J.; ALZAMORA, S. M.; TAPIA, M. S.; LÓPEZ-MALO, A.; CHANES, J. W. Handling and preservation of fruits and vegetables by combined methods for rural areas. Roma: FAO, 99 p. (Technical Manual), 2003.

BORGES, C. D.; MENDONÇA, C. R. B.; ZAMBIAZI, R. C.; NOGUEIRA, D.; SILVA, E.M. P.; PAIVA, F. F. Conservação de morangos com revestimentos à base de goma xantana e óleo essencial de sálvia. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1071-1083, 2013.

BUENO, V. B.; BENTINI, R.; CATALANI, L. H.; PETRI, D. F. S. *Carbohydrate Polymers*, v. 92, p. 1091-1099, 2013.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. Instrução normativa Nº 01, 2000.

CANEVAROLO JUNIOR, S. V. Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. [São Paulo]: Artliber, 183, 2002.

CORRADINI, E.; RUBIRA, A. F.; MUNIZ, E. C. Miscibility of PVC/EVA hydrolysed blends by viscosimetric, microscopic and thermal analysis. European Polymer Journal, v.33, p.1651-1658, 1997.

CORTEZ-VEJA, W. R.; PIOTROWICZ, I. B. B.; PRENTICE, C.; BORGES C. D. Conservação de mamão minimamente processado com uso de revestimento comestível à base de goma xantana. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 4, p.1753-1764, 2013.

COSTA, J. M. C. da; CLEMENTE, E. Refrigeration and cold chain effect on fruit shelf life. In: RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. (Ed.). Advances in fruit processing technologies. Boca Taton: CRC Pressp. 287-330, 2012.

DAL RI, E. S. Avaliação do processo produtivo e da qualidade de polpas de frutas comercializadas em Boa Vista/RR, 2006.

DOWNES, F.P.; ITO, K. Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4.ed. Washington: American Public Health Association, 2001.

ELIAS, H.G. Macromolecules: synthesis, materials and technology. Plenum Publishing Corporation, p. 29, 1984.

FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified atmosphere packing technology- a review. Journal of Food Protection, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

FONTANIELLA, B.; RODRÍGUES, C.W.; PIÑÓN, D.; VICENTE, C.; LEGAZ, M.-E. Identification of xanthans isolated from sugarcane juices obtained from scalded plants infected by Xanthomonas albilineans. Journal of Chromatography B, 770:275-81, 2002.

FORATO, L.A., ASSIS, O.B.G., BERNARDES FILHO, R. Revestimentos comestíveis protetores em Frutas e Hortaliças p.207-218. In: FERREIRA, M.D.(ed.). Tecnologias pós-colheita em Frutas e Hortaliças. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária 286p, 2011.

FREITAS, I. R.; CORTEZ-VEJA, W. R.; PIZATO,S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES, C.D. Xanthan gum as a carrier of preservative agents and calcium chloride applied on fresh-cut apple. Journal Food Safety , New Brunswick v.33, n.3, p.229-238, 2013.

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

GHANBARZADEHA, B.; ALMASIA, H.; ENTEZAMI, A. A. Industrial Crops and o Products, v. 33, p. 229-235, 2011.

GONZAGA NETO, L. Goiaba: produção – aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica72p. (Embrapa Informação Tecnológica. Frutas do Brasil, 17), 2001.

GUPTA, A.P.; GOPAL, A. Preparation and Characterization of Guar-Gum/Polyvinylalcohol. Journal of Materials Science and Engineering, v.3, 2011.

HASSAN, C.M. Diffusional characteristics of freeze/thawed poly(vinyl alcohol) hydrogels: Applications to protein controlled release from multimanite devices. European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, p.161-165, 2000.

HOFFMAN, A. S. Hydrogels for Biomedical Applications. Advance Drug Delivery Reviews, v.43, p. 3-12, 2002.

HOTCHKISS, J.H. Safety considerations in active packaging. In: ROONEY, M.L. Active food packaging. Glasgow: Chapman & Hallp. 238-255, 1995.

ITO, E. N.; PESSAN, L. A.; HAGE JR, E.; COVAS, J. A. Análise do desenvolvimento morfológico da blenda polimérica PBT/ABS durante as etapas de mistura por extrusão e moldagem por injeção. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 14, 83-92, 2004.

JEANES, A. Extracellular microbial polysaccharides – New hydrocolloids of interest to the food industry. *Food Technology*, 28(5):34-38, 1974.

JUNIOR, E.B.; MONARIM, M.M.S.; CAMARGO, M.; MAHL, C.E.A.; SIMÕES, M.R.; SILVA, C.F. Efeito de diferentes biopolímeros no revestimento de mamão (*Carica papaya L*) minimamente processado. *Revista Varia Scientia Agrárias*, 1(1):131-142, 2010.

KIOSSEOGLU, A.; PAPALAMPROU, E.; MAKRI, E.; DOXASTAKIS, G.; KIOSSEOGLU, V. Functionality of médium molecular weight xanthan gum produced by *x. campestris atcc1395* in batch culture. *Food Research International*, 36:425-430, 2003.

KOKABI, M. M.; SIROUSAZAR, M; HASSAN, Z. M. *European Polymer Journal*, v.43, n. 3, p. 773–781, 2007.

KOSHI, D.V. Is current modified / controlled atmosphere packaging technology applicate to U.S. food market *Food Technology*, Chicago, v. 28, n. 9, p. 50-60, 1988.

LIU Y., LI J., DONG H.; Controlled release of herbicide acetochlor from clay/CMC gel formulations; *Agric Food Chem.*, p. 27-56, 2006.

LUCAS, E. F.; SOARES, G. S.; MONTEIRO, E. C. *Caracterização de polímeros*. Rio de Janeiro: Epapers, 2001.

MATTIUZ, B.H et al. Processamento mínimo em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato': Avaliação química, sensorial e microbiológica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23, n.3, p.409-413, 2003.

MIURA, K.; KIMURA, N.; SUZUKI, H.; MIYASHITA, Y.; NISHIO, Y. Thermal and viscoelastic properties of alginate/poly(vinyl alcohol) blends cross-linked with calcium tetraborate. *Carbohydrate Polymers*, v.39, p.139-144, 1999.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Guava (*Psidium Guajava* L.) sugar components and related enzymes at stages of fruit- development a ripening. *Journal of Japanese Society of Food Science and Technology*, Tokyo, v.29, n.8, p.472-476, 1982.

ORÉFICE, R. L.; PEREIRA, M. M.; Mansur, H. S. *Biomateriais: fundamentos e aplicações*, Cultura Médica, São Paulo, 2006.

PARK, H. J. Edible coatings for fruits. In: JONGEN, W. W. F. (Ed.). *Fruit and vegetable processing: improving quality*. Boca Raton: CRC Pressp. 331-345, 2005.

PEREIRA, T.; CARLOS, L.; OLIVEIRA, J. MONTEIRO, A. Características físicas e químicas de goiaba cv. cortibel (*psidium guajava*) estocadas sob refrigeração em filmes x-tend*. *Alim. Nutr.*, Araraquara ISSN 0103-4235 v. 16, n. 1, p. 11-16, 2005.

PEREIRA L. M.; RODRIGUES A. C. C.; SARANTÓPOULOS C. I. G. L.; JUNQUEIRA V. C. A.; CARDELLO H. M. A. B.; HUBINGER M. D. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.23 n. 3, 2003.

PIZATO, S.; CORTEZ-VEGA,W. R.; DE SOUZA,J. T. A.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; BORGES,C. D. Effects of different edible coatings in physical,chemical and microbiological characteristics of minimally processed peaches (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Journal of Food Safety* , New Brunswick, v.33, n.1, p.30-39, 2013.

RAMOS, L.A.; Frollini, E.; Heinze, Th. *Carbohydr. Polym.* 60, 259, 2005.

RODHES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V.;ADELMAN,R.C.; ROTH,G.S. *Senescenceinplants*. Florida: CRC Presscap.8, p.157-205, 1980.

RODRIGUE, J-P.; NOTTEBOOM, T. The cold chain and its logistic. In: RODRIGUE, J-P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. The geography of transport systems. 2nd ed. New York: Routledge 297 p, 2009.

SANTOS, C.; COELHO, A.; CARREIRO, S. Avaliação Microbiologica de polpa de frutas congeladas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 28(4): 913-915, 2008.

SLATER, J.M.; WATT, E.J. Examination of ammonia-poly(pyrrole) interactions by piezoelectric and conductivity measurements, v.. 116, p. 1125-1130, 1991.

SLONEKER, J. H.; JEANES, A. Exocellular bacterial polysaccharide from *Xanthomonas campestris* NRRL B - 1459. *Canadian Journal of Chemistry*, vol. 40, p. 2066-2071, 1962.

SUTHERLAND, I. W. Extracellular polysaccharide. In: DELLWEY, H. *Biotechnology*. Weinhein: Verlag Chemie, v.3., p. 553-574, 1983.

TURHAN, K. N. Is edible coating an alternative to MAP for fresh and minimally processed fruits *Acta Horticulturae*, Leuven, v. 876, n. 1, p. 299-305, 2010.

UYAR, T.; TONELLI, A. E.; HACALOĞLU, J. Thermal degradation of polycarbonate, poly(vinyl acetate) and their blends. *Polymer Degradation and Stability*, 91, 2960- 2967, 2006.

YAMASHITA, F.; BERNASSI, M. T. Influencia de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre aceitação de goiabas brancas de mesa (*Psidium guajava* L.) var. Kumagai, mantidas sob refrigeração. *Alim. Nutr.*, v. 9, n. 1, p. 9-16, 1998.

ZARITZKY, N. Edible coating to improve food quality and safety. In: *Food engineering interfaces*. New York: Springer p. 631-660, 2011.