

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

ETEC Júlio de Mesquita

Curso Técnico em Química

CONFEÇÃO DE BIOPLÁSTICO ATRAVÉS DA PECTINA

Gustavo Tardivo Macario¹

Hugo Leonardo Alves Matta²

Jefferson Teodoro da Silva³

Matheus Pereira de Lima⁴

Raphael Rocha Cavalcanti⁵

Esp. Magali Canhamero⁶

Dr. Jhonny Frank Sousa Joca⁷

RESUMO

O aumento do impacto ambiental provocado pelos plásticos sintéticos tem impulsionado a busca por opções mais sustentáveis. Nesse contexto, os bioplásticos emergem como uma solução promissora, pois são fabricados a partir de fontes renováveis. Este estudo teve como objetivo desenvolver um produto baseado em um polissacarídeo natural extraído da pectina das frutas, destacando o potencial dessa matéria-prima para a produção de embalagens biodegradáveis, com propriedades que indicam viabilidade de aplicação prática, especialmente no setor alimentício.

Palavras-Chave: Bioplástico; Sustentabilidade; Pectina cítrica; Polímeros; Biodegradáveis; Embalagens ecológicas.

¹Gustavo Tardivo Macário – gustavo.macario@etec.sp.gov.br

²Hugo Leonardo Alves Matta – hugo.matta@etec.sp.gov.br

³Jefferson Teodoro da Silva – jefferson.silva618@etec.sp.gov.br

⁴Matheus Pereira de Lima – matheus.lima493@etec.sp.gov.br

⁵Raphael Rocha Cavalcanti – raphael.cavalcanti@etec.sp.gov.br

⁶Esp. Magali Canhamero – magali.canhamero01@etec.sp.gov.br

⁷Dr. Jhonny Frank Souza Joca – jhonny.joca@etec.sp.gov.br

BIOPLASTIC PRODUCTION USING PECTIN

ABSTRACT

The increased environmental impact caused by synthetic plastics has driven the search for more sustainable options. In this context, bioplastics emerge as a promising solution, as they are manufactured from renewable sources. This study aimed to develop a product based on a natural polysaccharide extracted from fruit pectin, highlighting the potential of this raw material for the production of biodegradable packaging, with properties that indicate feasibility of practical application, especially in the food sector.

Keywords: Bioplastic; Sustainability; Citrus pectin; Polymers; Biodegradable; Eco-friendly packaging.

1. INTRODUÇÃO

A palavra "plástico" tem origem da palavra grega "plastikos" que significa aquilo que pode ser moldado. Não se sabe exatamente a data de quando esse produto foi criado, mas tudo indica que teve seu início em 1862, onde o químico e inventor Alexander Parkes apresentou na grande exposição internacional em Londres, a "parquesiana", um material orgânico derivado da celulose que era impermeável e flexível. Porém no início século XX surgiu o primeiro plástico totalmente sintético e em escala industrial com o químico belga Leo Hendrik Baekeland, entre 1930 e 1950 surgiram diversos tipos de polímero implementados na sua composição, como neoprene, PVC (vinil), poliuretano, PET, PTFE (teflon), silicone, PP (polipropileno) e PE (polietileno). (Álvaro,2022)

O descarte inadequado desses materiais tem gerado significativos problemas ambientais. Em resposta a essa questão, nos últimos anos, a busca por novas alternativas tem ganhado destaque devido aos impactos ambientais. Nesse contexto, a implementação de produtos biodegradáveis tem se mostrado promissora, devido às suas propriedades únicas, como biodegradabilidade e funcionalidade ajustável. Um dos setores que mais se beneficia do uso desses materiais é a indústria alimentícia, onde são amplamente empregados na produção de embalagens comestíveis e revestimentos protetores para alimentos perecíveis (Araújo et al., 2021).

Para promover a conscientização sobre os impactos ambientais, diversas ONGs foram criadas, incluindo o Instituto Socioambiental dos Plásticos (Plastivida) que atua por meio da educação ambiental, para disseminar informações precisas e científicas sobre os plásticos e suas diversas finalidades. O mesmo estima que 13 bilhões de sacolas são usadas por ano no Brasil e conforme dados de 2023 do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a humanidade produz mais de 430 milhões de toneladas dessa matéria anualmente, quantidade que pode triplicar até 2060 conforme a assembleia legislativa de Goiás, 2023.

1.1. Biopolímeros

São materiais degradáveis, em que sua decomposição resulta primariamente da ação de microrganismos, tais como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural,

gerando gás carbônico, metano, componentes celulares, entre outros produtos, segundo estabelecido pela "American Standard for Testing and Methods" (ASTM-D-833) (Franchetti & Marconato, 2006).

Eles são obtidos de fontes renováveis, como polissacarídeos, celulose, proteínas, alginatos, ácidos hialurônicos, quitosana, quitinas. Esses compostos possuem um tempo de deterioração menor que os sintéticos, possuindo propriedades semelhantes entre si. Sob condições favoráveis, podem ser decompostos em semanas ou meses pela ação de microrganismos (Araújo, 2021).

1.2. Pectina

A pectina é uma fibra solúvel extraída principalmente da parede celular de frutas onde possuem maior abundância. Elas são constituídas de uma cadeia principal linear de α -D-ácido galacturônico e de seus derivados O-metilados. Sua estrutura química é representada conforme a Figura 2. (CUNHA; FEITOSA, 2009).

No setor industrial, os polissacarídeos pécticos promovem aumento de viscosidade e funcionam como colóide estabilizante e protetor em alimentos e bebidas como preparações de frutas para iogurtes, bebidas e sucos de frutas concentrados, produtos lácteos gelificados e produtos lácteos acidificados diretamente ou fermentados. Dentre outras propriedades estão a prevenção de flotação em preparados de frutas, a estabilidade de produtos de panificação, a estabilização proteica, a maciez a partir da melhoria da textura, o aumento do volume e o controle da sinérese (Canteri; Wosiacki; Scheer, 2012).

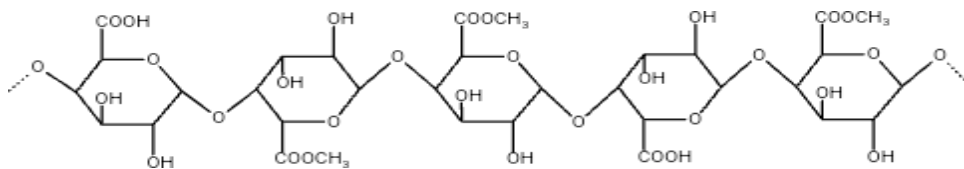


Figura 1 - Estrutura da pectina. Fonte: Os autores

1.3. Glicerol

O glicerol, também conhecido como glicerina, é um composto orgânico líquido, viscoso, inodoro e baixa toxicidade. Possui a função álcool, e é caracterizado pelas três hidroxilas em sua composição, onde está representado pela Figura 3.

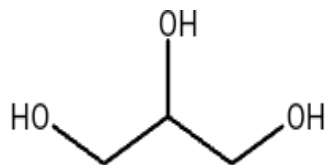


Figura 2 - Estrutura do glicerol. Fonte: Os autores

Esse material é comumente utilizado na formulação de biofilmes, servindo como agente plastificante, com o objetivo de melhorar a flexibilidade e extensibilidade do filme, devido a sua capacidade de diminuir as forças intermoleculares e aumentar a mobilidade das cadeias moleculares do polímero (Lima, 2019).

Além disso, sua incorporação causa mudanças nas propriedades mecânicas e físico-químicas, afetando na adesão do produto, na solubilidade, na resistência à tração e transição vítrea. O glicerol destaca-se por sua boa interação com a pectina, sendo amplamente utilizado na produção de filmes biodegradáveis à base desse polissacarídeo (Lima, 2019).

1.4. Ácido cítrico

O ácido cítrico é um ácido orgânico fraco com grande valor no mercado em razão das inúmeras possibilidades de aplicação nos mais diferentes segmentos da indústria. Utilizado principalmente no setor alimentício como conservante de alimentos, prevenindo a proliferação de microrganismos graças ao seu poder antioxidante. Age como estabilizante nos laticínios; ajuda na manutenção do pH ideal de doces; impede a modificação da cor de líquidos e o aparecimento de odores, sabores e manchas indevidos em peixes e frutos do mar (Alvaro, 2021).

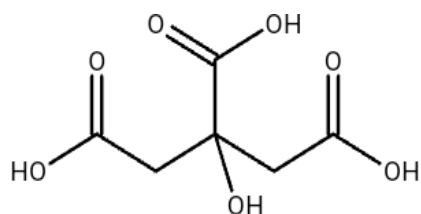


Figura 3 - Estrutura do ácido cítrico. Fonte: Os autores

1.5. Benzoato de sódio

O benzoato de sódio é um dos principais agentes bacteriostáticos e fungicidas usados nas indústrias de alimentos e bebidas, por ser de excelente eficácia e fácil aplicação. É indicado na preservação de margarinas, molhos, marmeladas, gelatina, licores, sucos de frutas e refrigerantes (Guilhermino, 2014). A cadeia está representada na Figura 4.

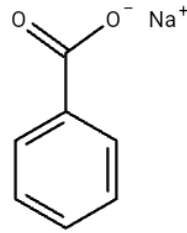


Figura 4 - Estrutura do benzoato de sódio. Fonte: Os autores

1.6. Glucose

A glucose também conhecida como glicose é uma estrutura de 6 carbonos com a fórmula química $C_6H_{12}O_6$. A glicose frequentemente entra no corpo em formas isométricas, como galactose e frutose (monossacarídeos), lactose e sacarose (dissacarídeos) ou amido (polissacarídeos) (Paris; Ayoola; Sarah, 2024). Sua estrutura está representada na figura 5.

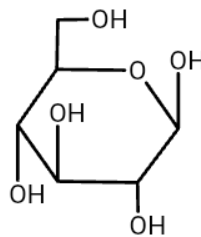


Figura 5 - Estrutura da glucose. Fonte: Os autores

1.7. Objetivos

Confeccionar através de materiais biodegradáveis, um produto capaz de se assimilar com plásticos convencionais. Possuindo menor tempo de degradação no ambiente e surgindo de fontes renováveis.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Reagentes

Para a realização das soluções, foram utilizados os seguintes equipamentos: balança analítica; manta aquecedora e agitador mecânico.

As soluções “teste” foram confeccionadas com pectina cítrica; glicerol; glucose em pó; ácido cítrico e benzoato de sódio. Todas as dissoluções usando água deionizada, produzida no laboratório.

2.2 Procedimento Experimental

Para a produção do biofilme, foram preparados lotes entre 200 até 500 g de solução final com base na seguinte proporção de reagentes: 3% de pectina cítrica, 2% de glicerol, 1% de ácido cítrico, 1% de glucose em pó, e 0,1% de benzoato de sódio como conservante.

Inicialmente, todos os reagentes foram pesados com base nas proporções estabelecidas e com exceção da pectina, foram solubilizados em pequenas quantidades de água deionizada em béqueres separados, servindo como soluções auxiliares. Em seguida, parte da água deionizada foi adicionada a um béquer e aquecida a aproximadamente 70 °C sob agitação constante, utilizando manta aquecedora para controle de temperatura e agitador mecânico.

Com a mistura aquecida, a solução de glicerol (2%) foi adicionada e, logo após, a pectina cítrica (3%) foi incorporada lentamente à mistura, de modo a garantir sua completa solubilização. Na sequência, as soluções auxiliares de glucose (1%), ácido cítrico (1%) e benzoato de sódio (0,1%), foram adicionadas à solução sob agitação constante, até completa homogeneização.

A solução final foi deixada em repouso por curto período, onde foi aplicado gotas de álcool etílico 70% na superfície, visando a remoção de bolhas no interior e no exterior. Posteriormente, a massa total da solução foi pesada e a mistura foi distribuída em placas de Petri e em bandejas de acrílico com dimensões de: 34,5 x 25 x 4,7 cm,

de modo a formar uma fina camada uniforme sobre cada superfície. As massas depositadas nas placas também foram registradas, seguindo um padrão delimitado pela equipe: 10 g e 15 g.

As amostras foram deixadas em temperatura ambiente por 72 horas na capela, permitindo o processo completo de reticulação dos biofilmes.

2.3. Resultados e Discussão

Os biofilmes produzidos no laboratório foram avaliados quanto as suas características visuais, solubilidade em água, resistência a tração e tempo de conservação em fruta.

2.3.1 Aspecto Visual

As Figuras 6 e 7 a seguir mostram o aspecto visual dos biofilmes após o período de secagem e a retirada dos moldes. A primeira amostra representada é de massa de 15 g, já a segunda foi despejada em bandeja de acrílico de dimensões: 34,5 x 25 x 4,7 cm.

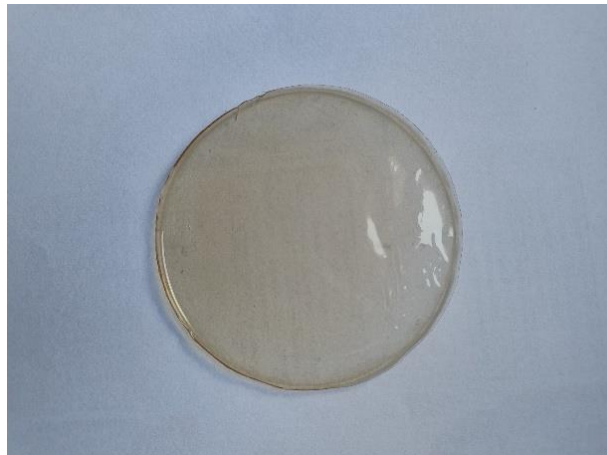


Figura 6 - Biofilme retirado da placa de petri. Fonte: Os autores

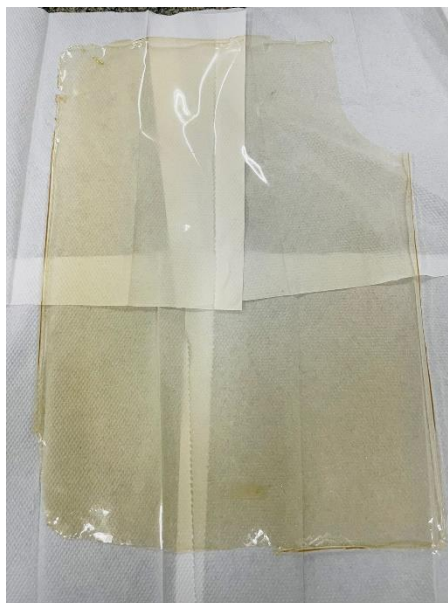


Figura 7 - Biofilme retirado da bandeja de acrílico. Fonte: Os autores

Analisando visualmente, o bioplástico apresentou coloração transparente com tonalidade levemente amarronzada, atribuída à presença da pectina cítrica em sua formulação. A superfície das amostras mostrou-se lisa e com aderência moderada onde, embora houvesse tendência a grudar nas superfícies de contato, era possível realizar a remoção sem danos significativos ao material. Observou-se que as amostras mais finas (massa de 10 g) apresentaram maior aderência em comparação às mais espessas, como consequência direta da menor espessura e maior área de contato.

2.3.2 Solubilidade em água

Foram realizados dois testes para avaliar a solubilidade do bioplástico em meio aquoso: o teste de imersão e o teste de permeabilidade localizada.

As amostras de 10 g e 15 g foram totalmente submersas em água, observando-se uma dissolução completa em aproximadamente 4 minutos e 30 segundos. Este resultado evidencia a alta solubilidade do material, típica de filmes formulados com pectina e plastificantes hidrofílicos. Entretanto, compromete a vida útil do produto em situações em que o próprio seja molhado.

Em outro procedimento, as amostras foram esticadas e submetidas à aplicação de 5 gotas de água em cada (utilizando pipeta Pasteur). Após a evaporação da água, verificou-se que não houve penetração do líquido no interior do bioplástico, sugerindo uma barreira superficial eficaz frente à exposição localizada à umidade. Este resultado indica que, embora seja solúvel quando imerso, o bioplástico apresenta resistência à penetração superficial sob condições de umidade controlada.

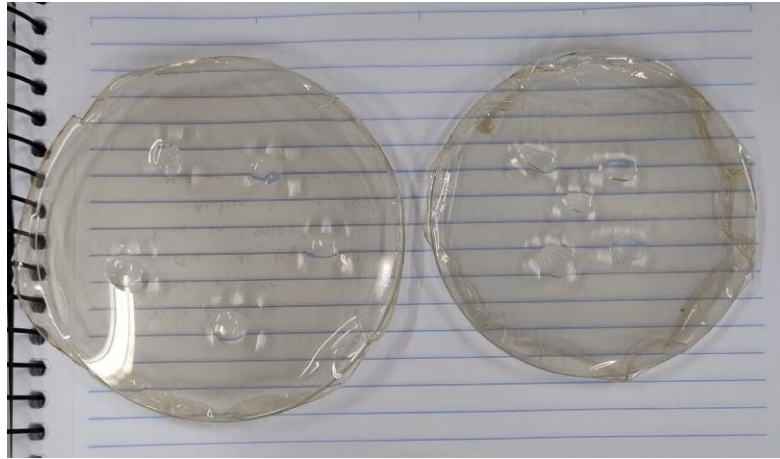


Figura 8 - Amostras em teste de permeabilidade localizada. Fonte: Os autores

2.3.3 Resistência a tração

O ensaio de tração em filmes plásticos, conforme a norma ASTM D882, é amplamente utilizado para caracterizar as propriedades mecânicas de materiais flexíveis, como filmes poliméricos e bioplásticos. Segundo ZwickRoell (2025), esse método permite determinar parâmetros como resistência à tração, módulo de elasticidade e alongamento na ruptura, essenciais para avaliar a qualidade e a aplicabilidade do material em embalagens, revestimentos e aplicações técnicas. A norma prevê que as amostras sejam cortadas com dimensões padronizadas e ensaiadas sob taxa de deformação controlada, garantindo reprodutibilidade e comparabilidade dos resultados. No caso de bioplásticos à base de pectina, esse ensaio é fundamental para avaliar a viabilidade do material como alternativa sustentável aos plásticos convencionais.

O ensaio de resistência à tração foi conduzido utilizando-se uma máquina universal de ensaios, com as amostras padronizadas em dimensões de 15mm de largura, 175,5mm de comprimento e 0,140mm de espessura, todas provenientes da bandeja de acrílico e da mesma formulação. A Figura 8 está representando o processo reali-

zado. Os valores de referência utilizados para comparação dos resultados experimentais foram obtidos com base nas informações da norma ASTM D882, conforme descrito por ZwickRoell (2025), que apresenta os intervalos típicos de resistência à tração e alongamento para filmes plásticos, incluindo materiais poliméricos flexíveis como os bioplásticos.



Figura 9 - Amostra do biofilme em máquina de ensaio. Fonte: Os autores

Os resultados obtidos estão representados na Tabela 1, que apresenta os valores individuais de resistência à tração e alongamento das amostras de bioplástico de pectina, comparando-os com os intervalos típicos encontrados na literatura e normas como a ASTM D882.

Amostra	Resistencia à Tração (MPa)	Alongamento (%)	Referência ASTM - Tração (MPa)	Referência ASTM - Alongamento (%)
1	26,09	2,64	5 – 15	5 – 40
2	26,37	2,03	5 – 15	5 – 40
3	26,56	3,44	5 – 15	5 – 40
4	25,99	1,87	5 – 15	5 – 40

Tabela 1 - Resistência à tração e percentual de alongamento do biofilme. Fonte: Os autores

Os valores indicam uma boa uniformidade entre as amostras, com pequenas variações atribuídas a diferenças naturais de espessura e estrutura interna. O bioplástico demonstrou resistência em um bom patamar, suficiente para aplicações de em-

balagens de alimentos que não demandam elevada resistência mecânica. O alongamento está baixo, o que indica que o material é relativamente rígido e pouco elástico, o que pode ser devido à estrutura da pectina e ao tipo de plastificante usado.

2.3.4 Conservação em fruta

O teste de conservação foi realizado utilizando morangos de tamanho e grau de maturação semelhantes, com o objetivo de avaliar a eficácia do bioplástico na preservação pós-colheita. O experimento teve início no dia 2 de junho de 2025, às 15h, e foi concluído no dia 5 de junho de 2025, às 15h, totalizando 72 horas de observação.

Foram utilizados seis morangos ao todo, divididos em dois grupos:

Armazenamento em geladeira: morango sem proteção (M1); morango revestido com bioplástico de 10 g (M2); e morango revestido com bioplástico de 15 g (M3).

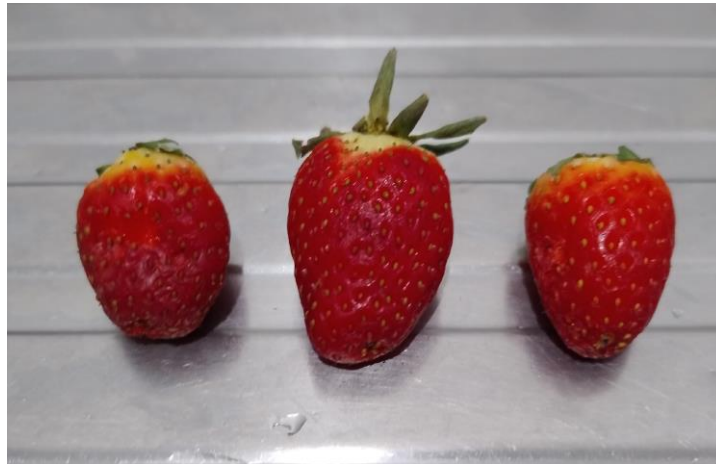


Figura 10 - Amostra do morango antes dos testes. Fonte: Os autores

Ao final do experimento, não foram observadas alterações significativas na aparência ou odor dos morangos armazenados na geladeira, independentemente da presença ou ausência de bioplástico. A única diferença notada foi uma ligeira rigidez adquirida pelo bioplástico após o período de armazenamento, indicando uma pequena perda de flexibilidade, possivelmente devido à redução da umidade ambiental.

Armazenamento em temperatura ambiente: morango sem proteção (M4); morango revestido com bioplástico de 10 g (M5) e morango revestido com bioplástico de 15 g (M6).

Após as 72 horas de armazenamento em ambiente não refrigerado, os resultados foram significativamente distintos entre os tratamentos.



Figura 11 - Morango (M4) após 72 h em temperatura ambiente. Fonte: Os autores

O morango sem proteção (M4) apresentou intenso desenvolvimento de mofo, escurecimento da superfície, vazamento de líquidos, estrutura muito mole e o interior com coloração amarronzada, ou seja, indicativos de deterioração avançada.



Figura 12 e 13 - Morango (M5) após 72 h em temperatura ambiente. Fonte: Os autores

O morango revestido com o bioplástico de 10 g (M5) manteve-se praticamente intacto, sem sinais de mofo ou escurecimento. Sua estrutura estava levemente amolecida, mas o interior preservou a coloração e firmeza características de um fruto fresco.



Figura 14 - Morango (M6) após 72 h em temperatura ambiente. Fonte: Os autores

O morango revestido com o bioplástico de 15 g (M6) apresentou leve formação de mofo e escurecimento, além de apresentar-se mole e com sinais iniciais de degradação.

A análise identificou que o bioplástico de 10 g apresentou maior aderência à superfície do morango, o que pode ter contribuído para uma melhor proteção contra agentes deteriorantes. Por outro lado, o bioplástico de 15 g, mais espesso, não aderiu com a mesma eficiência, possivelmente favorecendo a formação de microambientes propícios ao crescimento microbiano e à deterioração.

3. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A partir dos resultados obtidos, foi possível observar que o bioplástico formulado com pectina cítrica, glicerol, glucose, ácido cítrico e benzoato de potássio apresentou características promissoras para aplicação como embalagem biodegradável. As amostras apresentaram boa transparência, leve coloração amarronzada, superfície lisa e uma boa aderência, com variações de acordo com a espessura e concentração de reagentes. Os testes de solubilidade revelaram que o bioplástico é hidrossolúvel quando completamente submerso, dissolvendo-se rapidamente. No entanto, a aplicação superficial de gotas de água não foi suficiente para penetrar a matriz polimérica, indicando resistência a pequenas exposições de umidade. Quanto à resistência mecânica, os resultados dos ensaios de tração indicaram um comportamento relativamente estável entre as amostras, com resistência média em torno de 2,67 kg/mm² e alongamentos variando entre 1,87% e 3,44%, valores compatíveis com filmes de matriz vegetal. O teste de conservação em morangos demonstrou que o bioplástico de menor espessura, por apresentar maior aderência ao fruto, foi mais duradouro na preservação, especialmente em ambiente não refrigerado, quando comparado ao filme de 15 g e à amostra sem proteção. Isso evidencia o potencial do produto como revestimento ativo na conservação de frutas perecíveis. Pesquisas futuras podem focar na realização de testes microbiológicos para avaliar a atividade antimicrobiana do filme, bem como análises sensoriais e estudos de escalabilidade da produção. A modificação da formulação, com a inclusão de óleos essenciais ou extratos naturais, pode contribuir para potencializar a ação conservante do material, além de ampliar seu tempo de vida útil e aplicabilidade no setor de embalagens sustentáveis.

4. REFERÊNCIAS

ALVARO, Julie. **Ácido cítrico: características e aplicações**. QUÍMICA.com.br, 2021. Disponível em: <https://www.quimica.com.br/acido-citrico-formula-caracteristicas-aplicacao-fornecedores/>. Acesso em: 7 abr. 2025.

ALVARO, Julie. **Origem do plástico: de onde vem, quando surgiu e mais**. Plástico.com.br, 2022. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/origem-do-plastico/>. Acesso em: 7 abr. 2025.

ARAÚJO, Bruna Aline et al. **A aplicação de polímeros biodegradáveis como uma alternativa sustentável**. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 9, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/353633436_A_aplicacao_de_polimeros_biodegradaveis_como_uma_alternativa_sustentavel. Acesso em: 19 set. 2024.

CANTERI, M. H. G. et al. **Pectina: da matéria-prima ao produto final**. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, v. 22, n. 2, p. 149-157, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/xFQbJ6HR3QrCpL6dT9PbVrz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2024

DA CUNHA, P. L. R. **Polissacarídeos da biodiversidade brasileira: uma oportunidade de transformar conhecimento em valor econômico**. *Química Nova*, v. 42, n. 9, p. 1078-1091, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/6B3tdbxBNNz-rvYvZHDKBtXQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em :19 set. 2024

DE BARROS, Josiane Rodrigues; SOARES, Fabiana Melo; SILVA, Elizabete de Santana; CONSTANT, Patricia Beltrão Lessa. **Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: Uma Revisão**. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos, [S. l.]*, v. 37, n. 2, 2021. DOI: 10.5380/bceppa.v37i2.55962. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55962>. Acesso em: 19 set. 2024.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, E. J. C. **Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos**. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QXT9wMDfVQ9PrhbVsp8b3Pc/?lang=pt>. Acesso em: 19 set. 2024.

GUILHERMINO, Larissa Moraes; CHASIN, Alice A. da Matta. **Estudo da formação de benzeno em bebidas contendo o conservante benzoato de sódio**. *Revista Acadêmica Oswaldo Cruz*. Disponível em: https://www.oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Larissa%20Moraes%20GUILHERMINO.pdf. Acesso em: 7 abr. 2025.

HANTZIDIAMANTIS, P. J.; AWOSIKA, A. O.; LAPPIN, S. L. **Physiology, Glucose**. In: STATPEARLS. *StatPearls*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 30 abr. 2024. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538321/>. Acesso em: 7 abr. 2025.

LIMA, Meyrelle. **Estudo do comportamento do mesocarpo de coco babaçu na formação de biofilmes aditivados com compostos antioxidantes – cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2022. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/4354/1/MEYRELLE-LIMA.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

LIMA, R. T. F. M. **Extração da pectina do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) para incorporação em biofilmes**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/11548/1/FB_CO-ENQ_2019_1_30.pdf. Acesso: 20 set. 2024.

MEDEIROS, R.; SCABIN, D.; AGUIRRE, C. Educação ambiental: plástico. Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo, 2023.

ZWICKROELL. ASTM D882 – **Ensaio de tração em filmes**. Disponível em: <https://www.zwickroell.com/pt/setores-da-industria/plasticos/peliculas-e-filmes/astm-d882-ensaio-de-tracao-em-filmes/>. Acesso em: 9 jun. 2025.