

RESSALVA

Atendendo a solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 23/08/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE ENGENHARIA

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

ERIKA TIEMI GANDA

**REAPROVEITAMENTO DE TOMATES (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) ORIUNDOS DE
DESCARTE PARA DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES COMESTÍVEIS COM POTENCIAL
USO EM EMBALAGENS**

Ilha Solteira

2023

ERIKA TIEMI GANDA

**REAPROVEITAMENTO DE TOMATES (*SOLANUM LYCOPERSICUM*) ORIUNDOS DE
DESCARTE PARA DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES COMESTÍVEIS COM POTENCIAL
USO EM EMBALAGENS**

Dissertação apresenta ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência dos Materiais, Universidade Estadual Paulista –
UNESP, Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha
Solteira – SP, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Ciência dos Materiais. Área de
concentração: Química dos materiais

Marcia Regina de Moura Aouada
Orientadora

Ilha Solteira
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

G196r Ganda, Erika Tiemi.
Reaproveitamento de tomates (*Solanum lycopersicum*) oriundos de descarte para desenvolvimento de biofilmes comestíveis com potencial uso em embalagens / Erika Tiemi Ganda Ganda. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
58 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência e Engenharia dos Materiais, 2023

Orientador: Marcia Regina de Moura Aouada

Inclui bibliografia

1. Filmes comestíveis . 2. Biodegradáveis. 3. Polpa de tomate. 4. Orégano.

Esta folha destina-se à inserção da **FOLHA DE APROVAÇÃO**) que o autor receberá após a apresentação em público.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA

Atestamos que **ERIKA TIEMI GANDA**, RA nº: CIE200361, RG nº 48.958.123-7, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 23/08/2023, a dissertação intitulada **REAPROVEITAMENTO DE TOMATES (SOLANUM LYCOPERSICUM) ORIUNDOS DESCARTE PARA DESENVOLVIMENTO DE BIOFILMES COMESTÍVEIS COM POTENCIAL USO EM EMBALAGENS**, junto ao Programa de Pós Graduação em Ciência dos Materiais, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADA'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Ilha Solteira, 23 de agosto de 2023

**MARCIA REGINA
NAGAMACHI**

CHAVES:14202568826

Assinado de forma digital por
MARCIA REGINA NAGAMACHI

CHAVES:14202568826

Dados: 2023.08.24 11:57:39
-03'00'

AGRECIAMENTOS

-

À Deus primeiramente, pela vida e por tudo que tem surgido em minha caminhada, graças ao seu amor e até mesmo os obstáculos, pois nos ensinam as maiores lições.

Aos meus pais, Morimitsu (in memoriam) e Luiza e meu irmão Vitor, que sempre me incentivaram, apoiaram e acreditaram em mim.

Ao meu namorado Victor, que com carinho e amor sempre me apoiou, me incentivou, me ouviu e aconselhou em momentos de dificuldades. Obrigada pela paciência, por me tratar sempre muito bem, companheirismo e por sempre me ajudar da melhor forma possível sem medir esforços. Eu te amo!

A minha orientadora Prof^a. Dr^a Marcia Regina de Moura Aouada pela orientação, paciência e compreensão que foi fundamental para a realização do trabalho.

Aos meus amigos Nara, Leila, Beatriz, Mayara, Kely, Huéberton e Mateus, vocês foram muito importantes dentro e fora do laboratório, pelas nossas conversas e risadas.

A todos os professores do Departamento de Física e Química pelo conhecimento durante as aulas e contribuição durante a pesquisa.

Ao GCNH, pelo apoio na pesquisa e ensinamentos de dedicação a pesquisa.

Aos colegas e funcionários do Departamento de Física e Química que sempre me ajudaram durante o percurso da pesquisa.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, pela oportunidade.

A quitanda do Koji por ter disponibilizado os tomates para pesquisa.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais.

RESUMO

Com o objetivo de reduzir o descarte de produtos de embalagens a base de polímeros sintéticos na natureza, pesquisas estão sendo realizadas para criar um material a base de biopolímeros apresentando novas propriedades como, biodegradáveis e comestíveis. Este trabalho teve como objetivo extrair e desenvolver filmes biodegradáveis contendo polpa de tomate (*Solanum lycopersicum*), orégano e carboximetilcelulose (CMC). Os tomates utilizados para fazer estes filmes foram reaproveitados do descarte de comércio local na cidade de Pereira Barreto – SP. Os filmes foram preparados por “*casting*” de uma solução aquosa de CMC a 2 (m/v)%. Os filmes foram caracterizados quanto a espessura, permeabilidade ao vapor d’ água, ângulo de contato, propriedades mecânicas, ensaios de biodegradação e espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier. A presença de polpa nos filmes aumentou a permeabilidade ao vapor de água e reduz a resistência mecânica, porque os açúcares agem como plastificantes que enfraquecem as interações intermoleculares. No teste de ângulo de contato os filmes apresentaram propriedades mais hidrofílicas apresentando ângulo de contato menores que 90°. A técnica de espectroscopia infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) nos auxiliou na visualização das ligações químicas e na identificação dos grupos funcionais presentes nos materiais que estudamos. Coletivamente, essas análises são úteis para futuras aplicações dos filmes, que se mostraram biodegradáveis em um curto tempo.

Palavras chaves: filmes comestíveis; biodegradáveis; polpa de tomate; orégano.

ABSTRACT:

With the aim of reducing the disposal of packaging products based on synthetic polymers in nature, research is being carried out to create a material based on biopolymers with new properties, such as biodegradable and edible. This work aimed to extract and develop biodegradable films containing tomato pulp (*Solanum lycopersicum*), oregano and carboxymethylcellulose (CMC). The tomatoes used to make these films were reused from local trade disposal in the city of Pereira Barreto - SP. Films were prepared by casting a 2% CMC aqueous solution. The films were characterized in terms of thickness, water vapor permeability, contact angle, mechanical properties, biodegradation tests and Fourier transform infrared spectroscopy. The presence of pulp in the films increased the permeability to water vapor and reduced the mechanical strength, because the plasticizer weakens the intermolecular interactions. In the contact angle test, the films showed more hydrophilic properties with contact angles smaller than 90°. The Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) technique helped us to visualize the chemical bonds and functional groups present in the materials we studied. Collectively, these analyzes are useful for future applications of the films.

Keywords: edible films; biodegradable; tomato paste; oregano

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação estrutural do licopeno presente no tomate.

Figura 2 – Estrutura química do betacaroteno

Figura 3 – Estrutura química carboximetilcelulose

Figura 4: Ilustração das classificações das embalagens.

Figura 5 – Obtenção da polpa de tomate

Figura 6 – elaboração do filme controle e elaboração do filme com polpa de tomate, CMC e glicerol

Figura 7 – Solução filmogênica de polpa de tomate com CMC e glicerol e solução filmogênica de polpa de tomate, CMC, glicerol e orégano pela técnica casting.

Figura 8 – I filme CMC puro, II filme CMC e glicerol, III filme de polpa de tomate, CMC e glicerol, IV filme de polpa de tomate, CMC, glicerol e orégano

Figura 9 – Micrometro utilizado para medir a espessura dos filmes.

Figura 10- Teste de permeabilidade do vapor de água e as placas com filmes de polpa de tomate, CMC, glicerol e orégano.

Figura 11– Teste de permeabilidade do vapor de água e as placas com os filmes de polpa de tomate, CMC e glicerol.

Figura 12 – Cálculo para medição do ângulo de contato.

Figura 13 – Equipamento do teste de ângulo de contato

Figura 14 – Imagem do teste de degradação dos filmes na superfície do solo e um sachê de macarrão instantâneo para demonstrar que a embalagem demora muito mais tempo para se degradar em relação aos filmes.

Figura 15 – Imagem do teste de degradação dos filmes enterrados no solo.

Figura 16 – Gráfico dos resultados da permeabilidade do vapor de água.

Figura 17 – Gráfico do resultado do teste mecânico.

Figura 18 – Teste ângulo de contato para amostras para $t = 0s$

Figura 19 – Teste ângulo de contato

Figura 20 - Espectros do FT IR do CMC puro e CMC com glicerol

Figura 21 – Espectros do FT IR do filme de Polpa de tomate, CMC, glicerol e filme de Polpa de tomate, CMC, glicerol e orégano

Figura 22 – Sistema completo montado para realização dos testes.

Figura 23 – Amostras na superfície do solo

LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Resultados das espessuras média dos filmes elaborados

TABELA 2 – Resultados da permeabilidade de vapor de água

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

WVP	Inglês (Water Vapor Permeability) - Permeabilidade ao Vapor de Água
CMC	carboximetilcelulose
CMCp	Filme de Carboximetilcelulose pura
CMCg	Filme de Carboximetilcelulose com glicerol
PtCMCg	Filme de polpa de tomate, Carboximetilcelulose e glicerol
PtCMCgO	Filme de polpa de tomate, Carboximetilcelulose, glicerol e orégano.
FT IR	Espectroscopia no Infravermelho com transformada de Fourier
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
FAO	Inglês (Food and Agriculture Organization) - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
CO₂	Dióxido de carbono

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. Produção e consumo de frutas e hortaliças	3
2.2. Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	4
2.3. Carboximetilcelulose	5
2.4. Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	6
2.5. Filmes biodegradáveis	6
2.6. Embalagens	8
3. Objetivos	9
3.1. Objetivo geral	9
3.2. Objetivo específico	9
4. Materiais e métodos	10
4.1. Materiais	10
4.2. Métodos	10
4.2.1. Higienização dos tomates	10
4.2.2. Obtenção da polpa de tomate	10
4.2.3. Elaboração dos filmes	11
4.3. Caracterização dos filmes	12
4.3.1. Espessura dos filmes	12
4.3.2. Permeabilidade do vapor de água (WVP)	13
4.3.3. Propriedades mecânicas	15
4.3.4. Ângulo de contato	16
4.3.5. Espectroscopia no infravermelho como transformada de Fourier (FT-IR)	17
4.3.6. Biodegradação em solo	17
5. Resultados e discussão	20
5.1. Caracterização dos filmes biodegradáveis	20
5.1.1. Espessura	20
5.1.2. Permeabilidade do vapor de água (WVP)	20
5.1.3. Propriedades mecânicas	22
5.1.4. Angulo de contato	23
5.1.5. Espectroscopia no infravermelho como transformada de Fourier (FT-IR) ...	25
5.1.6. Biodegradação em solo	26

6. Conclusão	30
7. Próximas etapas	30
8. Referências bibliográficas	31

1 INTRODUÇÃO

As embalagens plásticas desempenham um papel fundamental em nossa sociedade para abastecer a população de forma eficiente e segura, tornando-se um material imprescindível. O Brasil produz cerca de 4 milhões de toneladas por ano desse material flexível e durável derivado do petróleo, também conhecido como material de ciclo curto, das quais apenas 23% são reaproveitadas. (ABIPLAST, 2020). O descarte inadequado desses materiais derivados do petróleo tem muitos impactos socioambientais devido ao seu longo tempo de degradação como, poluição de rios e mares e entupimento de valas e bueiros. Essas questões ambientais tornaram-se uma preocupação ambiental na década de 70. (AVELINO, 2019).

Devido a essas preocupações ambientais, pesquisas em embalagens são realizadas desde 1996 e têm como foco filmes e revestimentos comestíveis à base de biopolímeros como proteínas, polissacarídeos e lipídios, que podem ser totalmente biodegradáveis, contribuindo para reduzir a poluição ambiental e melhorar a sustentabilidade (ASSIS, 2010; BARROS, 2016; AZEREDO et al, 2012).

Biofilmes e revestimentos comestíveis são formados a partir de camadas finas contínuas e podem ser feitos de frutas e vegetais. Os biofilmes tornaram-se um tema de grande interesse devido ao seu potencial para evitar a deterioração dos alimentos e aproveitar os resíduos da indústria de alimentos. (CLARK, 2012).

A utilização de revestimentos comestíveis pode se formar ou se depositar nos alimentos e são feitas de materiais biológicos, esses materiais acabam agindo como um limitante para fatores externos como umidade, choque mecânico e trocas gasosas, portanto protegem o alimento prolongando sua presença no mercado. (SONG et. al, 2014). Alimentos protegidos por polímeros naturais podem ser consumidos com ou sem a película removida, além disso, está cobertura pode conter vitaminas e minerais (ATTILA, 2009). O revestimento que for descartado pelos consumidores é degradado por atividades biológicas naturais, devendo ser completamente degradado por microrganismos em um curto período em produtos como, dióxido de carbono, água, metano, hidrogênio e biomassa (CARISSIMI, 2018).

Segundo a Organização das Nações Unidas, a indústria alimentícia desperdiça 27 milhões de toneladas de alimentos todos os anos, portanto, o reaproveitamento de resíduos da indústria alimentícia, como frutas e verduras, pode ser um grande aliado no processamento de filmes comestíveis e biodegradáveis. (ONU, 2022). A EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) por meio de um intercâmbio com o Departamento de Agricultura

Americano, ARS – USDA adotou esse processo de reaproveitamento como linha de pesquisa na elaboração de filmes (MATTOSO, 2016). Os alimentos descartados e considerados impróprios para a ingestão do consumidor são reaproveitados e utilizados para a produção de filmes a partir de purê/polpa de frutas ou vegetais, podendo resultar em uma embalagem bioativa manejável e com propriedades semelhantes ao material sintético sem agredir o meio ambiente e que interaja ativamente com os alimentos (SOUSA et al., 2020).

O uso de polpa/purê de fruta surgiu como potencial candidato para a produção de filmes devido às suas diversas propriedades, como boa barreira contra o contato de alimentos com oxigênio, umidade baixa ou moderada e propriedades mecânicas aceitáveis para transporte e embalagem de pequenos produtos alimentícios. Outro atrativo dos filmes com polpa/purê de fruta é a preservação de sua cor, aroma e sabor. (BARROS et al., 2020) contribuindo ainda mais para a economia circular

6 CONCLUSÃO

Os polímeros biodegradáveis é uma área de pesquisa com grande potencial, pois estes tipos de materiais são utilizados não só para embalagens mas também para os mais diversos campos de estudo colaborando para a substituição dos materiais sintéticos pelos filmes biodegradáveis, assim contribuindo para uma maior sustentabilidade na prática produtiva da indústria alimentícia. No teste WVP os filmes PtCMCg e PtCMCgO apresentaram melhores resultados devido aos componentes dos filmes utilizados serem polpa de tomate e glicerol. Nos testes mecânicos, os filmes de CMCp e CMCg apresentaram resultados satisfatórios em relação aos filmes de polpa de tomate, pois o CMC possui maior viscosidade, o que pode melhorar as interações intermoleculares. Os plastificantes e o açúcar da polpa de tomate nos demais filmes enfraqueceram as interações intermoleculares, tornando-os menos rígidos e menos flexíveis.

Todos os filmes no estudo tinham ângulos de contato menores que 90°, indicando propriedades superficiais e hidrofílicas. Os filmes comestíveis de tomate contendo orégano podem ter atividade antimicrobiana e múltiplos benefícios em embalagens de alimentos, incluindo proteção contra contaminação por microrganismos patogênicos, bem como benefícios nutricionais e de saúde associados ao consumo de componentes de tomate que podem estar presentes nos filmes.

Na microscopia eletrônica de varredura (MEV) os filmes de CMC puro e CMC e glicerol apresentaram filmes mais homogêneos e lisos, pois a ligação química entre eles é forte. No entanto, os filmes com polpa de tomate apresentam irregularidades na superfície e dessa forma, comprova que essa superfície rugosa interfere nos testes mecânicos e no ângulo de contato.

No teste de selagem, apenas o filme de CMC puro não obteve resultado satisfatório, entretanto as outras 3 amostras foram seladas, pois o glicerol deve ter aumentado a pegajosidade do filme, resultando na aderência entre as amostras e também a adição da polpa de tomate utilizado na amostra também pode aumentar a aderência por possuir açúcares que facilitam a selagem.

Por fim, a necessidade de reduzir o uso de materiais de fontes não renováveis levou à pesquisas para a criação de embalagens biodegradáveis e comestíveis com o objetivo de substituir as embalagens primárias tradicionais contidas em produtos alimentícios, no entanto, sabemos da dificuldade de aceitação das indústrias, afinal, os plásticos tradicionais são a base da sociedade moderna, quase tudo o que consumimos é feito de plástico, mas isso não invalida o fato da urgência de estudos na área de embalagens biodegradáveis, pois eles

podem auxiliar na redução do uso de plásticos e colaborar grandiosamente para o avanço do desenvolvimento sustentável.

7 IMPACTO/RELEVÂNCIA CIENTÍFICO-SOCIAL

A necessidade de produzir embalagens biodegradáveis e comestíveis a fim de substituir embalagens primárias fez com que essa proposta fosse planejada.

A proposta aqui apresentada se enquadra na demanda de novas embalagens para alimentos, pois estimula pesquisas na área de embalagens biodegradáveis. Além de utilizar resíduo a base de extrato de frutos na elaboração dos filmes, o que também é algo inovador no trabalho. Atendendo às necessidades e exigências dos mercados, impulsionando, assim, o desenvolvimento de uma tecnologia de elaboração de produto de interesse mundial, focado na preocupação ambiental e de sustentabilidade.

Esse projeto auxiliou na formação de novas linhas de pesquisa por meio do grupo de pesquisa GCNH – Grupo de Compósitos e Nanocompósitos Híbridos do programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil. O que está de acordo com a política da própria universidade de formação qualificada de recursos humanos e capacitação científica de qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ABIPLAST. Associação Brasileira da Indústria do Plástico. Perfil 2018. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wpcontent/uploads/2021/05/PREVIEW_ABIPLAST_2020.pdf>. Acesso em: 28/11/2022.
- ARFA, A. B, CHRAKABANDHU, Y., PREZIOSI-BELLO, L., CHALIER, P., GONTARD, N. Coating papers with soy protein isolates as inclusion matrix of carvacrol. *Food Research International*. 2007; 40:22-3
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**. v. 19, n.2, p. 233-243, 2006.
- AOUADA, M. R. de M. **APPLICATION OF NANOPARTICLES IN FILMS USED FOR FOOD PACKAGING**. 2009. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.
- AVELINO, K. R. de S. **Desenvolvimento e caracterização de filmes comestíveis à base de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.
- ASSIS, O. B. G. **Alteração do caráter hidrofílico de filmes de quitosana por tratamento de plasma de HMDS**. *Química Nova*, São Carlos, v. 33, n. 3, p 603-606, 2010.
- ATILLA, D., BASOVA, T.V., JUSHINA, I., AHSEN, V. The synthesis and characterization of Cu(II) phthalocyanine bearing peripheral monoazacrown ethers and a spectral investigation of its film forming character. *Journal & Books*. v.80, p 67 – 72, 2009.
- AZEREDO, H.M.C.; MIRANDA, K.W.E.; ROSA, M.F.; NASCIMENTO, D.M.; MOURA, M.R. Edible films from alginate-acerola puree reinforced with cellulose whiskers. **Food Science and Technology**. v. 46, p.294-297, 2012
- BARROS, T.T. **Produção e caracterização de filmes de polpa de mamão com adições de nanoestruturas, processados em modo batelada**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos- SP, 2016.
- BARROS, T. T.; TOSI, M. M.; ASSIS, O. B, G. Aproveitamento de rejeitos da cadeia hortofrutícola no processamento de plásticos biodegradáveis. **Revista Gestão Industrial**, v.16, n. 4, p. 215 – 229, 2020
- BENLLOCH-TINOCO, M.; M.; SALVADOR, A.; RODRIGO, D.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. **Qualidade e aceitabilidade de microondas e purê de kiwifruit convencionalmente pasteurizado**. *Food and Bioprocess Technology*, v.7, n. 11, p. 3282-3292, 2014.
- BERGO, P. V. A., CARVALHO, R. A., SOBRAL, P. J. A., DOS SANTOS, R. M. C., DA SILVA, F. B. R., PRISON, J. M. HABITANTE, A. M. Q. B. **Physical properties of edible films based on cassava starch as affected by the plasticizer concentration**. *Packaging Technology & Science*, v.21, p.85–89, 2008

BAJPAI, V.K.; BAEK, K.H.; KANG, S.C.; Control of Salmonella in foods by using essential oils: A review, *Food Res. Int.* 45 (2012) 722–734.

BUNGHEZ, I.R., RADULY, M., DONCE, S., AKSAHIN, I., ION, R.M. Lycopene determination in tomatoes by different spectral techniques (UV-VIS, FTIR and HPLC), **Journal of nanomaterials and biostructures**, v.6, n.3, p. 1349-1356, 2011.

CARISSIMI, M. **Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis a partir de amido de mandioca e microalga verde**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos - UFRGS 2018.

CAMPOS, A.; MARCONATO, J. C.; MARTINS-FRANCHETTI, S. M. Biodegradation of blend films PVA/PVC, PVA/PCL in soil and soil with landfill leachate. **Brazilian Archives Biology and Technology**, v.54, n.2, p. 1367-1378, 2011.

CARNEIRO, H. **Comida e Sociedade** – uma história da alimentação. Rio de Janeiro, Campus, 2003, p.61 e 71.

CLARK, S. L; HAMMOND, P. T. **Engineering the microfabrication of Layer-by-layer thin films**. *Advanced Materials*, Germany, v.10, n. 18, p 1515- 1519, 2012.

COOPLANTIO - Cooperativa dos Agricultores de Plantio Direto. Galeria de fotos. 2003.

CUERVELO, A. A. S.; CARVALHO, A. J. F.; AGNELLI, J.A. M.; **Carbohydrate Polymers**, v.45, p.183 – 188, 2001.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGENS – CETEA. Ensaios para avaliação de embalagens plásticas flexíveis. Campinas, p. 219, 1996.

CUQ, B.; GONTARD, N.; CUQ, J.L.; GUILBERT, S. Functional properties of myofibrillar protein-based biopackaging as effected by film thickness. **Journal of Food Science**, vol. 61, n. 3, p. 580-584, 1996

EMBPRAPA Instrumentação: Disponível em: <

https://www.embrapa.br/instrumentacao/buscadenoticias?p_p_id=buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=pop_up&p_p_mode=view&p_p_col_id=column&p_p_col_pos=1&p_p_col_count=2&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_groupId=1355311&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_articleId=2765864&_buscanoticia_WAR_pcebusca6_1portlet_viewMode=print> Acesso em: 2 dez. 2022

FROTA, M. M.; **Sistemas superhidrofóbicos aplicados à Ciência e Tecnologia de alimentos: conceitos, tendências e desafios tecnológicos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará, 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO.
World tea production and trade Current and future development. Disponível em:
<<http://www.fao.org/3/a-i4480e.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2022

FECHINI, G. J. M. **Polímeros Biodegradáveis: Tipos, Mecanismos, Normas e Mercado Mundial**. Editora Mackenzie, São Paulo, 2013.

FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. **Polímeros Biodegradáveis** – Uma Solução Parcial para Diminuir a Quantidade dos Resíduos Plásticos. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 811-816, 2006.

FARIAS, M. G., FAKHOURI, F. M.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Caracterização físico-química de filmes comestíveis de amido adicionado de acerola. **Química Nova**, vol. 35, No 3, p.546 – 552, 2012.

GHIZELINI, A. M. **Sucessão de Fungos em Acículas de Pinus taeda em Decomposição**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p. 61, 2005.

GONTARD, N.; GUILBERT, S. Bio-packaging: Technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 30, n. 1, p. 3-15, 1996.

JAIME, P. C.; FIGUEIREDO, I. C. R.; MOURA, E. C.; MALTA, D.C. Fatores associados ao consumo de frutas e hortaliças no Brasil 2006. **Revista Saúde Pública**, v.43, p. 57 – 64, 2009.

JUNIOR, S. V. C. **Técnicas de Caracterização de Polímeros**. 2º ed, São Paulo, SP: Artliber, 2007

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; VOILLEY, A. Importance of Surface Tension Characterization for Food, Pharmaceutical and Packaging Products: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 45, p. 391-407, 2006

KEHRWALD, A. M. **Estudo da influência da energia livre superficial na molhabilidade e adesão de revestimentos à base de fluorsilanos**. 2009. 91 f. Dissertação – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2009

KOKOSZKA, S et al. Protein and glycerol contents affect physico-chemical properties of soy protein isolate-based edible films Innovative. **Food Science & Emerging Technologies**. v.11, p.503-51, 201

LADISLAU, S. R., **Potencialidades funcionais do tomate salada fresco e desidratado sob diferentes condições**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, 2018

LIAO, N.; UNNITHAN, A. R.; JOSHI, M. K.; TIWARI, A. P.; HONG, S. T.; PARK, C.; KIM, C. S. Electrospun bioactive poly (ϵ -caprolactone)–cellulose acetate–dextran antibacterial composite mats for wound dressing applications. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, Amsterdam, v. 469, p. 194–201, 2015.

MATTOSO, L. H. C. Embalagens verdes. [Entrevista concedida a Evanildo da Silveira. Revista FAPESP, 2016.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E. Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, p. 7055 - 7011, 2004.

MALI, S.; SAKANAKA, L. S.; YAMASHITA, F.; GROSSMANN, M. V. E. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydrate Polymers*, Kidlington Oxford, v. 60, n. 3, p. 283-289, 2005.

MELO, T. H.S. **Preparo e caracterização de filmes nanoestruturados a base de pectina e polpas de frutas com potencial uso como embalagens alimentícias**. Dissertação de mestrado em ciência dos materiais, Faculdade de engenharia de Ilha Solteira, Universidade estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Ilha Solteira, p. 44, 2016.

MCHUGH, T. H.; HUXSOLL, C. C.; KROCHTA, J. M. Permeability properties of fruit puree edible films. **Journal of Food Science**, v. 61, n. 1, p. 88–91, 1996

MORETTI, C. L. (Ed.). Manual de processamento mínimo de frutas e hortaliças. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças: Sebrae, 2007. 527.

NAZMI, N.N.; ISA, M.I.N.; SARBON, N.M.; Preparation and characterization of chicken skin gelatin/CMC composite film as compared to bovine gelatin film. **Food Bioscience**. (2017).

NOGUEIRA, G.F; SOARES, C.T; CAVASINI, R; FAKHOURI, F.M; OLIVEIRA, R.A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**, v. 275, p.417–425, 2019. Available online 10 September 2018

OLIVEIRA, T. A.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; FERREIRA, R. M. A. Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. **Revista Verde**, v. 6, n.1, p. 230 – 234. 2011.

OLIVEIRA, C.G. **Extração e caracterização do betacaroteno produzido por *Rhodotorula glutinis* tendo como substrato o suco de caju**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Ceará. 2010.

OLIVEIRA, L. M.; QUEIROZ, G. C. (Org.). Embalagens plásticas rígidas: principais polímeros e avaliação da qualidade. Campinas: CETEA/ITAL, p.372, 2008.

OLIVEIRA, E. F. R. **Desenvolvimento de novos filmes comestíveis contendo pure de couve e alginato de sódio**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Estadual Paulista (2020).

ORTEGA-TORO, R et al. "Effect of the incorporation of surfactants on the physical properties of corn starch films". **Food Hydrocolloids**. P.38 - 66, 2014

OTONI, C. G., PONTES, S. F. O., MEDEIROS, E. A. A., SOARES, N. F. F. Edible films from methylcellulose and nanoemulsions of clove bud (*Syzygium aromaticum*) and oregano (*Origanum vulgare*) essential oils as shelf life extenders for sliced bread. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 5214-5219, 2014.

PARK, Su-Il., ZHAO, Y. Development and characterizations of edible films from cranberry pomace extracts. **Journal of Food Science**, v.71, p. 95-101. 2006

PEREZ-CORDOBA, L. J.; NORTON, I.T.; BATCHELOR, H.K.; GKATZIONIS, K.; SPYROPOULOS, F.; SOBRAL, P.J.A.; Physico-chemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatinchitosan based films loaded with nanoemulsions encapsulating active compounds. **Food Hydrocolloids**. 79 (2018), p. 544-559.

PERIAGO, M. J., Martínez-Valverde, I., ROD, G., MARTÍNES, C., & López, G. (2001). PROPIEDADES QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y VALOR NUTRITIVO DEL LICOPENO. **Anales de Veterinaria de Murcia**, 17, 51–66.

PIRES, V.G.A; **Incorporação de nanoemulsões de óleos essenciais de melaleuca, copaíba e limão em filmes de alginato de sódio para utilização como curativo**. (2016), 81 f.Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais). Universidade Estadual Paulista

QUEIROZ, E. L., ARAÚJO, G. S., ALMEIDA, T. B., MARTINEZ, E. A., & SOUZA, S. M. A. (2021). Chemical and mechanical properties of cassava starch bioactive film with jambolan (*Syzygium cumini* L.) extract addition. **Brazilian Journal of Food Technology**, 24.

ROMANI, V.P., PRENTICE-HERNANDEZ, C., MARTINS, V.G. Active and sustainable material from rice starch, fish protein and oregano essential oil for Food packaging. **Industrial Crops and Products**. 2016; p. 268-274.

ROMERO-BATISDA, C. A.; BELLO-PEREZ, L. A.; GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; SOLORZA-FERIA, J.; ZARITZKY, N. E.; **Carbohydr. Polym.** 2005, 60, 235.

ROYO, M., FERNÁNDEZ-PAN, I., MATÉ, J.I. Antimicrobial effectiveness of oregano and sage essential oils incorporated into whey protein films or cellulose-based filter paper. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 2010; p.1513–1519

SANTOS, R. R et al. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 132–140, 2017.

SANTOS, B. **Biodegradabilidade de filmes baseados em biopolímero e óleo essencial de erva-doce**. Dissertação (mestrado). Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista, 2020.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; BRANCO, I. G.; BITTENCOURT, T. U.; MUNHOZ, C. L. **Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum*)**. Food Science and Technology, Campinas, p. 308- 312, 2011

SHALABY, S.W, SHAH, K.R. “Chemical modifications of natural polymers and their technological relevance in Water Soluble Polymers: Synthesis, Solution Properties, and Applications”. **ACS Symposium Series, American Chemical Society**, pp. 467, 1991

SEYDIM, A.C., SARIKUS G. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. **Food Research International**. 2006; p.639–644.

SOTHORNVIT, R. PITAK, N. Oxygen permeability and mechanical properties of banana films. **Food Research International**, v. 40, p. 365 – 370, 2007.

SOUSA, S. D. N., SANTIAGO, R. G., MAIA, D. A. S., SILVA E. O., VIEIRA, R. S. Ethylene adsorption on chitosan/zeolite composite films for packaging applications. **Food packaging and shelf life**, 2016.

SOUZA, S. M. A. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis biodegradáveis a base de proteínas miofibrilares de origem bovina**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

SANTOS, V. S. **Desenvolvimento no preparo e caracterização de bionanocompósitos comestíveis a base de pectina e óleo essencial de alho**. 2020. f.103. Tese (Doutorado) – Programa de pós graduação em ciência dos materiais, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.

SU, Jun-Feng et al. Structure and properties of carboxymethyl cellulose/soy protein isolate blend edible films crosslinked by Maillard reactions. **Carbohydrate polymers**, v. 79, n. 1, p. 145-153, 2010.

SINGH, T.P; CHAUHAN, G; AGRAWAL, R.K; MENDIRATTA, S.K. Response surface modeling and optimization of tomato puree–casein bio-composite films. **Iranian Polymer Journal**, v.27, p.861–879, 2018

SINDERSKI, L. F. Z.; Ângulo de contato e rugosidade de madeiras, uma breve revisão. **Ciência da madeira (Brazilian Journal of Wood Science)** v. 11, n.1, p. 1 -11. 2020.

SOTHORNVIT, R; PITAK, N.; **Food Res. Int.** 2007, 40, 365.

TEIXEIRA, G. H. A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; ROSSI JUNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.1, p.47-50, 2001

TONON, R. V.; BORONI, A. F.; HUBINGER, M. D. 2006. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 26(3): 715- 723.

VIEITES RL; DAIUTO AR; SILVA, A. P. Efeito da utilização de cera e películas de amido e fécula em condições de refrigeração, na conservação do tomate. **Revista Cultural Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 127-129, jan./abr. 1999

YONEZAWA, U.G. **Síntese, caracterização e aplicação de hidrogéis nanoestruturado contendo nanoargila para melhorar a germinação e qualidade de muda de hortaliça.** Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista, Departamento de Física e Química, 2016.

ZHONG, H., CHEN, Y. and others. Thermal sealing of edible films for packaging applications (**Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 2019.

ZIANI, K.; OSES, J.; COMA, V.; MATE, J. I.; LWT - **Food Sci. Technol.** 2008, 41, 2159.

.