

OBTENÇÃO DE BIOFILMES DE CARRAGENA KAPPA, INCORPORADOS COM FARINHA DE ARROZ E ADITIVADOS COM HIDROLATO DE ESSÊNCIAS NATURAIS.

Rômulo Rudá Figueirêdo e Medeiros¹

Damilson Ferreira dos Santos²

Leda Maria Oliveira de Lima³

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo produzir biofilmes a base de carragena (kappa) em diferentes concentrações. Foi utilizado o método de casting utilizando-se como plastificante a glicerina bidestilada. Foram preparadas quatro composições de biofilmes (C1, C2, C3 e C4), sendo dois deles (C3 e C4) com adição de farinha de arroz nas concentrações de 1,14 e 1,94%. A quantidade de glicerina variou de 30 a 41,7% em relação a massa seca do biopolímero. O aumento das concentrações de carragena e glicerol na composição C2, aumentaram a espessura do filme, resultando em um filme grosso e pouco maleável. A formulação C4: obteve o melhor resultado, obtendo-se um biofilme maleável e resistente. A adição de farinha de arroz ainda contribuiu na redução do odor desagradável característicos desses filmes a base de carragena. Por fim, o filme ainda foi aromatizado pela adição do hidrolato de cravo-da-índia na formulação.

Palavras chaves: biofilme; carragena (kappa); farinha de arroz; hidrolatos de óleos essenciais.

¹Discente do Bacharelado em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ Campus Angicos. E-mail: romuloruda2@gmail.com

²Professor do Magistério Superior – UFERSA/Campus Angicos (Coorientador).

³Professora do Magistério Superior – UFERSA/Campus Angicos (Orientadora).

1 INTRODUÇÃO

O crescente uso de embalagens plásticas nas últimas décadas tem sido uma preocupante fonte de poluição do planeta. A fabricação de plástico virgem, somente no século XXI, equivale ao volume produzido nos 50 anos anteriores e as projeções indicam que, se o ritmo de crescimento não for contido, o mundo terá que acomodar cerca de 550 milhões de toneladas do material em 2030 (VASCONCELOS, 2019). De acordo com dados do Atlas do Plástico (2019), além da poluição do solo e do mar, a produção dos plásticos ainda acelera as mudanças climáticas, uma vez que, se as tendências atuais continuarem, os plásticos terão causado emissões de CO₂ da ordem de 56 gigatoneladas até 2050. A fabricação contínua do plástico pode custar de 10 a 13 por cento do limite estimado de emissões de carbono para que o aquecimento global se mantenha abaixo de 1,5 graus Celsius. (ZAMORA, 2020).

Uma forma de tentar minimizar o impacto desse problema ambiental é promover a reciclagem do plástico, o que pode reduzir o enchimento de aterros e por conseguinte, a lixiviação de produtos químicos. Entretanto, a reciclagem tem seus próprios desafios e obstáculos, como por exemplo o uso da energia necessária no processo, e ainda exige que os consumidores desempenhem um papel ativo (ZELLER et al., 2013). Segundo dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (2022), menos de 10% de todo lixo plástico produzido é de fato reciclado OCDE (2022).

Diante do exposto, surge a importância das pesquisas e aplicações do bioplástico, um material que pode ser produzido a partir de fontes orgânicas e renováveis, com potencial para substituir os plásticos convencionais, principalmente aqueles utilizados para embalagens de alimentos, que são os mais consumidos e descartados em todo o mundo. Os bioplásticos possuem propriedades e aplicações muitas vezes similares ou idênticas às dos plásticos convencionais derivados de petróleo, surgindo como alternativa de matéria-prima. São basicamente produzidos através de alguns polímeros como: polímeros extraídos de biomassa, polímeros produzidos por micro-organismos, polímeros sintetizados de matéria-prima de fonte fóssil e os polímeros sintetizados de monômeros bioderivados (MEI, 2016).

Recentemente tem aumentado o interesse por pesquisas e desenvolvimento de filmes biodegradáveis, considerados como embalagens ativas, capazes de interagir com os alimentos. E uma das matérias-primas capazes de produzir esse tipo de biofilme é a carragena. As carragenas são um grupo de polissacarídeos naturais presentes na estrutura celular de algas marinhas. É um hidrocolóide utilizado em diversas aplicações na indústria alimentícia como espessante, gelificante, estabilizantes e agente de suspensão.

Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo produzir biofilmes a base de carragena (kappa) em diferentes concentrações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Bioplásticos

Os bioplásticos podem ser produzidos a partir de uma ampla variedade de matérias-primas que origem renovável. Essa é a sua principal vantagem em relação ao plásticos convencionais, que só possuem o petróleo como fonte material primária de produção (MEI, 2016). Esse é um dos principais critérios utilizados como justificativa para uma integral substituição dos plásticos petroquímicos. Os bioplásticos podem ser biodegradáveis ou não biodegradáveis (MEI, 2016). São basicamente produzidos através de alguns polímeros como: polímeros extraídos de biomassa, polímeros produzidos por micro-organismos, polímeros sintetizados de matéria-prima de fonte fóssil e os polímeros sintetizados de monômeros bioderivados (Figura 1).

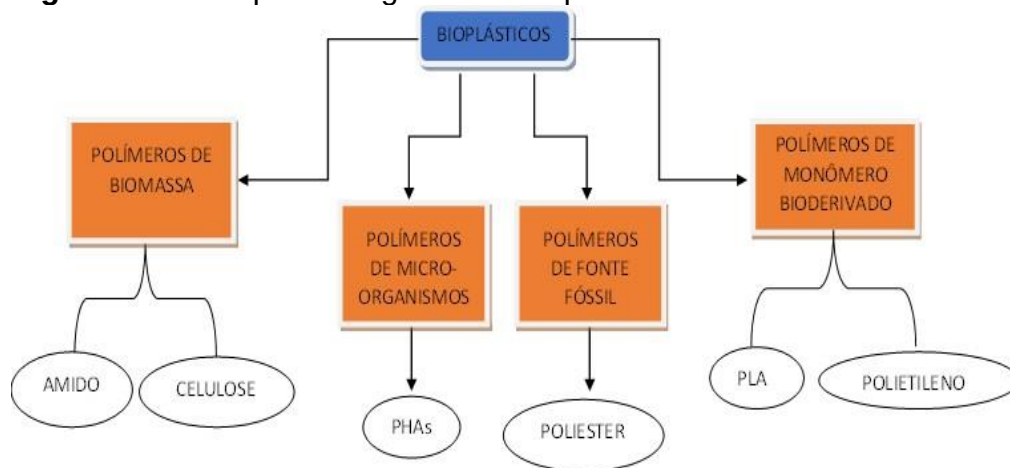
As principais matérias-primas dos polímeros extraídos de biomassa são o amido e a celulose. O amido pode ser obtido a partir da mandioca, da batata, do milho, do trigo, entre outros, enquanto a celulose vem principalmente da madeira e das fibras.

Os polímeros produzidos por micro-organismos são denominados de PHAs (polihidroxialcanoato), consistem de poliésteres obtidos por fermentação de biomassa ou de plantas modificadas geneticamente. Possuem como principais matérias-primas o amido, o metano e o lodo.

Os polímeros de fonte fóssil são os poliésteres, obtidos a partir do

petróleo e gás natural e os polímeros de monômeros bioderivados, que compreendem o PLA (ácido polilático), o polietileno e o bio-pet, derivados da cana-de-açúcar (MEI, 2016; LANDIM et al., 2016).

Figura 1 – Principais categorias de bioplásticos e suas fontes.



Fonte: Adaptada de Mei (2016).

2.1.1 Algas

As microalgas vêm se destacando para produção de polímeros biodegradáveis. A biomassa de microalgas contém alto teor proteico e tamanho pequeno, isto permite que elas sejam adequadas para a conversão em plástico sem qualquer tratamento prévio, tornando a produção escalável mais econômica e reduzindo a produção de resíduos (ZELLER et al., 2013). Uma importante vantagem é que seu cultivo não necessita de grandes áreas de terra, podendo ainda ocupar locais impróprios para a agricultura, não competindo com a produção de alimentos. Outra vantagem é que necessitam de menores quantidades de água, podendo esta ser salina, alcalina ou até mesmo residual (MARTINS, 2014).

Carragena

A carragena é um hidrocolóide extraído de algas marinhas vermelhas das espécies *Eucheuma (kappaphycus)*, *Chondrus*, *Gigartina* e *Hypnea* (AGARGEL, 2023). É utilizada em diversas aplicações na indústria alimentícia como espessante, gelificante e estabilizante, tanto em sistemas aquosos quanto em sistemas lácteos. A vantagem de se produzir biofilmes utilizando a carragena

(kappa), tem como base, sua particularidade de formar colóides e géis em meios aquosos a concentrações muito baixas. Esses géis são transparentes e termorreversíveis, tendo uma variedade de texturas, desde muito elásticas e coesas, até géis firmes e quebradiços, dependendo da combinação das frações que se utiliza.

A carragena localiza-se na parede das células e na matriz intercelular do tecido das algas. É um polissacarídeo de alto peso molecular com conteúdo de éster sulfato de 15% a 40% formado por unidades alternadas de D-galactose e 3,6-anidro-galactose (3,6-AG) unidas por ligações α -1,3 e β -1,4-glicosídica. A carragena tipo kappa contém de 25% a 30% de éster sulfato e de 28% a 35% de 3,6-AG assim como outras propriedades observadas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades da carragena kappa (Agargel Industria e Comercio LTDA).

Tipo	Kappa
Estrutura	
Ester sulfato	25 a 30%
3,6-anidro-D-galactose	28 a 35%
Solubilidade	
Água à 85°C	Solúvel
Solução concentrada de sais	Insolúvel
Solventes orgânicos	Insolúvel
Gelificação	
Tipo e textura do gel	Quebradiço com sinérise
Sinergia com amido	Não
Estável	a Não
congelamento/descongelamento	
Estabilidade do pH	
pH neutro/alcalino (solução/gel)	Estável
pH ácido (solução)	Hidrólise da solução acelerada
pH ácido (gel)	Estável

Fonte: Agargel (2023).

As espécies produtoras de carragena tipo kappa são a *Kappaphycus Alvarezii* (antiga *Eucheuma Cottonii*) e a *Hypnea Musciformis* (AGARGEL, 2023).

2.2 Farinha de arroz

A Tabela 2 apresenta a composição do grão de arroz.

Tabela 2. Composição do grão de arroz (em 100g).

Componente	Integral	Polido
Água (%)	12,0	12,0
Proteína (%)	7,5	6,7
Gordura (%)	1,9	0,4
Carboidrato (g)	77,4	80,4
Fibra (g)	0,9	0,3
Cinza (%)	1,2	0,5
Cálcio (mg)	32,0	24,0
Fósforo (mg)	221,0	94,0
Potássio (mg)	214,0	92,0
Tiamina (mg)	0,34	0,07
Riboflavina (mg)	0,05	0,03
Niacina (mg)	4,7	1,6

Fonte: CASTRO et al., 1999.

A farinha de arroz possui na sua composição cerca de 90% em amido. O amido é um polissacarídeo constituído por dois polímeros da glicose: a amilose e a amilopectina. A amilose forma géis firmes após o resfriamento e tem grande tendência a precipitar, enquanto que a amilopectina apresenta gelificação lenta ou inexistente, precipitação lenta, e textura gomosa e coesiva (BRAGANTE et al., 2009).

2.3 Hidrolatos

O hidrolato consiste no líquido obtido como subproduto ou coproduto do processo de extração de óleos essenciais utilizando a técnica por arraste a vapor ou a hidrodestilação. Possuem geralmente, de 0,05 a 0,20 g de óleo essencial por litro, apresentando compostos voláteis hidrossolúveis em sua composição e

possuindo uma razoável quantidade de princípios ativos como ácidos, aldeídos e aminas (LAVABRE, 1993; RODRIGUES et al., 2011).

Atualmente, os hidrolatos têm sido utilizados para preparação de xaropes e em cosmetologia (TESKE; TRENTINI, 1997). O hidrolato pode ser utilizado para perfumar e conferir propriedades antifúngicas (FRANZENER et al., 2007). Os biofilmes obtidos com a carragena possuem um cheiro característico forte e desagradável, e no caso de aplicação em embalagens, pode ser um fator negativo pra sua utilização. Embora esses odores não representem um risco para a saúde humana, sua presença frequentemente leva à concepção incorreta de que não é seguro. Neste trabalho hidrolato de cravo-da-índia foi adicionado aos biofilmes para avaliar as características do biofilme obtido.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os filmes foram preparados no Laboratório de Química II da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA/Campus Angicos-RN).

3.1. Composição dos biofilmes

As soluções filmogênicas continham misturas de carragena (kappa) em pó, coloração bege claro (ALGASBRAS BIORREFINARIA DE MACROALGAS LTDA); farinha de arroz em pó, coloração branca, glicerina bidestilada P. A. (99%) - (CRQ PRODUTOS QUÍMICOS EIRELI) e água destilada, como mostrado na Imagem 1.

Imagem 1. Material utilizado para produção dos biofilmes.



Fonte: autoria própria (2023).

A Tabela 3 apresenta as características da carragena Kappa utilizada no preparo dos biofilmes.

Tabela 3. Resultado da análise da carragena kappa (ALGASBRAS BIORREFINARIA DE MACROALGAS LTDA).

Item	Especificação	Resultado
Granulometria	Pó bege claro	Pó bege claro
Sujidades	Ausente	Ausente
pH (solução 1,5%)	6 - 11	8.75
Força do gel (solução 1,5%)	250 – 350 g/cm ²	305,3 g/cm ²
Viscosidade	10 – 1000cP	80cP
Umidade (%)	≤10%	7,1%

Fonte: ALGASBRAS (2023).

A glicerina bidestilada P. A. (C₃H₅(OH)₃) foi utilizada como plastificante na produção dos biofilmes e a farinha de arroz como uma fonte de amido.

3.1 Preparo dos biofilmes

Para a obtenção dos biofilmes, adotou-se um método recorrente na literatura, o *casting*, que consiste no espalhamento de uma solução filmogênica (macromoléculas, solvente e plastificante) em um suporte, seguido de desidratação lenta a baixa temperatura (VICENTINI, 2003; DOLE et al., 2004).

O preparo da solução filmogênica - FC (filme controle) foi adaptado a partir da metodologia utilizada por Garrido et al. (2021) e corresponde a composição denominada de C1 na Tabela 4. Foram preparadas quatro composições de biofilmes (C1, C2, C3 e C4), sendo dois deles (C3 e C4) com adição de farinha de arroz nas concentrações de 1,14 a 1,94%. A quantidade de glicerol variou de 30 a 41,7% em relação a massa seca do biopolímero. A Tabela 4 apresenta a composição dos biofilmes produzidos.

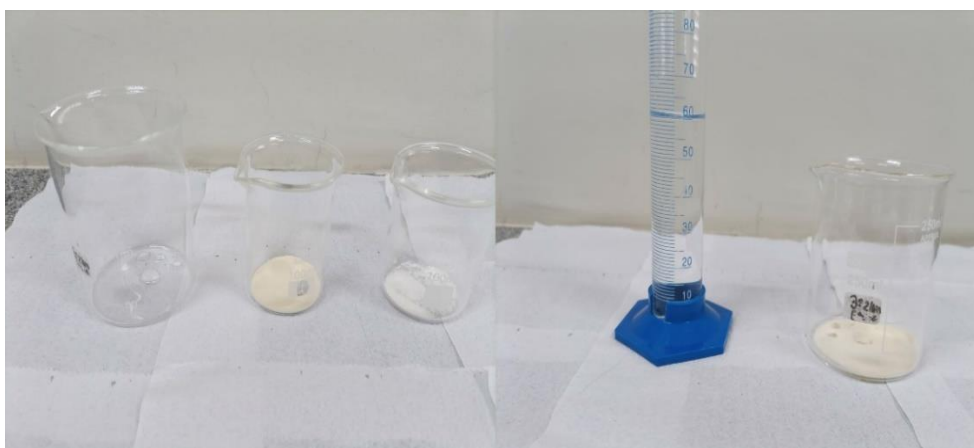
Tabela 4. Composições dos biofilmes.

Composição	Carragena (g)	Glicerina (g)	Farinha de arroz (g)	Água destilada (mL)
C1	1	0,3	0	60
C2	1,2	0,5	0	60
C3	0,7	0,25	0,3	60
C4	1	0,3	0,3	60

C1: Concentração de carragena em 1,63% e glicerina em 30% para massa seca em relação a carragena; C2: Concentração de carragena 1,94% e glicerina em 41,7% para massa seca em relação a carragena; C3: Concentração de carragena 1,14%, glicerina em 35,7% para massa seca em relação a carragena aproximadamente 0,49% de farinha de arroz; C4: concentração de carragena 1,62%, glicerina em 30% para massa seca em relação a carragena e 0,49% aproximadamente de farinha de arroz.

Para produção de cada solução filmogênica, inicialmente os reagentes sólidos e a glicerina foram pesados individualmente em uma balança analítica (Marte, AW220) seguindo as formulações (C1, C2, C3 e C4) apresentadas na Tabela 4, e o volume de água destilada necessário (60mL) foi medido utilizando uma proveta de 100mL, conforme pode ser visualizado na Imagem 2.

Imagem 2. Materiais separados para o preparo do biofilme de concentração C3.



Fonte: autoria própria (2023).

Em seguida, as substâncias foram dissolvidas na água destilada de forma lenta e contínua, com o auxílio de um bastão de vidro. Após não ser mais possível diluir em temperatura ambiente, colocou-se a mistura para ser dissolvida sob agitação mecânica em um agitador magnético com aquecimento (Imagem 3) por aproximadamente 15 minutos, após o termostato atingir no mínimo 75°C.

Imagem 3. Homogeneização em agitador magnético com aquecimento.



Fonte: autoria própria (2023).

Na sequência, a mistura era vertida lentamente em placas de Petri de 5,55 cm de diâmetro e deixadas em repouso, a temperatura ambiente ($27 \pm 3^\circ\text{C}$) por 24h para que o biofilme fosse moldado no formato da placa. As formulações foram monitoradas visualmente até a obtenção dos biofilmes. Cada concentração de filme foi feita em triplicata e a espessura de cada biofilme foi determinada com o auxílio de um micrômetro manual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os biofilmes foram produzidos contendo composições filmogênicas de carragena kappa, farinha de arroz e glicerol em variadas concentrações para um volume fixo de 60 mL de água destilada.

O primeiro biofilme produzido (Imagem 4), denominado como filme controle (FC), serviu como embasamento e comparativo para as demais composições posteriormente formuladas, tendo ele apresentado uma espessura bem homogênea e permitindo utilização do mesmo de modo dobradiço sem haver rompimento.

Imagem 4. Biofilme da concentração C1.



Fonte: autoria própria (2023).

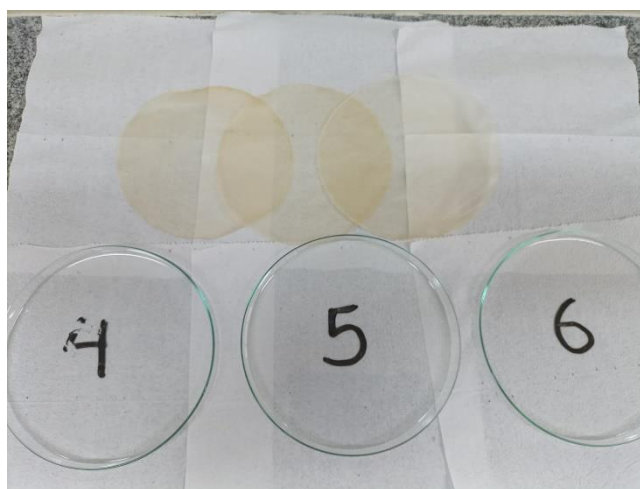
A espessura dos biofilmes deve ser a mais homogênea possível para evitar problemas mecânicos e de conservação. Ela deve ser estabelecida levando-se em conta a utilização final do filme, que vai depender do produto a ser embalado (JIMÉNEZ et al, 2012).

Para a formulação da C2, utilizou-se uma concentração de carragena kappa de 1,94% e glicerina em 41,7% para massa seca em relação a carragena. Percebeu-se que, devido ao aumento das concentrações de carragena e glicerol, o filme tornou-se muito grosso e pouco maleável.

Ajustado o teor de glicerina, foi preparado uma composição (C3) com teor aproximado de farinha de arroz em 0,49% (para massa seca em relação a carragena). Para esta formulação, obteve-se um filme fino e quebradiço, impossibilitando o dobramento, provavelmente devido à baixa concentração de carragena e glicerol utilizadas.

Para a formulação da C4: utilizou-se uma concentração de carragena de carragena 1,62%, glicerina em 30% para massa seca em relação a carragena e 0,49% aproximadamente de farinha de arroz. Para essa formulação foi obtido o melhor resultado, um biofilme sem odor, maleável e resistente. Ao utilizar a farinha de arroz na composição, foi possível observar que os filmes ficaram opacos (Imagem 5), ao contrário dos filmes aos quais não foram utilizados a farinha de arroz, que ficaram translúcidos.

Imagem 5. Triplicata da concentração C4.



Fonte: autoria própria (2023).

Um aspecto interessante notado ao se adicionar a farinha de arroz ao biofilme foi que ela reduziu consideravelmente o cheiro desagradável característico de algas marinhas nesses filmes.

Dias (2008), obteve filmes biodegradáveis a partir de amido e de farinha de arroz usando glicerol e sorbitol como agentes plastificantes. As micrografias

dos filmes de farinha e de amido de arroz revelaram estruturas compactas. Os filmes de amido e de farinha apresentaram propriedades de sorção de água semelhantes, mas na permeabilidade ao vapor de água, filmes de farinha apresentaram-se duas vezes mais permeáveis que filmes de amido.

Com relação as massas dos biofilmes produzidos, elas variaram entre 61,3 a 61,7g, como pode ser visto na Tabela 5. Sendo: C1 com 61,3g, C2 com 61,7g, C3 com 61,3g e C4 com 61,6g.

Tabela 5. Composições dos biofilmes.

Composição	Carragena (g)	Glicerina (g)	Farinha de arroz (g)	Água destilada (mL)	Massa(g)
C1	1	0,3	0	60	61,3
C2	1,2	0,5	0	60	61,7
C3	0,7	0,25	0,3	60	61,3
C4	1	0,3	0,3	60	61,6

Fonte: autoria própria (2023).

A composição do filme controle (C1) obteve medidas de espessura entre (0,11~0,15mm), tais resultados são compatíveis com biofilmes encontrados em trabalhos da literatura. Oliveira, et al. (2012) produziram biofilmes utilizando gelatina que tiveram espessuras que variaram entre 0,1033 e 0,1467mm.

Após a estabilidade do FC em C1 e a adição de farinha de arroz em C4 foi feita uma nova formulação, substituindo a água destilada da composição por hidrolato de óleo essencial de cravo-da-índia. Assim, após o odor desagradável do filme de carragena ter sido minimizado pela adição da farinha do arroz, o filme ainda foi aromatizado pela adição do hidrolato de cravo. Essa última formulação foi utilizada como embalagem para sabões em barra (Imagem 6) produzidos no próprio laboratório da universidade.

Imagem 6. Utilização do biofilme como embalagem para sabão em barra.



5 Conclusões

Este trabalho obteve biofilmes produzidos a partir de carragena kappa, farinha de arroz e glicerol em variadas concentrações. A formulação C4, na qual foram utilizadas as mesmas concentrações da formulação C1 (filme controle), adicionada de farinha de arroz resultou na melhor formulação, tendo sido obtido um biofilme maleável e resistente, sendo perfeito para substituir o plástico convencional em embalagens de sabão em barra. Outro aspecto interessante resultante da adição da farinha de arroz ao biofilme foi a redução do cheiro desagradável característico das algas marinhas nesses filmes. Além da diminuição do odor pela farinha de arroz, uma nova formulação ainda obteve a aromatização do biofilme pela troca intencional da água destilada pela adição de hidrolato de cravo-da-índia.

Referências

AGARGEL. Disponível em: <<https://agargel.com.br/carragena/>> Acesso em: 5 out. 2023.

BRAGANTE, A.G. Processo de gelificação em alimentos. **Alimentos Tecnologia e Operações**. 2009 p. 1-10.

Disponível em: <<https://abgtecalim.yolasite.com/resources/Processo%20de%20Gelificacao%20em%20Alimentos.pdf>> Acesso em: 10 out. 2023.

CASTRO, E.M.; VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. Qualidade de grãos em arroz. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 1999. 30 p.

DIAS, A. B. **Desenvolvimento e Caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico (CTC). Florianópolis, 2008.

DOLE, P.; JOLY, C.; ESPUCHE, E.; ALRIC, I.; GONTARD, N. Gas transport properties of starch based films. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, p. 335-343, 2004.

FRANZENER, G., MARTINEZ-FRANZENER, A. DA S., STANGARLIN, J. R., CZEPAK, M. P., SCHWAN-ESTRADA, K. R. F., CRUZ, M. E. S. (2007). Atividades antibacteriana, antifúngica e indutora de fitoalexinas de hidrolatos de plantas medicinais. **Ciências Agrárias**, 28(1), 29–38.

GARRIDO, M. A.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SANTOS, K. G. S., Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, Pombal-PB, Paraíba, v. 16, n.2, abr.-jun, p.182-188, 2021.

JIMÉNEZ, A.; FABRA, M. J.; TALENS, P.; CHIRALT, A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. **Food Bioprocess Technology**. V.4, p.0-0, 2012.

LANDIM et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, 26 (número especial), p. 82-92, 2016.

LAVABRE, M. **Aromaterapia: a cura pelos óleos essenciais**. Rio de Janeiro: Record. 1993.

MARTINS, R. G. **Síntese, extração e caracterização de biopolímeros de origem microalgal para desenvolvimento de nanofibras**. 2014. 148 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia e Ciência de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, 2014.

MEI, L.H.I. (org). **Bioplásticos: biodegradáveis & biobased – definições, fontes e aplicações**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2016.

OCDE, 2022. **Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico**. Disponível em:

<<https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/02/menos-de-10-do-plastico-do-mundo-e-reciclado-estima-ocde.shtml>> Acesso em: 20 out. 2023.

OLIVEIRA, T. A.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; NOBRE, D. M.; SANTOS, K. G. S., *Biofilmes de gelatina*: Efeito da adição de surfactante e ácidos graxos de óleo de coco na permeabilidade ao vapor de água. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 7, n. 4, p. 76-80, out-dez, 2012.

RODRIGUES, M. S.; JARDINETTI, V. A.; SCHWANESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; JESUS, L. S. Atividade fungitóxica de hidrolatos de plantas medicinais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

TESKE, M.; TRENTINI, A. M. M. *Herbariu*: compêndio de fitoterapia. Curitiba: **Herbarium**, 1997.

VASCONCELOS, Y. PLANETA PLÁSTICO. **Revista Pesquisa FAPESP**, 2019. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/>. Acesso em: 15/10/2021.

VICENTINI, N. M. **Elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita**. 2003. 198 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

ZAMORA, Andrea Maltchik. et al. **O ATLAS DO PLÁSTICO**. Edição brasileira: novembro de 2020. Fundação Heinrich Böll, Escritório Rio de Janeiro, 2020.

ZELLER, M. A. et al. Bioplastics and their thermoplastic blends from Spirulina and Chlorella microalgae. **Journal Of Applied Polymer Science**, v. 130, n. 5, p.3263 -3275, 14 jun. 2013.