

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES FINOS BIODEGRADÁVEIS A PARTIR DE BLENDAS POLIMÉRICAS DE AMIDO, CELULOSE E GLICEROL

Isabela P. F. de Souza¹; Carlos D. S. Barreto¹; Madson G. Pereira¹; Lourdes C. S. Neta¹, Arnaud V. Santos¹.

¹*Departamento de Ciências Exatas e da Terra I, PGQA, Universidade do Estado da Bahia.*

Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, Salvador, Bahia, Brasil, 41.195-001. E-mail: avsantos@uneb.br

Palavras-Chave: Casca de batata, casca de cacau, biomateriais.

Introdução

A qualidade do meio ambiente passa, particularmente, pela recuperação dos produtos usados, sua reutilização e reciclagem, antes deles começarem a poluir o ambiente (Luna; Silva; Araújo, 2014). A elaboração de um modelo autossustentável, na questão ambiental, desponta como objetivo principal dentro de uma sociedade consciente. Grande importância tem sido dada à reciclagem de materiais plásticos. Programas governamentais visando promover a conscientização da população para os problemas associados ao descarte do lixo urbano e industrial fizeram com que, hoje, as reciclagens de metais, vidros e materiais poliméricos sejam realizadas em diversas partes do mundo (Araújo; Carvalho; Fook, 1997). A utilização destes materiais reciclados traz como vantagens a redução de deposições irregulares e como consequência minimiza o descarte de rejeitos próximo das zonas urbanas (Carmo; Maia; César, 2012).

Os polímeros sintéticos vêm substituindo os materiais tradicionais que são caros e mais pesados. Isto pode ser atribuído ao baixo custo, excelente versatilidade de aplicações e desempenho. Por outro lado, é sabido que os materiais poliméricos dessa natureza não se decompõem facilmente, apresentando um aumento contínuo em sua percentagem nos lixões. Sendo assim, a deposição destes resíduos constitui um sério problema ambiental (Bom, 2009; Araújo, 2011). Rodrigues, N. H. P. (2020) em sua Tese de Doutorado chama atenção para o aumento na utilização de polímeros derivados de petróleo cuja produção de 359 milhões de toneladas foi alcançada nos últimos anos. Segundo informações do Ministério do Meio Ambiente, resíduos de plástico podem levar mais de 400 anos para se decompor.

A utilização de polímeros naturais é outra sinalização de qualidade de vida em busca da proteção do meio ambiente, substituindo os polímeros convencionais derivados de petróleo. Sendo assim, muitas pesquisas têm desenvolvido novos materiais, buscando atender uma demanda de mercado de produtos com propriedades diferenciadas em relação aos tradicionais para aplicações cada vez mais específicas (Silva et al., 2014). No entanto, nem sempre os polímeros isolados apresentam propriedades satisfatórias, eficientes e específicas para uma determinada aplicação. Nesse caso, o problema é contornado fazendo-se uso da mistura de dois ou mais polímeros (blenda polimérica) onde se terá a obtenção de novos materiais com características superiores às daquelas do polímero puro. Além do mais, proporcionam um fator muito importante em relação ao custo/benefício, onde se podem alterar suas propriedades físicas e químicas para uma ampla utilização de materiais poliméricos.

Entre os polímeros naturais, o amido foi identificado como um dos materiais mais promissores para o desenvolvimento de biopolímeros (Ghanbari et al., 2018), sendo amplamente disponível e um recurso natural facilmente biodegradável.

Além de ser um polímero biodegradável a celulose se destaca por apresentar uma boa resistência mecânica, alta cristalinidade, insolúvel em água e na maioria dos solventes orgânicos, o que torna uma opção sustentável para diversas aplicações (Ansari et al., 2015).

Outro coproduto bastante utilizado é o glicerol com suas inúmeras propriedades e aplicações com ênfase na sustentabilidade e valorização, sendo uma delas a de exercer a maleabilidade no filme fino (Priyadarshi et al., 2018; Vieira et al., 2011).

As blendas poliméricas podem ser produzidas a partir da combinação de materiais de alto valor agregado como os coprodutos vegetais a exemplo da casca de batata inglesa e casca de cacau, podendo se extrair delas o amido e a celulose, respectivamente. Elas são sistemas poliméricos ideais para se obter materiais com uma larga faixa de características físicas, químicas e mecânicas a baixo custo e, ainda se apresentam como biodegradáveis. As blendas poliméricas podem ser utilizadas em várias aplicações como na produção de filmes finos ou membranas.

As características dos filmes finos obtidos a partir de uma blenda polimérica são decorrentes da natureza química do material, do processamento deste material, da composição e interação química entre seus componentes. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi preparar e caracterizar blendas poliméricas utilizando amido, glicerol e celulose para produção de filmes biodegradáveis e avaliar sua viabilidade e aplicação como biomateriais na medicina regenerativa.

Material e Métodos

Para verificar a composição do amido extraído da casca de batata, ensaios de umidade, cinzas, lipídios e proteínas foram realizados em triplicata, com base nos procedimentos descritos por Instituto Adolfo Lutz (2004) e Nichelle e Mello (2018), utilizando cerca de 5 g de amostra (exceto na determinação de proteínas, com uso de cerca de 0,5 g de amido). O teor de umidade e o de cinzas foram obtidos a partir do método gravimétrico, com secagem em estufa a 107 °C por 1 h e com calcinação em mufla a 550 °C por 24 h, respectivamente. Os métodos de Soxhlet e de Kjeldahl foram aplicados na quantificação de lipídios e de proteínas. O primeiro demandou uso de éter dietílico como solvente; o segundo consistiu na decomposição da amostra a 330 °C, destilação de amônia e sua retrotitulação com solução padronizada de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹.

A matéria prima utilizada para preparar as blendas poliméricas e produção dos filmes biodegradáveis foi o amido da casca de batata, glicerol como agente plastificante e a celulose da casca de cacau utilizada como carga de reforço, conforme metodologia utilizada por Castro et al, (2023). O processo de extração do amido se deu mediante a adequação da metodologia desenvolvida por Schoch e Maywald (1968) e para a extração da celulose utilizou-se metodologia adaptada estabelecida por Ramos, J. (2004) e Embrapa (2014).

Os filmes finos foram caracterizados por Espectroscopia de Absorção Molecular no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) mediante o equipamento da Perkin Elmer modelo Spectrum 100 com Refletância Total Atenuada (ATR-FTIR), trabalhando na faixa de número de onda entre 600 a 4000 cm⁻¹, empregando um cristal de seleneto de zinco (ZnSe), com resolução de 4 cm⁻¹ e acumulação de 20 varreduras, Difratometria de raios X (DRX)

utilizando um difratômetro XRD 7000 da SHIMADZU, Japão, com faixa de medição entre 10° e 80° na escala 2θ, velocidade de varredura 2° por minuto, operando com a radiação de Cu, voltagem de 40 kV e corrente de 15 mA, e Espectrofotometria de Absorção Molecular na Região do Ultravioleta-Visível (UV-Vis) fazendo uso do espectrofotômetro UV-2600, Shimadzu, Japão, em comprimentos de ondas selecionados de 200 a 1000 nm. A absorbância/transmitância foi obtida direto do espectrofotômetro e relacionada com a transparência dos filmes que foi calculada pela seguinte equação:

$$\text{Transparência} = \frac{-\log T}{x}$$

Onde T é a transmissão de luz (%) e x é a média da espessura do filme. De acordo com a equação alto valor de transparência indica opaco.

Os filmes finos foram avaliados quanto a espessura, propriedades mecânicas (tensão de força máxima, deformação de ruptura, módulo de elasticidade), opacidade (transparência dos filmes), biodegradabilidade (meio aquoso e solo) e codificados conforme apresentados na tabela 1.

Tabela 1: Codificação das amostras de acordo com a composição dos filmes

FILMES	MATÉRIA PRIMA					
	Amido da Casca de Batata (ACB – 1,5 g)			Celulose Casca de Cacau (CCC – 0,09 g)	Glicerol	
	Sem Tratamento	Com Tratamento			0,6 g	1,2 g
		Acetona	Éter Etilico			
F1	X	-	-	X	X	-
F2	X	-	-	X	-	X
F3	X	-	-	-	X	-
F4	-	X	-	X	X	-
F5	-	-	X	X	X	-

A biodegradabilidade dos filmes foi avaliada por dois meios distintos, solo e meio aquoso. No primeiro caso utilizou-se o procedimento descrito por Shah et al. (2008), que foi adaptada por Castro et al, (2023). O método é baseado na avaliação da biodegradação dos filmes quando os mesmos são enterrados e expostos à microbiota natural encontrada no solo. Para este experimento foi utilizada a área externa do Prédio Especial II do DCET-I/UNEB, empregada como meio para degradação dos filmes. Os filmes foram cortados em quadrados (2 cm x 2 cm), secos a 30 °C em estufa até peso constante (m_0), e acondicionados em tubos Falcon® mantidos abertos e aterrados, para acompanhamento da sua perda de massa. Concomitantemente, se procedeu da mesma forma com o filme de PVC, servindo como referência. O grau de biodegradação dos filmes finos foi determinado como a perda de peso pela equação:

$$GB(\%) = \frac{m_f - m_i}{m_i} \times 100$$

Onde: $GB(\%)$ é o grau de biodegradação

m_f é a massa final

m_i é a massa inicial

O teste de degradação em meio aquoso consistiu na submersão dos filmes biopoliméricos, coloridos com corante alimentício, em tubos Falcon® contendo água ultrapura,

água potável, água pluvial e água do mar. Os processos citados foram monitorados de modo a acompanhar sua biodegradação.

Resultados e Discussão

O amido extraído da casca de batata e a celulose proveniente da casca de cacau, após tratamentos, apresentou uma coloração branca (figura 1 e figura 2), estando em concordância com a coloração típica da maioria dos amidos e celulose comerciais.

Figura 1. Celulose branqueada



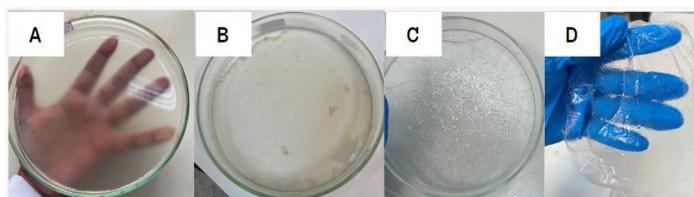
Figura 2. Amido tratado



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A figura 3 ilustra o filme polimérico F1, obtido após a secagem da solução, apresentando-se límpido, transparente e incolor, sem bolhas e de fácil manuseio. Neste filme não foi observada a formação de bolhas, rachaduras e nem presença de material insolúvel na sua superfície.

Figura 3. Filme biodegradável F1 produzido com amido da casca da batata, celulose da casca do cacau e glicerol (**A:** mistura filmogênica líquida, **B:** mistura seca a 40 °C, **C:** filme após 24 h no dessecador com água e **D:** filme retirado da placa de Petri).



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

A tabela 2 apresenta os dados da composição química do amido extraído da casca de batata inglesa. Observa-se que houve uma diminuição dos valores de umidade, cinzas e proteínas no **amido extraído da casca de batata inglesa*** enquanto foi aumentado o teor de lipídios, que é um fator importante para determinação na coloração da amostra, afetando sua pureza.

Tabela 2 – Composição química do amido extraído da casca de batata inglesa

Componente	Composição (%) (m/m)			
	Casca da batata inglesa*	Amido extraído da casca da batata inglesa*	Batata inglesa sem casca**	Amido extraído da fécula da batata inglesa**
Umidade	14,42 ± 0,05	8,64 ± 0,04	80,40 ± 0,69	10,93 ± 0,15
Cinzas	1,09 ± 0,03	0,55 ± 0,05	0,40 ± 0,05	0,27 ± 0,02
Lipídios	0,54 ± 0,05	1,71 ± 0,45	0,06 ± 0,08	0,25 ± 0,03
Proteína	2,51 ± 1,59	0,44 ± 0,02	1,95 ± 0,27	0,25 ± 0,02

*Médias obtidas a partir de três medidas, seguidas de desvios padrões (resultados do presente trabalho).

**Valores obtidos por Garcia *et al.* (2014).

Comparando estes resultados com a literatura, observou-se que o teor de umidade foi menor, os de cinzas e lipídios foram maiores, e o teor de proteínas maior na casca da batata* e menor no amido extraído da casca* que os registrados por Garcia *et al.* (2014), para batata sem casca (80,40%; 0,40% e 0,06%; 1,95%). Os autores determinaram também a composição centesimal do amido da fécula de batata que confrontados com os valores da tabela 2 teve-se um teor de umidade intermediário de 10,93% entre a casca da batata e amido extraído da casca da batata, enquanto que os de cinzas, lipídios e proteínas foram menores (0,27%; 0,25% e 0,25%). Logo, constata-se que a composição do amido extraído depende não apenas do solo, regiões e climas diferentes, mas também da parte do vegetal utilizado.

Caracterização e Avaliação dos Filmes Finos

Para a caracterização foi realizado FTIR e DRX do amido, celulose e filme biodegradável F1, conforme apresentado na figura 4 e 5. Os espectros de FTIR (figura 4) mostram que entre 3650 e 3000 cm^{-1} tem-se uma banda referente a vibração de deformação axial do grupo hidroxila localizada em 3284 cm^{-1} , comumente encontrado nas estruturas de celulose, amido e glicerol que compõe a blenda. As bandas presentes entre 3000 e 2750 cm^{-1} referem-se ao modo vibracional de estiramento da ligação C-H do grupo alceno, que está em 2930 cm^{-1} no filme F1. Ainda se encontra presente no espectro do filme banda de absorção, bem discreta e de pequena intensidade, em 1647 cm^{-1} , referente ao estiramento vibracional da ligação da hidroxila com um hidrogênio (H-OH) contida no plastificante glicerol. Observa na região entre 858 cm^{-1} e 925 cm^{-1} bandas atribuídas as vibrações da ligação C-C e na faixa entre 1150 a 1001 cm^{-1} bandas de vibração da ligação C-OH presentes na estrutura do plastificante glicerol. Estas atribuições estão de acordo com os da literatura com pequenas variações de deslocamento no número de onda. Isto se deve ao reagente, marca e pureza, condições experimentais e equipamentos utilizados (Cerqueira et al.,2002; Guerrero et al., 2010).

Por meio dos difratogramas de raios X, figura 5, foi observado que o filme produzido apresenta estrutura cristalina, com pico em 2θ de 21,8°, característico da celulose tipo I. Além disso, são evidenciados picos em 2θ de 16,8° e 19,2°, que podem estar associados ao amido e à adição de glicerol como plastificante. De acordo com Alvani et al. (2011) e Mendes (2009), ao avaliar amido comercial de batata, foram encontrados picos em 2θ de 5,6°, 15,1°, 17,1°, 19,7°, 22,1° e 24,3°, que são característicos do tipo B, corroborando com os resultados encontrados.

Figura 4. FTIR da celulose, amido e filme F1

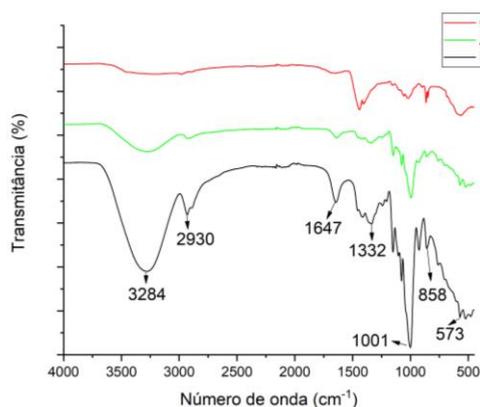
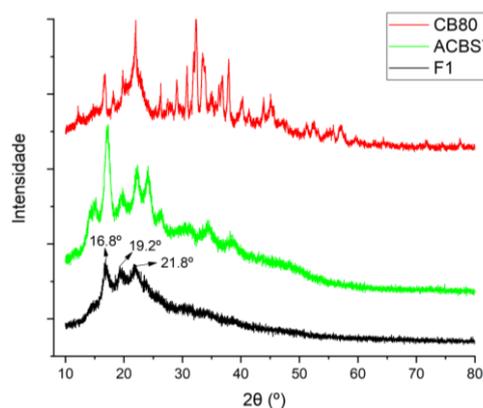


Figura 5. DRX da celulose, amido e filme F1



Os filmes apresentaram espessuras uniformes entre 0,12 a 0,16 mm (tabela 3) e homogeneidade ao longo de sua extensão, corroborando por apresentar bons resultados nos ensaios mecânicos. Esses dados mostram que houve uma melhora significativa na resistência física dos filmes com o aumento de glicerol e o tratamento do amido. Quanto aos aspectos quantitativos a transmissão de luz na região do UV foi baixa em 280 nm e transparência relativamente alta para todos os filmes. O filme F5 foi o que apresentou maior transparência (menor opacidade), não retendo tanta radiação UV como os demais. Portanto, no geral, os filmes possuem excelentes propriedades de barreiras frente luz UV.

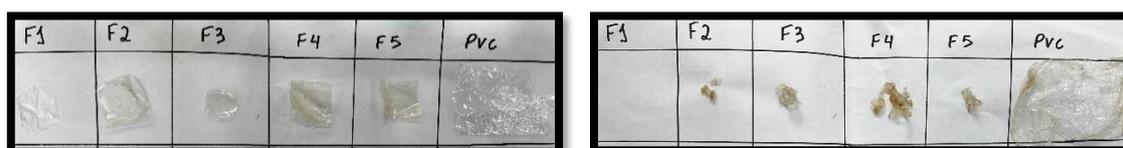
Tabela 3. Espessura, Tensão de força máxima, Deformação de ruptura, Módulo de elasticidade e Transparência dos filmes F1, F2, F3, F4, F5 e do curativo sintético.

Amostra	Espessura (mm)	Tensão de força máxima (MPa)	Deformação de ruptura (mm)	Módulo de elasticidade (MPa)	Transparência ($\lambda = 280$ nm)
#Curativo	1,00	15,34 \pm 15,79	-----	88,73 \pm 17,89	----
F1	0,14	1,86 \pm 0,58	8,67 \pm 0,69	19,93 \pm 8,31	----
F2	0,12	2,21 \pm 1,13	13,96 \pm 2,86	21,57 \pm 10,56	12,24
F3	0,13	3,48 \pm 2,30	19,12 \pm 1,94	32,16 \pm 29,95	13,65
F4	0,14	3,88 \pm 1,40	10,28 \pm 4,13	65,90 \pm 16,79	10,34
F5	0,16	5,65 \pm 0,62	11,89 \pm 1,34	121,80 \pm 44,41	8,69

F1 (amido, celulose e glicerol-0,6), F2 (amido, celulose e glicerol-1,2), F3 (amido e glicerol-0,6), F4 (celulose, glicerol-0,6 e amido tratado com acetona), F5 (celulose, glicerol-0,6 e amido tratado com éter etílico), #Sintético.

As análises de biodegradabilidade geraram dados promissores, pois os filmes tiveram grande parte de sua massa degradada em contato com o solo após 20 dias de ensaio (figura 6), e após 4 dias quando em contato com o meio aquoso (figura 7).

Figura 6 – Filmes biodegradáveis e filme de PVC antes e após teste de degradação no solo em 21 dias.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

Figura 7 – Filmes biodegradáveis antes e após teste de degradação em meio aquoso em 4 dias.



Fonte: elaborado pelo autor (2024).

As amostras tiveram uma perda média de 74,62% ao final de 21 dias de contato com o solo e depois de 4 dias de contato com o meio aquoso apresentou uma perda média de 27,96% (tabela 4). O filme de PVC que foi utilizado como controle permaneceu intacto durante esses períodos, o que já era de se esperar. Esta degradação se dar pela ação dos microrganismos presentes no solo e nos meios aquosos, tendo em vista que os biopolímeros são produzidos de

material orgânico. Comparando a degradação entre os meios aquosos verificou-se que os filmes se degradam mais em água do mar (tabela 4), devido a existência de muito mais microrganismos (bactérias, vírus, fungos e algas) do que nas águas, pluvial, potável e ultrapura. Eles são responsáveis pela decomposição de matéria orgânica, pela reciclagem de nutrientes, controle das populações de outros organismos e pela produção de oxigênio através da fotossíntese.

Trojaike (2019) analisou a biodegradabilidade em solo de filmes a base de amido de milho com adição de extrato de jabuticaba e as amostras tiveram uma perda média de 19,2% ao final de 10 dias de contato, 33,7% após 20 dias e 25% depois de 30 dias. Teixeira (2013) em seu estudo com umidade controlada de 10% e temperatura de 25 °C verificou que os filmes só apresentaram indícios de degradação em amostras com 30 dias de contato com o solo. Isso demonstrou que o filme adicionado de extrato de casca de jabuticaba teve uma degradação mais rápida quando comparado ao estudo de Teixeira (2013). Os resultados do presente trabalho diferem das literaturas tendo em vista que a perda média foi superior a 70% em 21 dias (tabela 4). Esse fato pode ser justificado pela presença de glicerol e espessuras relativas dos filmes.

Tabela 4. Decomposição aquosa dos filmes biodegradáveis.

MEIOS UTILIZADOS	GRAU DE DEGRADABILIDADE (GB) (%)					
	F1	F2	F3	F4	F5	PVC
Água ultrapura	15,47	14,22	15,37	16,83	18,63	0,00
Água potável	22,34	22,89	22,64	24,04	28,95	0,00
Água pluvial	21,04	17,03	27,01	17,27	23,03	0,00
Água do mar	65,54	53,48	53,97	33,33	46,15	0,00
Solo	100,0	90,22	45,94	54,09	82,86	0,00

Os filmes foram acompanhados durante 4 dias (meio aquoso), após esse tempo se dispersaram no meio e não foi possível realizar sua pesagem.

Conclusões

De forma geral a casca de batata e casca do cacau, que na maioria das vezes é descartada, mostrou ser um detentor de grande valor de extração de amido e celulose. Assim, o aproveitamento desses coprodutos na sua totalidade devem ser incentivados, tanto pelo caráter cultural e ambiental quanto pelos benefícios na produção de filmes biodegradáveis, por exemplo, e, conseqüentemente, promovendo uma conscientização para um mundo menos poluente. O amido e a celulose extraídos das biomassas da casca de batata e casca de cacau estão de acordo com a coloração dos materiais comerciais. Os filmes obtidos apresentaram-se visualmente sem presença de bolhas e rachaduras, transparente e incolor, espessura relativamente fina, indicando boas propriedades físicas e mecânicas que foram constatados por medidas de UV-Vis, FTIR e resistência mecânica. Podemos concluir que, esses resultados são promissores para aplicações como biomateriais na medicina regenerativa. Contudo, estudos mais aprofundados e complementares merecem atenção para que os filmes se adequem a todas características desejáveis em um curativo. Por fim, esse trabalho vem contribuindo em mitigar o impacto ambiental substituindo os materiais convencionais pelos biodegradáveis, representando uma abordagem ecologicamente responsável.

Agradecimentos

UNEB, PGQA e ao CNPq.

Referências

ALVANI, K. et al. Physico-chemical properties of potato starches. **Food chemistry**, v.125, n.3, p. 958-965, 2011.

ANSARI, F. et al. Hierarchical wood cellulose fiber/epoxy biocomposites – Materials design of fiber porosity and nanostructure. **Composites Part A-applied Science and Manufacturing**, v. 74, p. 60–68, 1 jul. 2015.

ARAÚJO, E. M.; CARVALHO, L. H.; FOOK, M. V. L. Propriedades mecânicas de Blendas Ps/ resíduos de borracha-influência da concentração, granulometria e método da moldagem. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v.19, n.3, p. 45-52, 1997. DOI: 10.1590/S0104-14281997000300008

ARAÚJO, S. S. Estudo das alternativas tecnológicas de reaproveitamento e reutilização de pneus provenientes de descarte. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Metalúrgica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

BOM, R. P. Caracterização de resíduos plásticos procedentes da reciclagem de papel. **Estudos Tecnológicos**, v. 5, n. 2, p. 147-156, 2009. DOI: 10.4013/ ete.2009.52.03

CARMO, D. S.; MAIA, N. S.; CÉSAR, C. G. Evaluation of the typology of construction waste selivered to processing plants in Belo Horizonte. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n.2, p. 187- 192, 2012. DOI: 10.1590/S1413-41522012000200008

CASTRO, F. S.; MATOS, J. R.; Mercuri, L. P.; SANTOS, A. V. Synthesis and evaluation of the incorporation of sisal fiber cellulose in the polymeric matrix of starch from jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) using thermogravimetry. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**. v.148, p. 97-105, 2023.

CERQUEIRA, M.A. et al. Effect of glycerol and corn oil on physicochemical properties of polysaccharide films - A comparative study. **Food Hydrocolloids**, v. 27, n. 1, p. 175-184, 2002.

EMPRAPA, São Carlos, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/114174/1/resumo-5.pdf>>. Acesso em 06 de jun. 2023.

GUERRERO, P. et al. Mechanical and thermal properties of soy protein films processed by casting and compression. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 1, p. 145-151, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2004.

LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M. Análise do comportamento termomecânico, térmico e mecânico de blendas de PA6/resíduos de borracha. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. 160- 169, 2014.

MENDES, F.M. Produção e caracterização de bioplásticos a partir de amido de batata. 2009. 198 f. **Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade de São Paulo**, São Carlos, 2009.



NICHELE, P. G.; MELLO, F. R. **Bromatologia**. Porto Alegre: Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595027800. Disponível em:

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595027800/>. Acesso em: 02 ago. 2024.

PRIYADARSHI, R. et al. Chitosan film incorporated with citric acid and glycerol as an active packaging material for extension of green chilli shelf life. **Carbohydrate Polymers**, v. 195, p. 329–338, set. 2018.

RAMOS, J. C.; CENTRO, S.; ZANDONAI, A. J.; COSTA, R. C. Fabricação de papel utilizando celulose extraída do bagaço de cana-de-açúcar com adição de amido, extraído da casca de batata, como aditivo. p. 40–51.

RODRIGUES, N. H. P. Embalagem de espuma à base de amido desenvolvida a partir de subproduto da industrialização da batata (*Solanum tuberosum* L.). 2020. 98 f. **Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFP**, Ponta Grossa, 2020.

SCHOCH, T.J.; MAYWALD, E.C. Preparation and properties of various legume starches. **Cereal Chemistry**, v. 45, n. 6, p. 564-573, 1968.

SHAH, A. A.; HASAN, F.; HAAMED, A.; AHMED, S. Biological degradation of plastics: a comprehensive review. **Biotechnology Advances**, v. 26, p. 246-265, 2008.

SILVA, D. F.; LUNA, C. B. B.; SILVA, G.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Avaliação das Propriedades Mecânicas de Blendas de Poliestireno/Composto de Borracha Reciclada (SBRr). **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 9, n. 2, p. 92–97, 2014.

TEIXEIRA, Bianca Alves; PERON, Cristiano Luís. **Produção e caracterização de biofilmes a base de amido, biossurfactante e celulose bacteriana**. 2013. Monografia (Graduação em Tecnologia de Alimentos). Universidade Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, PR, 2013.

TROJAIKE, Jeferson Henrique. **Elaboração e caracterização de biofilme de amido de milho e extrato aquoso de casca de jaboticaba (*Plinia jaboticaba*)**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Caxias do Sul, 2019.

VIEIRA, M. G. A. et al. Natural-based plasticizers and biopolymer films: A review. **European Polymer Journal**, v. 47, n. 3, p. 254–263, mar. 2011.