# EFEITOS DA ADIÇÃO DE FIBRAS DE SISAL NAS PROPRIEDADES DE UMIDADE, SOLUBILIDADE E MORFOLÓGICAS DE MATRIZ TERMOPLÁSTICA

**Autores**: NOBRE[1], D. B; SANTOS[2], M. B; PORFÍRIO[3], D.M.; PAULA[4], M.S.; VAZ[5], V.S.; RAMOS JUNIOR[6], G.

[1]Faculdade de Engenharia de Materiais - Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará- UFPA. PRODERNA. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil – CEP 66.075.110. Email: danielanobre1993@gmail.com.

[2]Faculdade de Engenharia de Materiais - Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará – UFPA. PRODERNA. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil – CEP 66.075.110. Email: michelee.santos21@gmail.com.

[3]Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia do Pará Campus Belém – IFPA. IFPA - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Belém. Avenida Almirante Barroso, 1155 – Marco. Belém, Pará, Brasil – CEP: 66093-020. Email: mdiogo610@gmail.com.

[4]Faculdade de Engenharia de Materiais - Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará- UFPA. PRODERNA. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil – CEP 66.075.110. Email: mpaula@ufpa.br.

[5]Faculdade de Engenharia de Materiais - Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará- UFPA- UFPA. PRODERNA. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil – CEP 66.075.110. Email: valeriavaz183@gmail.com.

Faculdade de Engenharia de Materiais - Campus Ananindeua – Universidade Federal do Pará- UFPA. PRODERNA. Rua Augusto Corrêa, 01. Campus Universitário do Guamá. Belém, Pará, Brasil – CEP 66.075.110. Email: gilbertoramosjr26@outlook.com.

**RESUMO**: Com o intuito de substituir as embalagens plásticas convencionais por alternativas viáveis e biodegradáveis, as pesquisas com amidos termoplásticos vêm se intensificando nos últimos anos, por ser uma alternativa de baixo custo em relação a convencional, que é proveniente de petróleo. Com base nisso, a pesquisa desenvolvida tem por objetivo estudar filmes feitos a partir do amido de araruta termoplastificante com glicerol com a adição da fibra de sisal como reforço e, analise de suas propriedades diante dos testes de umidade, solubilidade e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) utilizando a porcentagem de fibras de sisal de 2,5%.

**Palavras-Chave**: Polímero Biodegradável; Amido de Araruta; Fibra de Sisal.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde o princípio da humanidade até os dias atuais, a sobrevivência e o progresso do homem, desde os constantes avanços científicos e tecnológicos nas mais diversas áreas estão intimamente ligados à sua capacidade de desenvolver habilidades únicas de manipulação e criação de materiais com propriedades especificas para revolucionar vida moderna. Criando assim, produtos que tenham praticidade, durabilidade, como também o seu uso para intensificar a produção industrial com o menor custo benefício. Neste contexto, de criação e desenvolvimento de materiais estão a fabricação dos polímeros convencionais fabricados a partir de combustíveis fósseis que surgiram uma alternativa para suprir as necessidades básicas cotidianas das pessoas, desde o armazenamento e conservação de alimentos, componentes de automóveis e na construção civil (1).

Embora a finalidade de sua criação tenha sido para facilitar a vida cotidiana da sociedade, as consequências de sua produção não foram previstas a longo prazo, como é o caso dos impactos ambientais causado pelo descarte irregular destes materiais e contribuição para a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera, além de, os riscos à saúde humana e poluição hídrica de fontes naturais. Visto que, a produção dos materiais poliméricos sintéticos se deu partir do petróleo e estes não são fontes renováveis e não se deterioram facilmente na natureza. Nessa vertente, a partir do acumulo residual crescente e descartes irregulares destes materiais houveram a necessidade da criação e desenvolvimento de novos materiais poliméricos biodegradáveis e provenientes de fontes naturais e abundantes (2; 3).

Neste sentido, as pesquisas atuais com foco em materiais que visam os aspectos de desenvolvimento sustentável e social mais consciente vem se intensificando significativamente, como é ocaso dos polímeros biodegradáveis a partir de fontes naturais como o amido de milho, fécula de mandioca ou de amido de batata inglesa e materiais compósitos, sendo estes materiais que se deterioram na natureza através da ação de microrganismos como os fungos e bactérias (4; 5).

Com base nisso, este trabalho tem como objetivo estudar filmes feitos a partir do amido de araruta termoplastificado com glicerol e adição de fibras de sisal como elemento de reforço à matriz termoplastificada, e a análise de suas propriedades diante dos testes de umidade, solubilidade e de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com concentração de fibras de sisal de 2,5%, adicionadas a matriz. E também contribuir para prováveis aplicações do material em embalagens biodegradáveis de alimentos e que sejam capazes de reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte irregular e demasiado das embalagens tradicionais, e consequentemente reduzir a quantidade de resíduos sólidos em aterros sanitários, mares e rios.

Como supracitado acima, muitos polímeros biodegraveis são feitos a partir de matrizes dos mais diversos tipos de amido, como é o caso deste trabalho que é feito com a matriz termoplasticada da fécula ou amido de araruta que é extraída do rizoma da planta Maranta arundinacea L., que é uma planta herbácea e pode chegar a mais de 1 metro de altura e florescer de forma significativa em solos ricos em matéria orgânica. A araruta e os produtos provenientes de seus rizomas são bastantes utilizados nas mais diversas áreas desde a caluniaria, no uso medicinal, por pesquisadores e pelas indústrias para o estudo e criação de novas embalagens de alimentos biodegradáveis (6). O amido de araruta possui um alto teor de amilose , e o teor de amilose influencia no grau de polimerização de uma matriz filmogênica e em suas propriedades de barreira e de formação de filmes mais resistentes (7).

Adicionalmente a matriz termoplastificada do amido de araruta tem-se a adição da fibra de sisal como elemento de reforço. Oriunda do México, o sisal conhecido cientificamente como Agave sisalana, é uma planta perene que possui amplo campo de utilização, desde sua extração e beneficiamento de suas folhas, como é o caso da fibra de sisal amplamente utilizada em pesquisas de materiais compósitos, para fins artesanais e as propriedades da planta para o estudo e aplicações em cosméticos (8).

Os benefícios do uso das fibras naturais, em especial, de sisal como elemento de reforço a matriz termoplastificada segundo citam (5) e (9) se dão por meio da sua

biodegradabilidade, possuírem boas propriedades mecânicas como tração, além de ser um produto natural, renovável e abundante na natureza e seu baixo custo econômico.

O trabalho desenvolvido está distribuído em seções e subseções da seguinte maneira: Introdução com uma breve abordagem dos conceitos básicos de materiais biodegradáveis, amido de araruta e fibra de sisal. Na seção 2, materiais e métodos que abordam a metodologia para o desenvolvido do trabalho e os materiais usados. Seção 2.1, 2.2 e 2.3 são os testes realizados de umidade, solubilidade e a análise de Microscopia eletrônica de varredura. Por fim, as seções 3 e 4 estão os resultados e discussões e a conclusão.

## 2. MATERIAL E METODOS

Para o desenvolvimento do procedimento experimental foram utilizados 2 g amido de araruta da marca Torres alimentos, 0,6 g de glicerol e 80 ml de água destilada e 0,05 g de fibras de sisal com tratamento alcalino e branqueamento. O tratamento alcalino segundo cita (10 p. 35) serve para “limpar a superfície das fibras de ceras e graxas provenientes possivelmente do manuseio e manufatura das fibras, além de remover parcialmente a hemicelulose e a lignina, principalmente a hemicelulose”, além de, apresentar aumento nas características de adesão da fibra a matriz polimérica pelo acréscimo da rugosidade em suas superfícies.

Para a realização da quebra criogênica, foram empregados cerca de 2 litros de nitrogênio líquido, juntamente com pinças de madeira e cronômetros para a precisão no controle do tempo de imersão. As amostras foram imersas no nitrogênio líquido por 4 minutos, garantindo o processo adequado de criogenia.

Para a fabricação dos filmes foi utilizada a técnica casting, onde inicialmente foram realizados a mistura da fibra de sisal de cada concentração à 20 ml de água destilada e postas sob um agitador magnético por 15 minutos. Logo em seguida a solução foi adicionado a uma mistura de amido de araruta, glicerol e 60 ml de água destilada, onde as soluções foram agitadas de forma mecânica e em temperatura ambiente até que homogeneizassem. Em seguida, as concentrações foram levadas para a chapa aquecedora onde as substancias foram mexidas mecanicamente até chegar ao ponto de gel e uma temperatura de 80º C. Por fim, as substâncias finais ficaram em repouso por 1 minuto para que esfriasse levemente, em seguida foram

adicionadas em placas de Petri de poliestireno e levadas a estufa com circulação de ar a uma temperatura de 45°C e aproximadamente 36 horas.

## 2.1 ENSAIOS DE UMIDADE

Por meio do método de secagem em estufa (gravimétrico) foram determinados os percentuais de umidade das amostras. Foram cortadas 5 amostras dos filmes de cada concentração em proporções de 2x2 cm e pesadas em uma balança analítica da marca balança analítica da marca Chyo Js-110, e levadas a estufa por 24 horas a uma temperatura de 105° C. Através da equação (1) abaixo foram calculados os percentuais de umidades de cada concentrações dos filmes.

$$U\% = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i}\right) \times 100 \qquad (1)$$

Onde, U% é o percentual de umidade, $m_i$ e $m_f$ são as massas iniciais e finais das amostras.

## 2.2 ENSAIOS DE SOLUBILIDADE

Para determinar o percentual de solubilidade das amostras foi utilizado o método de secagem por circulação de ar na estufa. Assim, foram cortadas 5 amostras dos filmes de cada concentração de fibras de sisal na proporção de 1,5x2 cm e pesadas na balança analítica da marca Chyo Js-110, e levadas para estufa por 24 horas a uma temperatura de 100°C. Após esse tempo foram adicionados 50ml de água destilada e deixadas em repouso a temperatura ambiente por mais 24 horas. Decorridos esse período o excesso de água destilada foi retirado dos bécheres e as amostras retornaram a estufa por 24 horas à 105°C. Por fim, após este tempo as amostras foram pesadas para obter as massas finais e calculados o percentual de solubilidade através da equação (2) a seguir.

$$S\% = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i}\right) \times 100 \qquad (2)$$

Onde, $S\%$ é o percentual de solubilidade e $m_i$ e $m_f$ são as massas iniciais e finais das amostras.

## 2.3 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A análise dos aspectos morfológicos do material foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura do Museo Paraense Emílio Goeldi Campus de Pesquisa, localizado na avenida Perimetral, 1901, bairro Terra Firme – Belém-PA. Assim, através da técnica de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), averiguou-se os as características dos grânulos de amido de araruta e de fibras de sisal presentes nas amostras dos filmes e também os aspectos de quebra criogênica realizada. Para a análise morfológicas do material foram feitas no Microscópio eletrônico Tescan Mira3. Assim, as amostras do material das concentrações de 2,5% de fibras de sisal foram fixadas em 4 porta amostras devidamente higienizadas e adequadamente manipulados para que não houvessem contaminação das amostras e metalizados com fibras de carbono para melhor aderência no material ao porta amostras.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto final resultou em um material de aspectos maleável, de aparência uniforme, sem brilho significativo, delicado, fácil remoção da placa de Petri, sem cheiro, superfícies levemente ásperas por conta das fibras de sisal, sem formação de bolhas, ausência de rachaduras, como mostra a figura (1) a seguir:

Figura 1- fotos filme de porcentagem 2,5% de fibras de sisal

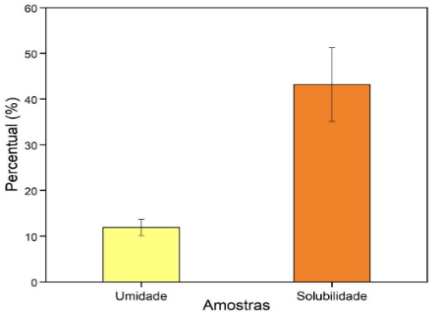
Fonte: os autores, 2024.

A partir das avaliações das amostras dos testes de umidade e solubilidade, como mostradas na figura (2) abaixo, observa-se que o percentual médio de umidade foi de 10,14% e 35,51% para a avaliação de solubilidade. Este resultado decorre pela presença de material plastificante (glicerol) na matriz polimérica, que segundo cita (11) o glicerol tem como função primordial de aumentar a flexibilidade e a processabilidade de filmes, uma barreira é criada protegendo as fibras de sofrer com exposição a água e consequentemente passar por um processo de degradação. Desta forma, pelo fato do glicerol possui baixo peso molecular e compatibilidade com o amido facilitam o aumento da mobilidade molecular possibilitando que o amido apresente características similar aos polímeros sintéticos (12).

Assim, observa-se um resultado satisfatório para a solubilidade, corroborando para a utilização nas embalagens biodegradáveis, indicando uma boa capacidade de degradação, contribuindo com a redução de resíduos. A avaliação do teste de solubilidade possibilita analisar a quantidade amostras do filme que se dissolveram em água e fornece informações sobre a sua integridade após um certo período de tempo e temperatura específicos após a sua imersão em água destilada (13). Neste sentido, é importante citar que as amostras dos filmes mantiveram sua integridade física durante os testes, não ocorrendo seu desparecimento em água destilada.

Outro ponto relevante a ser considerado, é o teor de amilose do amido de araruta (em torno de 20%) que pode oferecer ao amido a capacidade de formação de filmes com maior resistência mecânica, além de, possibilitar a formação de matrizes poliméricas que podem ser mais resistentes a umidade e gases e com propriedades de barreira (13; 7).

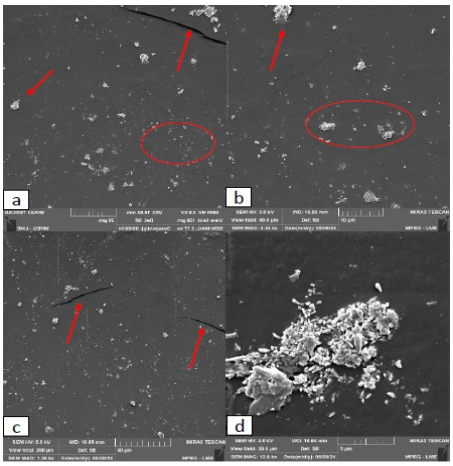
Figura 2 - Percentual testes de umidade e solubilidade amostras 2,5% de fibra de sisal




Fonte: os autores, 2024.

Em relação a Microscopia Eletrônica de varredura (Mev) foi realizada com o intuito de analisar as características morfológicas do material tanto de superfície como de quebra criogênica, afim de averiguar o tamanho e formatos dos grânulos do amido de araruta e, também as características das fibras presentes nas amostras e seu grau de incorporação a matriz, assim como mostram a figura (3) a seguir:

Figura 3 – Microscopia Eletrônica de varredura de superfície

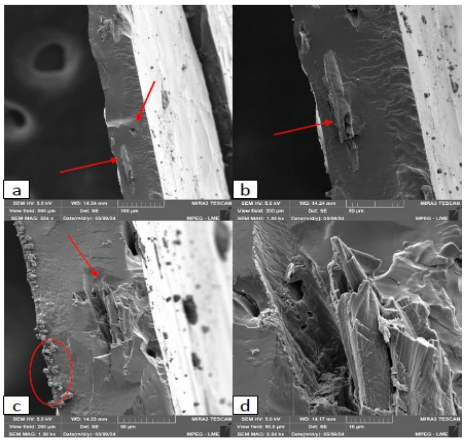



Fonte: os autores, 2024.

Na figura 3 (a), (b) e (c), observa-se que as superfícies do material são lisas e há a presença de grãos de amido de araruta que não se dissolveram completamente durante o processo de fabricação (gelatinização), e também pode ser notado a presença de pequenas fissuras nas superfícies e aglomerados de pequenos grãos do amido. Também pode ser visto na figura (d) grãos em tamanho maior macerados e parcialmente incorporado a matriz polimérica (14).

Já para averiguar os aspectos de quebra criogênica das amostras dos filmes, como mostrados na figura 4 (a) e (b) abaixo, observa-se que algumas fibras tiveram total aderência a matriz polimérica termoplastificada com glicerol e, também é possível notar que durante a quebra ficaram espaços vazios decorrente do processo de torção e arranque da amostra após serem exposto ao nitrogênio líquido por um período de tempo (15).

Figura 4 – Microscopia Eletrônica de varredura da quebra criogênica




Fonte: os autores, 2024.

Nas imagens (c) e (d) nota-se os aspectos de quebra das fibras de sisal durante a torção, é possível analisar também que há a presença de pequenas grânulos de amido de araruta na camada mais externa da amostra, como citado anteriormente isso é uma consequência do amido não se dissolver por completo durante o processo de gelatinização (16).

## 5. CONCLUSÃO

Assim, com base nas análises dos filmes fabricados a partir do amido araruta termoplastificado com glicerol e a adição de fibras de sisal como reforço a matriz; após a análise dos dados coletados nos testes, constatou-se que os resultados deste trabalho foram satisfatórios como esperando durante o processo de pesquisa. Também é importante destacar que, este resultado é atribuído ao uso glicerol como termoplastificante que aumentou a flexibilidade dos filmes e criou propriedades de barreira, protegendo as fibras de sofrer exposição direta a umidade e acelerar o processo de degradação.

Desta maneira, a partir do estudo dos filmes feitos com amido de termoplastificados com glicerol e adição das fibras de sisal como elemento de reforço à matriz, averiguou-se que diante das análises dos dados obtidos que os resultados foram satisfatórios como o esperado durante com filmes mais resistentes, este resultado é atribuído ao uso glicerol como termoplastificante que aumentou a flexibilidade dos filmes e criando assim propriedades de barreira, protegendo assim

as fibras de sofrer exposição direta a umidade e acelerar o processo de degradação. Nesta vertente, este trabalho demostra que matriz filmogênica de amido de araruta termoplastificado com glicerol com fibras de sisal como reforço possuem uma natureza promissora para a utilização em embalagens biodegraveis de alimentos e podem contribuir para a redução de resíduos sólidos na natureza, podendo assim minimizar os riscos ao planeta e saúde humana a longo prazo.

## REFERÊNCIAS


(1) HAGE JR, Elias. (1998). Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de polímeros. Polímeros. 8. **Researchgate**. DOI: **10.1590/S0104-14281998000200003.** Janeiro, 1998.

(2) COSTA, A. S. V. (2020). Resíduos industriais como matéria prima na produção de fertilizantes e utilização no cultivo de milho e feijão. *Research, Society and Development*, *9(8),*1–4.

(3) FERREIRA, Bruna; NEYRA, Rosyzela; COSTA, Joice; BRUNI, Andressa; BOLOGNESE, Marciele; VIEIRA, Angélica. (2022). Produção de filmes biodegradáveis a partir de resíduos de frutas e vegetais: uma revisão atualizada. Research, Society and Development. 11. e54311528544. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.28544.

(4) ARAÚJO, BA; FREITAS, LS de; SARMENTO, KKF.; BEZERRA, VR; LIMA, CAP de; MEDEIROS, KM de. A aplicação de polímeros biodegradáveis como alternativa sustentável. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. [1], v. 10, n. 9, pág. e49010918248, 2021. DOI:10.33448/rsd-v10i9.18248. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/18248. Acesso em: 15 jul. 2024.

(5) BARBOSA, Larissa Moreira et al. Comportamento físico-químico sob diferentes temperaturas de secagem de compósitos de fécula de mandioca e fibra de sisal. **Agropecuária Científica No Semiárido**, v. 16, n. 2, p. 81, 2020. DOI: http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i2.1229.

(6) Lima et al., CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE ARARUTA ORGÂNICA E POTENCIAL PARA APLICAÇÃO TECNOLÓGICA EM ALIMENTOS. *DESAFIOS* -

*Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins*, *6*(Especial), 118–126. **DOI:** https://doi.org/10.20873/uft.2359365220196Especialp118

(7) ROCHA, Amanda Alves Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de araruta (maranta arundinacea l.) com adição de óleo de licuri (syagrus coronata) e tween 80. / Amanda Alves Rocha. - Itapetinga: UESB, 2019.

(8) QUEIROGA, Vicente de Paula. Sisal (Agave sisalana, Perrine): Tecnologias de plantio e utilização. 1ed. / Organizadores, Vicente de Paula Queiroga, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da Silva, José da Cunha Medeiros, Camilo Flamarion de Oliveira Franco. – Campina Grande: AREPB, 2021. 217 f. : il. color. ISBN 978-65-87070-09-4.

(9) JOSEPH, Kuruvilla; MEDEIROS, Eliton S.; CARVALHO, Laura H. Compósitos de matriz poliéster reforçados por fibras curtas de sisal. **Polímeros**, v. 9, p. 136-141, 1999. Doi: doi.org/10.1590/S0104-14281999000400023

(10) MESQUITA, A. L. Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (Euterpe oleracea Mart.) da amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade. 2013. 149f. Tese de Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia. PRODERNA/UFPA – Belém-PA, 2013.

(11) BEM, Zhu Ying; SAMSUDIN, Hayati; YHAYA, Mohd Firdaus. Glycerol: Its properties, polymer synthesis, and applications in starch based films. European Polymer Journal, v. 175, 2022, p. 111377. ISSN 0014-3057. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2022.111377. Acesso em: 11 ago. 2024.

(12) MORO, T. de M.A; ORTIZ, j. A. R; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Efeito plastificante do glicerol nas propriedades físicas de bioplásticos de amidos e maracujá. In: WORKSHOP DA REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 7.; ESCOLA DE NANOTECNOLOGIA, 3., 2013, São Carlos, SP. Anais... São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2013. p. 146-148. Disponível em: https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=964665&biblioteca=vazio&busca=964665&qFacets=964665&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1. Acesso em: 11 de agosto de 2024.

(13) MAIA, Rachel Azevedo. Novos solventes eutéticos profundos baseados no núcleo benzalcônio e sua aplicação na formulação de filmes biodegradáveis / Rachel Azevedo Maia. – Areia, 2020. 56f.:il.

(14) MANINGAT, C. C. et al. Wheat starch: production, properties, modification and uses. In: BEMILLER, James; WHISTLER, Roy (Ed.). Starch. 3. Ed. Cambridge: Academic Press, 2009. P. 441-510. (Food Science and Technology). Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-746275-2.00010-0. Acesso em: 01 set. 2024.

(15) ELFALEH, Issam; ABBASSI, Fethi; HABIBI, Mohamed; AHMAD, Furqan; GUEDRI, Mohamed; NASRI, Mondher; GARNIER, Christian. A comprehensive review of natural fibers and their composites: An eco-friendly alternative to conventional materials. *Results in Engineering*, v. 19, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101271.

(16) NASCIMENTO, José Augusto de Almeida. Nanocompósitos biodegradáveis à base de amido de araruta e poli(álcool vinílico) para aplicação em embalagens ativas. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Recife, 2023.

## EFFECTS OF ADDITION OF SISAL FIBERS ON MOISTURE, SOLUBILITY AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF THERMOPLASTIC MATRIX

**ABSTRACT:** In order to replace conventional plastic packaging with viable and biodegradable alternatives, research on thermoplastic starches has been intensifying in recent years, as it is a low-cost alternative to conventional starch, which comes from petroleum. Based on this, the research developed aims to study films made from thermoplasticizing arrowroot starch with glycerol with the addition of sisal fiber as reinforcement and analyze their properties through moisture, solubility and Scanning Electron Microscopy (SEM) tests using a percentage of sisal fibers of 2.5%.

**Keywords:** Biodegradable Polymer; Arrowroot Starch; Sisal Fiber.