

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

ETEC Júlio de Mesquita

Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO DE AMIDO E AVALIAÇÃO DO REFORÇO COM FIBRA DE COCO VERDE

Bruno Augusto da Silva¹

Eduardo Henrique Silva de Melo²

Gabriely de Moraes Ferreira³

Hellen Moraes Nascimento⁴

Jhonny Frank Sousa Joca⁵

Maria do Socorro Sousa Silva⁶

Resumo: Produtos plásticos aparecem frequentemente no cotidiano mundial, contudo, seu descarte gera vastos danos ao meio ambiente. Portanto, a fim de reduzir os impactos ambientais causados por esses resíduos, alternativas como o bioplástico se tornam relevantes, os quais são comumente elaborados por meio de metodologias sustentáveis. Nesse contexto, torna-se necessário o desenvolvimento de um biofilme de amido a partir da metodologia casting, que se baseia na solubilização do amido em um solvente, com reforço de fibra de coco verde para aumento de sua resistência. Em seu processo de produção, foram testadas diferentes proporções de cada constituinte do biopolímero e, posteriormente, os parâmetros avaliados foram sua resistência à tração e à água, indicando que o produto obteve uma resistência favorável antes e após a adição do reforço.

Palavras-Chave: Bioplástico, Amido, Fibra, Resistência

¹Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio - **bruno.silva2066@etec.sp.gov.br**

²Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio - **eduardo.melo29@etec.sp.gov.br**

³Aluna do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio - **gabriely.ferreira4@etec.sp.gov.br**

⁴Aluna do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio - **hellen.nascimento5@etec.sp.gov.br**

⁵Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – **jhonny.joca@etec.sp.gov.br**

⁶Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio - **maria.silva2473@etec.sp.gov.br**

ABSTRACT

Plastic products frequently appear in everyday life around the world, however, their disposal causes extensive damage to the environment. Therefore, in order to reduce the environmental impacts caused by this waste, alternatives such as bioplastics become relevant, which are commonly produced using sustainable methodologies. In this context, it becomes necessary to develop a starch biofilm using the casting methodology, which is based on the solubilization of starch in a solvent, reinforced with green coconut fiber to increase its resistance. In its production process, different proportions of each constituent of the biopolymer were tested and, subsequently, the parameters evaluated were its tensile and water resistance, indicating that the product obtained favorable resistance before and after the addition of reinforcement.

Keywords: Bioplastic; Starch; Fiber; Resistance

1 INTRODUÇÃO

1.2 Plástico industrial e seus impactos ambientais

O plástico se tornou um dos produtos mais utilizados para diversas atividades proporcionalmente ao aumento do consumo global. Porém, apesar dos grandes benefícios oferecidos, ele gera diferentes impactos socioambientais, como resíduos em excesso no solo (LUCAS et al., 2019).

Quase 85% dos plásticos usados em embalagens acabam em aterros sanitários ou como lixo não regulamentado (UNEP, 2021). Assim, para combater essa poluição plástica, o bioplástico mostra-se muito eficaz e pode desempenhar um ótimo papel no futuro.

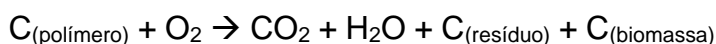
1.3 Bioplástico

1.3.1 O que é bioplástico

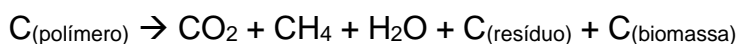
Bioplásticos são materiais poliméricos produzidos a partir de constituintes renováveis (TELLES; SARAN; UNÊDA-TREVISOLLI, 2011). Ele é comumente elaborado com amido obtido em vegetais e reforçado com fibras, que também são oriundas de elementos naturais.

Tais materiais apresentam benefícios em relação à preservação do meio ambiente, como uma sua rápida decomposição em comparação aos plásticos comuns, levando em torno de seis meses para a conclusão do processo (SABOYA, 2013). A biodegradabilidade está relacionada à composição do biofilme e se refere à deterioração natural e biológica do material. Entre as diversas reações de decomposição, as principais são (SABOYA, 2013):

- Biodegradação aeróbica:



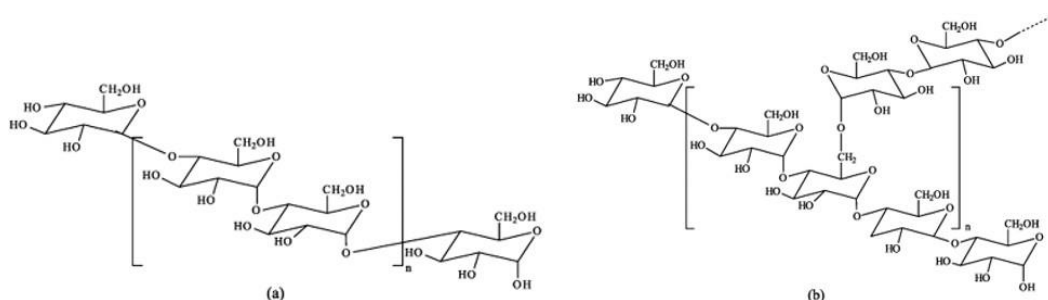
- Biodegradação anaeróbica:



1.3.3 Amido

A maioria dos plásticos biodegradáveis tem como componente principal o amido, que confere maior sustentação ao produto. O amido é um dos carboidratos mais abundantes, podendo ser extraído de diversas fontes (DENARDIM et al., 2009). Grande parte de sua composição é formada por amilopectina (em torno de 70 a 80%) e amilose (aproximadamente 20 a 30%) (CORRADINI et al., 2005).

Figura 1 - Estrutura química da amilose (a) e amilopectina (b)



Fonte: Adaptado de CORRADINI et al. (2005)

No processo de secagem do biofilme, a amilose e a amilopectina formam uma matriz polimérica que, por sua vez, é o próprio bioplástico. A glicerina também desempenha uma função importante na obtenção do polímero, atuando como plastificante e visando diminuir a intensidade de ligação entre as moléculas do carboidrato, tornando-o mais maleável (BRASKEM, 2002).

1.3.4 Biocompósitos

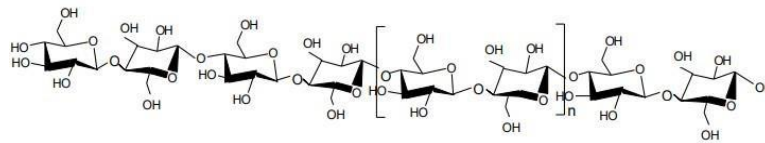
Os biopolímeros, principalmente aqueles à base de amido, geralmente possuem propriedades mecânicas inferiores aos materiais poliméricos sintéticos (GOMES, 2019). Para melhorar tais atributos, é comum a adição de fibras vegetais, formando os biocompósitos, também chamados de compósitos verdes.

Entretanto, a absorção de água pelas fibras naturais é um empecilho para produtos que têm contato direto com líquidos (GOMES, 2019). Portanto, a fim de diminuir essa hidrofiliabilidade, a lavagem com NaOH é um dos principais tratamentos superficiais químicos usados.

1.3.5 Fibras vegetais do coco verde

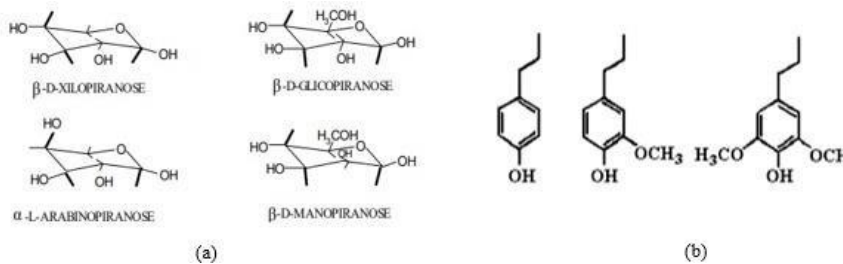
As fibras naturais, também denominadas fibras lignocelulósicas, são ricas de lignina, hemicelulose e celulose, também sendo constituídas por pequenas porcentagens de proteínas e amido. (LEÃO, 2012).

Figura 2: Representação da molécula linear de celulose



Fonte: Adaptado de LEÃO (2012)

Figura 3: Representação das estruturas que constituem a hemicelulose (a) e a lignina (b)



Fonte: Adaptado de LEÃO (2012) e SALIBA (2004)

A aplicação da casca de Coco verde (*Cocos nucifera*) na obtenção de fibras se apresenta como uma medida sustentável já que ela é um resíduo comum oriundo do consumo de água da fruta e leva de oito a doze anos para se decompor, sendo descartadas nos aterros e lixões (NASCIMENTO, 2018).

1.4 Objetivos

Este trabalho tem por objetivos a produção de um biofilme à base de amido e a comparação das propriedades mecânicas oriundas da adição da fibra de coco verde como agente de reforço.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e reagentes

Para o preparo do bioplástico foram utilizados amido solúvel P.A (Cromoline Química Fina LTDA, Brasil) e glicerina (ADV Farma, Brasil), os quais foram pesados em uma balança analítica modelo AY220 (Shimadzu, Japão), além de vinagre de maçã (Castelo Alimentos S.A., Brasil), água deionizada produzida no laboratório e NaOH 50% (KeLimp Produtos de Limpeza, Brasil). O gel produzido foi aquecido em um agitador magnético com aquecimento modelo NT 103 (Nova Técnica, Brasil) e, posteriormente, colocado para secagem em uma estufa para eletrodo modelo 50 A (Thermosolda, Brasil).

Após esse processo, a padronização da espessura das amostras foi feita em uma prensa hidráulica modelo P15 ST (Bovenau, Brasil). Além disso, no teste de resistência à tração, utilizou-se um extensômetro produzido no próprio laboratório.

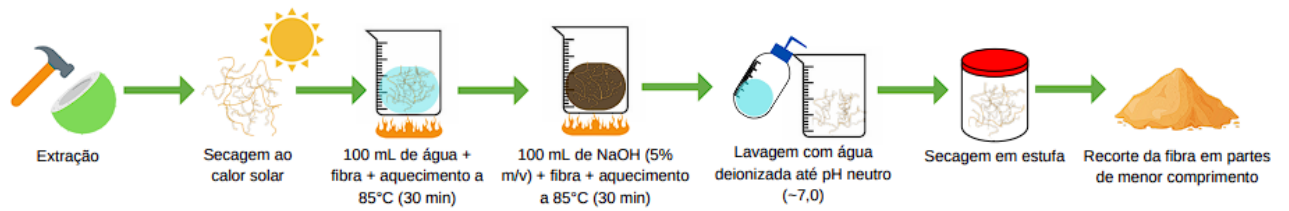
2.2 Procedimento experimental

2.2.1 Tratamento da fibra de coco verde

Primordialmente, a extração da fibra de coco foi feita através da repartição da casca do coco utilizando-se de um martelo. Ao serem extraídas, foram expostas ao calor solar para secarem. No laboratório, as fibras secas foram condicionadas a um banho de água deionizada em aquecimento de 85°C por 30 minutos. Após o tempo estipulado, a fibra foi retirada do béquer para o descarte do solvente residual. A partir de um processo semelhante, o tratamento alcalino foi feito submergindo a fibra em uma solução de hidróxido de sódio em concentração de 5% m/v e aquecendo-a na mesma temperatura e tempo. Por fim, lavou-se as fibras com água deionizada até atingir um pH neutro.

Depois do tratamento, o material foi seco em estufa por 24 horas em temperatura constante de 100°C e diminuiu-se sua granulometria para aplicação no biofilme. Todo o procedimento adotado foi descrito na figura 4:

Figura 4 - Fluxograma do processo de tratamento da fibra de coco verde

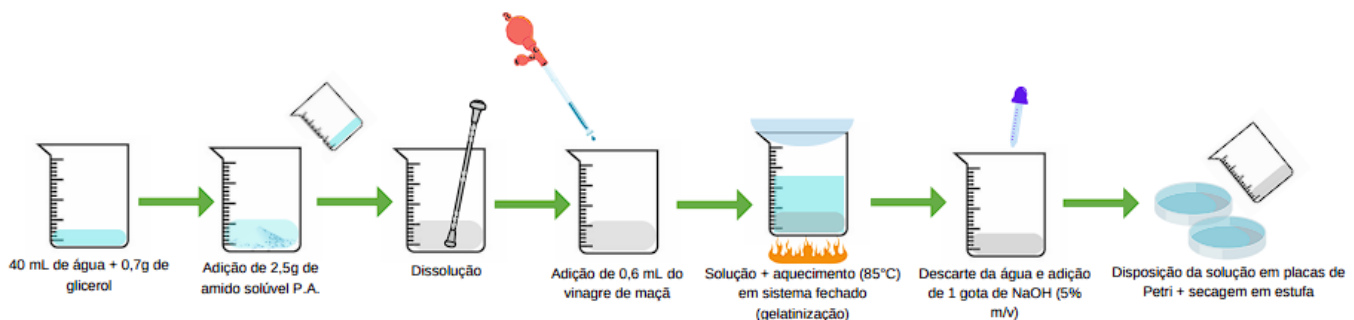


Fonte: Os autores

2.2.2 Produção da mistura do bioplástico

Foram adicionados 40 mL de água em um béquer contendo 0,7 g de glicerina até a homogeneização. Em seguida, adicionou-se aos poucos o resultado da mistura de glicerina e água em 2,5 g de amido solúvel P.A, agitou-se até a dissolução e foram acrescentados 0,6 mL de vinagre de maçã (ácido acético). Para a gelatinização do amido, o béquer contendo a mistura foi exposto a aquecimento constante de 80°C por 15 minutos, fechando o sistema com um vidro de relógio. Após esse período, descartou-se a água residual e foi adicionado entre 1 e 2 gotas da solução de hidróxido de sódio 5% m/v ao gel. Em seguida, ele foi disposto em uma placa de Petri revestida com glicerina e as amostras foram secas em estufa para eletrodo por 3 a 4 horas em temperatura constante de 50°C. A metodologia adotada foi ilustrada na figura 5:

Figura 5 - Fluxograma do processo de produção do bioplástico



Fonte: Os autores

2.2.3 Testes avaliativos

Primeiramente, para padronizar as espessuras das amostras, utilizou-se uma prensa hidráulica. Após, para avaliação de sua resistência, o ensaio de tração foi adotado como método, aplicando de uma força de tração axial na amostra de biofilme padronizada, promovendo a sua deformação até que ocorra a fraturação. Já para

avaliação de sua durabilidade em diferentes meios, o teste de água foi aplicado, expondo as amostras (com e sem fibra) em um banho de água por 24 horas.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Produção do biofilme

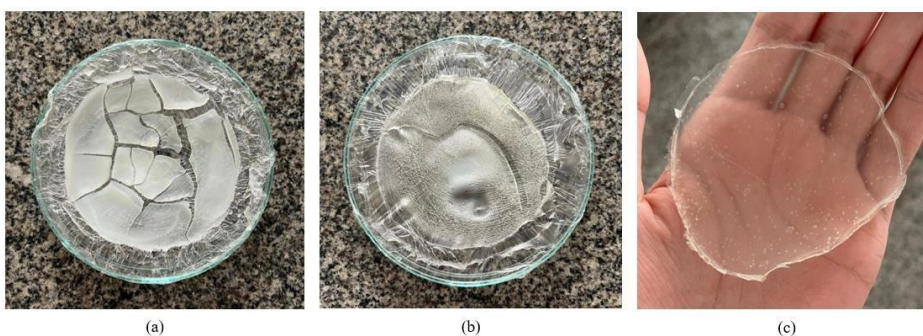
Para a produção do biofilme, foram utilizadas diversas proporções com e sem fibra até a definição de uma quantidade padrão de reagentes.

Tabela 1 - Principais proporções de biofilme realizadas

Reagentes	Proporções		
	1	2	3
Amido de milho	2,5 g (15,15% m/m)	2,5 g (10,50% m/m)	2,5 g (5,71% m/m)
Vinagre de maçã	0,6 mL (3,64% m/m)	0,6 mL (2,52% m/m)	0,6 mL (1,37% m/m)
Glicerina	0,9 g (5,45% m/m)	0,7 g (2,94% m/m)	0,7 g (1,60% m/m)
Água deionizada	12,5 mL (75,76% m/m)	20 mL (84,04% m/m)	40 mL (91,32% m/m)

Fonte: Os autores

Figura 6 - Amostras dos biofilmes 1 (a), 2 (b) e 3 (c)



Fonte: Os autores

Os biofilmes 1 e 2 não obtiveram uma boa resistência e foram marcados por rachaduras após a secagem. Tais condições foram as principais características dos biofilmes nos quais, em seu processo de produção, utilizou-se a agitação manual durante o processo de gelatinização do amido. Além disso, pode-se ressaltar a diminuição da quantidade de água como fator determinante para o aumento das rachaduras no biofilme.

Já os biofilmes da proporção 3, definida como a padrão, seguem o procedimento estabelecido na figura 5, no qual a formação do gel foi realizada em um meio fechado e sem agitação e a proporção de glicerina foi a ideal para a gelatinização do amido.

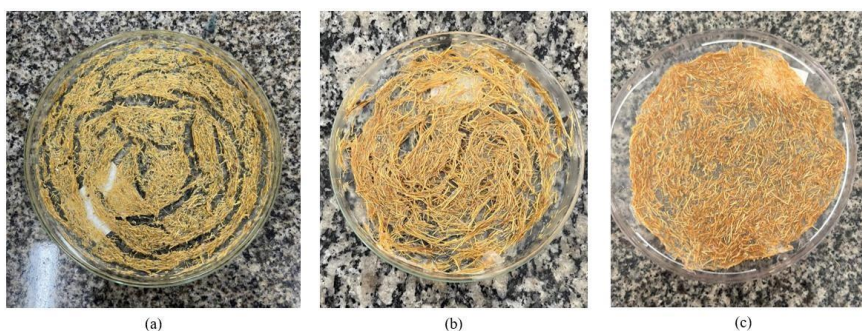
Tabela 2 - Principais proporções de biofilme com fibra realizadas

Reagentes	Proporções		
	1	2 (b)	2 (c)
Amido de milho	2,5 g (15,22% m/m)	3,0 g (5,71% m/m)	2,5 g (5,71 % m/m)
Vinagre de maçã	0,6 mL (3,65% m/m)	0,75 mL (1,37% m/m)	0,6 mL (1,37% m/m)
Glicerina	0,83 g (5,05% m/m)	0,85 g (1,60% m/m)	0,7 g (1,60% m/m)
Água deionizada	12,5 mL (76,08% m/m)	48 mL (91,32% m/m)	40 mL (91,32% m/m)

Fonte: Os autores

No biofilme 1, a quantidade de fibra de coco verde adicionada não foi quantificada, enquanto nos biofilmes 2 b e 2 c foi adicionado 1 g, o qual representa 5% em relação à massa de bioplástico após retirar a fase líquida.

Figura 7 - Amostras dos biofilmes com fibra 1 (a) e 2 (b) e (c)



Fonte: Os autores

Em se tratando do biofilme 1, torna-se notório, novamente, a menor quantidade de água como contribuinte para a existência de rachaduras. Ademais, a agitação constante na etapa de gelatinização do amido de milho interfere na formação das fissuras.

As amostras 2 e 3, apesar de possuírem a mesma proporção e modo de produção, apresentaram aspectos distintos depois da secagem. Isso se deve a temperaturas excessivamente elevadas no processo de aquecimento do gel da amostra 2, além do tempo de secagem na estufa para eletrodo.

2.3.2 Padronização da espessura do biofilme

Os bioplásticos produzidos apresentaram valores variados de espessura. Em função deste fator, avaliou-se apenas a redução da espessura por meio da prensagem, comparando as diferentes pressões exercidas.

Tabela 3 - Variação percentual da espessura das amostras

Pressão aplicada e amostras	2 Tons Sem fibra	2 Tons Com fibra	3 Tons Sem fibra	3 Tons Com fibra	5 Tons Sem fibra	5 Tons Com fibra
Redução percentual da espessura (%)	7,74	9,69	6,67	3,45	32,77	33,33

Fonte: Os autores

A redução percentual da espessura foi obtida por meio de: $(e_{(\text{pré prensagem})} - e_{(\text{pós prensagem})}) / e_{(\text{pré prensagem})} \times 100$, em que e = espessura.

Observa-se, por meio da tabela 3, que para propor um método de padronização da espessura do biofilme é indicado a utilização de pressões mais altas, como 5 Tons. Contudo, ressalta-se que pressões muito altas podem causar danos ao biofilme.

2.3.3 Testes de resistência

2.3.3.1 Tração

Em função do teste ter sido realizado com um extensômetro manual, oriundo do laboratório, analisou-se apenas a resistência mecânica do biofilme, observando o número de voltas do aparelho até o início de ruptura da amostra.

Figura 8 - Teste de tração com o bioplástico sem fibra (a) e com fibra (b)



Fonte: Os autores

Tabela 4 - Avaliação de resistência com extensômetro

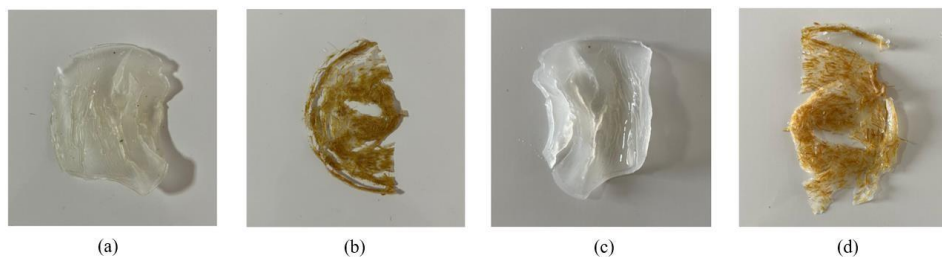
Biofilmes utilizados	Proporção padrão (sem fibras)	Proporção padrão (sem fibras)	Proporção padrão (com fibras)
Espessura (mm)	1,14	0,30	1,36
Volts do extensômetro (até a ruptura)	2	2	4

Fonte: Os autores

2.3.3.2 Água

O teste de resistência a água em bioplástico foi realizado para avaliar a capacidade do material produzido em resistir à umidade. Dessa forma, as amostras com e sem fibra ficaram expostas por 24 horas a água, apresentando determinados aspectos com o decorrer do tempo:

Figura 9 - Amostras no início do teste (a e b) e 24 horas depois (c e d)



Fonte: Os autores

3 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Mediante aos resultados apresentados, nota-se que, individualmente, o bioplástico produzido possui uma resistência considerável em comparação a certos plásticos convencionais, como o PEBD. Além disso, é perceptível que a adição das fibras de coco verde conferiu ao produto melhores propriedades, principalmente, mecânicas.

Dessa maneira, observa-se o potencial do biofilme reforçado como uma alternativa sustentável, visto que sua produção utiliza matérias-primas renováveis a fim de obter um produto comparável ao plástico comum. Portanto, devido a suas propriedades físicas, é notório que o bioplástico se qualifica como um material possível de ser aplicado em produtos do cotidiano, como embalagens.

4 REFERÊNCIAS

BRASKEM. Efeito dos plastificantes na dureza dos compostos de PVC. Boletim Técnico nº 1, p. 1, 2002. Disponível em:

https://www.braskem.com.br/Portal/Principal/Arquivos/html/boletm_tecnico/Plastificantes.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023.

CAÇADOR, J.; DANSA, S. Glicose ou alfa-D-glicopiranosose (projeção de Haworth).

Fundação CECIERJ, 2011. Disponível em: <https://canal.cecierj.edu.br/recurso/7658>.

Acesso em: 27 jul. 2023.

CHAVES, L. R. A promessa do bioplástico. Pesquisa FAPESP, 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/>. Acesso em: 2 nov. 2023.

CORRADINI, E. et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **SciELO**, 2005. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/po/a/qc4BJYSVmF7wrzhWVF58BNn/?lang=pt#>> Acesso em: 4 ago. 2023.

COSTA, J. P.; DUARTE, A. C.; SANTOS, T. R. Plásticos no Ambiente. **Revista Recursos Hídricos**, v. 40, n. 1, p. 11-18, 2019. Disponível em:

https://www.aprh.pt/rh/pdf/v40n1_destaque-1.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.

DENARDIN, C.C.; DA SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **UFSM**, Rio Grande do Sul, 2009.

GOMES, Á. Obtenção e caracterização de biocompósitos de fécula de mandioca, fibra de sisal e cera de carnaúba. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais) - **Universidade Federal Rural do Semiárido**. Mossoró, p. 69, 2019.

GORNI, A. A. Introdução aos plásticos. **Revista Plástico Industrial**, [S. l.], p. 1-8, 14 mar. 2003. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/68485994/INTRODUO_AOS_PLSTICOS20210801-14798-f08bn.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.

LEÃO, R. Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno. Dissertação (Mestrado em Ciências

mecânicas) – **Faculdade de tecnologia, Universidade de Brasília**. Brasília, p. 89, 2012.

LOIOLA, S. et al. PRODUÇÃO DE FILMES À BASE DE AMIDO DE MILHO COM DIFERENTES VARIÁVEIS EXPERIMENTAIS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 28 fev. 2020. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/90996>. Acesso em: 20 maio 2023.

LUCAS, J.; OLIVEIRA, S.; ALVES DE SOUSA, C. A. Plástico no meio ambiente: características gerais e impactos socioambientais. CONAPESC - **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências**. 2019. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2019/TRABALHO_EV126_MD1_SA7_ID126_28072019155257.pdf. Acesso em: 5 ago. 2023.

NASCIMENTO, C. Compósito de gesso reforçado com fibra de coco e cortiça triturada. Tese (Doutorado em engenharia mecânica) - **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**. Natal, p. 76, 2018.

SABOYA, D. Visão geral sobre polímeros biodegradáveis. **Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano**, p. 3-5, Rio de Janeiro, 2013.

SALIBA, E. O. S. et al. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **SciELO**, Universidade Federal Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/ksvwL846ZN3KPdSQfVYTrvr/>. Acesso em: 2 nov. 2023.

TEIXEIRA, E. M. et al. Amido Termoplástico. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, São Paulo, p. 9, 2007.

TELLES, M. R.; SARAN, L. M.; UNÊDA-TREVISOLLI, S. H. PRODUÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DE BIOPLÁSTICO OBTIDO A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciência & Tecnologia FATEC**, [S. l.], v. 2, n. 1, 2011. Disponível em: <https://citec.fatecjab.edu.br/index.php/citec/article/view/65>. Acesso em: 2 nov. 2023.

Visual feature – Beat Plastic Pollution. **UNEP - UN Environment Programme**. Disponível em: https://www.unep.org/interactives/beat-plastic-pollution/?gclid=CjwKCAjw8ZKmBhArEiwAspcJ7gWlfwLwED5H7WGrCM_HGuy45xgc_hKBDv4UfCTUa5iXLoLONeqY1BoCaAoQAvD_BwE. Acesso em: 5 ago. 2023.