

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA

Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa

Ensino Médio com Habilitação Técnica em Meio Ambiente

Amelie Sayumi Real Koike

Iago Cordeiro Vieira

Lorena Rosa dos Santos

**ALTERNATIVA A FABRICAÇÃO DO PLÁSTICO CONVENCIONAL:
produção de biopolímeros a partir da *Solanum tuberosum***

Piracicaba

2024

Amelie Sayumi Real Koike

Iago Cordeiro Vieira

Lorena Rosa dos Santos

**ALTERNATIVA A FABRICAÇÃO DO PLÁSTICO CONVENCIONAL:
produção de biopolímeros a partir da *Solanum tuberosum***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelos Professores Bianca Furlan Danelon e Rafael Souza, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Meio Ambiente.

**Piracicaba
2024**

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em especial à minha mãe Layza, meus irmãos Gael e Sophie, meu padrasto Marcus e minha avó Maricler, que me ouviram diversas vezes falar de testes e obstáculos de pesquisa. Presto homenagem aos orientadores do projeto Rafael de Souza e Bianca Furlan por toda ajuda e ensinamentos ao longo de todos esses anos. Também agradeço o auxílio do professor André Cera, que foi de tamanha ajuda para nossas práticas. Por fim, agradeço de coração meus companheiros de pesquisa, estudos e vida, Iago Cordeiro e Lorena Rosa. Pessoas para levar para vida, ainda mais depois de tanto companheirismo para realizar um trabalho de pesquisa tão íntegro.

- Amelie Sayumi

Dedico esse trabalho, primeiramente, a minha mãe, Kelccy Marques, que sob muito sol, me fez chegar aqui, na sombra. Mulher que teve seus sonhos impedidos mas criou forças para não haver impedimento aos meus, sendo a minha maior fonte de incentivo e apoio durante todo o processo de realização do curso. A minha família, que sempre me apoiaram a alcançar os meus objetivos, minha grande fonte de motivação..

À Amelie Sayumi e ao Iago Cordeiro, expresso minha profunda gratidão pelo apoio incondicional nessa etapa, amizade e parceria que me deram ao longo dessa jornada acadêmica.

- Lorena Rosa

Agradeço imensamente não só minhas companheiras de grupo Lorena Rosa e Amelie Sayumi pela realização desse trabalho, como também os orientadores Rafael de Souza e Bianca Furlan.

Agradeço também o André Cera, outros companheiros de sala que contribuíram e minha família

- Iago Cordeiro

EPÍGRAFE

“A sustentabilidade é a abertura para o futuro.
Se fecharmos, não existirá futuro.”

DIAS, DIOGO.

RESUMO

Os polímeros convencionais são parte do cotidiano da sociedade há décadas, principalmente por suas múltiplas aplicações para atender às necessidades da vida humana, como a confecção de embalagens alimentícias, peças automobilísticas, indústria têxtil, entre outros. Em contrapartida, os plásticos se mostram extremamente danosos ao meio ambiente pela sua baixa degradabilidade, hidrofobicidade e alta resistência, tudo isso somado ao consumo excessivo. Assim, eles poluem o solo, recursos hídricos e espaços urbanos, além de sua fabricação trazer malefícios à atmosfera, influenciando no aquecimento global. Uma alternativa econômica, social e ambientalmente viável é a introdução de biopolímeros nas indústrias, como substituto desse material, sendo menos danoso ao meio. Por serem produzidos a partir de matéria orgânica, levam em sua composição menos produtos químicos, o que diminui seu tempo de decomposição e aumenta sua higroscopicidade. Esse trabalho tem como objetivo testar métodos de produção de bioplástico a partir de amido de batata inglesa (*Solanum tuberosum*), com fortificação de fibra de coco verde (*Cocos nucifera*). Os processos relatados variam desde a extração do amido à sua fabricação com as fibras de coco tratadas quimicamente. Os resultados com amido comprado se mostraram mais eficazes, com menos instabilidade; os procedimentos com a fibra de coco se mostraram adequados para utilização no material criado, com as fibras resistentes, mesmo após neutralização; o bioplástico apresentou amostras estáveis e que cumpriram seu propósito como alternativa.

Palavras-chave: bioplástico; fibra de coco; amido de batata; produção; substituição.

ABSTRACT

Conventional polymers have been part of society's daily life for decades, mainly due to their multiple applications to meet the needs of human life, such as the manufacture of food packaging, automotive parts, the textile industry, among others. On the other hand, plastics are extremely harmful to the environment due to their low degradability, hydrophobicity and high resistance, all this added to excessive consumption. Thus, they pollute the soil, water resources and urban spaces, in addition to their manufacture bringing harm to the atmosphere, influencing global warming. An economically, socially and environmentally viable alternative is the introduction of biopolymers in industries, as a substitute for this material, being less harmful to the environment. Because they are produced from organic matter, they have fewer chemicals in their composition, which reduces their decomposition time and increases its hygroscopicity. This work aims to test methods for producing bioplastic from English potato starch (*Solanum tuberosum*), with fortification of green coconut fiber (*Cocus nucifera*). The reported processes range from the extraction of starch to its manufacture with chemically treated coconut fibers. The results with purchased starch proved to be more effective, with less instability; the procedures with coconut fiber proved to be adequate for use in the created material, with resistant fibers, even after neutralization; The bioplastic presented stable samples that fulfilled their purpose as an alternative.

Keywords: bioplastic; coconut fiber; potato starch; production; substitution.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. AMIDO I DECANTANDO.....	21
Figura 2. PROCESSO DE FILTRAÇÃO A VÁCUO DO AMIDO I.....	22
Figura 3. AMIDO I NA ESTUFA.....	22
Figura 4. TESTE I BIOPLÁSTICO ANTES DA ESTUFA.....	23
Figura 5. AMIDO I EXTRAÍDO MACERADO.....	23
Figura 6. AMOSTRA I DO BIOPLÁSTICO FINALIZADA.....	24
Figura 7. PESAGEM DAS AMOSTRAS I DO BIOPLÁSTICO.....	24
Figura 8. AMOSTRAS DIVIDIDAS EM TRÊS PARA TESTE DE DECOMPOSIÇÃO ..	25
Figura 9. RESULTADO TESTE II DO BIOPLÁSTICO.....	25
Figura 10. EXTRAÇÃO AMIDO II ANTES DA ETUFA.....	26
Figura 11. EXTRAÇÃO AMIDO II DEPOIS DA ESTUFA.....	26
Figura 12. RESULTADO III DO BIOPLÁSTICO.....	27
Figura 13. RESULTADO TESTE IV DO BIOPLÁSTICO NA FORMA DE ALUMÍNIO ..	27
Figura 14. RESULTADO TESTE IV DO BIOPLÁSTICO NA PLACA DE PETRI.....	27
Figura 15. PESAGEM EXTRA DO AMIDO COMPRADO PARA TESTE V DO BIOPLÁSTICO	28
Figura 16. AQUECIMENTO DO TESTE V DO BIOPLÁSTICO.....	28
Figura 17. RESULTADO TESTE V DO BIOPLÁSTICO.....	29
Figura 18. COCO VERDE SENDO QUEBRADO.....	30
Figura 19. FIBRAS DE COCO VERDE ANTES DA SECAGEM.....	30
Figura 20. ÁGUA DESCARTADA APÓS LAVAGEM DAS FIBRAS DE COCO.....	31
Figura 21. TESTE I BIOPLÁSTICO COM FIBRA ANTES DA ESTUFA.....	31
Figura 22. TESTE I BIOPLÁSTICO COM FIBRAS DEPOIS DA ESTUFA.....	32
Figura 23. TESTE I BIOPLÁSTICO COM FIBRAS DEPOIS DA ESTUFA.....	32
Figura 24. TESTE II BIOPLÁSTICO COM FIBRAS ANTES DA ESTUFA.....	33
Figura 25. TESTE II BIOPLÁSTICO COM FIBRAS DEPOIS DA ESTUFA.....	33
Figura 26. TESTE III BIOPLÁSTICO COM FIBRAS ANTES DA ESTUFA.....	34
Figura 27. DEMONSTRAÇÃO DO MOLDE A SER UTILIZADO.....	34
Figura 28. TESTE IV BIOPLÁSTICO COM FIBRA ANTES DA ESTUFA.....	35
Figura 29. TESTE IV BIOPLÁSTICO COM FIBRAS DEPOIS DA ESTUFA.....	35
Figura 30. PESAGEM DE BIOPLÁSTICO APÓS DECOMPOSIÇÃO AERÓBICA.....	36

Figura 31. PESAGEM DE BIOPLÁSTICO APÓS DECOMPOSIÇÃO ALCOÓLICA.....	36
Figura 32. BIOPLÁSTICO DECOMPOSTO NO MEIO AERÓBICO	37
Figura 33. BIOPLÁSTICO DECOMPOSTO NO MEIO ALCOÓLICO	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura de gelatinização de diferentes fontes vegetais.....	14
Tabela 2 - Valores médios das principais propriedades da fibra de coco verde.....	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Geral:	12
2.2. Específicos:	12
3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	13
4. METODOLOGIAS	16
4.1. PEREIRA et al. apud DEL VECCHIO.....	16
4.2. BRESSANIN.....	17
4.3. SILVA et al.....	18
5. MATERIAIS E REAGENTES	19
6. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL.....	21
7. ANÁLISE DE RESULTADOS	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

Por muito tempo, as características desejadas de polímeros convencionais eram a sua hidrofobicidade, sua alta resistência e a falta de biodegradabilidade. Entretanto, a maior problemática que envolve o plástico e o seu consumo excessivo é sua degradação demorada no meio ambiente, ocasionando diversos impactos socioambientais (SEBIO; CHANG, 2010; ROSA *et al.*, 2002 *apud* BRESSANIN, 2010). Cerca de 85% dos polímeros usados em embalagens, no Brasil, tem seu destino em aterros sanitários ou como lixo não regulamentado (UNEP, 2021 *apud* SILVA, 2023), diante disso, o bioplástico, com sua rápida degradação no ambiente, soluciona as problemáticas que envolvem o plástico comum e supre a demanda de materiais desse tipo.

Segundo a norma ABNT 15448:2008, polímeros só são considerados biodegradáveis quando sua decomposição no meio ambiente ocorre em um período de no máximo 6 meses (FERNANDES, 2019), além de alguns institutos normatizadores também apresentarem critérios que definem um material como biodegradável, sendo eles o American Society for test and Materials (através das normas D 6400 e D 5338), Internacional Standardization Organization (com os regulamentos 14851, 14852 e 14855) e German Institute for Standardization European Standard (com a diretriz 13432). (MENDES, 2009).

Este trabalho teve como intuito a fabricação de uma embalagem para produtos não alimentícios feita de bioplástico a base de amido extraído da batata inglesa (*Solanum tuberosum*) e incrementado com fibras de coco verde (*Cocus nucifera*) baseando-se nas metodologias de (PEREIRA *et al.* 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023; MENDES, 2009 e SILVA *et al.*, 2023).

2. OBJETIVOS

2.1. Geral:

- Produzir amostras economicamente viáveis de bioplástico a partir do amido extraído de batata do gênero *Solanum tuberosum*.

2.2. Específicos:

- Extrair amido do tipo de batata *Solanum tuberosum*;
- Fabricar filmes bioplásticos com diferentes metodologias a partir de amido extraído e industrial (que já estava disponível no ambiente escolar);
- Analisar o tempo de degradação do filme bioplástico em meio aeróbico, imerso em meio aquoso e em álcool etílico 96%;
- Investigar materiais (como fibras orgânicas do *Cocus nucifera*, popularmente conhecido como coco verde), que promovam o aumento da resistência para um produto final de maior durabilidade, melhor moldagem e menor higroscopia;
- Desenvolver um recipiente armazenador moldado a partir do bioplástico de amido extraído de batata inglesa (*Solanum tuberosum*) incrementado com fibras de coco verde (*Cocus nucifera*).

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O plástico é um dos maiores problemas de poluição na atualidade. Na história, esse material aparece pela primeira vez em 1862, criado por Alexandre Parkes, a partir de celulose. Em 1907, observa-se a aparição do plástico sintético, por Leo Hendrick Baekelan e, mais adiante, foram surgindo suas variações (Atlas do Plástico, 2020 *apud* LOUREIRO, 2021). Porém, ele começou a ser utilizado na década de 1950, como uma embalagem alimentícia (MAZHANDU *et al.*, 2020 *apud* LOUREIRO, 2021).

Após sessenta e cinco anos da aplicação desse material no cotidiano, mais de 5 bilhões de toneladas dele foram produzidos e rejeitados no meio ambiente. Dados apontam que em 2050 esse número alcançará 12 bilhões de toneladas (MAZHANDU *et al.*, 2020 *apud* LOUREIRO, 2021).

Diante disso, os polímeros são uma grande preocupação, sendo o foco de diversos estudos que buscam reverter o cenário atual em relação ao lixo (MENDES *et al.*, 2022), “*pois anualmente cerca de 11,3 milhões de toneladas de resíduos plásticos são descartados na natureza, destes, 8 milhões são depositados no oceano*” (WIT *et al.*, 2019 *apud* MENDES *et al.*, 2022). Todo este material, por ser proveniente do petróleo, se degrada entre 100 e 400 anos (FECHINE *et al.*, 2011 *apud* DEL VECCHIO, 2023). Uma solução que se mostra cabível é a substituição desse plástico convencional por biopolímeros (BRITO *et al.*, 2011 *apud* DEL VECCHIO, 2023).

“Uma das vantagens da utilização de embalagens biodegradáveis é sua alta biodegradabilidade ligada a ação fertilizante da biomassa resultante no processo. Além disso, destacam-se: o processo de fabricação que envolve substâncias atóxicas e a utilização de matérias primas provenientes de fontes renováveis e acessíveis.” (ARENAS, 2012 *apud* BEGNINI *et al.*, 2019).

Os bioplásticos, além de terem vantagens para o meio ambiente pela sua alta e rápida degradabilidade, também têm se mostrado uma boa ferramenta nos meios econômicos e produtivos pelos avanços na ciência (PHILP *et al.*, 2012 *apud* AMORIM, 2019).

Para a confecção de um bioplástico, são necessários três pilares principais: um agente formador de filme, como os polissacarídeos, um solvente e um plastificante (DIAS

et al., 2024). Um dos maiores exemplos de materiais com polissacarídeos é o amido, encontrado em alimentos como o milho e a batata (DA RÓZ, 2004 *apud* BRESSANIN 2010). Os polissacarídeos são ricos em glicose em cadeia, o que lhes dá grande hidrofiliabilidade, a alta atração com a água, o que, para a formação de um material, é interessante pois aumenta sua plasticidade (F TEIXEIRA, 2007; CEREDA; VILPOUX, 2004 *apud* BRESSANIN, 2010).

Para ocorrer essa gelatinização, é necessário que o composto passe por um processo de aquecimento, o que solubiliza o reagente, para que suas ligações hidrogênicas expandam e se rompam, (TEIXEIRA, 2007; DA RÓZ, 2004 *apud* BRESSANIN, 2010). Cada fonte de amido possui sua temperatura de gelatinização, como mostra a tabela a seguir:

Tabela 1 - Temperatura de gelatinização de diferentes fontes vegetais.

Amido	Milho	Trigo	Arroz	Mandioca	Batata
Temp. gelatinização (°C)	62-72	58-64	68-78	49-70	59-68

Fonte: JACOB, 2006 *apud* BRESSANIN, 2010.

Entretanto, para uma maior flexibilidade dos filmes plásticos, é necessário seu incremento com um plastificante, como a glicerina, rica em açúcar (TEIXEIRA, 2007 *apud* BRESSANIN, 2010), o que diminui a movimentação molecular da substância, por ficar entre suas cadeias de hidrogênio, o que o torna mais maleável (DA RÓZ, 2004 *apud* BRESSANIN, 2010).

Porém, mesmo com alta elasticidade, os biopolímeros têm problemas com propriedades mecânicas, normalmente atreladas a sua elevada umidade, o que os torna quebradiços (DEBIAGI *et al.*, 2012 *apud* FRANCO, 2016). Para aumentar a resistência do material, é possível adicionar fibras naturais para diminuir sua solubilidade (ROCHA *et al.*, 2019), como as de coco verde. A tabela a seguir mostra algumas propriedades da fibra de coco verde, o que possibilita melhor entendimento sobre seu uso para ajudar na permeabilidade e força do material:

Tabela 2 - Valores médios das principais propriedades da fibra de coco verde.

Propriedades	Valores
pH	5,4
Densidade	70 g/L
Porosidade	95,60%
Retenção de água	538 mL/L

Fonte: SILVA, JERÔNIMO, 2012 *apud* FRANCO, 2016.

Para manter as propriedades adequadas para um bioplástico, é necessário que as fibras passem por um processo de tratamento químico e físico (FRANCO, 2016). Fibras com menores dimensões tornam as propriedades mecânicas melhores quanto a resistência, peso e até em sua aparência, por terem maior adesão ao material (BASTOS E SIMÃO, 2007 *apud* SILVA *et al.*, 2017).

Assim, as propriedades do polímero podem ser melhoradas, sem que o aspecto central, de ser benéfico com o meio ambiente, seja alterado. Por terem base orgânica:

“uma vez que degradado, [o biopolímero] pode até ser usado como material de compostagem (fertilizante), essa vantagem vem justamente na origem vegetal da matéria-prima, que reduz nossa dependência do petróleo, que domina nossa sociedade há décadas.” (CASTILLO, 2015 *apud* FABIANO *et al.*, 2023).

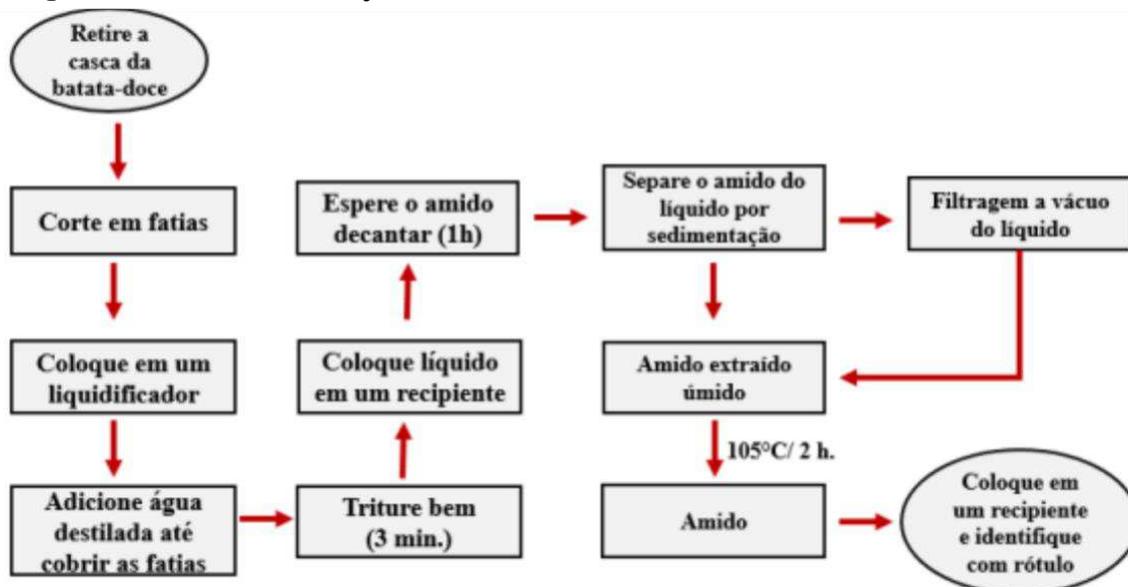
4. METODOLOGIAS

4.1. PEREIRA *et al.* *apud* DEL VECCHIO

O processo de extração de amido da batata-doce baseia-se no método descrito por (PEREIRA *et al.*, 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023). Inicia-se através da retirada da casca da batata-doce e em seu recorte, após isso, coloca-se em um liquidificador adicionando-se água destilada até cobrir as fatias, triturando-as por cerca de 3 minutos. O líquido resultante será despejado em um recipiente para decantar o amido por uma hora. Depois desse período, o amido será separado do líquido com a sedimentação desses compostos, com isso, pode se chegar no resultado esperado, ou caso necessário há mais um processo de filtragem a vácuo. O amido úmido passa por desidratação, aquecido por duas horas a 105°C. Em conclusão, o material obtido será armazenado em um recipiente apropriado e rotulado.

O fluxograma abaixo apresenta esquematicamente o processo de extração do amido:

Fluxograma - Método de extração do amido



Fonte: Adaptado (PEREIRA *et al.*, 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023).

Para a produção do bioplástico serão utilizadas as medidas iniciais descritas a seguir com o método de inibição de bolhas, baseados nos estudos de (PEREIRA, PLENS, 2020; FAKHOURI, 2009 *apud* DEL VECCHIO, 2023).

A etapa inicial do método de inibição de bolhas será agitar cerca de 7,5g de amido, adicionando 50ml de H₂O destilada, 5ml de glicerina, 3ml de HCl 0,1M e NaOH 0,1M (até pH = 7). Após isso, o amido modificado passará por agitação e aquecimento a 65° C, desliga-se o aquecimento, adiciona-se gotas de álcool etílico e continua com agitação suave e controlada. Na etapa subsequente, transfere-se o amido gelatinizado resultante em uma superfície plana e o leva para uma estufa, onde ficará secando por 72 horas a 35°C, até a obtenção do bioplástico.

Outra metodologia que será utilizada é a de (MENDES, 2009), baseada na preparação de Amido Termoplástico (TPS), processo que consiste em uma pré-mistura do amido com plasticizantes (água e glicerol) e em seguida a mistura termoplástica.

Em um saco de polietileno, o amido, água, glicerol e ácido esteárico serão misturados manualmente até virar um pó, denominada de pré-mistura. As medidas utilizadas por (MENDES, 2009) nessa etapa foram 60g de amido, 18g de glicerol, 3,65g de água e 0,5g de ácido esteárico. A preparação da pré-mistura terá como base essas medidas.

Na etapa precedente, a pré-mistura será transferida para um misturador a 160°C por 10 minutos, após isso, ocorrerá a termoprensagem e como resultado esperado, a obtenção do amido termoplástico.

4.2. BRESSANIN

A segunda metodologia se baseia na técnica desenvolvida por (BRESSANIN, 2010), que consiste em misturar em um béquer 2,5 gramas de amido de batata, 25mL de água destilada e 3mL de ácido clorídrico (HCl) 0,1M. Posteriormente, o conteúdo é aquecido com tela de amianto e bico de Bunsen por 15 minutos. Com a amostra gelatinizada, mede-se o pH com medidor universal de pH para chegar à neutralização da mistura, adicionando NaOH 0,5M caso necessário.

Após os processos descritos, o amido gelatinizado é transferido para uma placa de Petri e levado para estufa, onde ficou submetido à temperatura de 60°C por 24 horas para secagem, assim, obtendo-se o filme bioplástico.

4.3. SILVA *et al.*

A metodologia de (SILVA *et al.*, 2023) foi utilizada para a extração e modificação das fibras do coco verde como forma de fortificar o bioplástico e deixá-lo mais resistente. Ela se baseia na extração das fibras para secagem e lavagem adequados com água destilada e aquecimento a 85°C por 30 minutos. Depois, entra a soda cáustica (NaOH) com aquecimento da mesma forma de antes, para seu tratamento químico. Após neutralizar a amostra com lavagem em água corrente, ela tem que ser levada para a estufa a 100°C por 24 horas.

Para finalizar, é feito o recorte dessas fibras para diminuir seu tamanho e facilitar sua inserção no bioplástico. Todos os procedimentos são representados pelo fluxograma abaixo:

Fluxograma - processo de tratamento da fibra de coco verde



Fonte: (SILVA *et al.*, 2023)

5. MATERIAIS E REAGENTES

- Ácido clorídrico (HCl 0,1M);
- Agitador magnético com aquecimento;
- Água destilada;
- Água torneira (laboratórios de microbiologia e química);
- Álcool anidro 99%;
- Álcool etílico 96%;
- Almofariz;
- Balança analítica Marte AS 510;
- Bastão de teflon;
- Bastão de vidro;
- Batata Inglesa (*Solanum tuberosum*);
- Béquer 100 mL;
- Béquer 1000 mL;
- Béquer 2000 mL;
- Béquer 250 mL;
- Bico de Bunsen;
- Bomba a vácuo;
- Cápsula de evaporação de porcelana;
- Colher de metal;
- Encubadora Diagtech DT-6150C;
- Espátula de aço;
- Estufa Lucadema Luca 80/100;
- Estufa Novatecnica NT513-i;
- Estufa Solab SL-100;
- Fita de pH;
- Fita;
- Forma de aço;
- Fósforo;

- Funil de Büchner;
- Glicerina;
- Hidróxido de Sódio (NaOH 0,1M);
- Hidróxido de Sódio (NaOH 0,5M);
- Kitassato;
- Liquidificador;
- Papel de filtro qualitativo;
- Pera;
- Pinça de aço;
- Pipeta de Pasteur;
- Pipeta graduada 5 mL;
- Pisseta;
- Pistilo;
- Placa de Petri;
- Plástico filme;
- Proveta 50 mL;
- Suporte de metal;
- Tela de amianto;
- Termômetro de mercúrio;
- Tesoura;
- Vidro de relógio.

6. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No primeiro teste do biofilme, foi utilizada a metodologia de (PEREIRA *et al.* 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023). Iniciou-se o processo extraíndo o amido da batata. Foi utilizada uma unidade de batata *Solanum tuberosus*, previamente descascada e cortada em pedaços menores para serem colocados no liquidificador junto à água destilada (suficiente para cobrir as fatias). O volume alcançado dos componentes juntos, de acordo com o marcador do liquidificador, foi de 500mL. O aparelho foi ligado por 3 minutos e o conteúdo foi transferido para um béquer de vidro de 1L, onde ficou decantando por 1 hora.

Figura 1. Fonte: Os autores.



Após esse período, com auxílio de uma colher de metal, a espuma em excesso foi retirada e, com um bastão de plástico, o conteúdo líquido e o decantado foram misturados. Em seguida, a mistura foi filtrada com uma bomba a vácuo, Kitassato de 1L, funil de Büchner e papéis de filtro qualitativo (previamente reduzidos com auxílio de uma tesoura para justaporem perfeitamente no funil). Obteve-se três papéis com a amostra, que foram dispostos em placas de Petri e levados à estufa Solab SL-100 por 2 horas à 105°C.

Figura 2. Fonte: Os autores.



Figura 3. Fonte: Os autores.



No mesmo dia, realizou-se a primeira produção de bioplástico com a técnica de inibição de bolhas de (PEREIRA *et al.* 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023). Para iniciar, pesou-se, em uma balança analítica, 7,5g de amido comprado dentro de um béquer de 100mL. Em seguida, foi adicionado no béquer 50mL de água destilada medida em uma proveta de 50mL, assim, adicionando-se 5mL de glicerina e 3mL de HCl 0,1M, ambos com método de pipetagem (consiste em usar pipeta graduada de 5mL e uma pera para transferir os líquidos a vácuo), agitando continuamente com bastão de vidro. A amostra foi neutralizada até pH 7,0 após a adição de 81 gotas de NaOH 0,1M com uma pipeta de Pasteur, o pH foi vistoriado com o auxílio de 17 fitas de pH.

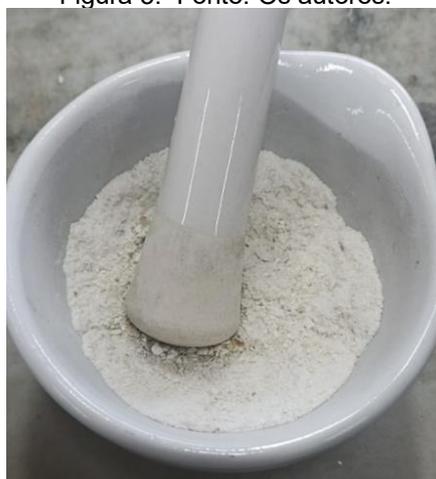
O amido modificado obtido, previamente reservado na geladeira do laboratório de microbiologia, passou por aquecimento em um agitador magnético com aquecimento, com agitação constante com auxílio de um bastão de vidro e temperatura consultada através de um termômetro de mercúrio até 65°C, nessa mesma etapa foram adicionadas gotas álcool etílico 96% com o intuito de inibir as bolhas. A este ponto a amostra já estava gelatinizada e foi disposta sobre duas placas de Petri e levadas à estufa Lucadema Luca 80/100 por 72 horas a 35°C.

Figura 4. Fonte: Os autores.



Dando continuidade, o amido extraído já seco foi retirado da estufa Solab SL-100 e macerado em um almofariz com o pistilo, ambos de porcelana. O amido macerado totalizou 13,085g, pesado em uma balança analítica.

Figura 5. Fonte: Os autores.



Depois do prazo expedido de 84 horas, consultou-se os filmes bioplásticos e retirou-os da estufa Lucadema Luca 80/100, e posteriormente foram pesados totalizando 11,8418g.

Figura 6. Fonte: Os autores.

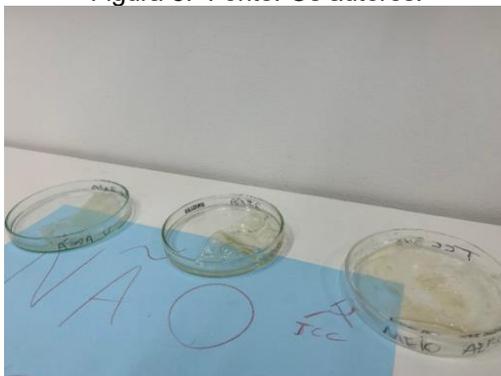


Figura 7. Fonte: Os autores.



Com o intuito de analisar a sua decomposição, levou-se as amostras prontas e colocou em meios para a degradação. Primeiro, um dos filmes foi dividido ao meio e, em seguida, foram dispostos em placas de Petri. Pesou-se 3,46g do bioplástico para colocar em 20mL de álcool etílico 96%, 3,24g em 20mL de água da torneira do laboratório de microbiologia e 5,38g do filme para ficar no meio aeróbico. A água e o álcool eram repostos quando ambos evaporavam totalmente, entretanto com álcool anidro 99%.

Figura 8. Fonte: Os autores.



No laboratório de química, foi realizado o mesmo processo de fabricação de bioplástico com a metodologia de (PEREIRA *et al.* 2017 *apud* DEL VECCHIO, 2023), porém com o amido que havia sido extraído semanas antes. A única mudança foi na concentração de NaOH, que passou a ser de 0,5M e o material foi disposto em uma forma de aço.

Após as horas na estufa Lucadema Luca 80/100, o resultado foi diferente do esperado e do obtido no primeiro teste. A amostra se encontrava quebradiça, com coloração amarelada e com consistência de borracha e porosa. Armazenou-se o material em um pote de plástico com tampa, rotulado e guardado no laboratório de meio ambiente.

Figura 9. Fonte: Os autores.



Para repetir a análise afim de obter um resultado satisfatório e conferir se o problema estava no amido extraído, o processo de extração do amido de batata inglesa (*Solanum tuberosus*) com o mesmo método de extração anterior de (PEREIRA *et al*

2017, *apud* DEL VECCHIO, 2023), mas dessa vez com três unidades de batata, rendendo 30,16g de material, que foi reservado em um pote de plástico com tampa e rótulo.

Figura 10. Fonte: Os autores.



Figura 11. Fonte: Os autores.



O processo de fabricação do bioplástico foi repetido com as mesmas medidas da segunda vez, obtendo-se um resultado insatisfatório, semelhante ao teste anterior, porém com uma coloração amarronzada. Assim, reservado como o outro em outro recipiente com tampa e rótulo.

Figura 12. Fonte: Os autores.



Com objetivo de conferir que o amido extraído poderia ser o problema, repetiu-se o processo de fabricação de (PEREIRA *et al.* 2017, *apud* DEL VECCHIO, 2023), porém com o amido comprado utilizado na execução da primeira amostra. Parte do conteúdo foi disposto em uma forma de aço e a outra em uma placa de Petri. O resultado se mostrou, novamente, insatisfatório. Sua coloração estava mais transparente, como o primeiro, entretanto ainda estava quebradiço, principalmente o da forma de aço.

Figura 13. Fonte: Os autores.



Figura 14. Fonte: Os autores.



Percebendo que o procedimento escolhido não estava sendo favorável para os estudos do bioplástico, mudou-se a metodologia de produção para a de (BRESSANIN, 2010). A partir disso, produziu-se um bioplástico com a pesagem de 2,5g de amido comprado em uma balança analítica com auxílio de um béquer de 100mL e uma espátula de metal. Em seguida, adicionou-se 25mL de água, 3mL de HCl, 2mL de glicerina, sempre com agitação.

Figura 15. Fonte: Os autores.



Figura 16. Fonte: Os autores.



Essa mistura foi aquecida em bico de Bunsen com tela de amianto e suporte, tampada com vidro de relógio por 15 minutos, porém o conteúdo transbordou no minuto

12 pela altura baixa do béquer que não suportou a quantidade de bolhas que se formou. Desse modo, o aquecimento foi interrompido e a amostra foi resfriada naturalmente. Com a amostra já fria, mediu-se o pH com fita de pH e corrigindo-o com NaOH 0,5M até alcançar sua neutralidade. Entretanto, na hora da correção, a amostra ultrapassou o pH neutro, se tornando alcalino de pH 12.

O processo foi repetido desde o início, porém em um béquer de 250mL, para evitar vazamento, o que funcionou. Para atingir a neutralidade da amostra corretamente, foi utilizado NaOH 0,1M, requerendo-se 36 gotas para pH 7. Ambas as amostras foram depositadas em placas de Petri e levadas à estufa Lucadema Luca 80/100 a 60°C por 24 horas.

Subsequentemente, foram retiradas as amostras que se apresentavam satisfatórias, transparentes e consistentes, porém elas aderiram à placa de Petri, impossibilitando sua remoção.

Figura 17. Fonte: Os autores.



Com o intuito de fortificar o bioplástico, foi testado a metodologia de (SILVA, *et.al*, 2023) de reforço com fibra de coco verde. Começou-se abrindo um coco com o auxílio de um martelo e repartiu-o em partes menores que foram depositadas sob uma forma de alumínio e levadas a Estufa Solab CL-100 a 60°C por 2 dias, sendo viradas na metade do processo.

Figura 18. Fonte: Os autores.

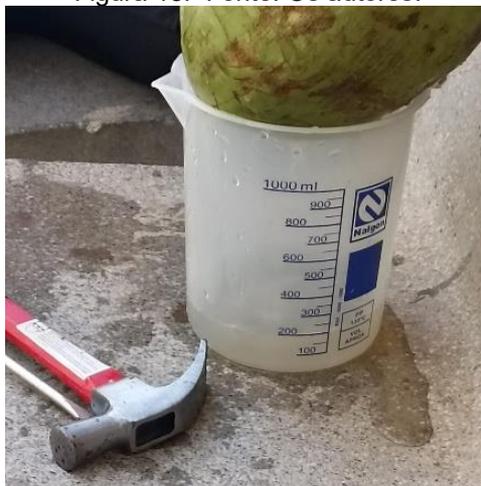


Figura 19. Fonte: Os autores.



Posteriormente, pesou-se, com uma balança analítica, 50g da fibra já seca em um béquer de 2L, depois adicionou-se água destilada até preencher o volume de fibras e o conteúdo foi para o aquecimento, com a ajuda de um Bico de Bunsen, por 30 minutos à 85°C (com a medição constante de um termômetro de mercúrio). Em seguida, retirou-se o líquido do béquer com a assistência de uma peneira e adicionou-se, no mesmo recipiente, 70g de hidróxido de sódio comercial (NaOH) dissolvidos em 1 litro de água de torneira, o que foi suficiente para cobri-las. O conteúdo foi novamente aquecido por um Bico de Bunsen à 85°C por 30 minutos, sempre checando com o termômetro de mercúrio.

Figura 20. Fonte: Os autores.



Por fim, lavou-se as fibras sob água corrente, com o apoio de uma peneira, a fim de abaixar sua alcalinidade e atingir o pH neutro. Em seguida, o material foi disposto em uma forma de alumínio e levado à estufa Estufa Solab CL-100 a 100°C por 24 horas. Após o tempo estipulado, o grupo triturou as fibras com amparo de liquidificador e tesoura para obtenção de partições menores. Por fim, pesou o conteúdo resultante, chegando a 15g de fibra.

Após os processos com a fibra, o grupo foi testar sua eficiência, repetindo a fabricação do bioplástico de (BRESSANIN, 2010), porém dessa vez utilizando 4 receitas de produção, quadruplicando todas as medidas, e inserindo na mistura final 10g das fibras já tratadas. O conteúdo foi colocado em uma Placa de Petri forrada com papel filme e levado à Estufa Solab CL-100 a 60°C por 24 horas. A amostra deu certo e ficou com uma resistência maior, além de ter um aspecto satisfatório.

Figura 21. Fonte: Os autores.



Figura 22. Fonte: Os autores.



Figura 23. Fonte: Os autores.



O procedimento foi realizado novamente, entretanto, dessa vez, com 16 receitas, para cobrir uma forma de alumínio retangular de 21cm de comprimento, aproximadamente. A principal diferença desse processo para o anterior é que as fibras foram depositadas após o bioplástico ter sido despejado na forma de alumínio. Porém, o resultado não foi agradável e a amostra ficou desregular e quebradiça, pois o plástico filme que forrou a forma não ficou estável nas extremidades. Ademais, o líquido do

bioplástico foi aquecido por 30 minutos, o dobro do tempo determinado no estudo de (BRESSANIN, 2010), antes de ser resfriado e acertado seu pH.

Figura 24. Fonte: Os autores.



Figura 25. Fonte: Os autores.



O grupo repetiu a técnica, mas dessa vez com 20 receitas, para tentar fazer mais pressão no plástico filme para ele não se levantar, o que melhorou no resultado e deixou a amostra mais plana. Além disso, as fibras foram novamente adicionadas na mistura

antes de colocar sobre a forma de alumínio, o que ajudou com que as fases agregassem melhor.

Figura 26. Fonte: Os autores.



Com todos os procedimentos testados, o grupo começou a fazer o material de bioplástico com fibra de coco já em um molde em um formato que lhes seria adequado. Para um primeiro teste, utilizaram cápsulas de evaporação de porcelana. Os resultados não foram como o esperado, porque o plástico filme derreteu, o que fez a mistura escoar pela cápsula e não sair corretamente.

Figura 27. Fonte: Os autores.



Figura 28. Fonte: Os autores.



Figura 29. Fonte: Os autores.



Para dar continuidade aos estudos de decomposição do bioplástico, o grupo pesou seus filmes que estavam depositados em água, álcool e ar para medir o método mais eficaz para tal análise. O bioplástico de 5,38g em meio aeróbico ficou em observação por 7 meses e se decompôs até 5,10g, uma diminuição de 3,8% de seu valor inicial. O de 3,46g ficou imerso em álcool por 1 mês, somado a 6 meses no meio aeróbico, e diminuiu para 2,44g, uma redução de 29,5% em relação a sua massa inicial. O em meio aquoso possuía 3,24g e a água foi repostada por 1 mês, porém esse procedimento teve que ser interrompido porque o material criou fungos que, por segurança biológica, passaram na autoclave, para esterilizar a amostra e então ser descartada corretamente.

Figura 30. Fonte: Os autores.

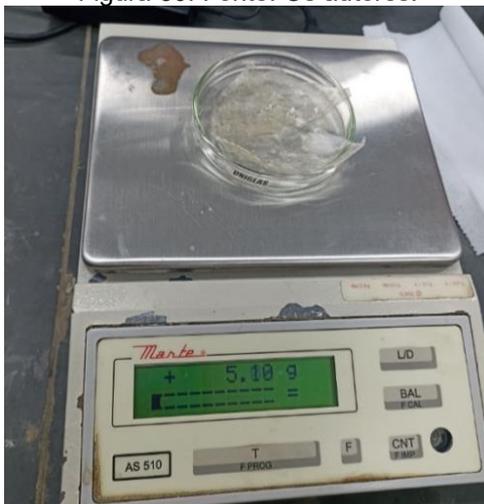


Figura 31. Fonte: Os autores.

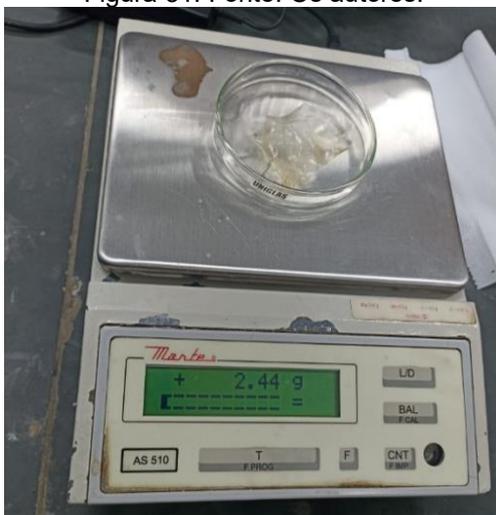
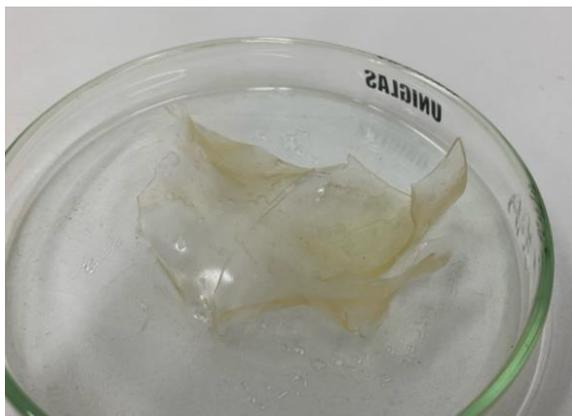


Figura 33. Fonte: Os autores.



Figura 32. Fonte: Os autores.



7. ANÁLISE DE RESULTADOS

O trabalho aqui desenvolvido teve como objetivo geral produzir amostras de bioplástico para auxiliar no estudo de substituição do material convencional por um menos danoso ao meio ambiente. O principal intuito técnico do projeto era trocar componentes químicos não degradáveis, como os derivados do petróleo, por reagentes orgânicos, pois, reconhecendo que o uso do plástico é indispensável atualmente, a ciência há de focar em produtos que impactem menos o planeta.

Os resultados do grupo se mostraram mais bem adaptados à metodologia de BRESSANIN (2010) para o bioplástico, em que as elaborações ficaram mais resistentes e similares ao produto originado do petróleo. Os melhores resultados foram os com amido de batata inglesa industrial. A diferença primordial entre a fécula confeccionada industrialmente é na realização de um processo de lavagem para diminuição de óleos e gorduras na batata já descascada e um tratamento por choque térmico no alimento, para uma melhor ligação entre suas moléculas de amido. Algo que, de forma caseira, não foi realizado.

Diante da produção positiva, foi introduzida a metodologia de SILVA *et al.* (2023) para a incrementação das fibras de coco verde no material, que prosseguiu adequadamente, seguindo todos os passos do pesquisador citado.

O bioplástico produzido a partir do amido de batata *Solanum tuberosum* tem uma produção menos nociva quimicamente do que os plásticos convencionais, pois foi possível confeccioná-lo sem reagentes prejudiciais. Além disso, ele possui uma decomposição mais rápida, como foi possível observar nos testes em meio aquoso, aeróbico e com álcool, processo benéfico ao meio ambiente.

O material proposto para fabricação, um bioplástico de amido de batata fortificado com fibras de coco verde, foi produzido e se mostrou eficiente em algumas propriedades físicas quando comparado aos polímeros convencionais, como o polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS) e o policloreto de vinila (PVC). Ele é mais flexível do que o PP, PS e PVC. O PE se mostra mais flexível por sua maior tensão de abrasão e tração. O PP e PS podem ser mais flexíveis que o bioplástico apresentado apenas

quando expostos a altas temperaturas. Por ter uma flexibilidade maior, o bioplástico é mais relutante ao choque mecânico.

O produto realizado apresenta grande resistência a altas temperaturas, maiores que 130°C, superando o polietileno e o polipropileno, que se fundem a 115°C. Porém, é menos adaptado do que o poliestireno, que supera os 229°C, e o policloreto de vinila, que fica na média de 165°C.

Entretanto, o bioplástico é menos resistente a intempéries, o que contribui para sua maior degradabilidade. A partir das decomposições analisadas, o produto gerado sem as fibras de coco verde, quando colocado em meio alcoólico, conseguiria se decompor por completo em menos de 4 meses e, exposto apenas ao ar, em 14 anos.

Se incrementado com as fibras de *Cocus nucifera*, o material bioquímico se degrada no mesmo tempo e as fibras, como são um material orgânico, em cerca de 8 anos de degradação. Tais números são de imensa diferença quando comparados aos 300 anos, em média, que os plásticos convencionais levam para realizar o mesmo processo.

Quando degradado, o material libera no ambiente, amido de batata e os substratos da fibra de coco, que servem como compostos orgânicos e ajudam a nutrir o solo, principalmente com seus altos índices de glicose. Ademais, os químicos usados, NaOH e HCl, são prejudiciais a saúde humana apenas quando ingeridos ou expostos à pele e olhos, mas não quando misturados em outro formato, como foi realizado. A glicerina, por sua vez, é de base orgânica e não apresenta danos. Ou seja, o produto final por completo não apresenta químicos maléficos para a vida natural biótica, podendo até trazer benefícios para o meio.

Os polímeros convencionais, por sua vez, liberam diversos agentes nocivos no ambiente, como gases tóxicos, microplásticos e substâncias cancerígenas, como a dioxina, o bisfenol A (BPA) e os ftalatos.

Os gases tóxicos são considerados nocivos pelo fato de que quando os produtos de base plástica são levados à queima, libera-se o dióxido de carbônico (CO₂), um dos principais gases ocasionadores do efeito estufa e responsável por cerca de 75% do aquecimento global. O CO₂ permanece na atmosfera por pelo menos 100 anos, o que resulta em impactos no clima ao longo de séculos. A sua concentração na atmosfera

impede que o calor seja irradiado para o espaço, aquecendo a superfície terrestre e aumentando as temperaturas, gerando diversas consequências, como o derretimento das calotas polares, elevação do nível do mar, acidificação dos oceanos e entre outros.

Ademais, existem os microplásticos, que provém da degradação de objetos de plástico maiores, como sacos de plásticos, garrafas ou redes de pesca, que, quando descartados de forma incorreta e expostos ao sol, à água, ao vento e microrganismos, converte-se em diminutas partículas com menos de 0,5 centímetros e em toxinas Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), podendo causar disfunções hormonais, imunológicas, neurológicas e reprodutivas. Em função da enorme quantidade e das dimensões dessas partículas, elas são facilmente ingeridas pelos animais marinhos em larga escala. Assim, a poluição física se torna, também, química e biológica.

8. CONCLUSÃO

Em suma, analisando as vantagens e desvantagens do produto final em comparação com os polímeros convencionais, é possível pensar em seu uso para a substituição de produtos à base de plásticos produzidos a partir de hidrocarbonetos. Há aspectos físicos e químicos em que ele se mostra mais eficiente, podendo se pensar na elaboração de sacolas de mercado, recipientes para armazenamento (não alimentícios e/ou líquidos), suportes para mudas de plantas, entre outros.

Os maiores problemas dessa pesquisa estão relacionados à moldagem do material no formato desejado. Devido à forma caseira que os métodos tiveram que ser executados, os equipamentos do espaço escolar nem sempre atendiam às demandas do projeto. Assim, houve dificuldades para moldar o que desejavam, porque os moldes eram impróprios e impediam a secagem completa da amostra. Como exemplo, o resultado foi negativo utilizando o cadinho revestido de plástico filme, que muitas vezes não suportou o calor e tempo de estufa e derreteu, em detrimento dos moldes utilizados, que não se adaptavam à amostra.

Entende-se, portanto, que o objetivo central de moldagem pode ser alcançável com ambiente mais controlado e aparelhos adequados e mais estudos sobre o material

apresentado. Dessa forma, seria possível produzir em larga escala produtos que possam ser usados na sociedade e prejudiquem menos o meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aglobal Distribuidora, [s.d]. Disponível em: <https://search.app/8ji9yjPQNWWWMsp6v8>. Acesso em: 12 de novembro de 2024.

AMORIM, D. P. de Lima. Bioplásticos: benefícios sustentáveis e ascensão da produção. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, Fundação Dom Cabral, 2019. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/download/1627/pdf/7680> Acesso em: 13 de março de 2024.

ARAUJO, A. C.; MOREIRA, B. G.; LIMA, T. H. P. IMPACTOS DA DEGRADAÇÃO DO PLÁSTICO NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE HUMANA: UMA REVISÃO, Fatec Campinas, 2022. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/11890/1/Tecnologiaemprocessosquimicos_2_2022_Ana%20Clara%20Araujo_Bruna%20Galdino%20Moreira_Thais%20Moura%20Pereira%20deLima_Impactos%20da%20degradacao%20do%20pl%3%a1stico.pdf. Acesso em: 9 de novembro de 2024.

BARBATO, A. G. Os desafios para a difusão dos bioplásticos no Brasil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, UNISUL, 2022. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/download/10794/11933/44626 Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

BARNABÉ, Bárbara et al. Produção de bioplástico a partir da casca de batata, 2020. Artigo científico, Com Ciência – Universidade EaD e Software Livre – UFMG, Minas Gerais. Disponível em: <https://www.periodicos.letras.ufmg.br/index.php/ueadsl/article/view/17521> . Acesso em: 02 de abril de 2024.

BARROS, E. F. F., et al. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A BASE DE AMIDO DE BATATA REFORÇADO COM FIBRA VEGETAL: UMA ALTERNATIVA AO USO DO

PLÁSTICO, ETEC Cel. Fernando Febeliano da Costa, Piracicaba, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/17690>. Acesso em: 15 de maio de 2024

BEGNINI, M. L. *et al.* Obtenção de bioplástico com antocianina reforçado com nanocelulose extraída da fibra da banana. Brazilian Journal of Development, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/51103>. Acesso em: 6 de março de 2024.

BRASKEM. Ficha com dados de segurança (FDS) - Ácido Clorídrico, 2023. Disponível em: [https://www.braskem.com.br/cms/Principal/ModuloProduto/DownloadSds?idSds=JmtAbfx8Tbc=#:~:text=%C3%81cido%20clor%C3%ADrico%20\(7647%2D01%2D,provocar%20irrita%C3%A7%C3%A3o%20das%20vias%20respirat%C3%B3rias.&text=Perigo%20por%20aspira%C3%A7%C3%A3o%20%3A%20N%C3%A3o%20dispon%C3%ADvel,p ele%20e%20dano%20aos%20olhos](https://www.braskem.com.br/cms/Principal/ModuloProduto/DownloadSds?idSds=JmtAbfx8Tbc=#:~:text=%C3%81cido%20clor%C3%ADrico%20(7647%2D01%2D,provocar%20irrita%C3%A7%C3%A3o%20das%20vias%20respirat%C3%B3rias.&text=Perigo%20por%20aspira%C3%A7%C3%A3o%20%3A%20N%C3%A3o%20dispon%C3%ADvel,p ele%20e%20dano%20aos%20olhos). Acesso em: 6 de novembro de 2024.

BRESSANIN, Helton Rodrigo Citá. BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE AMIDO, FEMA, Assis, 2010. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711290296.pdf>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

Cetesb. Ficha de informação Toxicológica (FiT) - Hidróxido de Sódio, 2020. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Hidro%CC%81xido-de-So%CC%81dio.pdf>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

Cloreto de vinila: o que é e riscos para a saúde, [s.d]. Ecycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/cloreto-de-vinila/#:~:text=Os%20impactos%20ambientais%20do%20cloreto,como%20dioxinas%20C%20furanos%20e%20PCBs>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

Compra de PVC para reciclagem: quais são os benefícios?, [s.d]. Aparas Macedo. Disponível em: <https://aparasmacedo.com.br/compra-de-pvc-para-reciclagem-quais-sao-os-beneficios/#:~:text=Com%20rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20descarte%2C%20vale,de%20200%20a%20600%20anos>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

CORREIA, K. S. Produção de bioplásticos à base de amido de jaca (*Artocarpus heterophyllus* Lam) e óleo de palma (*Elaeis guineensis* Joaquim). Programa de Pós-graduação em engenharia e ciência de alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2019. Disponível em: <<http://www2.uesb.br/ppg/ppgecal/wp-content/uploads/2019/07/KEILA-SOUZA-CORREIA.pdf>> Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

DEL VECCHIO, Gabriel Richard da Silva. BIOPLÁSTICO PROVENIENTE DO AMIDO DA BATA-DOCE E APRIMORAMENTO PARA IMPEDIR FORMAÇÃO DE BOLHAS. **Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 71–76, 2023. Disponível em: <https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/sitec/article/view/234> . Acesso em: 25 mar. 2024.

DIAS, Ítalo Vieira, SILVA, Laura Carvalho da. COMPARAÇÃO VISUAL DE BIOPLÁSTICO DE AMIDO DE MILHO COM E SEM ADIÇÃO DE NANOCELULOSE DA PSEUDOCAULE DE BANANEIRA. IfesCiência, Coordenadoria de química Industrial, Suzano, SP, 2024. Disponível em: <<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/ric/article/view/2404/1165>> Acesso em: 9 de junho de 2024.

FABIANO, L. Z. C., Cedeño, E. J. M., Moreira, C. D. B. Elaboração de Bioplásticos à base de Casca de Banana (*Musa Paradisiaca*) e Amido de Milho (*Zea Mays*): Elaboração de Bioplásticos à base de Casca de Banana (*Musa Paradisiaca*) e Amido de Milho (*Zea Mays*). **CPAH Science Journal of Health**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1–18, 2023. DOI:

10.56238/cpahjournalv6n1-013. Disponível em:
<https://cpahjournal.com/cpah/article/view/148>. Acesso em: 6 mar. 2024.

FERNANDES, C. R. J. S., et al. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS NATURAIS, Universidade Federal de Campina Grande, 2019. Disponível em:
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/32135/PRODU%C3%87%C3%83O%20DE%20BIOPL%C3%81STICO%20A%20PARTIR%20DA%20UTILIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20POL%C3%8DMEROS%20NATURAIS%20-%20ANAI%20VII%20SIMEP%20ARTIGO%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 24 de abril de 2024

Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola, 2003. SciELO – Brasil. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/hb/a/PQsvvcv3dgWRHGTYD9qsFML/?lang=pt#:~:text=Para%20o%20uso%20como%20substrato,pr%C3%A9%2Dplatio%20ou%20em%20fertirriga%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

FRANCO, Paula. PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO DE MANDIOCA REFORÇADO COM A FIBRA DO COCO VERDE. Fundação Educacional do Município de Assis, Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis. Assis, SP, 2016. Disponível em:
<<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/argTccs/1311430109.pdf>> Acesso em: 9 de junho de 2024.

GONÇALVEZ, J. A. F. Estudo da viabilidade de produção de materiais compósitos de matriz polimérica reforçada com fibras naturais. Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, 2019. Disponível em:
<https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/88066/1/TESE_JOAO_GONCALVES.pdf> Acesso em: 09 de junho de 2024.

de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75131/tde-11032010-104107/en.php> .Acesso em: 6 de março de 2024.

MORAIS, L, *et al.* PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA CASCA DE BANANAPRATA (MUSA ACUMINATA): DESENVOLVIMENTO DE EXEMPLAR INTERDISCIPLINAR, 2019. Dissertação, Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, Campina Grande, Paraíba, 2019. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_M D1_SA27_ID16_09112020181436.pdf. Acesso em: 06 de março de 2024

MORO, T. 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. Embrapa Instrumentação, São Carlos, 2013. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/964665/1/2013049.pdf>> Acesso em: 09 de junho de 2024.

NOVAIS, Stéfano Araújo. "Amido"; *Brasil Escola*, [s.d]. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/amido.htm>. Acesso em 6 de novembro de 2024.

OTONI, C. G. Preparação, caracterização e otimização de biocompósitos poliméricos comestíveis reforçados com fibras vegetais. Programa de Pós-graduação em ciência e engenharia de materiais, Universidade Federal de São Carlos, 2017. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1085816/1/Preparacaocaracterizacaoootimizacaodebiocompositospolimericoscomestiveisreforcadoscomfibrasvegetais.pdf>> Acesso em: 09 de junho de 2024.

PEREIRA, J.; PLENS, A.. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DO AMIDO DA BATATA. **CONICT - Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia**, Brasil, nov. 2020.

Disponível em: <<https://ocs.ifsp.edu.br/conict/xiconict/paper/view/7187/1722>> . Data de acesso: 26 Mar. 2024.

Pesquisadores desenvolvem bioplástico como alternativa para reduzir o uso do plástico convencional. Revista Analytica, 2020. Disponível em: <<https://revistaanalytica.com.br/pesquisadores-desenvolvem-bioplastico-como-alternativa-para-reduzir-o-uso-do-plastico-convencional/>> Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

Plástico, 2023. Portal de Educação Ambiental. Disponível em: [https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/plastico/#:~:text=PI%C3%A1sticos%20como%20o%20polietileno%20\(PE,dec ompor%20naturalmente%20em%20condi%C3%A7%C3%B5es%20normais.](https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/plastico/#:~:text=PI%C3%A1sticos%20como%20o%20polietileno%20(PE,dec ompor%20naturalmente%20em%20condi%C3%A7%C3%B5es%20normais.) Acesso em: 6 de novembro de 2024.

Poli(cloreto de vinila) (PVC), 2022. Plástico Industrial. Disponível em: [https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/358-Poli\(cloreto-de-vinila\)-\(PVC\).html#:~:text=Naturalmente%20o%20PVC%20possui%20propriedades,procedim ento%20b%C3%A1sico%20para%20sua%20obten%C3%A7%C3%A3o.](https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/358-Poli(cloreto-de-vinila)-(PVC).html#:~:text=Naturalmente%20o%20PVC%20possui%20propriedades,procedim ento%20b%C3%A1sico%20para%20sua%20obten%C3%A7%C3%A3o.) Acesso em: 6 de novembro de 2024.

Poliestireno (PS): O que é e para que serve? Descubra os tipos, suas características e muito mais, 2021. O portal da revista Plástico Moderno. Disponível em: <https://www.plastico.com.br/poliestireno-ps-o-que-e-e-para-que-serve-descubra-os-tipos-suas-caracteristicas-e-muito-mais/> - :~:text=%C3%89%20um%20material%20at%C3%B3xico%2C%20transparente,resiste nte%20quando%20no%20produto%20acabado. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

[content/uploads/sites/82/2016/07/Bruna_dos_Santos.pdf](#) . Acesso em: 13 de março de 2024.

SILVA, B. A., et al. PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO DE AMIDO E AVALIAÇÃO DO REFORÇO COM FIBRA DE COCO VERDE, ETEC Júlio Mesquita, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/16837>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

SILVA, Juliana Gutierrez da, NETO, Paulo Fortes. POLPA DE FIBRA DE BANANEIRA PARA PRODUÇÃO DE POLÍMEROS DE BIOPLÁSTICO. Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Educação Ambiental em Ação, Taubaté, 2017. Disponível em: <<https://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3678>> Acesso em: 9 de junho de 2024.

SOUZA, R. M. QUÍMICA E A ELABORAÇÃO DE PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS COMO FERRAMENTA DE CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL, Universidade Federal do Amazona, 2021. Disponível em: https://riu.ufam.edu.br/bitstream/prefix/5948/12/TCC_RayeneSouza.pdf. Acesso em: 9 de novembro de 2024.

O isopor é reciclável ou não? Tudo que você precisa saber, 2022. Recicla.club. Disponível em: <https://recicla.club/o-isopor-e-reciclavel-ou-nao-tudo-que-voce-precisa-saber/#:~:text=Na%20reciclagem%20qu%C3%ADmica%20o%20poliestireno,carb%C3%B4nico%20e%20vapor%20de%20%C3%A1gua>. Acesso em: 6 de novembro de 2024.

Tudo o que você precisa saber sobre o poliestireno (PS), 2023. Isoforma. Disponível em: [https://isoforma.com.br/2023/09/25/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-poliestireno-ps/#:~:text=Quais%20s%C3%A3o%20as%20caracter%C3%ADsticas%20do%20poliestireno%20\(PS\)%3F&text=Os%20materiais%20termopl%C3%A1sticos%20tornam%2Dse.%C2%B0%20C%20para%20PS\).%3F](https://isoforma.com.br/2023/09/25/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-poliestireno-ps/#:~:text=Quais%20s%C3%A3o%20as%20caracter%C3%ADsticas%20do%20poliestireno%20(PS)%3F&text=Os%20materiais%20termopl%C3%A1sticos%20tornam%2Dse.%C2%B0%20C%20para%20PS).%3F). Acesso em: 6 de novembro de 2024.

VIEIRA, K. P. Obtenção e caracterização de compósitos sustentáveis de polietileno verde reforçados com casca de ovo e bio-CaCO₃. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Pelotas, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/8060/Dissertacao_Kassia_Pecanha_Vieira.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 09 de junho de 2024.