



ETEC Prefeito Alberto Feres

BIOPLÁSTICO PROVENIENTE DO AMIDO

**ARARAS/SP
2024**



Etec Prefeito Alberto Feres

BIOPLÁSTICO PROVENIENTE DO AMIDO

AUTORES

**Ana Clara Feroldi
Amanda Bonatto Brione
Eduardo Santos Araujo
Iara Marcelo dos Santos
Kauã Tavares Silva
Larissa Gabrielle da Silva**

Profa. Larissa Fontana

**ARARAS/SP
2024**



ETEC Prefeito Alberto Feres

BIOPLÁSTICO PROVENIENTE DO AMIDO

AUTORES

**Ana Clara Feroldi
Amanda Bonatto Brione
Eduardo Santos Araujo
Iara Marcelo dos Santos
Kauã Tavares Silva
Larissa Gabrielle da Silva**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Componente
Curricular – Planejamento e
Desenvolvimento do TCC em Química
do Curso Técnico em Química
Integrado ao Ensino Médio, da ETEC
Prefeito Alberto Feres.**

**ARARAS/SP
2024**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver amido termoplástico (TPS) a partir do amido de batata, utilizando diferentes formulações para avaliar sua viabilidade como alternativa sustentável aos plásticos convencionais. Foram produzidos dois tipos de TPS: o primeiro, composto apenas por amido de batata e glicerol como plastificante, e o segundo, com a adição de pó de casca de ovo, visando incorporar resíduos orgânicos e explorar seu potencial como reforço estrutural. O processo envolveu a extração do amido, o preparo do pó de casca de ovo e a obtenção dos bioplásticos por aquecimento e secagem controlados. O TPS sem aditivos apresentou uma aparência homogênea e endurecimento gradual ao longo do tempo, enquanto o TPS com pó de casca de ovo mostrou coloração esbranquiçada e textura mais rugosa, com dispersão irregular do aditivo. Surpreendentemente, a adição do pó resultou em um material mais flexível, indicando que a interação entre o carbonato de cálcio e o amido não ocorreu conforme esperado. Os resultados destacam o potencial dos bioplásticos produzidos, mas apontam a necessidade de ajustes na formulação, como a homogeneização do pó e a otimização das condições de fabricação, para alcançar melhores propriedades mecânicas. Os resultados demonstram o potencial do TPS como uma alternativa sustentável, destacando a necessidade de aprimoramento nas técnicas de incorporação de aditivos para otimização das propriedades do material.

Palavras-Chave: Amido termoplástico, plástico biodegradável, amido vegetal, carbonato de cálcio, reforço estrutural.

SUMÁRIO

Introdução	6
Problemática	7
Objetivo Geral	7
Objetivos Específicos	8
Justificativa	8
Revisão Literária	9
Origem do Bioplástico	9
Tipos comumente usados	10
Plástico, Bioplástico e Química Verde	10
Aplicações e Benefícios do bioplástico	11
Amido Termoplástico (TPS)	12
Introdução ao Amido.....	12
Plastificantes.....	13
Utilização da casca de ovo	14
Casca de ovo nos bioplástico.....	14
Técnica de Produção	15
Adubo e Fertiizantes.....	15
Materiais e Métodos	18
Resultados e Discussão	18
Considerações Finais	21
Referências Bibliográficas	22

INTRODUÇÃO

O plástico é um produto mundialmente utilizado, desde sacolas, embalagens alimentícias, material hospitalar, brinquedos, garrafas, descartáveis, entre outros. Porém causa uma série de danos ao meio ambiente, desde sua extração e produção que é a base de petróleo, um combustível fóssil de caráter não renovável que devido ao seus compostos é um produto altamente poluidor, que pode afetar negativamente os ecossistemas, contaminar águas e atmosfera, afetando também os seres vivos que habitam essas regiões (SANTOS, 2012, p. 153); até o descarte de resíduos, que de acordo com a ONU Meio Ambiente, são cerca de 300 milhões de lixo plástico produzidos anualmente no mundo, onde apenas 9% foi reciclado e 14% são coletados para reciclagem, onde nem sempre é reutilizado devido a sua composição química. (ONU Brasil, 2019)

Na grande maioria esses resíduos acabam em rios, oceanos e outros corpos de água. “Uma grande parte das coisas que a gente usa no dia a dia é de plástico descartável. E como a gente ainda joga muito lixo no mar e nos rios, acaba que a concentração de plástico nos oceanos hoje é uma coisa alarmante”, diz a empresária e criadora do movimento ‘menos 1 lixo’, Fernanda Cortez. (ONU Brasil, 2017). Estimativas sugerem que até 2040, a quantidade de plástico fluindo para o mar poderá quase triplicar, atingindo entre 23 e 37 milhões de toneladas anualmente. Isso implica em aproximadamente 50 quilos de plástico por metro de costa em escala global. (PNUMA, 2021)

Entretanto não é apenas os oceanos que são prejudicados, a concentração de plásticos nos solos e em regiões agrícolas chega a nível preocupante. Segundo a coautora da 29ª edição da *Foresight Brief*, relatório produzido pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Elaine Baker: “Estamos começando a entender que o acúmulo de plástico pode ter um amplo Impacto sobre a saúde do solo, a biodiversidade e a produtividade, todos vitais para a segurança alimentar”. (ONU Brasil, 2022)

Esses dados combinados com os avanços tecnológicos, trazem mais conscientização sobre a produção do plástico e seus danos ambientais, possíveis alternativas e motivações para que o público reduza ou mesmo suspenda o seu uso. Com base nisso, vem se destacando os plásticos biodegradáveis, tornando-se mais competitivo, especialmente após o aumento dos preços do petróleo em 2004 e conseqüentemente aumento monetário da produção do plástico. (AMORIM, 2019, p.98)

Segundo o economista Daniel Penido de Lima Amorim: “Bioplástico são plásticos de base biológica ou biodegradáveis e, sobretudo, aqueles que apresentam ambas as características

simultaneamente. Alguns potenciais benefícios dos bioplástico nos aspectos ambiental e socioeconómico são: reduzir a emissão dos gases que causam o aquecimento global, oferecer melhores opções de destinação dos resíduos, reduzir a dependência do petróleo e proporcionar relativamente maior geração de empregos que outras atividades produtivas. (AMORIM, 2019, p.98)

Os bioplásticos são derivados de fontes renováveis, como amido de milho, cana-de-açúcar ou óleos vegetais, que são biodegradáveis e podem ser compostável em condições favoráveis, razão por serem menos invasivos ao meio ambiente e uma alternativa viável para a substituição do plástico convencional, além disso, oferecem benefícios socioeconômicos, contribuindo para uma economia mais sustentável.

A partir disso, esse projeto tem como finalidade desenvolver e analisar a produção de um bioplástico proveniente da extração do amido de resíduos orgânicos (vegetais que seriam descartados de supermercados, restaurantes, et Cetera) para produzir um material biodegradável e de baixo impacto ambiental. Acreditamos que essa abordagem não contribui apenas para a preservação do meio- ambiente, mas também promove outros benefícios como a economia circular, transformando desperdício em recursos e incentivando práticas mais sustentáveis.

PROBLEMÁTICA

Qual estratégia podemos adotar para incorporar o bioplástico produzido a partir de resíduos orgânicos na indústria de embalagens, visando impulsionar a sustentabilidade e minimizar o impacto ambiental?

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste projeto de pesquisa é desenvolver um bioplástico sustentável utilizando resíduos orgânicos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Durante o desenvolvimento do projeto, nossas principais propostas serão:

- Produzir um material semelhante ao plástico, de baixo impacto ambiental, biodegradável e compostável;
- Diminuir a uso de produtos derivados de poluentes, como petróleo, bisfenóis, entre outros;
- Evitar ações poluentes que geram enchentes, trazendo como principal consequência o desabrigamento da população periférica;
- Otimizar o custo de produção, tendo em vista que o processo do plástico a partir do petróleo tem um alto valor monetário;
- Evitar a intoxicação e óbito da biodiversidade local;
- Promover o reaproveitamento de resíduos vegetais, que originalmente iriam para aterros sanitários.

JUSTIFICATIVA

O Brasil é responsável por 3,44 milhões de toneladas de lixo plástico que chegam aos oceanos todos os anos, segundo um estudo do Blue Keepers, projeto ligado ao Pacto Global da Organização das Nações Unidas (ONU). O problema do despejo inadequado de plásticos no meio ambiente é que se acabam gerando um desequilíbrio ambiental em praticamente todo ecossistema em que o plástico é inserido, tanto terrestres quanto marinhos e fluviais como afetar o índice de luminosidade em corpos d'água, diminuindo a eficiência de fotossíntese de plantas e algas, morte direta da fauna local por ingerirem polímeros industriais pois pensarem ser algum tipo de alimento, acúmulo de compostos tóxicos em cadeias tróficas e alterar a qualidade do solo. Esses processos de poluição afetam não só a vida selvagem, mas também a vida humana, por consequentemente reduzir a qualidade do alimento e da água potável disponível.

Visando nesse problema, pensamos em desenvolver um produto com o intuito de reduzir a quantidade de lixo plástico descartada no meio ambiente ao produzir um bioplástico que pode ser usado na indústria, com foco no setor varejista e que contenha características biodegradáveis.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Origem do Bioplástico

Os primeiros vestígios do uso de polímeros são relatados aos antigos mesoamericanos, cerca de 1600 A.C. Naquela época, a borracha natural era empregada na fabricação de bolas e outros artefatos. Ao longo dos séculos, à medida que as necessidades humanas evoluíam, novos polímeros eram desenvolvidos para aprimorar os materiais existentes. Em 1862, Alexander Parkes introduziu o plástico, um composto orgânico derivado da celulose, moldável quando exposto ao calor. Contudo, a verdadeira revolução viria em 1907, quando o químico belga naturalizado americano, Leo Baekeland (1863-1944), criou o primeiro plástico totalmente sintético e comercialmente viável, conhecido como Bakelite. Esse evento inaugurou a era dos plásticos modernos, produzidos a partir de fontes como petróleo, carvão e gás natural (DIAS, 2023)

Embora esses polímeros, em sua maioria derivados de fontes fósseis, ofereçam numerosas vantagens e sejam amplamente utilizados em setores como medicina, construção civil e indústria alimentícia, estudos alertam para os danos significativos que seu uso excessivo pode causar, não apenas à saúde humana, mas sobretudo ao meio ambiente e à fauna. Diante dessas preocupações, em 1926, o pesquisador francês Maurice Lemoine descobriu o primeiro bioplástico a partir de seu estudo com a bactéria *Bacillus megaterium*. Apesar da relevância dessa descoberta, sua importância foi negligenciada por décadas, em uma época em que o petróleo era barato e abundante (BESSA, 2017).

O uso de bioplásticos tem como objetivo reduzir a dependência de fontes de petróleo, mitigar o impacto ambiental e contribuir para a transição para uma economia mais circular. No entanto, é fundamental considerar a produção sustentável das matérias-primas, a gestão adequada dos resíduos e o cumprimento de critérios ambientais e de certificação para garantir que sejam uma opção realmente mais sustentável em comparação aos plásticos convencionais.

Esses bioplásticos são adequados para diversas aplicações, sendo utilizadas para uso contínuo ou único. Podendo ser aplicados em embalagens alimentícias, cosméticas, sacolas plásticas de mercado, garrafas, canetas, vidros, tampas, talheres, entre outros (DIAS, 2023).

1.1. Tipos comumente utilizados

- a) **PLA (Ácido Polilático):** Feito a partir de recursos renováveis, como amido de milho, cana de açúcar ou mandioca. É biodegradável e pode ser utilizado em embalagens, utensílios descartáveis, filamentos para impressão 3D, entre outros.
- b) **PHB (Polihidroxibutirato):** Produzido por bactérias através da fermentação de açúcares ou óleos vegetais. É biodegradável e possui propriedades semelhantes ao plástico convencional, sendo utilizado em embalagens, cosméticos, e aplicações médicas.
- c) **PLA-PHA (Ácido Polilático - Polihidroxialcanoato):** Combinação de PLA e PHA, oferecendo uma maior biodegradabilidade e resistência mecânica. É utilizado em embalagens, filmes agrícolas, e produtos descartáveis.
- d) **PCL (Copolímero de Ácido Polilático e Epsilon-Caprolactona):** Biodegradável e biocompatível, é utilizado em medicina regenerativa, implantes biomédicos, e em produtos de uso único.
- e) **Starch Blends (Blendas de Amido):** Misturas de amido de milho, batata ou mandioca com polímeros biodegradáveis. Podem ser utilizadas em embalagens, utensílios descartáveis, e produtos de consumo.
- f) **PBS (Polibutileno Succinato):** Produzido a partir de matérias-primas renováveis, como ácido succínico e butanol. É biodegradável e possui propriedades similares ao polipropileno, sendo utilizado em embalagens flexíveis, filmes agrícolas, e produtos descartáveis.

2. Plástico, Bioplástico e Química Verde

O plástico é um material pertencente à classe dos polímeros, compostos por macromoléculas formadas pela repetição de uma unidade básica, denominada "mero" (poli = muitos + mero). Desde o seu surgimento, em meados do século XIX, os plásticos têm enfrentado grandes desafios. Por um lado, as empresas dependem de sua utilização para produção, mas enfrentam dificuldades com a transformação e descarte inadequado. Isso tem gerado preocupações ambientais e críticas de consumidores conscientes. Anualmente, milhões de toneladas de plástico são descartadas no meio ambiente, causando impactos irreversíveis à vida no planeta.

O Brasil é o 4º maior produtor mundial de plásticos, com 11,3 milhões de toneladas por ano, mas carece de políticas eficientes para reciclagem desses resíduos (COELHO, 2019). Entre os tipos de plásticos mais utilizados no mundo, destacam-se o polietileno e o

polipropileno, com produções globais de 116 e 68 milhões de toneladas, respectivamente. Em 2015, o Brasil produziu 6,2 milhões de toneladas de plástico, representando 2,3% da produção mundial (CASTRO, 2019)

Surgem como uma alternativa sustentável, os bioplásticos, que podem ser de origem renovável, biodegradáveis ou ambos. Eles podem ser produzidos a partir de fontes como celulose, cana-de-açúcar, milho e batata. A European Bioplastics (2016) identifica três grupos principais de bioplásticos: aqueles de origem renovável não biodegradáveis, os de origem fóssil biodegradáveis, e os que combinam ambas as características (CASTRO, 2019). No entanto, a obtenção de matéria-prima suficiente e a confiança do consumidor são obstáculos que as indústrias químicas precisam gerenciar. Construir relações com fornecedores e consumidores, além de garantir benefícios ambientais e sociais, é essencial para superar esses desafios.

A crescente preocupação com o meio ambiente tem impulsionado o desenvolvimento de novas tecnologias e metodologias sustentáveis, como a Química Verde. No Brasil, o conceito de Química Verde começou a se difundir mais recentemente, sendo um exemplo a primeira Escola de Verão em Química Verde, promovida pelo Instituto de Química da USP em 2007.

A Química Verde se baseia em 12 princípios, como a prevenção de resíduos, eficiência energética, e o uso de fontes renováveis de matéria-prima. (CASTRO,2019). No Brasil, embora as práticas ainda sejam incipientes, já se observa uma mudança de paradigma em direção à sustentabilidade, com uma postura mais preventiva do que reativa. Mesmo com muitas lacunas a serem preenchidas, a aplicação dos princípios da Química Verde aponta o caminho para uma química industrial mais sustentável e consciente

3. Aplicações e Benefícios do bioplástico

Os bioplásticos emergem como uma alternativa sustentável aos plásticos convencionais, sendo desenvolvidos a partir de fontes renováveis, prometem mitigar os problemas causados pelo uso excessivo de plásticos tradicionais, como a poluição ambiental e a dependência de recursos não renováveis (CASTRO, 2024). Seu potencial para reduzir esses impactos e contribuir para uma economia mais sustentável é evidente.

Entre os principais benefícios dos bioplásticos estão a redução das emissões de gases de efeito estufa, graças a um ciclo de vida que emite menos CO₂. Eles também oferecem melhores alternativas para a destinação de resíduos sólidos, sendo biodegradáveis e compostáveis, o que facilita o manejo de resíduos e diminui a poluição (DIAS, 2023).

Outro aspecto positivo é a redução da dependência do petróleo, pois os bioplásticos são produzidos a partir de recursos renováveis, contribuindo para a segurança energética e estabilizando os custos de produção. Além disso, a cadeia produtiva dos bioplásticos tende a gerar mais empregos, especialmente em áreas rurais, onde a produção das matérias-primas pode promover o desenvolvimento econômico (AMORIM, 2024). Esses benefícios os destacam como uma solução viável e necessária para enfrentar os desafios ambientais e socioeconômicos do século XXI, promovendo um futuro mais sustentável.

Os bioplásticos têm uma ampla gama de aplicações, que continuam a crescer com o avanço tecnológico, dentre eles estão: sacolas plásticas, embalagens de alimentos e outros produtos; na agricultura são empregados em filmes de cobertura e vasos biodegradáveis, os bioplásticos eliminam a necessidade de recolhimento após o uso, sendo compostados junto com resíduos orgânicos; na medicina são usados devido à sua biocompatibilidade, os bioplásticos são ideais para suturas, implantes temporários e cápsulas de medicamentos absorvíveis pelo corpo (DIAS, 2023); em setores Automotivo e Eletrônico está começando a adotar bioplásticos nas indústrias para fabricar componentes leves, contribuindo para a economia de combustível e energia.

4. Amido Termoplástico (TPS)

4.1. Introdução ao amido

O amido é um polímero natural amplamente disponível, sendo uma das principais fontes de energia para seres humanos e animais. Ele é encontrado em diversas plantas, como milho, batata, mandioca, arroz e trigo, e consiste principalmente de dois polímeros de glicose: amilose e amilopectina. A amilose é linear com ligações α -1,4-glicosídicas, enquanto a amilopectina é altamente ramificada, com ligações α -1,6-glicosídicas, além das ligações α -1,4-glicosídicas. A proporção presente nos grânulos de amido desses polímeros dependerá de sua origem botânica (Embrapa, 2007)

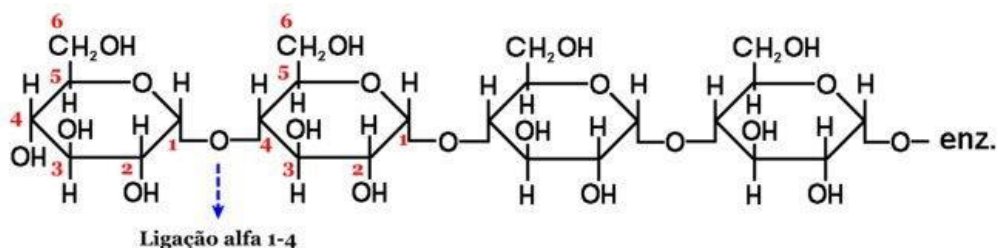


Figura 1: Representação da estrutura de Amilose

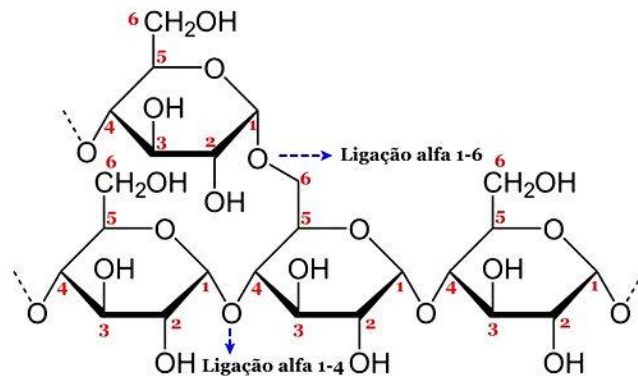


Figura 2: Representação da estrutura de Amilopectina

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, porém tem a capacidade de absorver água, isso se deve à presença de grupos hidroxila (-OH) nas cadeias de amilopectina e amilose. Esses grupos formam ligações de hidrogênio com moléculas de água, permitindo que o amido absorva grandes quantidades de água, um processo reversível. Agora, quando o amido é aquecido com água, ele passa pelo processo de gelatinização onde ocorre que ruptura das ligações de hidrogênio, permitindo que a cadeia de amido absorva água, levando ao inchaço dos grânulos de amido. À medida que os grânulos de amido incham, a estrutura cristalina é gradualmente destruída, e o amido passa para um estado amorfo, não apresentam forma geométrica definida, (processo irreversível). Este é um pré-requisito para que o amido se torne um material termoplástico.

4.2. Plastificante

Os plastificantes desempenham um papel crucial na conversão do amido em um material termoplásticos. Eles interagem com as moléculas de amido, formando ligações fracas que diminuem as forças intermoleculares. Além disso, atuam diminuindo a temperatura de transição vítrea (T_g) do amido. Essa temperatura marca a mudança na fase amorfa dos polímeros, onde eles passam de um estado vítreo rígido para um estado borrachoso com maior mobilidade molecular (Abaixo da T_g , o material é duro e quebradiço, enquanto acima da T_g , ele se torna mais flexível e maleável) (BRESSANI, 2010).

Os plastificantes mais comuns usados na produção de amido termoplástico são:

a) Água: É o plastificante mais básico e amplamente utilizado. A água é capaz de penetrar na estrutura do amido, rompendo as ligações de hidrogênio entre as moléculas de

amido e facilitando a mobilidade das cadeias poliméricas. Embora melhore a maleabilidade, o TPS é sensível à umidade, o que pode afetar suas propriedades mecânicas em ambientes úmidos. Portanto, o controle do teor de umidade é crucial para garantir a estabilidade e o desempenho do TPS em aplicações variadas.

b) Glicerol: O glicerol é um plastificante usado para aumentar a flexibilidade e reduzir a fragilidade do material, tornando-o mais maleável. Ele reduz a T_g do amido, facilitando o processamento. Apesar de ser econômico e eficaz, o glicerol é higroscópico, o que torna o TPS sensível à umidade, podendo alterar suas propriedades mecânicas ao longo do tempo. Portanto, a quantidade de glicerol deve ser cuidadosamente balanceada para garantir a qualidade do material.

5. Utilização da casca de ovo

A casca de ovo, que representa cerca de 10% do peso total do ovo e forma sua camada externa, é classificada como um resíduo orgânico. Devido ao volume massivo de ovos consumidos globalmente, a casca é descartada de forma exponencial diariamente e anualmente, contribuindo para um acúmulo crescente de resíduos. Sem o desenvolvimento de novas rotas de aproveitamento, essa prática resulta em uma perda significativa de um recurso potencialmente valioso e agrava problemas ambientais.

No entanto, a casca de ovo possui características que a tornam um importante agente ou até mesmo matéria-prima para a produção de novos materiais. Composta principalmente por sais minerais, como o carbonato de cálcio (CaCO_3), que constitui entre 94% a 97% de sua estrutura, a casca de ovo também contém carbonato de magnésio (MgCO_3), fosfato de cálcio ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) e proteínas que conferem à casca uma estrutura firme e porosa. Esses componentes fazem da casca de ovo uma fonte abundante de recursos que, se adequadamente aproveitados, poderiam ser utilizados na fabricação de produtos como fertilizantes, biocompósitos, biocerâmicas e suplementos de cálcio, transformando o que hoje é um resíduo em uma matéria-prima valiosa para diversas indústrias.

5.1. Casca de ovo nos bioplásticos

Sendo um resíduo amplamente disponível, tem se tornado um material promissor para o desenvolvimento de biopolímeros, visto que a produção de polímeros biodegradáveis como alternativa aos plásticos derivados do petróleo vem sendo uma alternativa emergente, alinhada

ao desenvolvimento sustentável, uma vez que tende a eliminar materiais de fontes não renováveis e reduzir o impacto ambiental causado pela poluição plástica.

Na sua incorporação é aproveitado seus componentes, especialmente o carbonato de cálcio, que atua como reforço, melhorando as propriedades mecânicas dos bioplásticos podendo ser utilizados em diversas aplicações, como embalagens, utensílios descartáveis, trazendo resistência à tração e dureza ao objeto. Além disso, o uso desse material pode reduzir significativamente os custos de produção, tornando o processo mais econômico e sustentável. Ao reutilizar um resíduo que seria descartado, também se contribui para a diminuição do impacto ambiental.

5.2. Técnica de produção

A técnica de produção do pó da casca de ovo visa a eficácia no processamento em termos de redução de custos e das possibilidades de contaminação. Assim a forma de secagem das cascas seria elaborada em uma estufa a 60° C por uma hora e trinta minutos. Após a obtenção do pó, em seguida pela técnica de trituração das cascas com o objetivo de auxiliar na incorporação e decomposição do material. As amostras obtidas devem ser submetidas a análises microbiológicas. Para observar se as cascas do ovo não evidenciaram contaminação por bactérias patogênicas (*Salmonella sp*) e potencialmente patogênicas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*).

5.3. Adubo e Fertilizante

Na compostagem, todo e qualquer material que tenha origem orgânica, pode ser reutilizado, na produção de húmus e biofertilizante, que podem ser reutilizados na agricultura e na proposta de reflorestamento. Sua utilização como adubo é uma prática eficiente elaborada na montagem do bioplástico, em que a casca de ovo está triturada e transformada em micropartículas, aumentando sua facilidade de decomposição e absorção. Enriquecendo o solo e auxiliando juntamente em processos de recuperação ambiental de mata nativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O método de produção do bioplástico escolhido teve como referência o trabalho de TCC, elaborado pelo Helton Bressanin, “Bioplásticos a partir de amido”, publicado pela Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA (BRESSANIN, 2010, p.39)

Foi utilizado como matéria-prima resíduos vegetais que tenham amido em sua composição, como a batata-inglesa, mandioca, inhame, batata-doce, cenoura, entre outros. Além disso, também foi necessário o uso dos seguintes materiais e reagentes:

- Liquidificador
- Béquer
- Proveta 100 ml
- Pipeta graduada 10 ml
- Pipeta volumétrica 1 ml
- Superfície lisa de alumínio (Tampa de marmitta)
- Bastão de vidro
- Peneira
- Chapa aquecedora
- Estufa
- Balança Digital
- Água destilada
- Fita indicadora de pH
- Ácido clorídrico 0,1 M
- Hidróxido de sódio 0,1 M
- Glicerina vegetal
- Cascas de Ovo

1. Extração do amido

Para iniciar o processo de extração do amido, primeiramente triturou-se os resíduos amiláceos com o auxílio de um mixer, utilizando-se uma quantidade adequada de água para facilitar a operação. Posteriormente, realizou-se a filtragem da mistura por meio de uma peneira colocada sobre um recipiente apropriado, onde o líquido resultante foi submetido a um período de repouso a fim de possibilitar a separação do amido.

Após a decantação, procedeu-se com a eliminação do sobrenadante e adicionou-se 100 ml de água destilada ao béquer, com o propósito de realizar a lavagem do precipitado, removendo as impurezas eventualmente presentes. Aguardou-se um novo período de sedimentação do amido.

Em sequência, realizou-se à transferência do amido extraído para uma placa de Petri submetendo-a a um período de secagem em estufa, pelo intervalo de 6 horas, a uma temperatura de 75°C, garantindo-se assim a completa desidratação do produto final.

2. Preparo da casca de ovo

As cascas de ovo foram inicialmente submetidas a um processo de lavagem, utilizando uma solução com detergente neutro, com o objetivo de remover as impurezas e resíduos orgânicos. Após a lavagem, as cascas foram enxaguadas cuidadosamente com água limpa, garantindo a remoção completa de quaisquer vestígios de detergente.

Posteriormente, as cascas foram encaminhadas para uma estufa, onde o processo de secagem foi realizado sob controle rigoroso de temperatura, variando entre 60°C e 90°C. Esse controle foi essencial para assegurar que toda a umidade fosse eliminada sem comprometer a integridade das cascas. O tempo de secagem foi monitorado de forma a garantir que o material ficasse completamente seco, o que também contribuiu para prevenir a proliferação de microrganismos e aumentou a durabilidade do produto final.

Por fim, as cascas secas foram trituradas inicialmente em um liquidificador e, posteriormente, com o auxílio de um almofariz e pistilo, foi realizado o acabamento, garantindo que o material estivesse adequado para as aplicações previstas.

3. Obtenção do TPS

O processo de obtenção de bioplástico iniciou-se com o aquecimento de 2,5g de amido seco, 25 ml de água destilada, 3 ml de ácido clorídrico 0,1 M, 2 ml de glicerina vegetal e 3g do pó de casca de ovo preparado. A mistura foi homogeneizada antes de levada ao aquecimento, onde permanecendo por 15 minutos. Após resfriamento, utilizou-se para neutralizar a mistura o hidróxido de sódio 0,1 M e a fita indicadora de pH para verificar o resultado da reação.

Por fim, foi transferido a mistura polimérica para uma superfície lisa de alumínio, que serviu de molde para o bioplástico e levado a estufa à 60°C, onde permaneceu por 24 horas para a secagem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste experimento, foram produzidos dois tipos de amido termoplástico (TPS) a partir do amido de batata, com o objetivo de avaliar suas propriedades para aplicações sustentáveis.

O primeiro TPS foi obtido utilizando apenas amido de batata e glicerol como plastificante, visando a produção de um material flexível e biodegradável. O segundo tipo de TPS foi elaborado com a adição de pó de casca de ovo "caseiro", com a intenção de aumentar a rigidez do material devido ao conteúdo de carbonato de cálcio presente na casca de ovo. Ambos os materiais foram avaliados em relação às suas propriedades mecânicas, térmicas e de biodegradabilidade, permitindo uma análise comparativa dos efeitos da adição do pó de casca de ovo no desempenho do TPS.

O plástico produzido apenas com o amido de batata apresentou uma aparência homogênea e transparente, com uma textura lisa e uniforme. O material exibiu uma boa distribuição do plastificante, resultando em uma estrutura estável e sem a presença de partículas visíveis ou agregados. A transparência observada foi um indicativo de uma boa dissolução do amido, o que contribuiu para a estética visual do plástico, tornando-o similar aos plásticos convencionais em termos de aparência. Como pode se observar na imagem logo abaixo:



Figura 3: TPS a partir do amido da batata

Ao longo do tempo, observou-se uma evolução significativa nas características do material. Inicialmente, o TPS apresentava uma consistência flexível, mas, com o passar dos dias, o material endureceu, adquirindo uma textura similar à de utensílios plásticos convencionais, como uma colherzinha plástica. Esse endurecimento foi considerado um ponto positivo, pois indicou que o material passou a apresentar maior rigidez, o que ampliou suas possíveis aplicações em produtos que exigem resistência mecânica e durabilidade.

O processo de fabricação do TPS envolveu a utilização do glicerol como plastificante, o que favoreceu a interação do amido com o aditivo e contribuiu para a melhoria das propriedades do material. Ao longo do tempo, a evaporação da umidade ou a reorganização das cadeias de amido pode ter favorecido a estabilização da estrutura, resultando em um aumento da rigidez. Esse fenômeno torna o material mais adequado para produtos de consumo imediato, como talheres descartáveis, que necessitam de maior resistência mecânica. Além disso, o endurecimento gradual do TPS sugere que o material pode ser otimizado para alcançar propriedades semelhantes aos plásticos convencionais, o que abre possibilidades para futuras investigações sobre sua versatilidade e aplicação em diferentes contextos.

No entanto, embora a rigidez aumentada seja benéfica, essa mudança também impactou a flexibilidade do material, o que pode limitar sua aplicação em itens que demandam maior maleabilidade. Esse aspecto destaca a necessidade de ajustes na formulação ou no processo de fabricação, a fim de balancear as propriedades de rigidez e flexibilidade, para que o material atenda a diferentes requisitos industriais.

Já TPS obtido a partir do amido de batata com adição de pó de casca de ovo apresentou uma aparência distinta (figura 4), com uma superfície ligeiramente rugosa e uma coloração esbranquiçada. A mistura não apresentou total homogeneidade, evidenciando a dispersão irregular do pó de casca de ovo, o que resultou em uma estrutura visualmente não uniforme. A textura do material foi caracterizada por uma leve aspereza, atribuída à concentração não homogênea das partículas de casca de ovo, que interferiram na consistência do produto final. A tonalidade esbranquiçada do material também refletiu a presença do carbonato de cálcio da casca de ovo, o que contribuiu para a diferenciação estética em relação ao TPS sem aditivos.

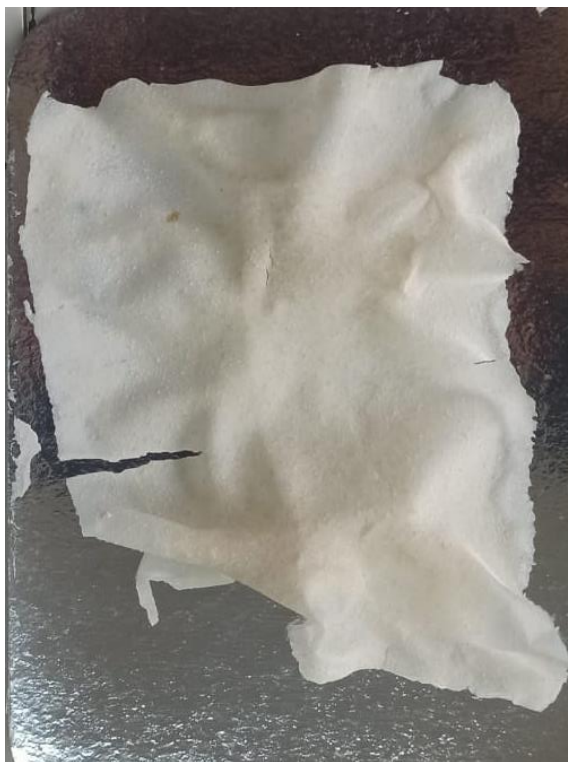


Figura 4: TPS com adição de casca de ovo

A adição do pó de casca de ovo, composto principalmente por carbonato de cálcio, tinha a intenção de melhorar ainda mais a rigidez do TPS. No entanto, ao contrário do esperado, a adição resultou em um material mais "mole" e flexível. Esse comportamento pode ser atribuído à interação inadequada entre o pó de casca de ovo e o amido, o que pode ter interferido nas ligações do amido e gerado uma estrutura menos densa e mais flexível. A casca de ovo, por ser "caseira", apresentou características menos homogêneas que os materiais comerciais, o que pode ter dificultado a dispersão do pó e a formação de uma rede mais rígida.

A dispersão irregular do pó, possivelmente devido ao tamanho das partículas, pode ter prejudicado o reforço mecânico esperado. Esse resultado sugere que ajustes na quantidade de pó de casca de ovo e uma moagem mais fina do material podem ser necessários para alcançar a rigidez desejada, sem comprometer a flexibilidade do produto final. Portanto, é possível que a otimização da formulação e a melhoria na homogeneização do pó de casca de ovo no TPS possam permitir o desenvolvimento de um material com as propriedades mecânicas desejadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste experimento destacam o potencial promissor do amido termoplástico (TPS) desenvolvido a partir do amido de batata, especialmente devido à sua biodegradabilidade e viabilidade como alternativa sustentável aos plásticos convencionais. O material mostrou boa flexibilidade e resistência inicial, com o endurecimento gradual ao longo do tempo, o que amplia suas possíveis aplicações em produtos descartáveis, como talheres e embalagens, que exigem resistência mecânica moderada.

A adição de pó de casca de ovo "caseiro", com o objetivo de aumentar a rigidez do material, não alcançou os resultados esperados. Em vez de reforçar a estrutura, o pó de casca de ovo tornou o material mais flexível, o que indica que o pó não interagiu de forma adequada com o amido de batata. Este resultado ressalta a necessidade de ajustes na formulação, como o controle da quantidade de pó e a melhoria na dispersão do aditivo, para garantir a obtenção das propriedades mecânicas desejadas.

Este estudo evidencia a importância de experimentos contínuos e refinamentos na formulação de biopolímeros, especialmente no que diz respeito à incorporação de aditivos naturais, para otimizar suas características e ampliar seu campo de aplicação. Apesar das limitações observadas, o TPS desenvolvido a partir do amido de batata apresenta um grande potencial, tanto em termos de sustentabilidade quanto na redução do impacto ambiental causado pelo uso de plásticos derivados do petróleo. As investigações futuras poderão aprimorar as propriedades mecânicas do material, promovendo soluções mais ecológicas e sustentáveis no setor de embalagens e utensílios descartáveis

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMORIM, Daniel Penido. **Benefícios sustentáveis e ascensão da produção**, Revista Metropolitana de sustentabilidade-RMS, São Paulo, v.9, n.1, p.98-112, jan/abr., 2019. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/download/1627/pdf/7680>. Acesso em 24 mar. 2024
- [2] AZEVEDO, Bianca Menezes, et al. **Plástico Biodegradável, compostável e 100% natural**. XXIV Ciência viva, Uberlândia, novembro, 2019. Acesso em 14 mar. 2024
- [3] BESSA, Julio. **Bioplástico**. Zurich termoplásticos, novembro, 2017. Acesso em 13 ago. 2024. Disponível em: <https://injecaodeplasticos.com.br/bioplastico/#>.
- [4] BRESSANIN, Helton Rodrigo. **Bioplásticos a partir de amido**. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, Assis, 2010. Disponível em: <https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0711290296.pdf>. Acesso em 10 de abr. 2024
- [5] CALLISTER, William D *et al.* **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. Editora GEN, v. 9, p. 514. Outubro 2013. Acesso em 15 de mar. 2024. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/8463392/mod_resource/content/0/Ciencia-e-Engenharia-de-Materiais-CALLISTER-9%C2%AA-Edicao-pdf.pdf
- [6] CASTRO, Thaís Hessab Moreira. **Os bioplásticos: impactos ambientais e perspectivas de mercado**. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE UFRJ, março, 2019. Acesso em 13 ago. 2024.
- [6] COELHO, Tatiana. **Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%**. Globo, portal g1, Natureza. Março, 2019. Acesso em 13 de ago. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/03/04/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla-apenas-1.ghtml>
- [7] **Concentração de plásticos nos é alarmante, dizem especialistas**, ONU Brasil, 2017. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/76747-concentracao-de-plasticos-nos-oceanos-e-alarmante-dizem-especialistas>. Acesso em 14 mar. 2024
- [8] CORRADINI, Elisângela, et al. **Amido Termoplástico**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, novembro, 2007. Acesso em 13 ago. 2024.
- [9] DIAS, Yasmim Stephanie de Souza. **Bioplásticos: desafios e aplicações**. Departamento de engenharia civil – UFRN, Natal, 2023. Acesso em 13 ago. 2024. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/53647/1/Bioplasticos_DeSouzaDias_2023.pdf
- [10] MENDES, Antônia Mayara, et al. **Aperfeiçoamento de utensílios descartáveis a partir do bioplástico**. Revista Ceará Científico; SEDUC | Secretaria da Educação do Estado do Ceará, Ceará, v.1, ed. 1, 2022. Disponível em: <https://revistadocentes.seduc.ce.gov.br/cearacientifico/article/view/642>. Acesso em: 27 fev. 2024.

[11] **ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico**, ONU Brasil, 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/82048-onu-meio-ambiente-aponta-lacun-na-reciclagem-global-de-plastico>. Acesso em 22 fev. 2024

[12] **PNUMA: Acúmulo de plásticos em campos agrícolas atinge nível alarmante**, ONU Brasil, 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/205484-pnuma-acumulo-de-plasticos-em-campos-agricolas-atinge-nivel-alarante>. Acesso em 1 mar. 2024

[13] **Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente**, ONU Programa para o meio ambiente (PNUMA), 2021. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-onu-sobre-poluicao-plastica-alerta-sobre>. Acesso em 15 mar. 2024

[14] SANTOS, Patrícia Vieira. **Impactos Ambientais causados pela perfuração de petróleo**. Caderno de graduação: Ciências exatas e tecnológicas, Sergipe, v. 1, n. 15, p. 153-163, Outubro 2012. Acesso em: 22 mar. 2024.