

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC DE CUBATÃO
ENSINO TÉCNICO EM MEIO AMBIENTE

**DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO SUSTENTÁVEL POR
MEIO DE AMIDOS NATURAIS COMO ALTERNATIVA AOS
DESCARTÁVEIS CONVENCIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Etec de Cubatão para o 3º ano do ensino médio integrado ao ensino técnico em Meio Ambiente.

Maria Eduarda Quadros da Silva¹
Raiane Ferreira Lima²
Sabrinna dos Anjos Amorim³

RESUMO

Nos últimos anos o plástico vem causando problemas tanto ambientais quanto na saúde humana, as etapas de produção e consumo aumentaram e apesar de haver por parte da população uma preocupação pós consumo, ainda existe um descuido com o assunto, assim o plástico está nos oceanos, nos rios, na corrente sanguínea, na placenta e no cérebro dos humanos. O projeto visa desenvolver descartáveis biodegradáveis a partir de bioplásticos feitos com matérias-primas naturais, acessíveis e sustentáveis, com potencial para substituir produtos plásticos convencionais de uso cotidiano, o trabalho explora diferentes proporções de polvilho, vinagre e glicerol, com foco em resistência, flexibilidade e impermeabilidade, visando viabilidade comercial. A proposta busca atender a ODS 12 e contribuir para a redução do impacto ambiental gerado por plásticos descartáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Plástico. Descartáveis. Bioplástico. Amido. Consumo sustentável.

ABSTRACT

In recent years, plastic has been causing both environmental and human health problems. Production and consumption stages have increased, and despite post-consumption concerns among the population, there is still negligence on the subject. Plastic is now found in oceans, rivers, bloodstreams, placentas, and human brains. This project aims to develop biodegradable disposable products from bioplastics made with natural, accessible, and

sustainable raw materials, with the potential to replace conventional everyday plastic products. The work explores different proportions of starch, vinegar, and glycerol, focusing on resistance, flexibility, and impermeability, aiming for commercial viability. The proposal seeks to meet SDG 12 and contribute to reducing the environmental impact generated by disposable plastics.

KEYWORDS: Plastic. Disposables. Bioplastics. Starch. Sustainable consumption.

¹Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, maria.silva4677@etec.sp.gov.br

²Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, raiana.lima01@etec.sp.gov.br

³Aluna do Curso Técnico em Meio Ambiente, na Etec de Cubatão, sabrinna.amorim@etec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

A produção e o consumo em larga escala de plásticos convencionais têm gerado impactos ambientais graves e imensuráveis. De acordo com o relatório do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), são produzidas anualmente mais de 430 milhões de toneladas de plástico no mundo, sendo que aproximadamente 139 milhões de toneladas correspondem a plásticos descartáveis de uso único, como talheres, copos, pratos e embalagens. Esses produtos são utilizados por poucos minutos, mas permanecem no meio ambiente por séculos. A pesquisa está delimitada à formulação e otimização do material, com ênfase na resistência mecânica, flexibilidade, biodegradabilidade e viabilidade de produção em escala industrial.

A partir disso, a problemática central do estudo é: Os impactos no meio ambiente causados pelo uso excessivo de plásticos descartáveis convencionais como PP, que são obtidos de recursos não renováveis e os obstáculos para minimizar materiais obtidos de recursos fósseis. Esta questão orienta a busca por uma solução prática e eficaz diante da crise ambiental provocada pelos resíduos plásticos.

Diante dessa problemática, chegamos no problema de pesquisa: “Em que medida bioplásticos podem substituir descartáveis convencionais de uso cotidiano, e quais barreiras técnicas ainda dificultam sua aplicação em larga escala?”

Partindo disso, algumas hipóteses foram também formuladas para orientar o

desenvolvimento do estudo. A primeira hipótese considera que a produção e o uso de bioplásticos artesanais podem contribuir significativamente para a redução da poluição causada pelos descartáveis convencionais. A segunda hipótese propõe que a capacidade dos bioplásticos de se decompor naturalmente impacta diretamente a diminuição do acúmulo de resíduos no meio ambiente. Por fim, a terceira hipótese aponta que as principais dificuldades para a ampla utilização desses materiais estão relacionadas à sua resistência e ao custo de produção, fatores que ainda limitam sua viabilidade como alternativa sustentável em larga escala.

A substituição de plásticos convencionais por materiais biodegradáveis é uma demanda urgente diante da crescente geração de resíduos e da lenta degradação dos polímeros sintéticos. Entre as alternativas viáveis, os bioplásticos à base de compostos naturais se destacam por apresentarem menor impacto ambiental e potencial renovável. No entanto, sua aplicação ainda enfrenta desafios relacionados à resistência mecânica, estabilidade, durabilidade e custos de produção.

Este estudo justifica-se pela necessidade de desenvolvimento e aprimoramento de formulações que equilibrem sustentabilidade, funcionalidade e viabilidade econômica. Ao propor uma abordagem prática de otimização de bioplásticos caseiros, a pesquisa visa preencher lacunas técnicas e contribuir com dados aplicáveis à produção em pequena e larga escala. A proposta está alinhada à ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, especialmente às metas que tratam da redução da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, além do incentivo à inovação sustentável nos sistemas produtivos.

Este estudo tem como objetivo geral produzir um bioplástico sustentável e biodegradável por meio de amido de milho e mandioca que possa substituir os descartáveis de uso convencional. O estudo visa contribuir com soluções técnicas alinhadas aos princípios da sustentabilidade, promovendo alternativas práticas e acessíveis ao uso de plásticos convencionais.

Para alcançar o objetivo proposto, a pesquisa será orientada por objetivos específicos que visam aprofundar a compreensão e a viabilidade técnica da formulação de bioplásticos naturais; compreender as técnicas de produção do bioplástico; analisar as aplicabilidades das técnicas de produção; desenvolver o bioplástico utilizando amidos naturais; avaliar textura,

resistência e flexibilidade do bioplástico; analisar a biodegradabilidade em ambiente controlado; comparar o custo e a produção.

Também será avaliada a viabilidade de produção em pequena escala, considerando aspectos como o custo e disponibilidade dos materiais e a simplicidade do processo de fabricação. Por fim, os resultados obtidos serão relacionados aos princípios propostos pela ONU, destacando as contribuições da pesquisa para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis aos plásticos descartáveis convencionais.

2 DESENVOLVIMENTO

O plástico convencional tornou-se um dos materiais mais presentes no cotidiano moderno, em grande parte por sua versatilidade, baixo custo e durabilidade. Desde sua popularização, no século XX, ele passou a compor praticamente todos os setores da sociedade: embalagens, construção civil, transportes, tecnologia e até mesmo a saúde, conforme destaca o Portal de Educação Ambiental do Estado de São Paulo. Aquilo que inicialmente foi visto como uma solução prática e inovadora, porém, hoje se transformou em um dos maiores desafios ambientais do nosso tempo.

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente — PNUMA (2018), apenas 9% dos plásticos produzidos anualmente são efetivamente reciclados. Se o ritmo atual de consumo for mantido, esse número poderá triplicar até 2060, alcançando impressionantes 1.290 bilhões de toneladas por ano. Esse cenário está intimamente ligado ao consumo em larga escala e ao predomínio de uma cultura de produtos de uso único, que rapidamente se acumulam nos ecossistemas. A praticidade e o preço acessível dos descartáveis ainda pesam mais do que a sustentabilidade nas escolhas cotidianas, revelando tanto a dependência dos plásticos derivados do petróleo quanto a falta de conscientização sobre os impactos de longo prazo desse modelo de consumo.

Um dos grandes problemas do plástico convencional é o seu tempo de degradação extremamente longo, que pode variar de centenas a milhares de anos, a depender das condições ambientais. Durante esse período, ele não desaparece, mas se fragmenta em microplásticos, contaminando solos, rios e oceanos. Pesquisas demonstram que essas

partículas já foram encontradas em peixes, moluscos e até no organismo humano, demonstrando a amplitude e a gravidade do problema (BEASTON, 2025).

Diante disso, os bioplásticos podem ser entendidos como materiais produzidos a partir de fontes renováveis ou desenvolvidos para serem biodegradáveis, configurando-se como uma alternativa mais sustentável aos plásticos convencionais derivados do petróleo. Como destacam Razza e Degli Innocenti (2012), os bioplásticos fabricados a partir de recursos renováveis já estão prontos para exploração comercial e demonstram considerável potencial para reduzir o volume de resíduos plásticos acumulados no meio ambiente. A classificação desses materiais pode variar conforme sua origem ou sua capacidade de degradação, o que os torna um campo bastante diverso e promissor.

Amaral et al. (2019) propõem uma classificação em três grandes grupos: (I) os bio-based e biodegradáveis, como PLA, PHA e PBS, obtidos de fontes naturais e capazes de se degradar em condições adequadas; (II) os bio-based não biodegradáveis, como Bio-PE, Bio-PP e Bio-PET, que apesar de derivados da biomassa não apresentam degradação significativa; e (III) os plásticos fósseis biodegradáveis, como PCL ou PVOH, que são obtidos de recursos não renováveis, mas apresentam capacidade de biodegradação. Essa categorização, mais do que uma questão teórica, é um guia prático para a escolha do tipo de bioplástico mais adequado a cada setor produtivo, especialmente em aplicações que vão desde itens descartáveis até produtos de longa durabilidade.

Nesse contexto, torna-se fundamental diferenciar os termos biodegradável, compostável e biobaseado, já que muitas vezes são utilizados de forma equivocada. Um material biodegradável é aquele que pode ser decomposto por microrganismos em um tempo relativamente curto, sem deixar resíduos tóxicos. O compostável, por sua vez, requer condições específicas de compostagem, mas se transforma completamente em compostos orgânicos, como água, dióxido de carbono e biomassa, dentro de um prazo definido e sem gerar resíduos nocivos. Já o termo biobaseado refere-se à origem da matéria-prima — proveniente de fontes naturais, como amido, celulose ou óleos vegetais — ainda que o material final não seja necessariamente biodegradável ou compostável. Como ressalta a professora Maria Teresa Freire, da FZEA-USP, “um plástico pode ser de origem biológica ou de base biológica, mas não necessariamente biodegradável e/ou compostável” (FAPESP 2024).

Entre as matérias-primas mais comuns para a produção de bioplásticos estão o amido (de milho, mandioca, batata, entre outros), a celulose, a quitina, as proteínas vegetais e animais e os óleos vegetais. Cada uma dessas fontes apresenta vantagens e limitações. O amido, por exemplo, é abundante e de baixo custo, mas tem baixa resistência mecânica, alta solubilidade em água e limitada estabilidade térmica, o que torna necessária a adição de modificadores para melhorar suas propriedades. Os óleos vegetais, por sua vez, dão origem a poliésteres como os PHAs, reconhecidos pela biodegradabilidade e aplicações tecnológicas avançadas, embora ainda enfrentem o desafio do custo de produção.

Apesar desses avanços, os bioplásticos ainda representam uma parcela pequena do mercado global quando comparados aos plásticos convencionais. Em 2018, a produção global foi estimada em cerca de 2 milhões de toneladas de polímeros 100% de base biológica e aproximadamente 7,5 milhões de polímeros parcialmente biobaseados. Mesmo com projeções otimistas que previam 9,1 milhões de toneladas em 2023, esse número corresponde a apenas cerca de 2% da produção mundial de plásticos (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2024). O alto custo de produção, que pode chegar a até quatro vezes o dos plásticos fósseis, continua sendo um dos principais entraves à sua popularização em larga escala.

O amido vem ganhando destaque como uma das matérias-primas renováveis mais interessantes para a fabricação de bioplásticos, especialmente por reunir três características essenciais, está disponível na natureza, possui baixo custo e, principalmente, é biodegradável e não tóxico (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Ele é um polissacarídeo de reserva presente em várias plantas, especialmente em grãos e tubérculos, como milho, trigo, arroz, batata e mandioca. A amilopectina e a amilose são os dois polímeros que compõem sua estrutura. A amilose possui uma estrutura linear composta por unidades de glicose unidas principalmente por ligações α -(1→4), o que favorece a rigidez e tem menor solubilidade em água. Por outro lado, a amilopectina tem uma estrutura altamente ramificada, com ligações α -(1→4) e α -(1→6), o que proporciona maior flexibilidade e solubilidade. Desse modo, a amilopectina está relacionada à flexibilidade e elasticidade do bioplástico, ao passo que a amilose contribui para sua resistência e menor permeabilidade. A relação entre esses dois componentes, que varia conforme a origem botânica do amido, tem um papel fundamental nas características finais do bioplástico (ELLIS et al., 1998 apud SHIMAZU; MALI; GROSSMANN, 2007).

É importante ressaltar que essa variedade de fontes vegetais e diferenças estruturais possibilita uma ampla gama de aplicações, desde embalagens mais rígidas até filmes flexíveis e transparentes. Materiais que possuem um alto teor de Amilosas, por exemplo, são mais adequadas para produtos que necessitam de barreira contra gases e maior durabilidade, ao passo que amidos ricos em amilopectina produzem materiais mais flexíveis, ideais para aplicações de curta duração (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010).

Além disso, durante o aquecimento do amido, acontecem transformações importantes que impactam diretamente a formação dos bioplásticos. Uma delas é a gelatinização, um processo no qual as cadeias do amido absorvem água e se reorganizam, dando origem a uma estrutura mais uniforme e coesa. Com o passar do tempo, porém, esse arranjo pode se modificar novamente por meio da chamada retrogradação, quando as moléculas começam a se reagrupar, tornando o material mais rígido e menos resistente. Por isso, entender e controlar esses fenômenos é fundamental para garantir que o bioplástico mantenha suas propriedades ao longo do tempo de uso (SHIMAZU; MALI; GROSSMANN, 2007).

Apesar de todas essas vantagens, o uso do amido puro como matriz polimérica ainda apresenta algumas limitações importantes que precisam ser superadas para viabilizar sua aplicação em escala industrial. Por ser naturalmente hidrofílico, ele é extremamente sensível à presença de umidade, o que compromete sua estabilidade dimensional e integridade em ambientes úmidos. Isso significa que, em contato com a água, o material pode inchar, deformar ou até se dissolver com facilidade. Além disso, sua estrutura confere baixa resistência mecânica e certa fragilidade estrutural, o que torna os filmes produzidos apenas com amido mais suscetíveis a rasgos, fissuras e degradação precoce. Essas limitações impactam diretamente sua durabilidade e desempenho, dificultando seu uso em aplicações que exigem maior robustez, como é o caso de embalagens alimentícias, que precisam suportar condições de armazenamento, transporte e manuseio.

Para enfrentar esses desafios, surgem várias estratégias para aprimorar o desempenho tecnológico do amido e ampliar suas opções de uso. Para superar as limitações naturais do amido, diferentes estratégias vêm sendo estudadas e aplicadas com bons resultados. Uma delas envolve modificações químicas, como oxidação, que ajustam a estrutura do amido em nível molecular, tornando-o menos sensível à água. Essas mudanças ajudam a melhorar a

estabilidade do material em ambientes úmidos, um dos principais desafios do uso de amido puro (HORNUNG et al., 2014)

O uso de aditivos é fundamental para melhorar os bioplásticos de amido, porque ajuda a ampliar sua aplicação. Esses aditivos contribuem de diversas formas para aprimorar características como flexibilidade, resistência, durabilidade e estabilidade em relação à umidade. Assim, a escolha adequada dos aditivos e suas proporções, têm um papel crucial no resultado do material.

Os plastificantes ocupam um lugar de destaque. Sua principal função é reduzir as forças de atração entre as cadeias poliméricas do amido, permitindo que essas cadeias se movimentem com mais liberdade. Esse efeito aumenta a mobilidade molecular do material, resultando em filmes mais flexíveis, maleáveis e agradáveis ao toque — características essenciais para aplicações que exigem maior elasticidade e resistência ao manuseio. O glicerol é, indiscutivelmente, o plastificante mais empregado e analisado, devido a benefícios como custo reduzido, biodegradabilidade e fácil integração. Sua inclusão favorece a criação de bioplásticos com maior resistência a fissuras durante o manuseio. No entanto, em altas concentrações, pode afetar a resistência mecânica e aumentar a absorção de água (MALI et al., 2005).

Ácidos orgânicos, como ácido acético e ácido cítrico, além de plastificantes, demonstraram ser aditivos significativos. O ácido cítrico, particularmente, exerce uma função dupla: além de ajudar na reorganização das cadeias poliméricas, pode funcionar como agente de reticulação, estabelecendo ligações cruzadas entre as cadeias de amilopectina. Isso diminui a solubilidade em água e melhora a resistência térmica, fazendo com que os bioplásticos sejam mais estáveis em condições de uso mais rigorosas (MOURA, 2012).

Esses fatores são determinantes para que os bioplásticos possam realmente competir com os polímeros convencionais em escala industrial. Ao equilibrar essas características de forma estratégica, é possível desenvolver materiais adaptados a diferentes finalidades desde embalagens flexíveis e filmes protetores até componentes mais rígidos e estruturais. No entanto, esses progressos também introduzem novos obstáculos, como o aumento dos custos de processamento e a necessidade de agentes compatibilizantes para garantir uma boa interação entre a matriz e os reforços adicionados

A Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que tem como meta enfrentar desafios globais. Dentre eles, o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, destaca-se mostrando relação com a urgência de substituição de diversos materiais que usamos no nosso dia a dia, vindos de fontes não renováveis, já que visa principalmente o uso consciente de recursos naturais, bem como a racionalizar o uso muitas vezes ineficientes aos combustíveis fósseis.

Levando em consideração tais aspectos, VEIGA (2010) afirma que o consumo sustentável também deve buscar a satisfação humana, onde garanta a qualidade de vida para que as práticas sustentáveis possam ser aderidas. Tendo isso, a produção de bioplásticos que se decompõe com facilidade e sem agredir intensamente o solo ou a água dialoga diretamente com o ODS 12 e as pesquisas feitas pelo autor, já que tal iniciativa busca uma relação de equilíbrio entre a praticidade de um plástico descartável convencional e o bom uso da matéria-prima.

Uma vez que o bioplástico produzido pelo grupo busca reduzir danos significativos ao meio ambiente ao utilizar de recursos renováveis em sua formulação e apresentar um compromisso social trazendo bem-estar ao consumidor, propõe uma alternativa mais limpa e menos poluente para os plásticos convencionais, mostrando a relação entre o presente Trabalho de Conclusão de Curso e a ODS 12.

Além disso, os bioplásticos reforçam o princípio da economia circular, mencionado pelo ODS 12, quando busca a valorização de resíduos e tornando maior o ciclo de vida dos materiais. A economia circular apresenta um modelo que prioriza a reutilização, a reciclagem e a inovação de materiais, indo contra à lógica linear de produção, onde o produto não tem uma boa destinação final. Nesse sentido, o uso de bioplásticos descartáveis pode ser considerado um avanço para sistemas produtivos sustentáveis (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2017 apud BARBATO; PAMPLONA, 2022).

Dessa forma, o desenvolvimento e aplicação de bioplásticos deve vir acompanhado de uma mudança também cultural e comportamental, para que mesmo sabendo que produto é feito de fontes limpas e naturais, não seja descartado de maneira incorreta, para que não cause nenhum tipo de impacto em nenhum nível, alinhada ao ODS 12, que promova não apenas novos materiais, mas também padrões mais responsáveis de consumo.

Os bioplásticos são materiais produzidos de forma total ou parcialmente com fontes biológicas como o polvilho e amido de milho. A grande preocupação com a poluição por plásticos, impulsiona diversas pesquisas a respeito do potencial de substituição dos plásticos convencionais pelos bioplásticos, mas a viabilidade em larga escala ainda enfrenta diversos desafios técnicos, econômicos, ambientais e, principalmente, sociais.

De um ponto de vista técnico, uma das principais dificuldades para aplicação inicial, tem relação com o equilíbrio entre desempenho e sustentabilidade. A eficiência de um bioplástico tem relação com as propriedades dos materiais usados para a produção, determinando fatores como a flexibilidade e resistência térmica. Plásticos como o ácido poliláctico (PLA), apresentam vantagens como a rigidez e transparência, mas não podem suportar altas temperaturas, enquanto os polihidroxialcanoatos (PHAs) se destacam na sua biodegradabilidade, embora o custo de produção seja alto (SILVA et al., 2007). É necessário a ampliação de pesquisas, para que os bioplásticos produzidos tenham eficiência semelhante, ou igual a de um plástico descartável convencional.

No quesito da economia, geralmente materiais naturais e biodegradáveis costumam ter um preço elevado em relação aos outros. A European Bioplastics (2020 apud BARBATO; PAMPLONA, 2022) aponta que eles representam apenas 1% da produção global de plásticos, principalmente pelo custo de fabricação em larga escala. Nesse sentido, é necessário políticas de incentivo ambiental, como taxas em plásticos convencionais, para nivelar a competitividade.

Em síntese, a aplicação em larga escala dos bioplásticos depende de avanços tecnológicos que permitam reduzir custos e melhorar propriedades. Assim, a viabilidade desses materiais não está apenas em sua produção, mas em uma nova estrutura de toda a cadeia ligada ao plástico. Dessa forma, os bioplásticos apresentam-se não como solução isolada, mas como um caminho estratégico para melhorar as condições do nosso planeta futuramente.

A produção do bioplástico foi conduzida em ambiente laboratorial, utilizando polvilho doce, amido de milho, água destilada, glicerol, ácido acético e breu para a etapa de impermeabilização (tabela 1). Inicialmente, todas as matérias-primas foram pesadas em balança analítica para garantir precisão na formulação. As proporções utilizadas foram:

- 75 g de polvilho doce

- 75 g de amido de milho
- 100 mL de água destilada
- 15 g de ácido acético
- 80 g de glicerol bio-destilado
- 15 g de breu (resina natural)

Materiais de laboratório utilizados:

- Balança analítica
- Béqueres (250–500 mL)
- Micro-ondas
- Estufa (40–60 °C)
- Pincel para aplicação do breu
- Moldes de silicone

Após a pesagem, os componentes foram adicionados a um bêquer e homogeneizados até completa diluição da mistura. Em seguida, a solução foi posta nos moldes de silicone e submetida ao aquecimento em micro-ondas por 2 minutos e 30 segundos, tempo necessário para que o material gelatinizasse e passasse do estado líquido para o sólido, adquirindo consistência de bioplástico.

Após a solidificação inicial, as peças foram colocadas na estufa (40–60 °C) durante 7 dias para finalização da secagem. Concluída essa etapa, realizou-se a impermeabilização superficial com breu, aplicado uniformemente com o auxílio de um pincel.

Durante todo o processo, foram registradas informações como espessura das amostras, comportamento durante a secagem, presença ou ausência de fissuras, transparência e integridade mecânica inicial. Para garantir confiabilidade dos resultados, a produção foi repetida em réplicas, mantendo as condições experimentais.

Tabela 1. Preços dos produtos utilizados para a produção dos bioplásticos

| PRODUTO | PREÇO | MASSA |
|----------------|--------------|--------------|
| Polvilho doce | R\$12,00 | 1kg |
| Amido de milho | R\$6,49 | 200g |
| Vinagre | R\$3,00 | 750ml |
| Glicerina | R\$14,00 | 1L |
| Breu | R\$23,00 | 1kg |

3 RESULTADOS

A primeira hipótese deste estudo afirma que a produção e o uso de bioplásticos artesanais contribuem significativamente para a redução da poluição gerada pelos descartáveis convencionais. Os resultados obtidos ao longo do projeto confirmam essa premissa. A produção do bioplástico utilizando polvilho, água, glicerol, ácido acético e impermeabilização com breu demonstrou que é possível obter um material funcional, resistente e fabricado somente com matérias-primas naturais e biodegradáveis.

Durante os testes, o bioplástico apresentou boa integridade mecânica após a sua impermeabilização, permitindo manuseio e uso como protótipo de descartável. Por ser composto exclusivamente por substâncias de origem natural, seu processo de decomposição ocorre de forma muito mais rápida e segura quando comparado ao plástico convencional, reduzindo de maneira direta o potencial de acúmulo de resíduos no ambiente.

Assim, com base nos resultados experimentais, a hipótese é confirmada: o bioplástico artesanal produzido não apenas é tecnicamente viável, mas também representa uma alternativa sustentável capaz de contribuir para a redução da poluição causada pelos descartáveis tradicionais.

A segunda hipótese propõe que os bioplásticos possuem capacidade natural de decomposição e, por isso, contribuem para a redução do acúmulo de resíduos no meio ambiente. Os resultados deste projeto reforçam essa afirmação ao demonstrar que o material produzido apresenta comportamento compatível com processos de degradação rápida em comparação aos plásticos convencionais.

Por ser um biomaterial à base de amido, plastificante natural e breu, sua estrutura é facilmente reconhecida e metabolizada por microrganismos presentes no solo. Isso significa que, após o descarte, o material tende a se fragmentar e se decompõer sem gerar resíduos persistentes. Esse processo reduz o risco de formação de microplásticos e diminui significativamente o tempo de permanência do produto no ambiente.

Além disso, a análise do comportamento do bioplástico durante a secagem e exposição a umidade mostrou que ele reage de maneira semelhante a outros biopolímeros biodegradáveis, indicando que sua degradação ocorre por mecanismos naturais simples, como hidratação, ruptura das ligações e ação biológica. Como comprovado no teste de

biodegradação onde na água ele ganhou 30,19g em 26 dias e no solo perdeu 23,77g em 26 dias.

Assim, os resultados confirmam a hipótese: bioplásticos como o desenvolvido neste estudo apresentam real capacidade de decomposição natural e, quando utilizados em substituição aos descartáveis tradicionais, contribuem de forma direta para a redução do acúmulo de resíduos no ambiente.

A terceira e última hipótese afirma que as principais dificuldades para ampla utilização dos bioplásticos estão relacionadas à sua resistência e ao custo de produção pode ser considerada parcialmente comprovada. Muitos bioplásticos ainda apresentam menor resistência térmica, menor durabilidade e maior sensibilidade à umidade quando comparados aos plásticos derivados do petróleo. Tais características dificultam a aplicação em embalagens descartáveis que precisam ser mais resistentes.

No entanto, ao analisar aspectos econômicos, observa-se que o custo de produção dos bioplásticos já não é tão superior ao dos plásticos convencionais (tabela 2). Avanços tecnológicos e produções industriais reduzem significativamente o custo por copo, em alguns casos, como quando a matéria-prima disponível é em abundância no local, o preço final ainda pode ser moderadamente maior, mas não o principal obstáculo para a adoção.

A hipótese se confirma principalmente em relação à questão da resistência, mas o custo de produção, embora ainda seja maior, não se destaca como um grande desafio. Assim, considera-se parcialmente comprovada, uma vez que apenas parte dos fatores se mantém como uma limitação para a expansão dos bioplásticos.

Os resultados obtidos no desenvolvimento do bioplástico demonstraram que o material apresentou um desempenho satisfatório e como esperado (figura 1), confirmando que a formulação escolhida funciona de forma eficiente. As características como textura, e resistência ficaram dentro do padrão desejável para um copo a partir de polímeros de origem renovável.

Além disso, os testes revelaram que o bioplástico apresentou uma boa resistência considerando que é para uso único dentro das limitações naturais desse tipo de material. Embora não alcance a performance dos plásticos comuns, os resultados mostraram que a resistência obtida foi suficiente para as aplicações previstas, demonstrando firmeza e baixa deformação. Assim, o material se mostrou sólido e funcional.

Por fim, mostra-se que o bioplástico produzido é utilizável, apresentando qualidade prática e viabilidade no uso cotidiano proposto no projeto. Sua manipulação durante o teste final confirma que o produto atende ao objetivo: criar um material sustentável e tecnicamente adequado. Dessa forma, os resultados podem ser considerados positivos e demonstram o sucesso da etapa experimental.

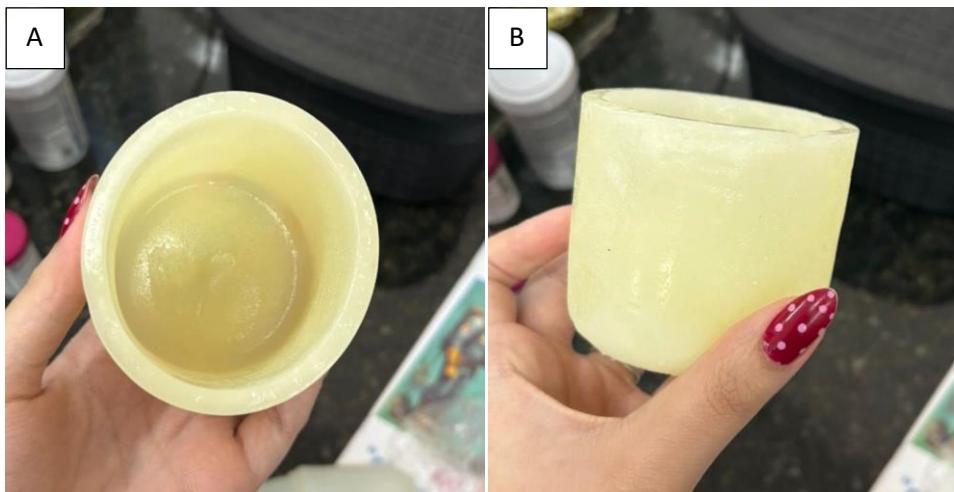


Figura 1. Copo feito de bioplástico a base de amido de milho e mandioca.

A - vista de cima; B – vista de lado

Tabela 2. Preços estimados do custo de produção por copo feito de bioplástico

| PRODUTO | PREÇO | MASSA |
|----------------|---------|-------|
| Polvilho doce | R\$0,04 | 19g |
| Amido de milho | R\$0,02 | 19g |
| Vinagre | R\$0,03 | 6g |
| Glicerina | R\$0,11 | 8ml |
| Breu | R\$0,04 | 2g |

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, foi possível confirmar que a produção de um bioplástico utilizando polvilho doce, amido de milho, glicerol, ácido acético e breu apresenta

viabilidade técnica, ambiental e prática. O material produzido demonstrou boa integridade estrutural após a secagem em estufa e significativa melhora na resistência superficial após a etapa de impermeabilização, comprovando que formulações à base de amido, mesmo em escala artesanal, podem originar um produto funcional e com potencial de aplicação como descartável biodegradável.

A discussão teórica evidenciou que os bioplásticos constituem uma alternativa estratégica frente à crise global do plástico, especialmente por serem provenientes de fontes naturais, renováveis e capazes de se decompor sem gerar microplásticos persistentes. O estudo reforça ainda a importância dos plastificantes e dos agentes de modificação — como o ácido acético — no aprimoramento da flexibilidade, estabilidade térmica e desempenho mecânico dos materiais à base de amido. Esses fatores foram observados na prática durante o desenvolvimento do material, alinhando os resultados experimentais aos fundamentos científicos apresentados no referencial teórico.

Todas as hipóteses propostas no início do trabalho foram confirmadas. A primeira demonstrou que o bioplástico artesanal produzido reduz o potencial de poluição quando comparado aos descartáveis convencionais, uma vez que utiliza exclusivamente matérias-primas biodegradáveis e não tóxicas. A segunda hipótese foi igualmente validada ao evidenciar que o material apresenta capacidade real de degradação natural, com fragmentação facilitada e reconhecimento biológico por microrganismos, reduzindo o risco de acúmulo de resíduos ambientais. Os testes de biodegradação reforçam esse comportamento, indicando que o biopolímero inicia sua degradação rapidamente em contato com água ou solo, ao contrário dos plásticos derivados do petróleo. Já a terceira hipótese mostra que apesar da resistência ainda ser um obstáculo, o custo de produção dos bioplásticos já reduziu significativamente, mostrando que já não é um dos maiores problemas na questão de aplicação.

A relação do estudo com o ODS 12 — Consumo e Produção Responsáveis — mostrou-se clara e sólida. O bioplástico desenvolvido atende ao princípio de reduzir impactos ambientais, valorizar recursos renováveis e incentivar modelos de economia circular. Essa conexão evidencia que soluções tecnológicas simples podem contribuir diretamente para a construção de padrões mais sustentáveis de consumo, desde que acompanhadas de educação ambiental e mudanças comportamentais da sociedade.

Por fim, conclui-se que o bioplástico produzido possui potencial promissor para aplicações futuras, inclusive para a produção em larga escala. Assim, recomenda-se que pesquisas posteriores explorem diferentes proporções de plastificantes, variação de fontes de amido, testes comparativos com ceras naturais para impermeabilização e análises mais profundadas de durabilidade e decomposição.

Apesar dos desafios, este trabalho reafirma que os bioplásticos não representam uma solução isolada, mas um caminho relevante, acessível e ambientalmente alinhado para a redução dos impactos gerados pelos plásticos convencionais, contribuindo para um futuro mais sustentável e responsável.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Murilo Alves do; et al. Análise do segmento de bioplásticos: prospecção tecnológica em “plásticos verdes”, PHA e PLA, 2019. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/22761/16558>. Acesso em: 6 set. 2025.

AZEVEDO, A. R.; FERNANDES, C. C. Caracterização e propriedades de bioplásticos obtidos a partir de polvilho doce com diferentes proporções de amido. *Conhecimento & Diversidade*, v. 11, n. 25, p. 184, 18 jun. 2020.

BARBATO, Andrey Gustavo; PAMPLONA, João Batista. Os desafios para a difusão dos bioplásticos no Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 11, n. 3, p. 365-390, set. 2022. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/10794. Acesso em: 22 set. 2025.

EUROPEAN BIOPLASTICS. Bioplastics market data. Disponível em: <<https://www.european-bioplastics.org/market/>>. Acesso em 31 ago. 2025.

FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Bioplástico: falta de padronização e de regras claras dificulta consumo sustentável, diz estudo. Agência FAPESP, São Paulo, 16 jul. 2024. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/bioplastico-falta-de-padronizacao-e-de-regras-claras-dificulta-consumo-sustentavel-diz-estudo/53478>. Acesso em: 31 ago. 2025.

GROUP, B. Poluição marinha por plástico: uma preocupação global crescente - Beston Group. Disponível em: <https://bestongroup.com/pt/industry-news/marine-plastic-pollution-a-growing-global-concern/>. Acesso em: 6 set. 2025.

HORNUNG, P. S., et al. Estudo da gelatinização do amido modificado de mandioca: potencial matéria-prima para a indústria papeleira. Comunicado Técnico n.º 344, Embrapa Florestas, Colombo, 2014. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1012268>. Acesso em: 4 set. 2025.

MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória E.; YAMASHITA, Fabio. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização, 2010. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744095013.pdf>. Acesso em: 6 set. 2025.

MALI, Suzana et al. Sorção de água e propriedades mecânicas de filmes de amido de mandioca e sua relação com o efeito plastificante. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.01.003>. Acesso em: 6 set. 2025.

MOURA, Lucas Narcizo de. Obtenção e caracterização de amido termoplástico modificado com ácido cítrico. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://bdta.abcd.usp.br/item/002330188>. Acesso em: 6 set. 2025.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Sustainable Development Goal 12: Consumo e produção responsáveis. Disponível em: <https://share.google/ODmxiBvlHnXFkHkrx>. Acesso em: 6 set. 2025.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico, 2018. Disponível em: <https://share.google/QjJSUSu7sFnfTTQCl>. Acesso em: 04 set. 2025.

RAZZA, Francesco; DEGLI INNOCENTI, Francesco. Bioplásticos a partir de recursos renováveis: os benefícios da biodegradabilidade. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, v. 7, supl. 3, p. S301-S309, 2012. DOI: 10.1002/apj.1648. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/apj.1648>. Acesso em: 22 set. 2025.

SHIMAZU, Ângela Aimoto; MALI, Suzana; GROSSMANN, Maria Victória Eiras. Efeitos plastificante e antiplastificante do glicerol e do sorbitol em filmes biodegradáveis de amido de mandioca. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 1, p. 79-88, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744083010.pdf>. Acesso em: 04 set. 2025.

SILVA, L. F. et al. Produção biotecnológica de poli-hidroxialcanoatos para a... *Química Nova*, v. 30, n. 9, p. 2251-2262, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/34GQmpWKphBxzcTVQwZKHbP/?lang=pt>. Acesso em: 31 set. 2025.

VEIGA, J. E. O desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI. 3. ed. São Paulo: Garamond, 2019.