

## **UTILIZAÇÃO DA CASCA DE BANANA NO DESENVOLVIMENTO DE BIOPLÁSTICO**

Kauã Nascimento da Palma<sup>1</sup>

Luiz Gustavo Fiuza Oliveira<sup>2</sup>

Pedro Izhag Pinheiro dos Santos<sup>3</sup>

Gabriel Aquino Campos<sup>4</sup>

Tarcísio Sales Vasconcelos<sup>5</sup>

**RESUMO:** Inserido no século passado, o plástico foi criado para substituir diversos tipos de embalagens, onde o mesmo, feito à base de petróleo, possui baixos custos de produção e traz uma vasta variedade de produtos. Porém, como todos os outros materiais a base de petróleo, o plástico também se torna prejudicial ao meio ambiente. A cada dia, as preocupações com a sustentabilidade do planeta vêm atraindo, cada vez mais, a atenção dos governos mundiais, e ações de conservação e preservação se fazem cada vez mais necessárias e cobradas através de aplicações de leis e sanções que direcionam o mundo ao desenvolvimento em regime de sustentabilidade. Neste sentido, o desenvolvimento de alternativas mais sustentáveis está vindo de encontro as novas exigências e tendências mundiais abrindo assim, espaço para o desenvolvimento de diversos tipos de matéria prima sustentáveis, como a casca de banana utilizada pela EMBRAPA para a formulação de um filete plástico completamente biodegradável. A aplicação do bioplástico é superimportante para a preservação do meio ambiente, tanto para redução do efeito estufa, quando deixamos de usar matéria prima oriunda de combustíveis fósseis, como para a preservação dos ecossistemas, que deixam de receber uma carga de lixo plástico todos os dias. A realização do bioplástico de casca de banana para fins educacionais na ETEC de São Sebastião, é uma alternativa para descobrir, aprimorar e formular um novo protocolo de produção, com as capacidades físicas do bioplástico de casca de banana em seu ápice, aumentando o custo-benefício do produto gerado. Com diferentes provas de testes produzidas, foi feita uma comparação e relação sobre os aspectos físicos desses corpos de prova, de modo a obter o melhor resultado entre as amostras. Encerrando os experimentos, o objetivo final de alcançar uma amostra que possuísse

---

<sup>1</sup> RM: 23320. Aluno regular do Curso Técnico em Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: kuaa.palma@etec.sp.gov.br.

<sup>2</sup> RM: 22164. Aluno regular do Curso Técnico em Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: luiz.oliveira557@etec.sp.gov.br.

<sup>2</sup> RM: 22164. Aluno regular do Curso Técnico em Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: luiz.oliveira557@etec.sp.gov.br.

<sup>3</sup> RM: 23010. Aluno regular do Curso Técnico em Meio Ambiente, da Etec de São Sebastião (188) – E-mail: pedro.santos1000@etec.sp.gov.br

<sup>4</sup> Coorientador; Engenheiro de Bioprocessos e Biotecnologia – E-mail: gabriel.campos131@etec.sp.gov.br

<sup>5</sup> Orientador; Professor Me. da Etec de São Sebastião – E-mail: tarcisio.vasconcelos@etec.sp.gov.br

boas características físicas foi concluída, assim demonstrando que é possível replicar amostras do bioplástico de casca de banana, utilizando menos, e substituindo recursos.

**Palavras-chave:** *Bioprodução, Plástico, Biodegradável, Casca da Banana, Sustentabilidade.*

## USE OF BANANA PEEL IN THE DEVELOPMENT OF BIOPLASTIC

**ABSTRACT:** Introduced in the past century, plastic was created to replace various types of packaging. Made from petroleum, it has low production costs and offers a wide variety of products. However, like all other petroleum-based materials, plastic is also harmful to the environment. With each passing day, concerns about the planet's sustainability are increasingly capturing the attention of governments worldwide, making conservation and preservation actions more necessary and demanded through the application of laws and sanctions that steer the world toward sustainable development. In this context, the development of more sustainable alternatives aligns with new global demands and trends, opening up opportunities for the creation of various types of sustainable raw materials, such as banana peels used by EMBRAPA to formulate a fully biodegradable plastic film. The application of bioplastics is crucial for environmental preservation, both in reducing the greenhouse effect, as it eliminates the use of fossil fuel-derived raw materials, and in protecting ecosystems, which are spared from receiving large amounts of plastic waste daily. The production of banana peel bioplastic for educational purposes at ETEC of São Sebastião represents an alternative to explore, enhance, and formulate a new production protocol, aiming to maximize the physical capabilities of banana peel bioplastics while increasing the cost-effectiveness of the resulting product. With various test samples produced, a comparison and evaluation of the physical aspects of these samples were conducted to achieve the best results. Upon completing the experiments, the final goal of obtaining a sample with good physical characteristics was accomplished, demonstrating that it is possible to replicate banana peel bioplastic samples while using fewer resources and substituting traditional materials.

**Keywords:** Bioproduction, Plastic, Biodegradable, Banana Peel, Sustainability

### 1. INTRODUÇÃO

O plástico é essencial para armazenar alimentos e fabricar eletrodomésticos e, por isso, desde o século passado o plástico vem sendo usado como uma alternativa mais barata e prática, em relação aos usos de metais e vidros, já que sua fabricação gera menos custos por ser um material sintético e gerado em alta escala em fábricas, O plástico proporciona inúmeros benefícios para empresas, consumidores e diversos setores da sociedade. Sua popularidade se deve ao baixo custo, à versatilidade e à praticidade, características que o tornam uma opção ideal para substituir diversos materiais com maior impacto ambiental (VALGROUP, 2022).

Porém nesse último século o plástico provou ser um material muito poluidor, tanto para o solo quanto para as águas (oceanos, rios e lagos) pensando nesse problema a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária) criou um filete plástico completamente biodegradável a base de casca de banana (From bulk banana peels to active materials. SILVA et al, 2024), a banana é reutilizada frequentemente para adubação, sendo seu único problema, sua rápida deterioração, diminuindo assim, sua versatilidade de utilização, e a criação do bioplástico aumenta sua utilidade a longo prazo.

### 1.1 O que é o plástico?

O plástico é um material composto principalmente por polímeros, em sua maioria orgânicos e extraídos do petróleo. O polímero é constituído por macromoléculas, também conhecidos como sólidos covalentes, esses ajudam na maleabilidade do material e na sua moldagem para atingir as devidas formas demandadas pelas fábricas, A possibilidade de ajustar propriedades físicas e químicas, como resistência, flexibilidade e isolamento térmico, torna o polímero um material altamente versátil (EXAME, 2023).

Segundo pesquisas apontadas pelo site *National Geographic* em 2021 a produção do plástico cresceu de modo extremo, ultrapassando expectativas, crescendo de 2,3 milhões de toneladas em 1950 para 448 milhões de toneladas em 2015. Espera-se que a produção dobre até 2050.

O plástico foi um material pensado para poder substituir o vidro e os metais de forma barata, e a sua necessidade expandiu com os contextos das guerras mundiais, onde alimentos e remédios tinham que ser armazenados de forma que conservassem o produto e atendessem as demandas pelos mantimentos. Deste modo, o plástico se firmou como uma das matérias primas mais necessárias do mundo moderno e infelizmente vem prejudicando ecossistemas de uma maneira irreversível, visto que aproximadamente 7 bilhões das 9,2 bilhões de toneladas de plástico produzidas de 1950 a 2017 se tornaram resíduos plásticos, que acabaram em aterros sanitários ou lixões (PNUMA, 2022), além de se acumularem nos oceanos.

## 1.2 Alternativa Sustentável

Derivado de fontes orgânicas o bioplástico é um tipo de material plástico produzido a partir de fontes renováveis, como amido de milho, cana-de-açúcar, óleo vegetal, ou até mesmo resíduos orgânicos como a casca de banana. Diferentemente dos plásticos tradicionais, que são derivados do petróleo, o bioplástico busca ser mais sustentável e ter menor impacto ambiental.

Existem diferentes tipos de bioplásticos, como:

- Bioplásticos biodegradáveis: que podem ser decompostos por microrganismos em condições adequadas com materiais a base de carboximetilcelulose ou amidos (mandioca, milho, soja entre outros).
- Bioplásticos não biodegradáveis: são feitos de fontes renováveis, mas não necessariamente se degradam facilmente como alguns tipos de nylon, feitos a partir de biomassa (bagaço de cana, casca de arroz, pellets de madeira entre outros), esses podem ser até feitos de material biológico, mas não são necessariamente biodegradáveis.

Basicamente, o bioplástico pode ser retratado como um material tecnológico e completamente a favor do meio ambiente, visto que muitos contêm um potencial biodegradável, assim reduzindo poluentes no solo e emissões de carbono nas indústrias de polímero petrolífero, todavia os custos de produção dos bioplásticos ainda é algo inacessível visto que a maioria dos materiais orgânicos possuem certa complexidade de fabricação, enquanto os plásticos sintéticos podem ser produzidos em larga escala.

## 1.3 Questão-problema:

Em decorrência da problemática apresentada, esta pesquisa foi norteadada pela seguinte questão: Como simplificar a formulação para produção do bioplástico de casca de banana?

## 1.4 Objetivos

### Objetivo Geral

Produzir diferentes formulações de bioplástico a partir da casca de banana com base na adaptação do protocolo da Embrapa Instrumentação.

### Objetivos Específicos

- Reproduzir, adaptar e aprimorar a formulação do bioplástico produzida pelo Comunicado Técnico n. 122 do ano de 2024, Embrapa Instrumentação;
- Adaptar o protocolo feito pelo artigo: From bulk banana peels to active materials. SILVA et al, 2024);
- Reproduzir o bioplástico com uma formulação mais simples e melhorar seu aspecto visual.

## 1.5 Justificativa

A casca de banana é uma fonte de matéria orgânica muito comum em países de clima tropical, principalmente no Brasil, já que o país ocupa a 4ª colocação na lista de maiores produtores de banana do planeta, segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária (CNA). Além de que, o estado de São Paulo é o estado que mais produz bananas no Brasil, principalmente na cidade de Cajati, localizada no Vale do Ribeira, onde a região tem mais de 3.600 propriedades produtoras, o que corresponde a quase 50% da produção de bananas do estado (SEBRAE, 2023). A casca de banana pode ser reaproveitada em diversos produtos com valor agregado. Logo, a elaboração de um bioplástico a partir de um material de fácil obtenção e de disponibilidade local pode ser uma excelente alternativa biodegradável para o plástico comum, considerando os danos que o plástico pode gerar ao meio ambiente, devido à sua lenta decomposição.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 Caracterização do objeto de estudo**

#### **2.1.1 Produção do plástico**

O plástico consiste em um material produzido a partir de macromoléculas de polímeros de origem sintética ou natural, em que sintéticos são providos a partir de frações nafta de petróleo, que envolve diversas etapas, desde a refinaria até o produto, e apresenta a grande parcela da produção global. São produzidos a partir de um processo chamado de polimerização, que visa unir os monômeros formando assim os polímeros, a matéria prima do plástico. Os plásticos podem receber classificações baseadas na estrutura e tamanho de seus monômeros, assim recebendo em cima de suas características, matéria plástica pode se classificar como termorrígidos, termoplásticos e elastômeros (PROPEQ, 2022,).

#### **2.1.2 Impactos do plástico**

Atualmente é impensável o mundo sem a presença dos plásticos, sendo amplamente utilizado pelas indústrias para a fabricação de diversos produtos. O seu amplo uso é devido seu preço, que permite a fabricação em larga escala sem levantar grandes custos as indústrias, além do fácil processamento.

Devido as suas vantagens econômicas, diversas empresas optam por usar a matéria plástica em seus produtos, assim aumentando cada vez mais a necessidade de produção de material plástico. Este fato representa um grande problema uma vez que o plástico derivado de polímeros sintéticos, possui um processo de deterioração muito lento, que de acordo com o Ministério do Meio Ambiente pode durar mais de 400 anos. Durante seu processo de deterioração, os plásticos se desfazem e dão origem aos microplásticos, um grande problema ambiental que afeta toda a vida global.

Existem muitos tipos de plásticos, dentre os mais comuns o PET (tereftalato de polietileno), o PP (polipropileno), o PE (polietileno), PVC (policloreto de vinila), PMMA (polimetilmetacrilato) e outros. O PET leva destaque por ser o plástico mais abundante e mais usado mundialmente, e conseqüentemente devido ao seu excesso de sua fabricação o torna o plástico mais poluidor do mundo. Este plástico pode ser encontrado ao nosso redor, principalmente em embalagens alimentícias, como garrafas devido à sua impermeabilidade, potes de armazenamento pela sua

resistência física e até mesmo filamentos de impressora 3D.

A presença dos plásticos traz inúmeros impactos ambientais, afetando principalmente a fauna. Grande maioria desses resíduos vão para corpos d'água superficiais, principalmente os oceanos onde é encontrada sua maior parte. Com o acúmulo de plástico, pode-se ocorrer um fenômeno chamado "ilhas de plástico", que é a junção de uma quantidade extrema de material plástico em um ponto específico causado pelo descarte incorretos, que são transportados até certo ponto a partir de correntes oceânicas. Estima-se que essas ilhas possuem um total de 150 toneladas de matéria plástica mal descartada de acordo com o *grupo da National geographic em 2022*. O principal foco dessas ilhas está situado no Pacífico, com estimativa de tamanho de 2 estados do Texas.

“A quantidade exata de lixo plástico nos oceanos permanece um mistério, mas estudos realizados em 2015 apontam para um número assustador - cerca de 150 milhões de toneladas.” (National geographic, 2022)

Em consequência da presença do plástico em corpos d'água, a vida marinha pode ser severamente afetada, com alguns animais podendo sofrer com contaminações químicas, além de que o plástico pode ser ingerido por um determinado nível trófico e causando assim a contaminação de todos os seres dentro da cadeia alimentar, e conseqüentemente os seres humanos podem se contaminar com a ingestão dos alimentos contaminados (SOLDERA, 2023).

A presença do plástico também pode fazer que animais possam perder a possibilidade de respirar ou realizar sua alimentação, já que por acidente podem se prender em suas vias aéreas e impossibilitar ou dificultar a sua capacidade de respirar, também se prendendo em sua boca e assim não podendo se alimentar, ou mesmo se prender em seus membros e dificultando a sua movimentação.

O caso das tartarugas é um forte exemplo dos impactos ambientais do plástico voltado a vida marinha, que ao decorrer do tempo foi se tornando cada vez mais intenso, com diversas espécies de tartaruga sofrendo sérios riscos de extinção até os dias atuais. O plástico pode acabar de ser inalado, e acabar interferindo na capacidade de respiração da tartaruga, além de ser inconscientemente ingerido, e a contaminado

fortemente trazendo assim sérios danos a sua saúde, com 80% das tartarugas possuindo um tipo ou mais de plástico em seu estomago (SOARES, 2024).

### **2.1.3 Bioplástico**

Os plásticos que podem ser produzidos a partir de polímeros naturais, chamados de bioplásticos, são uma alternativa mais ecológica e de fabricação mais simples, o qual não requer a adição de componentes tóxicos e poluentes, com processos mais simples. O principal ponto do bioplástico é a deterioração ser mais rápida do que a dos plásticos vindos do petróleo, assim favorecendo o meio ambiente.

“Os bioplásticos são aqueles que possuem pelo menos uma dessas duas características: ser biodegradável ou possuir fonte de origem renovável. Assim, acabam sendo mais benéficos ao meio ambiente e, conseqüentemente, diferenciam-se dos plásticos convencionais.” (PROPEQ, 2013)

Dentre os recursos naturais que podem dar origem os bioplásticos estão a borracha natural, celulose, quitina, amido, a casca de banana e muitos outros. Um bioplástico se baseia em um plástico que tenha propriedades biodegradáveis, ou seja, que tenha seu processo de deterioração consideravelmente acelerado e que não forneça nenhum impacto Ambiental.

"Os bioplásticos são materiais obtidos a partir de fontes renováveis, como amido, celulose, quitina e até cascas de frutas, e possuem a capacidade de se decompor de forma mais rápida e segura no ambiente, diminuindo o impacto ecológico causado pelos plásticos convencionais." (ZHAO et al., 2020).

O bioplástico apresenta uma alta gama de vantagens, como seu custo ser consideravelmente baixo em comparação com os plásticos sintéticos, com a sua matéria prima ser mais fácil e simples para obtenção, além de processos que não requerem etapas complexas. Para a produção do bioplástico, não é necessário um alto uso de substâncias químicas e adjuvantes. Além da forte contribuição que a



produção e uso dos bioplástico para a redução dos impactos ambientais provenientes do uso dos plásticos a base de nafta de petróleo, seu uso traz novas finalidades e usos para resíduos que normalmente são descartados ou que possuem finalidades que não tragam grandes proveitos. (Amorim, 2019)

Vale mencionar que quando a empresa produz seus produtos à base de bioplásticos ou quaisquer matérias que não tragam nenhum impacto ambiental, a empresa pode receber um selo ecológico que mostra que a empresa se importa como o meio ambiente, trazendo assim uma vantagem econômica e uma maior valorização do produto.

Contudo, a prática do bioplástico pode ser muito vantajosa, com um ótimo custo-benefício, envolvendo processos simples e não requer uma alta adição de componentes químicos. A sua principal vantagem é ser biodegradável, levando assim a uma redução dos impactos ambientais provenientes do plástico convencional, um problema global que vem crescendo gradativamente de acordo com a produção de novos plásticos. Logo com adoção da prática dos bioplásticos, se pode dizer que poderá haver uma considerável redução nos impactos ambientais, ajudando no desenvolvimento sustentável não somente no Brasil, como mundialmente.

## **2.2 Materiais e métodos**

### **2.2.1 Preparo das Cascas Trituradas de Banana - CTB**

Foram realizadas coletas de cascas de banana no refeitório da Escola Técnica de São Sebastião (ETEC), São Sebastião, São Paulo, no dia 26 de setembro de 2024. Além de uma pequena parcela das cascas de banana serem coletadas da residência dos integrantes do grupo, e assim levadas para o laboratório durante a quarta semana de setembro, do dia 23 a 26. Logo após coletadas, estas foram higienizadas retirando partes rígidas da casca, deixando somente as cascas *in natura* da banana (*Musa acuminada*), aqui abreviadas por CB. As CBs foram pesadas e fervidas em uma solução de ácido cítrico a 1% do peso da CB. Em seguida, as cascas foram levadas para secagem em bandejas de alumínio em uma estufa de secagem à 50°C (estufa de secagem e esterilização, modelo NT513, Novatécnica), permanecendo por 3 dias consecutivos. Após esse período de secagem as cascas secas foram pesadas e trituradas em um liquidificador convencional e posteriormente peneiradas em uma peneira granulométrica de 0,5mm, resultando assim nas CASCAS DE BANANA SECA

E TRITURADA - CTB. Por fim, a CTB foi pesada e armazenada em saco plástico vedado em ambiente não úmido.

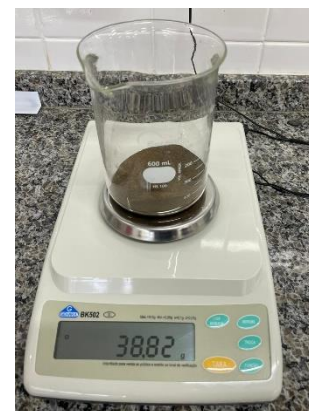
**Figura 1.** Pesagem das cascas de banana *in natura* (1); pesagem das cascas secas (2); pesagem da CTB (3).



(1)



(2)



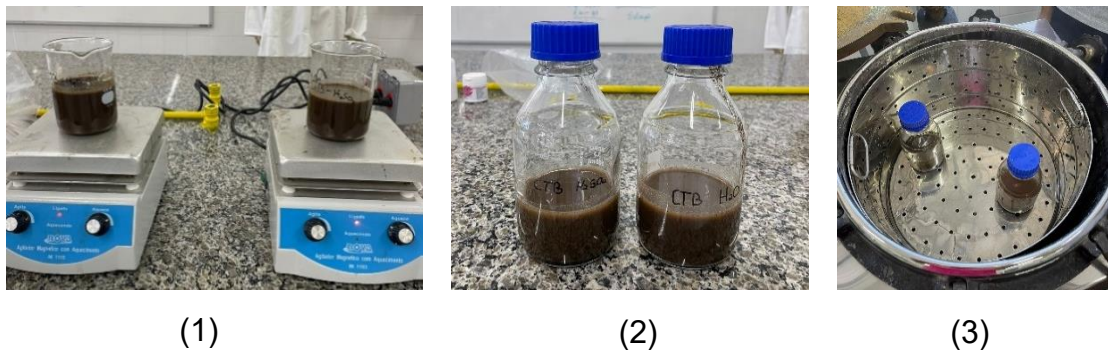
(3)

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

### 2.2.2 Diluição com ácido sulfúrico e água

Foram feitos dois diferentes tratamentos de diluição do CTB: com ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e água destilada ( $H_2O$ ). Para o tratamento com ácido sulfúrico, foi realizado o preparo da solução a 25 mM (milimolar) de  $H_2SO_4$  e misturado a CTB em um volume de 203 mL. Já para o tratamento com água destilada foi medido 203 mL e realizada a diluição da CTB. Foi utilizado agitador magnético (Agitador Magnético com aquecimento, modelo NI1103, Novatécnica) com aquecimento para completa dissolução da mistura em ambos os tratamentos (figura 02). Após isso as misturas foram adicionadas em dois frascos de vidro com tampa de rosca e autoclavadas por 20 minutos à  $121^\circ C$  e 1 atm. Logo após os frascos foram colocados em banho de gelo.

**Figura 2.** Homogeneização dos tratamentos em agitador magnético (1), e frascos com tratamento com H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2), preparo da autoclavagem (3).

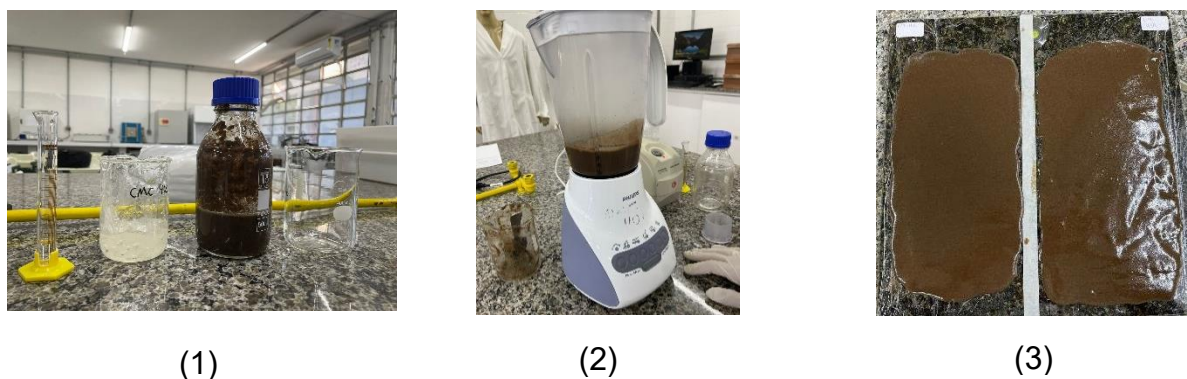


Fonte: elaborado pelos autores (2024)

### 2.2.3 Produção do bioplástico

Foi adicionada glicerina a 15% do peso da CTB e uma solução de 4% de carboximetilcelulose (CMC) a 20% do peso da CTB. Após esta etapa, a mistura ficou sob agitação constante por 5 minutos no liquidificador. Ao final, as amostras a base de água destilada e de ácido sulfúrico foram espalhadas em uma superfície lisa revestida com filme plástico, bem como em placas de Petri. Ambas as amostras foram secas a uma temperatura de 50°C durante 3 dias. Após o tempo de secagem, as amostras foram removidas da estufa e acondicionadas em dessecador.

**Figura 3.** Glicerina, CMC, CTB (1); Homogeneização no liquidificador (2); Mistura e distribuição em superfície lisa (3).



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

### 2.2.4 Teste com bicarbonato de sódio e ácido cítrico

Em busca do aprimoramento da formulação do bioplástico, testes foram realizados com a adição de bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) e ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>),

além da adição de diferentes concentrações de CMC ou a não adição do CMC. O tratamento com água destilada foi usado para essa etapa de teste.

Para o teste com bicarbonato (B) quantidades variando de 2,7 g, 4,5 g e 9,0 g foram adicionadas, ou seja, 15%, 25% e 50%, respectivamente, de massa de bicarbonato adicionada a formulação.

Para o preparo com ácido cítrico, foi pesado 18 g de CTB e adicionado em uma bandeja com água quente para homogeneização afim de obter uma melhor diluição do componente.

Algumas das variações foram adicionadas o ácido cítrico com ou sem o CMC durante a mistura do CTB. Foram colocadas separadamente em 2 recipientes semiabertos e colocados na autoclave, uma contendo somente CTB com água destilada (CTB<sub>H20</sub>) com e ácido cítrico (CTB<sub>AC</sub>).

Com as soluções já esterilizadas, foram transferidas para um béquer e assim misturadas com o agente plastificante (CMC), e em seguida foi colocado o bicarbonato de sódio (B) em seus respectivos volumes, uma com 15%, outra com 25% e por fim 50%, e assim misturadas para a homogeneização dos componentes. Com as variações já prontas, totalizando 16, sendo elas:

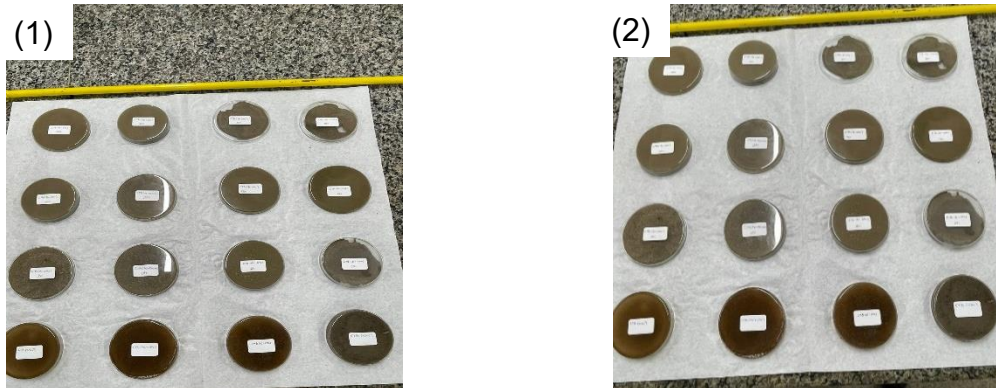
**Tabela 1.** Tratamentos realizados para teste com variação de CMC, bicarbonato e ácido cítrico.

Com Água ( CTB <sub>H20</sub> )	Com Ácido Cítrico ( CTB <sub>AC</sub> )
CTB <sub>H20</sub> + CMC	CTB <sub>AC</sub> + CMC
CTB <sub>H20</sub> -CMC	CTB <sub>AC</sub> -CMC
CTB <sub>H20</sub> +CMC +B 15%	CTB <sub>AC</sub> +CMC +B 15%
CTB <sub>H20</sub> +CMC +B 25%	CTB <sub>AC</sub> +CMC +B 25%
CTB <sub>H20</sub> +CMC +B 50%	CTB <sub>AC</sub> +CMC +B 50%
CTB <sub>H20</sub> -CMC +B 15%	CTB <sub>AC</sub> -CMC +B 15%
CTB <sub>H20</sub> -CMC +B 25%	CTB <sub>AC</sub> -CMC +B 25%
CTB <sub>H20</sub> -CMC +B 50%	CTB <sub>AC</sub> -CMC +B 50%

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Diferentes biofilmes foram postos em placas de Petri para secagem em estufa, cada tratamento foi realizado em triplicata.

**Figura 4.** Amostras com utilização de bicarbonato (1) e ácido cítrico (2).



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

## 2.2.5 Análise do bioplástico

Após os tratamentos realizados, foram feitas análise visual de cor, análise da textura e flexibilidade do biofilme, e por fim um teste manual e prático da resistência a tensão física do produto como também a possível degradação por microrganismos.

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Bioplástico

Após a secagem das amostras e análise dos bioplástico CTB ( $H_2SO_4$ ) e CTB ( $H_2O$ ) foi observado que o tratamento com ácido sulfúrico demonstrou um resultado inferior ao tratamento com  $H_2O$  e isso implicou em diferentes aspectos de cor e resistência. Visando ao principal objetivo do projeto de melhor custo-benefício, a diluição em ácido sulfúrico foi descartada visto que a produção da solução é dispendiosa e não gerou resultado visual e tátil esperado, como também, a necessidade de se obter um filme bioplástico com a menor utilização de recursos possíveis. Já a diluição em água, CTB ( $H_2O$ ), em comparação ao tratamento com ácido sulfúrico, apresentou uma boa maleabilidade, resistência, e uma textura menos áspera.

**Figura 5.** Bioplástico com Tratamento com ácido sulfúrico (CTB<sub>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></sub>) a esquerda e com tratamento com água destilada (CTB<sub>H<sub>2</sub>O</sub>) a direita.



Fonte: elaborado pelos autores (2024)

### 2.3.2 Testes

Para a formulação com bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>), a presença do bicarbonato nas amostras apresentou um resultado significativo nos aspectos visuais e físicos, porém pode ter ocorrido uma diferença na estrutura molecular do bioplástico fazendo com que ele perdesse completamente sua flexibilidade, assim tornando o material frágil e impróprio para uso como bioplástico.

Para a formulação com ácido cítrico (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>), esse componente não contribuiu com nenhuma mudança na estrutura do bioplástico, seja positiva ou negativamente, visto que o ácido cítrico é utilizado apenas para a casca de banana *in natura* não liberar as enzimas oxidativas, isso é, se a banana já estiver completamente escura, o ácido cítrico não causará nenhuma mudança.

### 2.3.4 Análises de cor, textura, flexibilidade e resistência

Foram obtidos os seguintes resultados para os aspectos de cor, textura, flexibilidade e resistência.

Vocabulário:

- AC – Ácido Cítrico;
- B – Bicarbonato de sódio (em gramas) 15%, 25% ou 50% do peso total da casca de banana;
- CMC – Carboximetilcelulose;
- CTB – Casca Triturada de Banana.



As características são representadas na tabela a seguir:

**Tabela 2.** Análise de cor, textura, flexibilidade e resistência para cada tratamento.

TRATAMENTO	COR	TEXTURA	FLEXIBILIDADE	RESISTÊNCIA
CTB <sub>(H2O)</sub> + CMC	Marrom claro	Pouco áspero	Boa	Boa
CTB <sub>(H2O)</sub> – CMC	Marrom escuro	Bem áspero	Boa	Boa
CTB <sub>(H2O)</sub> + CMC + B 15%	Marrom escuro	Bem áspero	Ruim	Muito ruim, quebradiço.
CTB <sub>(H2O)</sub> + CMC + B 25%	Marrom escuro	Muito áspero	Ruim	Muito ruim, quebradiço.
CTB <sub>(H2O)</sub> + CMC + B 50%	Marrom escuro	Super áspero	Ruim	Péssima, quebradiço.
CTB <sub>(H2O)</sub> - CMC + B 15%	Marrom escuro	Áspero	Sem flexibilidade	Péssima, quebradiço e inconsistente.
CTB <sub>(H2O)</sub> - CMC + B 25%	Marrom escuro	Bem áspero	Sem flexibilidade	Péssima, quebradiço e inconsistente.
CTB <sub>(H2O)</sub> - CMC + B 50%	Marrom claro	Muito áspero	Sem flexibilidade	Péssima, quebradiço e inconsistente.
CTB <sub>(AC)</sub> + CMC	Marrom claro	Pouco áspero	Boa	Bom
CTB <sub>(AC)</sub> - CMC	Marrom claro	Pouco áspero	Ruim	Ruim, quebradiço.
CTB <sub>(AC)</sub> + CMC + B 15%	Marrom escuro	Áspero	Boa	Ruim, quebradiço.
CTB <sub>(AC)</sub> + CMC + B 25%	Marrom	Bem áspero	Boa	Péssima, quebradiço.
CTB <sub>(AC)</sub> + CMC + B 50%	Marrom escuro	Super áspero	Boa	Péssima, quebradiço.
CTB <sub>(AC)</sub> - CMC + B 15%	Marrom escuro	Pouco áspero	Sem flexibilidade	Ruim, quebradiço e inconsistente.
CTB <sub>(AC)</sub> - CMC + B 25%	Marrom muito escuro	Áspero	Sem flexibilidade	Ruim, quebradiço e inconsistente.
CTB <sub>(AC)</sub> - CMC + B 50%	Marrom claro	Muito áspero	Sem flexibilidade	Ruim, quebradiço e inconsistente.

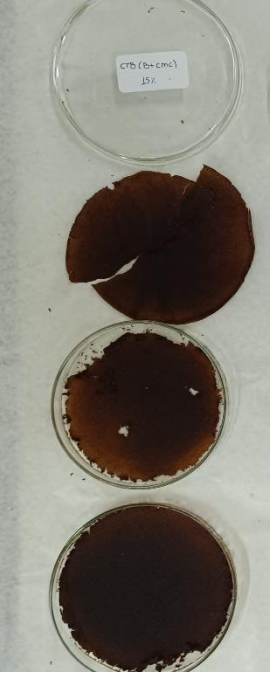
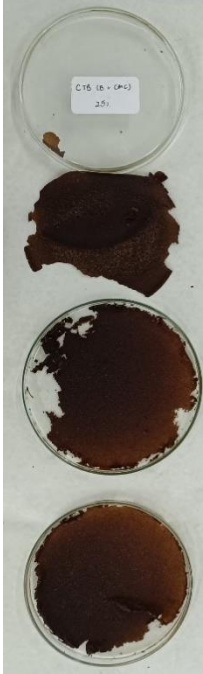

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

**Tabela 3.** Resultados dos tratamentos com e sem CMC.

Tratamento	
CTB <sub>(H2O)</sub> + CMC	CTB <sub>(H2O)</sub> – CMC
	

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

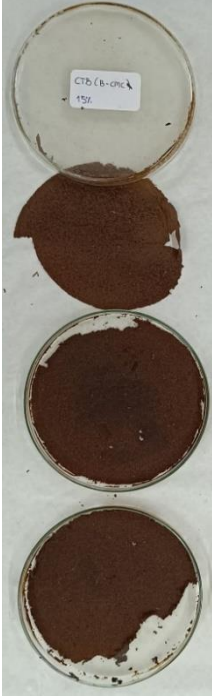
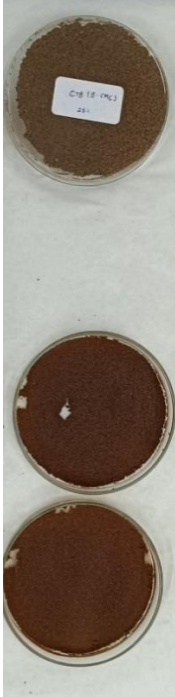

**Tabela 4.** Resultados dos tratamentos com bicarbonato.

Tratamento		
CTB <sub>(H2O)</sub> (B + CMC) 15%	CTB <sub>(H2O)</sub> (B + CMC) 25%	CTB <sub>(H2O)</sub> (B + CMC) 50%
		

Fonte: elaborado pelos autores (2024)


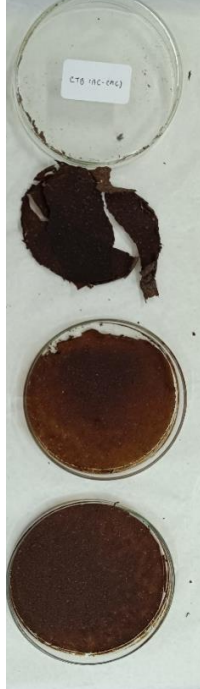


**Tabela 5.** Resultados dos tratamentos com bicarbonato e sem CMC.

Tratamento		
CTB <sub>(H2O)</sub> (B - CMC) 15%	CTB <sub>(H2O)</sub> (B - CMC) 25%	CTB <sub>(H2O)</sub> (B - CMC) 50%
		




Fonte: elaborado pelos autores (2024)

**Tabela 6.** Resultados dos tratamentos com e sem CMC e adição de ácido cítrico.

Tratamento	
CTB <sub>AC</sub> (AC + CMC)	CTB <sub>AC</sub> (AC - CMC)
	




Fonte: elaborado pelos autores (2024)

**Tabela 7.** Resultados dos tratamentos com ácido cítrico, bicarbonato e CMC.

Tratamento		
CTB <sub>AC</sub> (B + CMC) 15%	CTB <sub>AC</sub> (B + CMC) 25%	CTB <sub>AC</sub> (B + CMC) 50%
		

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

**Tabela 8.** Resultados dos tratamentos com ácido cítrico e bicarbonato, sem CMC.

Tratamento		
CTB <sub>AC</sub> (B - CMC) 15%	CTB <sub>AC</sub> (B - CMC) 25%	CTB <sub>AC</sub> (B - CMC) 50%
		

Fonte: elaborado pelos autores (2024)

Com base nas tabelas e nos testes, foi possível verificar que houve variações de caracteres (cor, textura, flexibilidade e resistência) entre os tratamentos.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bioplástico de casca de banana (CTB), se destacou pelas suas propriedades biodegradáveis, pois sua matéria prima é composta por matéria orgânica abundante e de fácil obtenção, além de possuir uma decomposição acelerada. E devida suas propriedades, foi pensado em diversos fins para o bioplástico desenvolvido, sendo o principal seu uso como um substituto do PEAD utilizado para envolver mudas, o que apresenta uma grande finalidade já que o bioplástico pode se desfazer facilmente com água, além da possibilidade de acrescentar nutrientes na composição do bioplástico para ajudar no desenvolvimento da planta.

Foi verificado que a diluição com água teve as melhores características, no qual se obteve os bioplásticos mais adequados para uma aplicação comercial, ocorrendo o descarte do tratamento com ácido sulfúrico que agrediu a matéria plástica. Visto que, o produto desenvolvido: bioplástico de casca de banana triturada diluída em água e carboximetilcelulose (CTB<sub>(H<sub>2</sub>O)</sub> + CMC) e o bioplástico de casca de banana triturada diluída com água e ácido cítrico e com adição de carboximetilcelulose (CTB<sub>(AC)</sub> + CMC) foram os que apresentaram os melhores aspectos analisados. Entretanto, os produtos com os tratamentos de diluição com água e ácido cítrico com a adição de bicarbonato de sódio e sem adição de carboximetilcelulose possuem a textura mais áspera e menos resistência. Com isso, considera-se para experimentos e trabalhos futuros, adquirir maior resistência e melhoria na textura, tornando-a menos áspera, além de conceituar a atribuição de aplicações ao bioplástico.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SILVA, Rodrigo D. et al. From bulk banana peels to active materials: Slipping into bioplastic films with high UV-blocking and antioxidant properties. **Journal of Cleaner Production**, v. 438, p. 140709, 2024.

TELLES, Mariana Robiati; SARAN, Luciana Maria; UNÊDA-TREVISOLLI, Sandra Helena. PRODUÇÃO, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES DE BIOPLÁSTICO OBTIDO A PARTIR DA CANA-DE-AÇÚCAR. *Ciência & Tecnologia*, [S. l.], v. 2, n. 1,

2011. Disponível em: <https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/view/65>. Acesso em: 29 nov. 2024.

ALMEIDA, A. A. de; BORGES, A. R.; PAULA, F. B. de; MARQUES, G. O.; LOPES, K. F.; BEGNINI, M. L. Produção de bioplástico feito a partir de resíduos orgânicos/ Production of bioplastics made from organic waste. Brazilian Journal of Development, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 12471–12478, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n3-201. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/7686>. Acesso em: 29 nov. 2024.

AMORIM, D. P. de L. BIOPLÁSTICOS: DOS BENEFÍCIOS SUSTENTÁVEIS À ASCENSÃO DA PRODUÇÃO. Revista Metropolitana de Sustentabilidade (ISSN 2318-3233), São Paulo, v. 9, n. 1, p. 85, 2019.

Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1627>.

Acesso em: 29

BRASIL ESCOLA. **PET: plástico do momento**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/pet-plastico-momento.htm>. Acesso em: 25 out. 2024.

CICLO ORGÂNICO. Como reaproveitar cascas de bananas: desperdício zero. **Blog Ciclo Orgânico**, [S.l.], [data de publicação]. Disponível em: <https://blog.cicloorganico.com.br/vida-saudavel/como-reaproveitar-cascas-de-bananas-desperdicio-zero/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

COMPLAST. **Processo de fabricação de plástico**. Disponível em: <https://complast.com.br/2015/11/04/processo-fabricacao-plastico/>. Acesso em: 25 out. 2024.

EXAME. **Polímeros: o que são, classificações, estrutura e mais**. Disponível em: <https://exame.com/esg/polimeros-o-que-sao-classificacoes-estrutura-e-mais/>. Acesso em: 12 nov. 2024.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. **Porque a poluição plástica se tornou uma crise global**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2024/04/por-que-a-poluicao-plastica-se-tornou-uma-crise-global>. Acesso em: 25 out. 2024.

PENSAMENTO VERDE. **Você já ouviu falar em ilhas de plástico?** Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/voce-ja-ouviu-falar-em-ilhas-de-plastico/>. Acesso em: 25 out. 2024.

PLÁSTICOS biodegradáveis. **Mundo Educação**, 2024. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/plasticos-biodegradaveis.htm>. Acesso em: 14 nov. 2024.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Poliuição plástica**. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/poluicao-plastica#:~:text=A%20cada%20minuto%2C%20o%20equivalente,e%20o%20uso%20de%20recursos.&text=Inger%20Andersen%2C%20Diretora%20Executiva%20do%20Programa%20das%20Nações%20Unidas%20para,perguntas%20e%20respostas%20sobre%20as...>. Acesso em: 12 nov. 2024.

PROPEQ. **Tipos de plásticos e suas aplicações**. Disponível em: [https://propeq.com/tipos-de-plasticos-e-suas-aplicacoes/?gad\\_source=1&gclid=EAlaIQobChMljc6VgM-9iAMV60FIAB3oYzu5EAAYAiAAEgLx-vD\\_BwE](https://propeq.com/tipos-de-plasticos-e-suas-aplicacoes/?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMljc6VgM-9iAMV60FIAB3oYzu5EAAYAiAAEgLx-vD_BwE). Acesso em: 25 out. 2024.

RECICLOTECA. **Material reciclável: plástico**. Disponível em: <https://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/plastico/>. Acesso em: 25 out. 2024.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Plástico**. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/plastico/>. Acesso em: 25 out. 2024.

SILVA, João. Estudo sobre o uso de filamentos reciclados na impressão 3D. Revista Brasileira de Tecnologia e Engenharia, v. 15, n. 3, p. 45-59, 2022. Disponível em: <https://www.revistatec.eng.br/artigo-impressao-3d>. Acesso em: 13 nov. 2024.

SOUZA, L. R. Moléculas e macromoléculas. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/moleculas-macromoleculas.htm>. Acesso em: 25 out. 2024.

SUSTENTAREA. Receita: refogado de casca de banana. **Sustentarea**, São Paulo, 10 ago. 2019. Disponível em: <https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2019/08/10/receita-refogado-de-casca-de-banana/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

URA PELA NATUREZA. Não jogue mais fora: 34 formas surpreendentes de usar a casca da banana. **Cura pela Natureza**, [S.l.], [data de publicação]. Disponível em: <https://www.curapelanatureza.com.br/nao-jogue-mais-fora-34-formas-surpreendentes-de-usar-a-casca-da-banana/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

VALGROUP. **A importância do plástico**. Disponível em: <https://www.valgroupco.com/esg/a-importancia-do-plastico#:~:text=Resistente%2C%20inerte%20e%20leve%2C%20o,profundo%20impacto%20no%20meio%20ambiente>. Acesso em: 12 nov. 2024.

UFPR. Lixo plástico contribui com a mortalidade de tartarugas-verdes encontradas encalhadas no Paraná. Universidade Federal do Paraná, 2024. Disponível em: <https://ufpr.br/lixo-plastico-contribui-com-a-mortalidade-de-tartarugas-verdes-encontradas-encalhadas-no-parana#:~:text=Especializa%C3%A7%C3%A3o%20e%20MBA-,Lixo%20pl%C3%A1>

stico%20contribui%20com%20a%20mortalidade%20de,verdes%20encontradas%20enclachadas%20no%20Paran%C3%A1&text=Cerca%20de%2050%25%20dos%20animais,paranaenses%20desde%202019%20ingeriram%20lixo. Acesso em: 29 nov. 2024.

MAIS POLÍMEROS. Poliestireno (PS). 25 fev. 2019. Disponível em: <https://maispolimeros.com.br/2019/02/25/poliestireno-ps/#:~:text=O%20poliestireno%20ou%20PS%20é,peróxidos%20para%20iniciar%20a%20reação.> Acesso em: 27 de nov. 2024.

Complast. Processo de fabricação de plásticos. Complast. Disponível em: <https://complast.com.br/2015/11/04/processo-fabricacao-plastico/>. Acesso em: 29 nov 2024.

Propeq. Tipos de plásticos e suas aplicações. Propeq. Disponível em: [https://propeq.com/tipos-de-plasticos-e-suas-aplicacoes/?gad\\_source=1&gclid=EAlaIQobChMIjc6VgM-9iAMV60FIAB3oYzu5EAAYAiAAEgLx-vD\\_BwE](https://propeq.com/tipos-de-plasticos-e-suas-aplicacoes/?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMIjc6VgM-9iAMV60FIAB3oYzu5EAAYAiAAEgLx-vD_BwE). Acesso em: 29 nov. 2024

SEBRAE. **\*\*Brasil é o 4º produtor mundial de banana\*\***. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/brasil-e-o-4-produtor-mundial-de-banana,1f00286bf0837810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 07 dez. 2024.