



SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE BIOCOMPÓSITOS À BASE DE FIBRA DE COCO PARA APLICAÇÃO EM RECIPIENTES PARA MUDAS

Ana Beatriz dos Santos Assis¹

Davi Reges de Souza¹

Esther Viana Freire¹

Renata Sena Lessa¹

Ricardo Cristiano dos Santos Brito^{1*}

Sophia Rosa Alves¹

Winicius Rocha Beto dos Santos¹

Orientadora: Prof. Esp. Thais Taciano dos Santos

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de recipiente biodegradável a base de fibra de coco, amido e glicerol e própolis como alternativa ao saco de polietileno de baixa densidade (PEBD) utilizado no transporte e cultivo de mudas. O PEBD tem lenta decomposição e contribui para o acúmulo de resíduos plásticos no meio ambiente. O biocompósito foi preparado por moldagem manual e avaliado mediante teste de absorção de água e o teste de degradabilidade em solo. As amostras apresentaram absorção média de 53,6% e perda de massa entre 34% e 39% no período de 31 dias. Ambos os resultados são compatíveis com materiais biodegradáveis a base de amido e demonstram a viabilidade de implementação uma vez que mantém sua integridade no uso inicial e se degrada naturalmente em curto prazo.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Fibra de coco; Biopolímeros; Amido; Glicerol.

ABSTRACT

This article presents the development of a biodegradable container made from coconut fiber, starch, propolis and glycerol as an alternative to the low-density polyethylene (LDPE) bags commonly used for transporting and cultivating seedlings. LDPE decomposes slowly and contributes to the accumulation of plastic waste in the environment. The biocomposite was produced through manual molding and evaluated using a water absorption test and a soil degradability test. The samples showed an average absorption of 53% and mass loss between 34% and 39% over a 31-day period. Both results are consistent with biodegradable starch-based materials and demonstrate the feasibility of implementation, as the container maintains its integrity during initial use and naturally degrades in a short time.

Keywords: Sustainability; Coconut fiber; Biopolymers; Starch; Glycerol.

¹ Estudantes do Curso Técnico em Química – ETEC Irmã Agostina
Av. Feliciano Correa s/n – Jardim Satélite - CEP 04815-240 - São Paulo – Brasil
e238acad@cps.sp.gov.br *ricardocristianosbrito@gmail.com

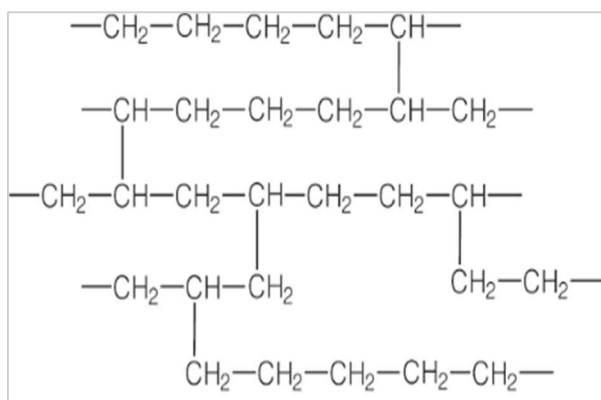
Recebido em: 25/11/2025

Apresentado à banca em: 05/12/2025

1 INTRODUÇÃO

O plástico, um polímero sintético, é definido por sua notável maleabilidade e capacidade de moldagem sob calor e pressão, características que o tornam a matéria-prima para uma vasta gama de produtos, embalagens e componentes industriais. A matéria-prima predominante para plásticos aplicados, em particular, é frequentemente o Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) (figura 1) (PIATTI et al., 2005).

Figura 1: Fórmula estrutural representativa do PEBD



Fonte: Sociedade Brasileira de Química – SBQ (s.d.).

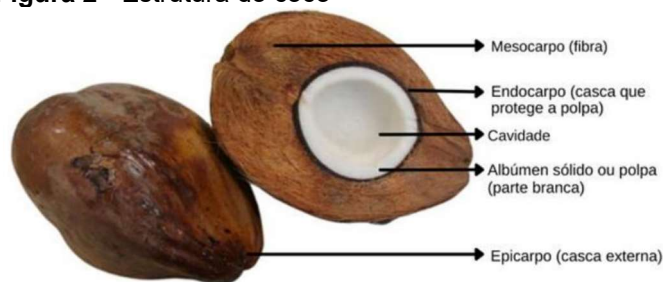
No entanto, o consumo global de plásticos apresenta desafios ambientais críticos. Em 2023, o consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis atingiu 10,6 kg, um aumento de 2,5% em relação a 2022, de acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE). Projeções indicam um cenário alarmante: se o consumo atual persistir, estima-se que em 2030, mais de 104 milhões de toneladas de plástico contaminarão os ecossistemas, resultando em uma densidade de aproximadamente 26 mil garrafas por milhão quadrado de oceano (OLIVEIRA AGUIAR, 2022). Este cenário é agravado pela longa vida útil do plástico, que pode levar, em média, 200 anos para se decompor no meio ambiente (FERREIRA, I. et al, 2023).

Os principais impactos do descarte inadequado de plásticos são multifacetados e de grande preocupação toxicológica como a formação de chorume e contaminação ambiental: O estágio final de disposição do plástico em aterros ou no meio ambiente contribui para a formação de chorume, um efluente que pode contaminar solos e lençóis freáticos (Alcantara, 2010). Outro impacto é a manipulação física e química resultante da formação de microplásticos, que persistem no meio ambiente e estão associadas a uma série de problemas de saúde humana, incluindo doenças cardíacas, respiratórias, inflamações e disfunções intestinais (LIMA, 2024).

O plástico atua como vetor para o acúmulo de metais pesados provenientes do ambiente circundante, como zinco (Zn), manganês (Mn) e cromo (Cr) o que se denomina bioacumulação de metais tóxicos. A exposição a esses elementos pode trazer efeitos adversos à saúde, como desmineralização óssea, tumores, disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose e o desenvolvimento de doenças crônicas e câncer (ALCANTARA, 2010).

O coqueiro, cientificamente denominado *cocos nucifera* L. (AZEVEDO, 2014), é uma palmeira de vasta importância socioeconômica e cultural. Embora sua origem seja controversa, a evidência científica aponta o Sudeste Asiático e as ilhas do Pacífico como o seu provável centro de origem e dispersão (EMBRAPA, 2018). A planta se adaptou magnificamente às regiões tropicais, tornando-se um marco costeiro no Brasil. A intensa demanda pelo fruto, principalmente para consumo da água e da polpa, gera um volume maciço de subprodutos: a casca (exocarpo e mesocarpo) (Figura 2).

Figura 2 - Estrutura do coco

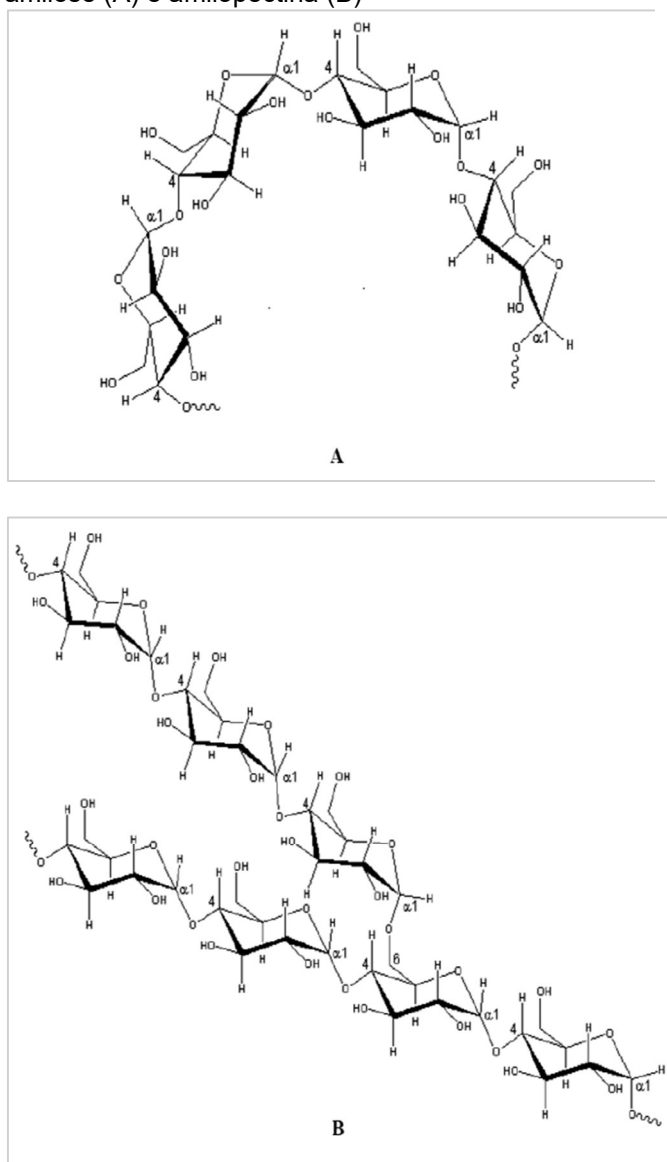


Fonte: ROCHA, 2022.

Esta casca é composta majoritariamente pela fibra de coco, um material de natureza lignocelulósica. Sua composição química básica é caracterizada por alto teor de lignina e celulose, com percentuais médios variando entre 30% e 45% de lignina e 30% a 40% de celulose, dependendo da variedade e do estágio de maturação (CORRADINI et al., 2009).

O amido, é um dos biopolímeros mais utilizados na produção de compósitos biodegradáveis devido à sua abundância, baixo custo e grande capacidade de modificação química e física. Ele é composto principalmente por dois polissacarídeos — amilose (Figura 3) e amilopectina (Figura 4) — que influenciam diretamente suas propriedades mecânicas, estabilidade térmica e comportamento em contato com a água. Segundo a Embrapa (2008), o amido é um material promissor para aplicações sustentáveis porque pode formar filmes e géis com boa maleabilidade, além de apresentar compatibilidade com fibras vegetais, como a fibra de coco.

Figuras 3 e 4 – Estrutura representativa da amilose (A) e amilopectina (B)



Fonte: Denardin et al. 2009.

O mercado global de produtos à base de amido vem crescendo de forma consistente, impulsionado pela busca por alternativas biodegradáveis capazes de substituir plásticos derivados do petróleo. Relatórios internacionais indicam que o amido é um dos materiais mais explorados pela indústria de embalagens e agricultura justamente por sua capacidade de degradar rapidamente em condições ambientais comuns, reduzindo impactos ecológicos que o plástico comum não consegue evitar (MORDOR INTELLIGENCE, 2024). Além disso, estudos apontam que matrizes poliméricas formadas por amido apresentam boa performance quando combinadas com plastificantes como o glicerol, tornando-se mais flexíveis e adequadas para moldagem de recipientes (SILVA et al., 2008).

Pesquisas recentes também mostram que materiais à base de amido possuem boa biodegradabilidade e podem apresentar comportamento estável na presença de água quando associados a fibras naturais, já que estas aumentam a resistência mecânica e reduzem a solubilidade do compósito final. Outros estudos reforçam que o uso combinado de fibras vegetais e amido favorece a produção de recipientes agrícolas biodegradáveis, reduzindo o impacto ambiental e oferecendo alternativa concreta ao uso de polietileno de baixa densidade (SILVA et al., 2008; SANTOS, 2019).

O glicerol age como plastificante pois reduz a rigidez do polímero e aumenta sua flexibilidade e maleabilidade. Isso ocorre porque o glicerol se intercala entre as cadeias de amido, diminuindo as interações intermoleculares e permitindo maior mobilidade, o que favorece a moldagem e evita que o material se torne quebradiço (SANTANA et al., 2017).

O propólis (ou cola de abelha), é uma substância resinosa produzida pelas abelhas (principalmente pelas *Apis mellifera* L.) através das suas coletas, em especial, dos brotos foliares e fendas na casca do álamo (*Populus*) (LUO, 2011). Ganhou destaque em pesquisas por suas propriedades antifúngicas e antibactericidas (GARCIA, 2016). Seu aspecto amarelo claro ou marrom escuro é devido a sua composição, que em geral, é de 50% de resina e balsamo vegetal, 30% de cera, 10% de óleos essenciais e aromáticos, 5% de pólen e 5% de várias substâncias orgânicas, é importante resaltar que há variações de acordo com o ambiente e criação das abelhas (BUDORCK, GA. 1998).

No entanto, não é possível definir com exatidão sua composição química, uma vez que ela depende diretamente de diversos fatores: o ambiente onde a abelha vive, sua alimentação, as espécies de plantas ao redor da colmeia e até mesmo a genética da abelha-rainha. Apesar dessa variabilidade, todos os extratos possuem compostos comuns, tais como: flavonoides, ácidos aromáticos e ésteres, aldeídos, cetonas, terpenoides, fenilpropanoides, esteroides, aminoácidos, polissacarídeos, hidrocarbonetos e ácidos graxos. Incluem-se ainda elementos inorgânicos, como: cobre, manganês, ferro, cálcio, alumínio, vanádio e silício (LUSTOSA, 2008).

Considerando o impacto ambiental no uso excessivo de plásticos e a viabilidade do amido como matriz biopolimérica, torna-se evidente que a busca por soluções biodegradáveis vai além de uma escolha técnica, sendo uma necessidade ambiental, social e econômica.

A iniciativa proposta visa testar uma alternativa viável em substituição ao plástico: um biocompósito a base de fibra de coco, amido, glicerol e propólis. Esse objetivo está alinhado com

diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) como um plano de ação global para a melhoria do mundo até 2030, com a adesão de 193 países. A solução desenvolvida a contribui diretamente para a mitigação de desafios ambientais e socioeconômicos cruciais, conforme detalhado a seguir: (SILVA, 2018).

ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável: O objetivo é "Acabar com a fome, alcançar a segurança e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável". A contribuição do projeto reside na prevenção do descarte e acúmulo de resíduos plásticos que contaminam solos agrícolas e ecossistemas. A natureza do material proposto, que se decompõe sem gerar microplásticos, apoia a saúde do solo e a sustentabilidade da produção de alimentos a longo prazo (SILVA, 2018).

ODS 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico: Visa "Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos e todas". Ao propor uma solução que preserva o meio ambiente e os recursos naturais, o projeto fomenta um modelo de crescimento econômico verde, alinhado com práticas de produção e consumo responsáveis (ONU, 2023).

ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis: Foca em "Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis". A essência do projeto envolve o uso eficiente e consciente dos recursos naturais, promovendo uma mudança de paradigma na cadeia produtiva e no comportamento do consumidor, com ênfase na minimização de resíduos e na circularidade dos materiais (BRASIL, 2020).

ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima: Propõe "Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos". A redução do excesso de lixo gerado e o manejo adequado dos resíduos contribuem para a mitigação das mudanças climáticas, promovendo um ambiente mais harmonioso e resiliente (ONU, 2023).

ODS 15 – Vida Terrestre: Direciona-se para "Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade". A decomposição eficiente do saquinho proposto, evitando a persistência de microplásticos, contribui diretamente para a saúde do solo e a preservação da biodiversidade dos ecossistemas terrestres (IPEA, 2022)

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os reagentes utilizados em todos os processos estão descritos conforme na Tabela 1

Tabela 1 - Reagentes Utilizados

Categoria	Reagente	Fórmula molecular
Tratamento Químico	Hipoclorito de Sódio	NaClO
Tratamento Químico	Ácido Acético 4%	CH ₃ COOH
Reagente do Compósito	Glicerina	C ₃ H ₈ O ₃
Reagente do Compósito	Amido	(C ₆ H ₁₀ O ₅) n
Reagente do Compósito	Própolis	Não dispõe de Fórmula Molecular

Fonte: do próprio autor, 2025

Vidrarias: Para a realização da produção dos recipientes biodegradáveis e para os testes realizados utilizamos as seguintes vidrarias: béqueres de 250mL, béqueres de 100mL, béqueres de 50mL, provetas de 100mL, espátulas metálicas de tamanho médio e pequeno, baguetas de vidro e vidro de relógio.

Equipamentos: Os equipamentos utilizados para a produção dos recipientes biodegradáveis e a realização dos testes foram: estufa, balança analítica, liquidificador, vasos de cultivo caseiro, chapa de aquecimento, tesoura.

2.2. MÉTODOS

2.3. Preparo das fibras

O coco verde foi obtido em área de descartes de resíduos já consumidos e foi deixado secando para a remoção total da fibra. Após a remoção, a fibra foi lavada em água corrente, e em seguida, ficou exposta para secar ao ar livre por 72 horas. Após a secagem, a fibra foi tratada quimicamente por um banho de Hipoclorito de Sódio (NaClO) a 1% por 30 minutos, logo em seguida lavada com água destilada, e então inserida na estufa a 60°C por 72 horas para secagem. Passado o período de estufa a fibra foi

separada manualmente e cortada com tesoura e triturada em liquidificador até a obtenção de espessura com aproximadamente 2mm. Ao final do processo, as fibras foram reservadas para a junção com o amido-glicerol e própolis.

2.3.1. Preparo do compósito

Para a realização do amido com glicerol, foi pesado em um béquer de 250mL 10g de amido de milho (tabela 2) na balança analítica, e dissolvido em 20mL de água destilada fria até formar uma suspensão homogênea. Em seguida foi adicionado 80mL de água destilada a 70°C na alíquota mexendo continuamente para evitar a formação de grumos. Com a chapa de aquecimento o compósito foi mantido em temperatura baixa com agitação constante, até atingir uma consistência viscosa (ponto de gel). Após retirado do calor e ainda com agitação foi acrescentado 6,85g de glicerina vegetal e 2,1033g de própolis para finalizar o compósito amido glicerol.

Tabela 2 - Proporção dos componentes do compósito.

Proporção	Equivale a
8,41% amido de milho	10g de amido de milho
84,07% água	100g de água
5,76% glicerina	6,85g de glicerina
1,8% própolis	2,1033g de própolis

Fonte: do próprio autor, 2025

2.3.2. Moldagem

Após o preparo do compósito incorporamos a fibra de coco, com o auxílio de uma bagueta e espátula a mistura foi moldada em copos descartáveis de 180mL já utilizados para obter o formato de pequenos vasos. Também foram modelados em formato plano como filme para realização de testes. Com os moldes já finalizados, foram realizados os testes para a finalização do projeto.

2.3.3. Teste de degradabilidade

Para a execução do experimento foram utilizados: moldes confeccionados segundo a fórmula padrão previamente desenvolvida pelo grupo; terra preparada para plantio;

Após a confecção das amostras, os moldes (vasos) foram enterrados. A irrigação foi realizada com auxílio de uma bureta, aplicando-se 25mL de água destilada. A rega ocorreu conforme a disponibilidade dos laboratórios ETEC, mantendo-se a umidade do solo de forma proporcional durante todo o período experimental. As amostras

permaneceram enterradas por 31 dias consecutivos sob essas condições.

Concluído o período de exposição, os vasos foram cuidadosamente desenterrados. O excesso de solo aderido foi removido com auxílio de um pincel e água destilada, de modo a evitar a perda de material ou alterações na massa final. As amostras limpas foram colocadas em estufa a 35 °C por 72 horas, garantindo a eliminação da umidade residual.

Após o resfriamento, foi realizada a pesagem em balança analítica, permitindo a determinação da perda de massa e, conseqüentemente, o cálculo da taxa de degradabilidade dos vasos a partir da equação 1.

$$\text{Degradabilidade}(\%) = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (01)$$

Na equação m_0 faz referência a massa inicial e m_1 a massa final. Foi realizado posteriormente o cálculo de desvio padrão, conforme equação 2.

$$\text{Desvio Padrão} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (02)$$

2.3.4. Teste de absorção de água

Para o teste de absorção foram utilizados os moldes planos, sendo cortados em tamanho de 3x3cm e pesados no vidro de relógio em uma balança analítica. Essas amostras foram submersas em um béquer de 250mL com 50mL de água destilada. Após 24h foram retirados com auxílio de uma pinça metálica e secas com papel toalha e novamente pesadas, assim foram feitos os cálculos a partir da equação 2.

$$\text{Absorção de água}(\%) = \left(\frac{m_1 - m_0}{m_0} \right) \cdot 100 \quad (03)$$

Na equação m_0 faz referência a massa inicial e m_1 a massa final. Foi realizado posteriormente o cálculo de desvio padrão, conforme equação 2.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Preparo das fibras

As fibras de coco passaram pelo processo de lavagem, trituração, peneiramento e secagem, resultando em um material uniforme e adequado para incorporação à matriz polimérica. Conforme apresentado na figura 5, no canto superior esquerdo, a fibra retirada do coco, no direito a fibra

já separada e cortada tesoura e abaixo é o o obtido após trituração no liquidificador. O rendimento obtido após a secagem foi considerado satisfatório, permitindo sua incorporação.

Figura 5 – Processo de tratamento da fibra do coco



Fonte: do próprio autor, 2025

3.2. Preparo do compósito

A mistura entre amido, glicerol, fibras de coco e extrato de própolis resultou em uma massa uniforme, com boa viscosidade e sem formação de grumos. A agitação constante em aquecimento permitiu o atingimento do ponto de gel adequadamente (figura 6). O compósito apresentou coloração escurecida devido à presença da fibra, sem impacto negativo no desempenho do material.

Figura 6 - Ponto de gel do amido e glicerol com própolis.



Fonte: do próprio autor, 2025.

3.3. Moldagem

O compósito apresentou boa maleabilidade para a moldagem conforme se observa na figura 7, permitindo um correto preenchimento das paredes do molde gerando posteriormente recipientes com formato estável, sem rachaduras ou deformações significativas após o período de secagem inicial de 72 horas, apresentando boa desmoldagem e

manteve rigidez suficiente para o manuseio conforme figura 8.

A moldagem adequada é um indicativo de que a proporção amido–glicerol–fibras foi eficiente para geração de estrutura coesa. A fibra de coco atuou como reforço interno, evitando que o recipiente se rompesse, enquanto o glicerol manteve flexibilidade adequada.

Figuras 7 – Compósito recém modelado



Fonte: do próprio autor, 2025

Figura 8 – Moldes após secagem



Fonte: do próprio autor, 2025

3.4. Teste de degradabilidade

Os moldes, preparados, após estarem secos foram enterrados em terra própria para plantio contendo em sua composição corretivos e aditivos de solo (cálcio e cinzas) e matéria orgânica decomposta (casca de pinus). Foram mantidos enterrados por 31 dias com regas periódicas, conforme disponibilidade dos laboratórios da ETEC, com de 25mL de água destilada. Foram mantidos em todo período de rega dentro do laboratório da ETEC, próximos a janela para ventilação adequada.

Após desenterrados, foi possível observar perda de massa nas amostras conforme demonstra a tabela 3, o que indica degradação.

Tabela 3 – Dados de degradabilidade.

Lote	Massa inicial (g)	Massa final (g)	% Degradabilidade
1	3,5552	2,1550	39,384
2	2,3904	1,5770	34,028
Média Simples			36,71%
Desvio Padrão			3,787%

Fonte: do próprio autor, 2025

O comportamento observado está de acordo com estudos que indicam que materiais à base de amido apresentam degradação acelerada em ambientes úmidos (EMBRAPA, 2008). E em período semelhante compósitos amiláceos apresentam perda de massa entre 35% e 67% conforme observou Malekzadeh et al. (2024).

3.5. Teste de absorção de água

Os dados obtidos para os dois lotes analisados mostraram valores semelhantes de absorção, indicando que o processo de fabricação manteve um padrão consistente entre as amostras conforme demonstrado nas tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Dados de absorção de água do lote 1

Amostras	Seco (g)	Após 24h submerso (g)	% absorção
1	0,4392	0,6662	51,68
2	0,7525	1,1752	56,17
3	0,5327	0,8139	52,79
Média Simples			53,55%
Desvio padrão			2,339%

Fonte: do próprio autor, 2025

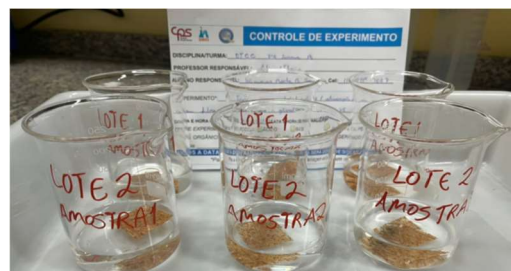
Tabela 5 – Dados de absorção de água do lote 2

Amostras	Seco (g)	Após 24h submerso (g)	% absorção
1	0,589	0,89	50,9
2	0,450	0,6863	52,3
3	0,408	0,6246	53,0
Média Simples			52,1%
Desvio padrão			1,07%

Fonte: do próprio autor, 2025

A absorção já era esperada devido à natureza hidrofílica do amido e da própria fibra de coco, que possuem grupos capazes de interagir facilmente com moléculas de água. Outros estudos com biopolímeros à base de amido relatam comportamento semelhante, mostrando que esse tipo de material tende a absorver água quando submerso por longos períodos (SILVA et al., 2008; SANTOS, 2019).

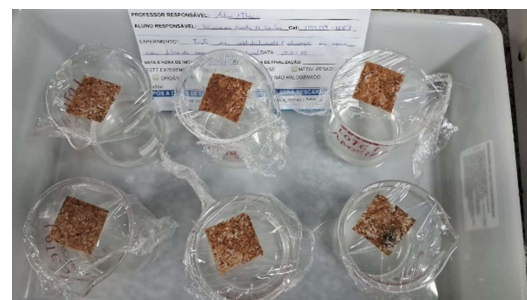
Figura 9 – Amostras submersas para o teste de absorção



Fonte: do próprio autor, 2025.

A absorção não comprometeu a integridade estrutural do material, que permaneceu coeso mesmo após 24 horas de submersão conforme figura 10.

Figura 10 – Amostras retiradas da água após 24 horas



Fonte: do próprio autor, 2025.

4 CONCLUSÃO

O processo de preparo da fibra de coco garantiu a obtenção de um material lignocelulósico estrutural adequado, após etapas de limpeza, tratamento químico com Hipoclorito de Sódio, e redução mecânica de espessura.

A formulação do compósito, composta por amido, glicerol, fibra de coco e própolis resultou em uma mistura estável e homogênea. O glicerol cumpriu sua função de reduzir a rigidez e aumentar a flexibilidade do amido, evitando que o material se tornasse quebradiço. A incorporação da própolis adicionou propriedades ativas ao compósito, em

função de suas características antifúngicas e antibactericidas.

A etapa de moldagem confirmou que o compósito possui boas características para formação dos recipientes. A fibra de coco contribuiu para a resistência da estrutura, garantindo a estabilidade e leve rigidez após a secagem.

A perda média de 36,71% de massa no teste de degradabilidade demonstrou que o biocompósito apresenta rápida decomposição em solo o que confirma que o material se degrada de forma eficiente e ambientalmente segura.

Os resultados do teste de absorção indicaram que o biocompósito possui comportamento hidrofílico característico de materiais à base de amido. A absorção não comprometeu a integridade estrutural do material, que permaneceu coeso mesmo após 24 horas de submersão não perdendo a funcionalidade, o que é fundamental para recipientes de mudas, que precisam manter umidade sem se desintegrar antes do plantio.

Em síntese, é possível concluir que o biocompósito desenvolvido atende aos requisitos essenciais para substituir o polietileno de baixa densidade (PEBD) no cultivo e transporte de mudas. O preparo adequado da fibra de coco garantiu bom reforço estrutural, o compósito demonstrou estabilidade e facilidade de produção, a moldagem apresentou bom desempenho mecânico inicial permitindo a formação da estrutura do vaso de maneira eficiente, e os testes de absorção e degradabilidade confirmaram que o material é funcional no uso e ambientalmente sustentável após o descarte. Assim, o recipiente biodegradável produzido se apresenta como uma alternativa viável, renovável e ecológica, que contribui para a redução do lixo plástico e promove práticas agrícolas mais sustentáveis.

4.1. Perspectivas

Esse estudo abre perspectivas para futuras pesquisas, como ensaios de resistência à tração e flexão para determinar o limite de uso do recipiente, permitindo comparações diretas com o PEBD e aprimoramentos na formulação, novo teste de degradabilidade em diferentes tipos de solo agrícolas, como terra adubada, solo arenoso ou argiloso, para avaliar a variação da taxa de degradação em ambientes reais de cultivo, a adição de fortificantes ou fertilizantes para auxílio no desenvolvimento da plantação, criação de protótipos para produção em escala e principalmente a investigação de outros plastificantes naturais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à banca pela disponibilidade e disposição em contribuir com nosso desenvolvimento acadêmico e profissional.

Agradecemos também a Etec Irmã Agostina por disponibilizar o suporte necessário para nosso aprendizado e desenvolvimento deste projeto, as professoras Doutora Aline Alves Ramos e Especialista Thais Taciano dos Santos por sua dedicação e orientação e paciência, ao Professor Doutor Fabio Rizzo de Aguiar por sua orientação na preparação para o trabalho e todo apoio prestado ao grupo ao sempre nos atender com as dúvidas.

Agradecemos a todos os colaboradores da Etec, especialmente a bibliotecária Adriana Machado e a auxiliar de laboratório Kassia Santos por todo apoio.

REFERÊNCIAS

ALCANTARA, A. D. O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT**. Cáceres: UNEMAT. 2010

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGENS – ABRE. **Consumo per capita de embalagens plásticas flexíveis cresce no Brasil em 2023**. 2023.

AZEVEDO, C. D. O. **Diversidade genética de populações de coqueiro (cocos nucifera L.) via marcadores SSR**. 2014. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agenda 2030 – **ODS 12: Consumo e Produção Sustentáveis**. 2020. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/a3p/item/11396-agenda-2030-ods12.html>. Acesso em: 27 nov. 2025.

BURDOCK, G. A. **Review of the biological properties and toxicity of bee propolis**. Food and Chemical Toxicology, v. 36, n. 4, p. 347–363, 1998.

CORRADINI, E. et al. **Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 837-846, 2009.

DENARDIN, C. C. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-**

químicas. Ciência Rural, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 945–954, 2009

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA MILHO SORGO. **Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho.** Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. Circular Técnica, 75. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2025.

FERREIRA, I. et al. **Análise comparativa utilizando Tenébrio molitor e Zophobas morio: degradação de diferentes tipos de plástico.** Scientia Naturalis, v. 5, n. 2, 2023.

GARCIA, A. P. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos à base de amido de milho adicionados de extrato de própolis.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2016.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **ODS 15 – Vida Terrestre: indicadores brasileiros.** 2022. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/ods/ods15_card.html. Acesso em: 27 fev. 2025.

LIMA, R. D. B. et al. **Os efeitos dos microplásticos.** Revista Científica FESA, v. 3, n. 15, p. 17–28, 2024.

LUO, C.; et al. **Determination of flavonoids in propolis-rich functional foods by reversed-phase high-performance liquid chromatography with diode-array detection.** Food Chemistry, v. 127, n. 1, p. 314–320, 2011

LUSTOSA, S. R. et al. **Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia.** Revista Brasileira de Farmacognosia, v. 18, n. 3, p. 447–454, jul./set. 2008

MALEKZADEH, E. et al. **Effects of biodegradation of starch-nanocellulose films incorporated with black tea extract on soil quality.** Scientific Reports, v. 14, n. 18817, 2024.

MARTINS, T. Sebinelli. **Produção de bioplástico a partir de amido de batata e gelatina.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

MORDOR INTELLIGENCE. **Corn Starch Market – Growth, Trends, and Forecasts.** 2024. Disponível em: [https://www.mordorintelligence.com/industry-](https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/corn-starch-market)

[reports/corn-starch-market](https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/corn-starch-market). Acesso em: 20 nov. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico.** 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/8>. Acesso em: 27 nov. 2025.

PIATTI, T. M. et al. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais.** Maceió: Edufal, 51. 2005

ROCHA, K. D. C. et al. **Produção e produtos à base de coco (cocos nucifera L.): uma revisão.** Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 8, n. 5, p. 41476–41491, maio 2022.

SANTANA, R. M. et al. **Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit peel using starch and glycerol concentrations.** Journal of Materials and Environmental Science, v. 8, n. 12, p. 4558–4567, 2017.

SANTOS, J. A. et al. **Degradação de materiais poliméricos em solo agrícola.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 49, n. 2, e20180234, 2019.

SILVA, E. R. A. D. C. **Agenda 2030: ODS-Metas nacionais dos objetivos de desenvolvimento sustentável.** 2018

SILVA, F. S. et al. **Os impactos da casca do coco verde frente a ODS11.** Portal Sustentabilidade, 3 ago. 2023.

SILVA, G. O. et al. **Caracterização de filmes biodegradáveis à base de amido.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, n. 1, p. 1–6, 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA – SBQ. **Polietileno: estrutura, características e aplicações.** s.d.