

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
ETEC Júlio de Mesquita  
Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio

## **BIOPLÁSTICO ORIUNDO DO AMIDO DE MILHO COM MATERIAL DE REFORÇO DA CELULOSE DE PAPÉIS DESCARTÁVEIS**

Arthur Vicalvi Batista <sup>1</sup>

Levi Freire da Rocha<sup>2</sup>

Maria Eduarda da Silva de Araujo<sup>3</sup>

Pedro Henrique Nunes Santos<sup>4</sup>

Yasmin Carvalho Gonçalves<sup>5</sup>

Jhonny Frank Sousa Joca<sup>6</sup>

Maria do Socorro Sousa Silva<sup>7</sup>

**Resumo:** Os bioplásticos são materiais produzidos a partir de fontes renováveis, possuindo propriedades semelhantes às dos polímeros sintéticos derivados do petróleo e gás natural. O objetivo desta pesquisa foi criar um biocompósito utilizando amido de milho como base, e o papel, matriz celulósica, como agente de reforço. O método envolveu a preparação de duas soluções: uma com papel e água deionizada e outra com amido, glicerina, vinagre e água deionizada. Estes foram misturados, aquecidos, agitados e, após a efervescência, vertidos em uma placa de Petri para secagem. Os resultados obtidos afirmaram que o bioplástico reforçado com papel apresentou maior resistência física se comparado ao bioplástico sem papel, destacando a eficácia da celulose no aumento da resistência do material. Na aparência, o biocompósito mostrou-se similar aos plásticos convencionais, indicando seu potencial para aplicações futuras. Pode-se concluir que o uso do reforço de celulose oferece uma alternativa

---

<sup>1</sup> Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [arthur.batista8@etec.sp.gov.br](mailto:arthur.batista8@etec.sp.gov.br)

<sup>2</sup> Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [levi.rocha@etec.sp.gov.br](mailto:levi.rocha@etec.sp.gov.br)

<sup>3</sup> Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [maria.araujo359@etec.sp.gov.br](mailto:maria.araujo359@etec.sp.gov.br)

<sup>4</sup> Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [pedro.nunes919@etec.sp.gov.br](mailto:pedro.nunes919@etec.sp.gov.br)

<sup>5</sup> Aluno do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [yasmin.goncalves31@etec.sp.gov.br](mailto:yasmin.goncalves31@etec.sp.gov.br)

<sup>6</sup> Professor do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [jhonny.joca@etec.sp.gov.br](mailto:jhonny.joca@etec.sp.gov.br)

<sup>7</sup> Professora do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio – [maria.silva2473@etec.sp.gov.br](mailto:maria.silva2473@etec.sp.gov.br)

sustentável e eficiente, com potencial economia monetária e avanços no desenvolvimento de materiais biodegradáveis.

Palavras-chave: Bioplástico, amido, celulose e papel

## **ABSTRACT**

Bioplastics are materials produced from renewable sources and have properties similar to those of synthetic polymers derived from oil and natural gas. The aim of this research was to create a biocomposite using corn starch as a base and paper, a cellulose matrix, as a reinforcing agent. The method involved preparing two solutions: one with paper and deionized water and the other with starch, glycerin, vinegar and deionized water. These were mixed, heated, stirred and, after effervescence, poured into a Petri dish for drying.

The results showed that the paper-reinforced bioplastic had greater physical resistance than the paperless bioplastic, highlighting the effectiveness of cellulose in increasing the material's resistance. In appearance, the biocomposite was similar to conventional plastics, indicating its potential for future applications. It can be concluded that the use of cellulose reinforcement offers a sustainable and efficient alternative, with potential monetary savings and advances in the development of biodegradable materials.

Keywords: Bioplastic, starch, cellulose and paper.

## **1.INTRODUÇÃO**

### **1.1. Plástico e seus impactos no ambiente.**

Segundo Gorni (2003) o plástico é um polímero derivado normalmente do petróleo ou gás natural, por serem as opções mais baratas. De acordo com Silva *et al.* (2013), os plásticos têm baixa taxa de degradabilidade, e, portanto, o lixo disposto de forma inadequada, em lixões a céu aberto, por exemplo, é um grande causador de problemas sanitários e ambientais. Além disso, são agentes responsáveis pela poluição do ar, do solo, das águas, e dos lençóis freáticos e superficiais.

Os plásticos são usados em vários campos, incluindo as necessidades diárias, como composição de embalagens, sacolas, roupas, móveis, eletrônicos, automóveis, eletrodomésticos e materiais aeroespaciais (Nakanishi *et. al*, 2020, apud Costa, 2022).

O setor de embalagens é o que mais consome plásticos, resultado do grande consumo de embalagens de uso único (Geyer *et al.*, 2017, apud Castro, 2019). O Brasil produz cerca de 7 milhões de toneladas de produtos plásticos por ano, sendo 44% deste total destinados a esse tipo de aplicação. (Nemitz, 2024).

Um dos aspectos decisivos, responsáveis pela grande disseminação no uso do plástico, é o econômico, pois é possível confeccionar os mais diferentes artigos e objetos com custo reduzido, conseqüentemente mais acessíveis à população. (Piatti, 2005). Como uma alternativa sustentável, os bioplásticos são uma saída para a diminuição da poluição, pois, devido a sua fonte, a degradabilidade do material, é maior.

### **1.2. Bioplástico**

Bioplástico é um material produzido a partir de matéria-prima 100% renovável (Telles, Saran, Unêda-trevisolli, 2011). Para Costa (2022) estes, incluem normalmente, materiais a base de amido e outros polissacarídeos como a celulose, pectina, quitina etc., que são compostos renováveis, e podem servir como matriz de reforço, ou até mesmo matéria prima, pois, conforme Paulino *et al.* (2019) a tecnologia dos biopolímeros não está completamente desenvolvida e alguns parâmetros precisam ser melhorados. Estudos realizados por Villalobos *et al.* (2022) indicam que as fibras de

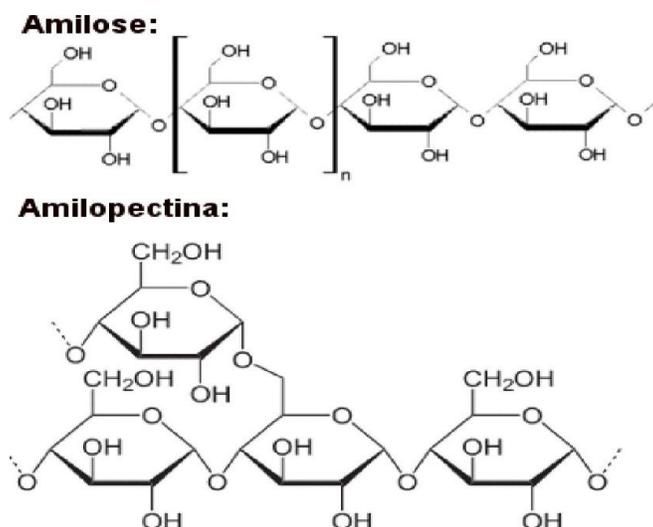
celulose, por exemplo, podem ser um ótimo material de reforço, devido às cadeias estarem dispostas em microfibrilas de polissacarídeos, o que ajuda na estabilidade das estruturas vegetais, sugerindo também que a celulose é um biomaterial com elevada resistência e propriedades mecânicas superiores.

Os bioplásticos desenvolvidos a partir de recursos naturais apresentam-se como um substituto viável dos polímeros não renováveis, possuindo vantagens por serem biodegradáveis, biocompatíveis e com baixo custo e toxicidade. A utilização destes fundamenta-se no fato de serem materiais economicamente atraentes e apresentarem reduzido impacto ecológico por conta da sua alta capacidade de degradação, ou seja, os seus componentes são decompostos e devolvidos ao meio ambiente sob a forma de CO<sub>2</sub>, água (H<sub>2</sub>O), minerais e biomassa. (Barnes *et al.*, 2009; Grabowska, 2010; Ojeda, 2013, apud Costa, 2022).

### 1.3. Amido

O amido é um polissacarídeo formado por cadeias de amilose e amilopectina (CARDOSO, *et al* 2018). Abaixo, tem-se as fórmulas estruturais dos compostos em questão.

**Figura 1-** Estruturas da amilose e amilopectina

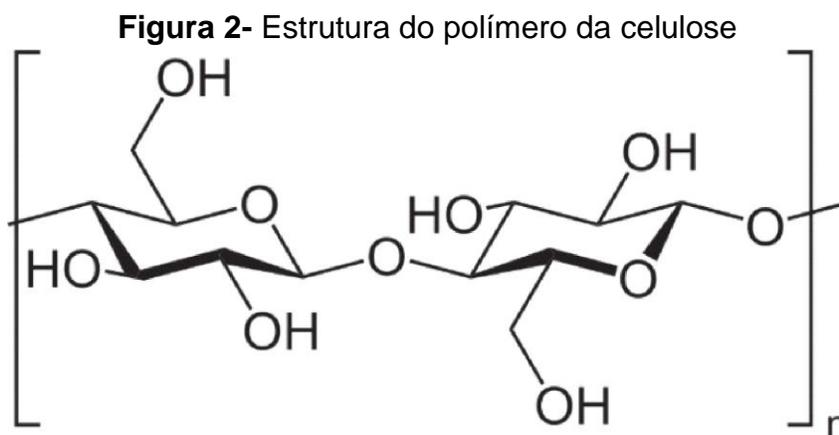


**Fonte:** Hauschild Luciano (2012)

Conforme, Moreira *et al.* (2022), o amido é um dos biopolímeros mais promissores para o desenvolvimento de um bioplástico, pois, quando submetido a uma desestruturação de seus grãos pelo processo de gelatinização (dilatação dos grânulos em água aquecida) (Diética, 2013), transforma-se em amido termoplástico. Este polissacarídeo, é renovável e possui baixo custo, além de ser encontrado facilmente na natureza.

#### 1.4. Papel

Por definição, o papel é um material formado por constituintes vegetais fibrosos através da sua justaposição e posterior secagem (PET QUÍMICA, 2018). Esse material é feito a partir da celulose, que é produzida em abundância no país. Logo abaixo uma imagem demonstrando a fórmula estrutural da celulose.



**Fonte:** Pet Química (2018).

De acordo com o relatório anual do IBÁ (Indústria Brasileira de Árvores, 2023), o Brasil em 2022 alcançou uma produção de 11 milhões de toneladas de papel. Segundo dados da Assessoria de Comunicação e Imprensa da FMB (Industria E Distribuição de Papeis, 2021) o consumo per capita de papel no país é de cerca de 50 quilos por ano. Sendo assim, em virtude da grande produção de papel produzido,

e o material ser constituído majoritariamente por celulose, se torna uma ótima alternativa como uma matriz de reforço do bioplástico.

## **1.5. Objetivos**

Desenvolver um bioplástico de amido, com reforço de matriz celulósica. Como objetivo específico, analisar a eficácia da celulose oriunda do papel como agente de reforço.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Materiais e reagentes**

Para a produção do bioplástico foram utilizados um liquidificador (Philco, Estados Unidos); forno de fogão (Consul, Brasil); agitador magnético com aquecimento modelo NT103 (Novatecnica, Brasil); agitador mecânico modelo NI 1137 (Nova Instruments, Brasil); medidor de pH modelo mPa210 (MS Tecnopon Equipamentos Especiais, Brasil); estufa modelo 50A (Thermosolda Ltda, Brasil); uma manta aquecedora modelo NI 101 (Nova Instruments, Brasil); balança analítica modelo AY220 (Shimadzu, Japão); NaOH em pérolas P.A. (Anidrol Produtos para Laboratórios Ltda., Brasil); amido de milho (Neilar Indústria e Comércio Alimentos Ltda, Brasil); glicerina vegetal bi-destilada (Ideal Cosméticos, Brasil); vinagre de álcool (Vitalia, Brasil); água D.I. fabricada no próprio laboratório e goma laca incolor (Acrilex, Brasil). Para os testes de resistência à tração foi utilizado um extensômetro fabricado no próprio laboratório e uma chave de fenda com ponta cruzada (Tramontina, Brasil).

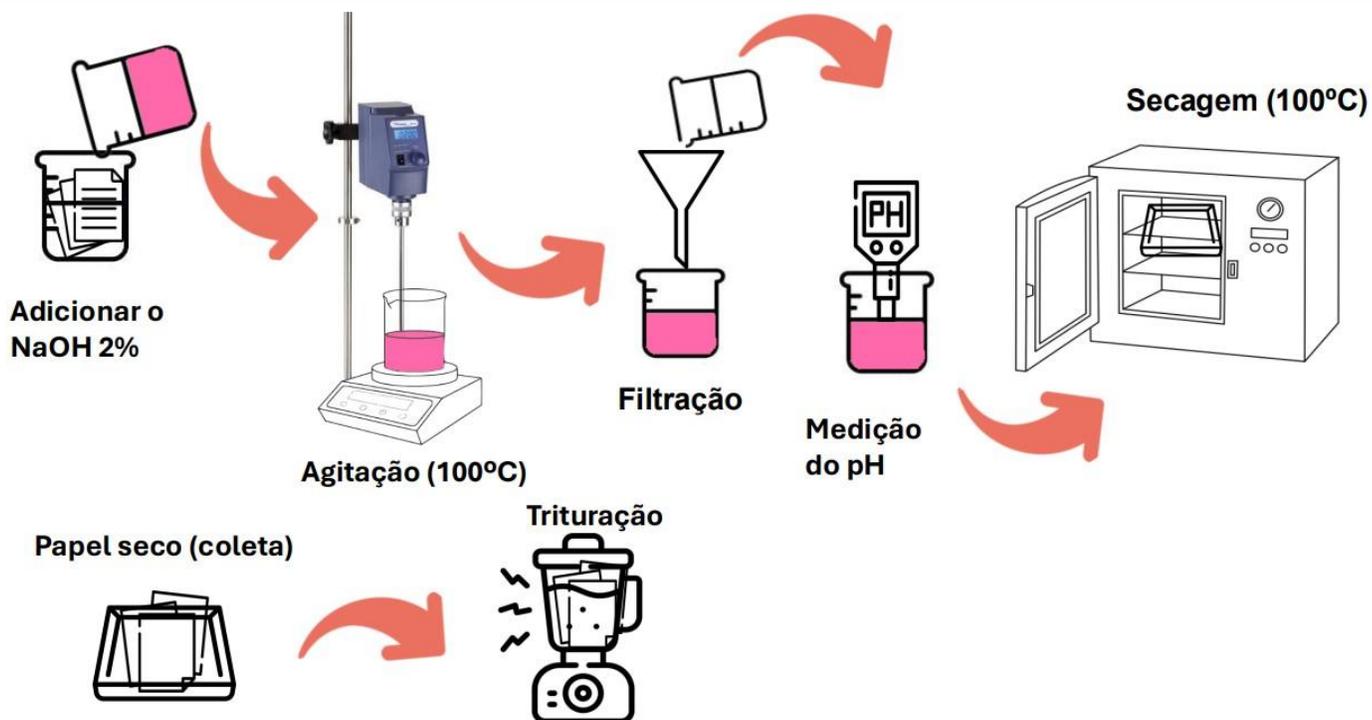
### **2.2. Tratamento do papel**

As folhas de papel foram trituradas em um liquidificador, o material foi parcialmente dissolvido em água potável e levado a aquecimento a uma temperatura de 210°C por 40 minutos cronometrados.

A partir da adaptação do método realizado por Hanafiah *et al.* (2019), com o papel já submetido à primeira etapa do tratamento, é realizado o tratamento com hidróxido de sódio. Foi realizado o preparo de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 2%, onde o papel foi submergido em um béquer de plástico de 2L. A mistura

foi aquecida em um agitador magnético com aquecimento a 100°C por 90 minutos cronometrados, sob agitação constante em um agitador mecânico. Ao fim do procedimento o conjunto foi levado para um processo de filtração simples. Abaixo uma inlustração do processo de tratamento do papel

**Figura 3-** Tratamento do Papel



**Fonte:** Os autores

A pasta obtida é submetida à lavagem em água corrente em uma peneira comum, a fim de corrigir o pH. De acordo com Johannes *et al.* (2021) é recomendável para o uso comercial do bioplástico que o pH do polímero esteja o mais próximo possível da neutralidade. Um pHmetro foi utilizado para fazer a medição do pH da água utilizada para fazer a lavagem a cada 3 litros utilizados. Ao final do processo foram utilizados 15 litros de água para se obter um pH neutro.

Após a lavagem o papel teve o excesso de água retirado e foi transferido para a estufa aquecida a aproximadamente 100°C até a secagem. O material já seco foi novamente triturado em liquidificador.

## 2.3. Formulação do bioplástico

### 2.3.1. Formulação do bioplástico sem o papel

A formulação do bioplástico é uma adaptação de Daluani *et al.* (2020). O procedimento foi realizado com propósito de oferecer material para futuras análises comparativas com o biocompósito de celulose e amido, portanto, foram produzidos biofilmes de bioplástico com o principal componente sendo o amido, seguindo a formulação apresentada na tabela abaixo.

**Tabela 1** - Formulação do bioplástico sem papel.

Reagentes	Quantidade/Porcentagem (m/m)
Amido de milho	2,5g (4,42% m/m)
Glicerina bi-destilada	2g (3,54% m/m)
Vinagre de álcool	2 mL (3,44% m/m)
Água D.I.	50mL (88,58% m/m)

**Fonte:** Os autores

A mistura foi homogeneizada com auxílio de um bastão de vidro, sendo levada para aquecimento em uma manta aquecedora à uma temperatura de aproximadamente 80°C e submetida à constante agitação manual. O procedimento foi mantido até a solução apresentar sinais de efervescência e aspecto levemente transparente e viscoso. Após isso, a solução é transferida para uma Placa de Petri de maneira homogênea e levada para a secagem em estufa à 60°C durante 24 horas.

### 2.3.2. Formulação do bioplástico com papel

O papel, antes de ser incorporado à mistura, foi submerso em 26,48% da água D.I. total e submetido a aquecimento e agitação manual constante. O objetivo dessa técnica foi garantir maior agregação do papel a fórmula.

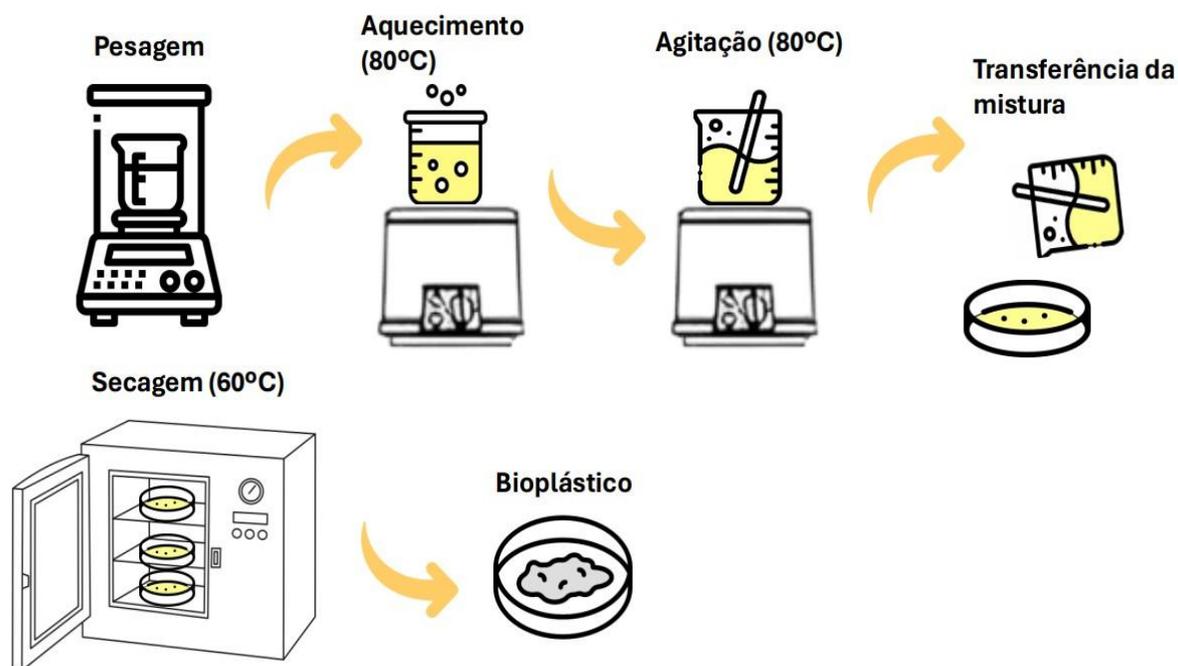
A mistura é sujeita à agitação manual constante e aquecimento à 80°C até apresentar os aspectos supramencionados, sendo em seguida despejado em uma Placa de Petri e levado para a secagem na estufa a 60°C durante 24 horas.

**Tabela 2-** Formulação do bioplástico com papel

<b>Reagentes</b>	<b>Quantidade/Porcentagem (m/m)</b>
Amido de milho	2,5g (4,50% m/m)
Glicerina bi-destilada	2g (3,50% m/m)
Vinagre de álcool	2 mL (3,50% m/m)
Água D.I.	50mL (88,50% m/m)
Papel	0,2g (0,50%)

**Fonte:** Os autores

**Figura 4:** Imagem ilustrativa da produção do bioplástico



**Fonte:** Os autores

## 2.4. Testes de qualidade

### 2.4.1. Teste de resistência à tração

As amostras de bioplástico foram cortadas em tiras de 3,7 cm de largura e 7,2 cm de comprimento, com a espessura padronizada de aproximadamente 1 mm, sendo posicionadas no extensômetro e fixadas no equipamento com o auxílio de uma chave de fenda de ponta cruzada. Os testes foram realizados a fim de quantificar a resistência de uma determinada formulação de bioplástico, sendo o número de voltas realizadas antes do rompimento do material a unidade de comparação.

## 2.5. Resultados e Discussão

### 2.5.1. Tratamento do papel

Adotando o método utilizado de Fatimah *et al.* (2019), descrito no tópico 2.2.1, que consiste no tratamento do papel com a solução de NaOH 2%, o papel que

anteriormente possuía uma coloração azulada, proveniente das tintas presentes, após o tratamento se mostrava majoritariamente branco. Abaixo, as imagens do papel antes e após do tratamento, respectivamente.

**Figura 5-** Papel antes e pós o tratamento



**Fonte:** Os autores

### 2.5.2. Produção do bioplástico

Para a produção do bioplástico, foram feitas diversas alterações básicas de quantidade dos componentes seguindo uma mesma formulação base feita por Moreira *et. al* 2022, visando obter uma quantidade certa definida de todos os reagentes envolvidos. Obtivemos uma formulação padrão, para seguirmos os testes.

**Tabela 1 -** Formulação base (1)

Reagentes	Quantidade/Porcentagem (m/m)
Amido de milho	1,5g (5%)
Glicerina	1g (3%)
Água Deionizada	25 mL (84%)
Vinagre	2,5 mL (8%)

**Fonte:** Os autores

**Tabela 2 - Formulação definida (2)**

Reagentes	Quantidade/Porcentagem (m/m)
Amido de milho	2,5 g (4,5%)
Glicerina	2 g (3,5%)
Água Deionizada	50 mL (88,5%)
Vinagre	3 mL (3,5%)

**Fonte:** Os autores

**Figura 6 e 7 – Amostras: bioplásticos 1 e 2 respectivamente**



**Fonte:** Os autores

O bioplástico 1 obteve uma aparência visivelmente uniforme, uma superfície lisa e luminosa, porém, possuindo baixa resistência, o que lhe tornava frágil ao manuseio, ao passo que o bioplástico 2, modificado, apresentou-se mais resistente em comparação ao primeiro, ambos seguindo o procedimento apresentado no tópico 2.3.1.

Na incorporação do papel tratado, foi efetuado o procedimento descrito no tópico 2.3.2, utilizando a formulação definida, no entanto, com a incrementação do papel. Anteriormente, o procedimento realizado da adição do papel diferiu do estabelecido e citado preliminarmente, onde apenas o adicionamos à solução. Podemos comparar a seguir suas diferenças, denominando, a figura A o procedimento realizado anteriormente e B o definido como padrão.

**Figura 8 e 9 - A e B, respectivamente**



**Fonte:** Os autores

No bioplástico A, os grânulos de papel se apresentam em grande quantidade em sua superfície, caracterizando alto relevo. Já no bioplástico B, observamos nitidamente, uma superfície lisa, sem os grânulos. Sendo assim, é perceptível, a eficácia da metodologia utilizada que foi definida como padrão, na incorporação do papel à solução.

### **2.5.3. Teste de tração**

O teste foi realizado com os bioplásticos previamente cortados em medidas iguais, após a verificação calculamos a média dos valores apresentados, com isso obtivemos os seguintes resultados.

**Tabela 1:** Resultados dos bioplásticos sem papel.

<b>Bioplásticos 1 e 2 (sem papel)</b>				
<b>Formulação</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>	<b>Espessura</b>	<b>Voltas</b>
1	4 cm	7 cm	0,5 mm	5
2	4 cm	7 cm	0,5 mm	7

**Fonte:** os autores

**Tabela 2:** Resultados dos bioplásticos com papel.

<b>Bioplástico 3 e 4 (com papel)</b>				
<b>Formulação</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>	<b>Espessura</b>	<b>Voltas</b>
<b>3</b>	4 cm	7 cm	0,5 mm	12
<b>4</b>	4 cm	7 cm	0,5 mm	14

**Fonte:** os autores

A unidade de medida utilizada eram as voltas, quanto mais voltas era possível realizar sem o bioplástico se romper, mais resistente se apresentava. Através da análise dos resultados obtidos foi possível afirmar que os bioplásticos cujo as formulações continham o papel, como material de reforço, a resistência se apresentava maior em comparação aos que não contém o material de reforço na fórmula.

Entretanto, durante a realização das análises foi notória a variância dos resultados, para mais e menos voltas em alguns casos.

Contudo, perante todos os resultados apresentados durante o período de análise, foi notória a eficácia do papel utilizado para elevar a resistência do bioplástico, entretanto, de todas formulações produzidas, a formulação denominada mais eficiente nos testes e com a menor quantidade de fragmentos de papéis visíveis no produto final foi a mencionada no subtópico 2.3.2.

### **3. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS**

Em síntese, após todo o período de estudos, realização e testes, conclui-se que a fabricação do bioplástico à base de amido de milho com incremento de papel como material de reforço a fim de utilizar a celulose nele presente, além de apresentar materiais e reagentes de baixo custo e fácil obtenção, torna ele opção mais sustentável, tendo em vista que, possibilita a utilização de papéis que seriam previamente descartados. Dessa maneira, ajudando de modo geral o planeta e a sociedade atual e futura. A utilização do papel como material de reforço se apresentou eficaz com base nos dados obtidos durante os testes de resistência, onde o biocompósito com papel obteve resultados mais satisfatórios, em relação aos sem

papel. O bioplástico final apresentou uma estrutura maleável, com grande gama de aplicações futuras. Em comparação aos plásticos convencionais, o plástico biodegradável apresenta características físicas muito similares e tempo de degradabilidade consideravelmente menor devido aos materiais presentes na sua composição.

#### 4. REFERÊNCIAS

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO E IMPRENSA DA FMB. FMB e Famesp adotam novas regras para descarte adequado de papel. **São Paulo: UNESP**, 2021. Disponível em: <https://www.fmb.unesp.br/#!/noticia/2877/fmb-e-famesp-adotam-novas-regraspara-descarte-adequado-de-papel/>. Acesso em: 15 set. 2024.

CARDOSO, V.L. Desenvolvimento de bioplásticos como alternativa para o desperdício de alimentos. **ABQ**, 2018. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2018/trabalhos/14/699-15713.html>. Acesso em: 15 set. 2024.

CASTRO, Thais Hessab Moreira. Os bioplásticos: impactos ambientais e perspectivas de mercado. **Rio de Janeiro: COPPE UFRJ**, 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/13706/1/ThaisHessabMoreiraDeCastro.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

COSTA, Selma Rodrigues. Bioplástico obtido de blendas de celulose e látex. **Campo Grande/MS: UFMS**, 2022. Disponível em: <https://posgraduacao.ufms.br/portal/trabalho-arquivos/download/11204/>. Acesso em: 10 set. 2024.

DOGNINI *et al.* SÍNTESE DE BIOPLÁSTICO UTILIZANDO A CELULOSE EXTRAÍDA DA BORRA DO CAFÉ. **Instituto Federal Catarinense, Campus Brusque**. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/facchu/article/download/2211/1655>. Acesso em: 10 set. 2024.

DEXTRINIZAÇÃO e Gelatinização do Amido. **Dietécnica**, 2013. Disponível em: <https://dietecnica.blogspot.com/2013/12/dextrinizacao-e-gelatinizacao-doamido.html#:~:text=A%20gelatiniza%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20a%20dila%20ta> **HYPERLINK** Acesso em: 15 set. 2024.

HANAFIAH *et al.* Extraction and Characterization of Microfibrillated and Nanofibrillated Cellulose from Office Paper Waste. **Department of Chemistry, Kulliyah of Science, International Islamic University Malaysia, 25200 Kuantan, Pahang, Malaysia**. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/354695193\\_Pengekstrakan\\_dan\\_Pencirian\\_Mikrofibril\\_dan\\_Nanofibri](https://www.researchgate.net/publication/354695193_Pengekstrakan_dan_Pencirian_Mikrofibril_dan_Nanofibri). Acesso em: 15 de set 2024.

IBÁ entrega novo Relatório Anual 2023 a Fernando Haddad. **São Paulo: Ibá**, 2023. Disponível em: <https://iba.org/iba-entrega-novo-relatorio-anual-2023-a-fernandohaddad-2>. Acesso em: 15 set. 2024.

Indústria do papel. **Fortaleza: PET Química**, 2018. Disponível em: <http://www.petquimica.ufc.br/industria-do-papel/>. Acesso em: 10 set. 2024.

JOHANNES et al. A preliminary study of bioplastic composites based on carbon. **Department of Physics, Faculty of Science and Engineering, University of Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto-Penfui, Kupang City, Nusa Tenggara Timur, Indonesia**. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2017/1/012004>. Acesso em: 09 set 2024

LUÍS, Andreia et al. Amido. **Mundo da bioquímica**, 2017. Disponível em: <https://mundodabioquimica.blogspot.com/2017/11/o-amido-tambem-conhecido-como-a-milo-e.html>. Acesso em: 22 out. 2024.

MEDEIROS, Rozélia. Bioplástico. São Paulo: SEMIL, 2023. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/bioplastico/>. Acesso em: 09 set. 2024.

MOREIRA, Caroline et al. Desenvolvimento e caracterização de compósitos bioplásticos à base de amido de milho com diferentes materiais de reforço. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35676/30039>. Acesso em: 15 set. 2024.

NEMITZ, Ellen. O que a indústria de alimentos vai fazer com a questão das embalagens plásticas?. **Mongabay**, 2024. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2024/08/o-que-a-industria-de-alimentos-vai-fazer-com-aquestao-das-embalagens-plasticas/>. Acesso em: 22 out. 2024.

PAULINO, Graziela dos Santos et al. Produção de bioplástico a partir de resíduos de café e seu uso como matriz de liberação de antimicrobianos. **Vitória: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2019. Disponível em: <http://www.consorciopesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimposioCafe2019/article/view/234>. Acesso em: 09 set. 2024.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. **Maceió: EDUFAL**, 2005. Disponível em: [https://usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais/cadernostematicos/plasticos\\_caracteristicas\\_usos\\_producao\\_e\\_impactos\\_ambientais.pdf](https://usinaciencia.ufal.br/multimidia/livros-digitais/cadernostematicos/plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf). Acesso em: 10 set. 2024.

SILVA, Claudionor Oliveira; SANTOS, Gilbertânia Mendonça; SILVA, Lucicleide Neves. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Santa Maria:REGET/UFMS**, 2013. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Claudionor-Silva/publication/272773356\\_A\\_DEGRADACAO\\_AMBIENTAL\\_CAUSADA\\_PEL\\_O\\_D](https://www.researchgate.net/profile/Claudionor-Silva/publication/272773356_A_DEGRADACAO_AMBIENTAL_CAUSADA_PEL_O_D). Acesso em: 10 set. 2024.

TELLES, Mariana Robiati; SARAN, Luciana Maria; TREVISOLLI, Sandra Helena Unêda. Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar. **Jaboticabal: Ciência e Tecnologia (FATEC-JB)**, 2011. Disponível em: <https://publicacoes.fatecjaboticabal.edu.br/citec/article/view/65/59>. Acesso em: 12 set. 2024.

VILLALOBOS, Rendón Rodolfo. Bioplastic composed of starch and micro-cellulose from waste mango: mechanical properties and biodegradation. **SciELO**, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/ptd4QnhZTWjrgtQVQWBGSKD/?lang=en>. Acesso em: 22 out. 2024.