

ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL PROF. ARMANDO JOSÉ FARINAZZO
CENTRO PAULA SOUZA

Bruna Cristina de Oliveira
Eloisa Rodrigues de Lima

PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR E CINZAS DE CALDEIRA

Fernandópolis
2024

Bruna Cristina de Oliveira
Eloisa Rodrigues de Lima

PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA-DE- AÇÚCAR E CINZAS DE CALDEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico de **Açúcar e Álcool** no Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**

Fernandópolis
2024

Bruna Cristina de Oliveira
Eloisa Rodrigues de Lima

PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA-DE- AÇÚCAR E CINZAS DE CALDEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência parcial para obtenção da Habilitação Profissional Técnica de Nível Médio de Técnico de **Açúcar e Álcool** no Eixo Tecnológico de **Produção Industrial**, à Escola Técnica Estadual Professor Armando José Farinazzo, sob orientação da Professora **Joelma Evelin Pereira Kume**

Examinadores

Alex de Lima

Joel Gouveia Baptista

Joelma Evelin Pereira Kume

Fernandópolis
2024

DEDICATÓRIA

As nossas queridas famílias que nos apoiaram na passagem desta etapa tão importante das nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais, irmãos, amigos e professores, que contribuíram sobremaneira para a realização de nossos estudos e para a nossa formação como seres humanos.

EPÍGRAFE

“Vencer sem correr riscos é triunfar sem glórias!”

(Ayrton Senna)

PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR E CINZAS DE CALDEIRAS

Bruna Cristina de Oliveira
Eloisa Rodrigues de Lima

RESUMO: Desde a década de 60, observou-se um aumento na produção de plásticos devido a substituição de embalagens de vidro, papelão e lata por embalagens mais duradouras e resistentes como plásticos derivados do petróleo. Entretanto, os plásticos convencionais possuem tempo de degradação muito lento e durante esse tempo, se transformam em micropartículas (microplásticos) danosas ao meio ambiente. Uma maneira alternativa para controlar os problemas causados pelos plásticos derivados do petróleo são os bioplásticos, que são plásticos que se biodegradam, podendo ser feito a partir de fontes renováveis como o bagaço cana-de-açúcar. Outro problema encontrado ao decorrer do presente trabalho, são os resíduos gerados nas indústrias sucroalcooleiras, em especial o bagaço da cana-de-açúcar e as cinzas de caldeiras, anualmente são gerados milhões de toneladas desses resíduos. Partindo das problemáticas encontradas, objetivou-se estabelecer bases bibliográficas para a elaboração de um bioplástico feito de bagaço da cana-de-açúcar e cinzas de caldeiras, visando diminuir os impactos causados pelos resíduos gerados nas indústrias e os danos causados pelos plásticos que não se degradam com facilidade. As cinzas e o bagaço foram coletados a partir de um engenho e, em seguida, foram incorporados aos demais componentes, juntamente com o plastificante, que formou a massa do bioplástico e posteriormente passou por uma etapa de secagem. De forma geral, os resultados evidenciaram a possibilidade da produção de um bioplástico, gerando um produto maleável e resistente a água e as mudanças de temperatura.

Palavras-chaves: Bagaço de cana-de-açúcar. Bioplásticos. Cinzas de caldeiras. Plásticos.

ABSTRACT: Since the 1960s, there has been an increase in plastic production due to the substitution of glass, cardboard, and metal packaging with more durable and resistant materials like petroleum-derived plastics. However, conventional plastics have a very slow degradation rate, transforming into harmful microplastic particles over time, posing environmental risks. An alternative approach to mitigate these issues caused by petroleum-based plastics is the use of bioplastics, which biodegrade and can be sourced from renewable materials such as sugarcane bagasse. Another issue addressed in this study is the waste generated by sugar-alcohol industries, particularly sugarcane bagasse and boiler ashes, which amount to millions of tons annually. Based

on these challenges, the objective was to establish a bibliographic foundation for developing a bioplastic using sugarcane bagasse and boiler ashes, aiming to reduce impacts from industrial waste and the environmental damage caused by slow-degrading plastics. The ashes and bagasse were collected from a mill and incorporated with other components and plasticizer to form the bioplastic mixture, which underwent a drying phase. Overall, the results demonstrated the feasibility of producing a bioplastic that is flexible, water-resistant, and capable of withstanding temperature changes.

Key-words: Bioplastics. Boiler ashes. Plastic. Sugarcane bagasse.

1. INTRODUÇÃO

O bioplástico ou biopolímero, é um tipo de plástico que independe do petróleo como matéria-prima, o termo *bioplástico* também se refere aos plásticos derivados do petróleo que se biodegradam, mas nem todo biopolímero se degrada no meio ambiente. Podendo ser feito a partir de fontes renováveis como o amido e o bagaço da cana-de-açúcar (eCycle, S/D).

O bagaço da cana-de-açúcar é o resíduo do processo de moagem da matéria-prima e, antigamente, esse resíduo não tinha uso e era descartado. Posteriormente, se tornou um insumo largamente aproveitado em usinas devido ao seu potencial energético. Através do bagaço da cana é possível produzir diversos produtos como a energia renovável, papel e papelão, alimento de gado e bioplásticos. Esse subproduto de cana-de-açúcar é gerado no processo de produção do etanol nas indústrias sucroalcooleiras, e mesmo que seja amplamente utilizado no setor sucroenergético e na produção de diversos materiais, pode causar impactos ao meio ambiente ao ser descartado de forma inadequada.

Além disso, nos processos industriais se utilizam a caldeira como máquina térmica geradora de vapor, e para isso é consumido diversos tipos de combustíveis para a queima. A biomassa pode ser colocada como combustível nesse processo, sendo um dos principais materiais consumidos nas caldeiras

As cinzas de caldeiras, são materiais residuais gerados pela combustão de diferentes formas de biomassa, mais comumente o bagaço da cana, sendo

representada por uma mistura homogênea de areia, plástico e resíduos não queimados na fornalha da caldeira. As cinzas é o principal parâmetro energético de biomassa e podendo ser utilizada para a suplementação do solo.

Mediante aos problemas ambientais e residuais da indústria citados, o presente trabalho tem como objetivo, produzir um bioplástico através do bagaço da cana-de-açúcar e cinzas de caldeira, utilizando esses subprodutos para diminuição dos impactos causados ao meio ambiente e apresentar o bioplástico como um meio para a diminuição de resíduos do setor sucroalcooleiro, produzindo assim, um produto renovável.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. BIOPLÁSTICO

Desde a década de 60, observou-se um grande aumento na produção de plásticos devido a troca de embalagens de vidro, papelão e metal por embalagens plásticas mais duradouras, flexíveis, impermeáveis e de baixo custo, o que as tornaram fáceis para a implementação de mercado. O grande problema dos plásticos, é o seu tempo de lento de degradação no meio ambiente, alguns podem demorar cerca de 2000 mil anos para se decompor. Sendo assim, com esse longo período, a degradação lenta origina pequenas partículas denominadas microplásticos. Essas partículas são tecnicamente impossíveis de serem retiradas do meio ambiente e se acumulam principalmente nos mares e ecossistemas aquáticos, estudos comprovam a existência de microplásticos até mesmo no sangue o humano. Diante a isso, a busca por meios menos agressivos ao meio ambiente vem se tornando crescente. Deste modo, os plásticos produzidos a partir de fontes renováveis e os plásticos biodegradáveis vem ganhando espaço no mercado. (OLIVATTO, G.P. et al. 2018; ORIANI, 2021)

Os polímeros são macromoléculas constituídas de unidades menores, denominadas monômeros, repetidas ao longo da cadeia e ligadas por ligações covalentes. São classificados em sintéticos e naturais, os sintéticos são derivados a partir de combustíveis fósseis produzidos por procedimentos industriais, já os naturais

são produzidos a partir de matéria-prima originada de fontes renováveis como a mandioca, fibra de banana, amido de milho e entre outros.

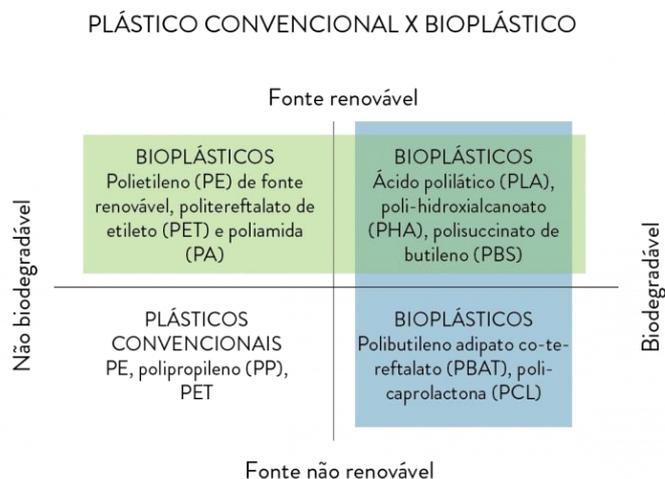
Os bioplásticos biodegradáveis sofrem a degradação com maior facilidade, se agregando a natureza totalmente. A biodegradação é um processo que ocorre por ação de microrganismos vivos que estão presentes no meio ambiente, esses convertem o material em substâncias mais simples, que já existem no meio ambiente naturalmente. (CANGEMI; SANTOS; NETO, 2005).

Desenvolvido em 1920 pelo agrônomo francês Maurice Lemoigne, o primeiro plástico sem o uso do petróleo foi feito a partir de bactérias. Durante suas observações, Lemoigne, pode observar células refratárias no interior da bactéria *Bacillus megaterium* e, posteriormente, esse material foi identificado como PHB (Polihidroxibutirato), um promissor polímero biodegradável muito utilizado atualmente, o PHB só começou a ser alvo de interesse e ter suas propriedades físicas e químicas estudadas em 1970, devido à crise do petróleo, principal matéria-prima dos plásticos convencionais. (ORIANI, 2021).

A adoção de plásticos menos agressivos está crescendo cada vez mais no mercado, pois tem despertado um grande interesse devido ao fato de serem capazes de minimizar os impactos ambientais se degradando em poucos meses quando expostos à luz ultravioleta (UV), oxigênio (O₂), calor elevado e ação de organismos biológicos, essa exposição facilita o trabalho dos microrganismos na quebra das ligações químicas. Em contrapartida, os sintéticos possuem ligações químicas muito fortes dificultando a sua quebra pelos microrganismos, e durante o seu processo paulatino de degradação, se transformam em pequenas partículas denominadas microplásticos, que são prejudiciais ao meio ambiente.

De acordo com a European Bioplastic, os bioplásticos podem ser divididos segundo a sua matéria-prima e seu tempo de degradação. Os plásticos provenientes ou que contenham uma fonte renovável em sua composição, são chamados de *biobased*, já aqueles que se degradam em substância atóxicas, como água, dióxido de carbono e compostagem, são chamados de biodegradáveis. Portanto, é uma possibilidade de que um plástico biodegradável pode ser feito a partir de fontes fósseis e os bioplásticos podem não ser biodegradáveis, como mostra a Figura 1.

Figura 1. Classificação dos Plásticos



Fonte: UGREEN (2018)

2.2. MICROPLÁSTICOS (MP's)

Na década de 1970, foi relatado pela primeira vez a presença de pequenas partículas plásticas no ambiente aquático. Os resíduos de plásticos maiores quando ficam expostos ao meio ambiente, passam por uma série de fragmentações e geram detritos cada vez menores (OLIVATTO, G. P. et al., 2018).

O termo *microplástico* foi utilizado pela primeira vez em 2004 por Richard Thompson, cientista da Universidade de Plymouth, quando ele encontrou uma pilha de pedacinhos de plástico do tamanho de grãos de arroz acima da linha da maré em uma praia inglesa. Nos anos seguintes, cientistas acharam microplásticos em todo o mundo, desde o alto do monte Everest até o chão da Fossa das Marianas (PARKER, L, 2022).

Os microplásticos estão presentes em muitas coisas do cotidiano como cervejas, frutas, vegetais e até mesmo na água potável. Existem partículas que são transportadas pelo ar e podem circular o globo terrestre em questão de dias e cair do céu como chuva. Pesquisas marítimas para encontrar MP's no oceano, relatam números incompreensível e assustadores que se multiplicam ao longo dos anos à medida que mais resíduos plásticos são descartados incorretamente e se desintegram nos oceanos todos os anos. Em 2014, já se detinha de informações de que cerca de

cinco trilhões de microplásticos estavam na camada mais superficiais dos oceanos e no ano de 2021 o número exorbitante já chegava a 24,7 trilhões de micropartículas. A Cientista marinha do Centro Nacional de Oceanografia do Reino Unido, Alice Horton, em uma entrevista para a National Geographic disse que em 2014 se começou a busca para encontrar microplásticos, no entanto, Alice concluiu a lamentável situação ao qual os oceanos se encontravam, “Podemos parar de procurar agora. Sabemos que onde quer que olhemos, vamos encontrá-los.”. Todavia, reparar os danos é mais difícil do que encontrá-los.

Uma vez que disponíveis no ambiente e em função da área superficial específica e a sua capacidade hidrofóbica, os MP's apresentam a capacidade de adsorver eficientemente poluentes, como dicloro-fenil-tricloroetano (DDTs), bifenilos policlorados (PCBs), alquifenóis, éteres difenílicos polibromados (PBDEs), metais pesados, além do mais, podem adsorver microrganismos, produzindo uma contaminação sinérgica, que é uma exposição à diversas substâncias, que resulta em efeitos combinados que são mais severos do que de cada substância isolada, o que agravando os impactos negativos sobre os organismos expostos e ao ecossistema (LI et al., 2021; KHALID et al., 2021).

Pouco se sabe a respeito dos microplásticos nos solos, há uma unanimidade entre os pesquisadores quanto a escassez de estudos, ou seja, uma forte justificativa para que ambientes terrestres sejam investigados mais a fundo buscando minimizar os graves impactos decorrentes dessas micropartículas poluentes, para a vida do planeta terra e a humanidade. (MARQUES, 2023). Entretanto, a detecção dessas partículas em ambientes de tipos sólidos é extremamente mais difícil do que em fluidos, onde só é necessário filtrar e peneirar. Por esse fato, talvez tenha sido esse um dos maiores obstáculos que inibiu os pesquisadores por muito tempo, mas que hoje estão famintos para organizar e sistematizar procedimentos para isso.

Rilling (2012), foi o primeiro a pesquisar o perigo potencial da poluição dos MP's em solos. Suas hipóteses iniciais eram fomentadas pela ideia de que as partículas poluentes eram ingeridas e passadas através dos níveis tróficos, e que as substâncias e microrganismos poderiam se acumular nas superfícies e assim seres transportadas. Rilling, também enfrentou dificuldades em suas investigações metodológicas, que percebeu que existe uma incompatibilidade entre os processos e mecanismos nos ambientes terrestres e aquáticos, além da dificuldade de extração,

todavia, os aquáticos e terrestres não possuem tanta semelhança, devido à “*complexa matriz orgânica-mineral dos solos*”, como Rilling explica.

Mediante aos estudos e investigações de Rilling, outros pesquisadores se embasaram em suas descobertas sobre microplásticos no solo. He e Luo (2020) dizem que, os plásticos liberam durante seu ciclo de vida, seus aditivos especialmente nos solos, o que é uma preocupação devido as combinações poliméricas para torná-los mais resistentes e duradouros, e simultaneamente, os plásticos absorvem substâncias tóxicas (HE; LUO, 2020, p.179. Tradução marques, L., 2023)¹:

Os contaminantes presos nos microplásticos têm diferentes comportamentos de adsorção e dessorção dependendo das 64 características dos contaminantes, propriedades físico-químicas da superfície dos microplásticos e condições ambientais exteriores. O envelhecimento dos microplásticos no ambiente teria impactos importantes nas suas propriedades superficiais e conseqüentemente influenciam a adsorção de poluentes orgânicos. Portanto, mais estudos são recomendados para investigar a interação de contaminantes orgânicos com microplásticos ambientalmente relevantes, e o destino desses contaminantes no ambiente.

A vida na terra só é possível graças aos solos e ao ambiente aquático, por isso, pesquisas e metodologias buscam reparar significativamente os impactos exacerbados que esses poluentes plásticos causam, adotando medidas de preservação como leis, NBR's, identificação, multas para aqueles que descartam incorretamente plásticos, e principalmente recorrerem a maneiras de substituir os plásticos por materiais menos agressivos ao meio ambiente, como bioplásticos feitos de fontes renováveis com combinações químicas de materiais naturais menos impactantes do que polímeros sintéticos. Os pesquisadores buscam gradativamente, implementar bioplásticos para salvar mesmo que paulatinamente, o planeta terra (FRANCO, T. C. O, 2017).

¹ MARQUES, LEONARDO. **Repositório da Produção USP**. 2023. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/72b69eef-0a4d-4b99-a2a7-eceaaf7fc0ac/2023_LeonardoMarquesMiguel_TGI.pdf. Acesso em: 7 de março de 2024.

2.3. CANA-DE-AÇÚCAR

O primeiro contato do homem com a cana de açúcar foi na Nova Guiné. De acordo com Machado (2006): “De lá foi levada para a Índia, à região do Golfo de Bengala, de onde se tem os mais antigos registros sobre a sua existência”. A história da cana de açúcar está relacionada com o trabalho escravo, principalmente nas regiões da ilha do Chipre, em Creta e no Norte da África; onde a principal atividade econômica era a produção de açúcar. Esse padrão teve influência sobre a comercialização do açúcar em Portugal, que posteriormente repassou essas técnicas para o Brasil colônia.

Desde o início da cana-de-açúcar no Brasil, era indispensável pensar no local adequado para instalar os engenhos, por conta dos fatores naturais, como o relevo, clima e índice pluviométrico detinham grande influência na boa produção da cana. “Como elucidado anteriormente, o clima é um fator natural importante, pois a cana necessita de uma estação úmida para o seu plantio e crescimento, e de uma estação seca para o aumento do teor de sacarose.” (MACHADO, L.A; HABIB, M, S/D).

O plantio da cana é extremamente dependente dos fatores citados acima, necessitando também de planejamento e práticas agrícolas boas para a melhor produtividade. Portanto, existem três formas em que a cana pode ser cultivada: a de ano-e-meio, de ano e a de inverno. A cana ano-e-meio tem o período de plantio entre janeiro e março, por conta que essa época apresenta as condições favoráveis para o brotamento, seu ciclo dura 18 meses. Porém, no inverno o crescimento da cana é mais lento. "Assim, a cultura começa a vegetar entre os períodos de setembro a abril, amadurecendo nos próximos meses até completar de 16 a 18 meses." (GIRALDELI, 2020). De acordo com Daniel Duft (2014), a plantação da cana de ano é efetivada no começo da estação de chuva, entre outubro e novembro. O único problema é que o tempo de maturação é pequeno, durando apenas seis meses após ser plantada, resultado em um menor resultado na produtividade mesmo que a brotação tenha ocorrido bem e sem nenhuma interferência.

A cana de inverno é menos comum de ser usada, mas é possível de ser plantada no período de estiagem. A umidade é mantida por meio da torta de filtro, pois quando é colocada nos sulcos da plantação auxilia e favorece o brotamento. (JACTO,

2023) “Além disso, se for feita uma irrigação adicional com vinhaça, é possível realizar o plantio da cana praticamente durante todo o ano.”.

Todo o material que é insolúvel em água é chamado de fibra, contendo a celulose que é um carboidrato, de tipo polissacarídeo formando-se de monômeros de glicose. A celulose forma em média 40 a 50% da parede celular, é uma molécula orgânica mais presente no dia a dia e uma das mais abundantes do planeta terra (MORAES, 2022).

A lignina contribui em diversos fatores que ajudam a cana a ficar de pé. Pode-se citar o exemplo do transporte de água e nutriente, além de dar sustentação e proteção contra fungos que podem vir a atingir a cana. Ela não é solúvel em água e por esse motivo se torna um agente colante para a celulose e hemicelulose, tem diversas utilizações na indústria como aditivo.” estima-se que a quebra da lignina pode ser eficaz para a produção de biocombustíveis e para a indústria química. Além disso, essa tecnologia pode oferecer caminhos para a fabricação de materiais renováveis para biocombustível de aviação e biomateriais.” (HISATOMI, C., S/D).

2.4. CINZAS DE CALDEIRA

As cinzas de caldeira são resíduos sólidos gerados pela queima do bagaço da cana-de-açúcar nas caldeiras. Os elementos que constituem as cinzas são classificados como essenciais à estrutura da biomassa e contaminantes minerais do solo ou outros compostos que são adsorvidos durante a colheita, manuseio, processamento e armazenamento. Os elementos principais que formam as cinzas são cálcio, potássio, magnésio, alumínio, enxofre, ferro, fósforo, cloro e sódio (GUIELCER, E.F; PIMENTEL, N., S/D).

Na queima de biomassa são gerados dois tipos de cinzas, as denominadas *fly ash* ou volantes e as *bottom ash*. As *fly ash*, são cinzas finas que são carregadas pelos gases gerados nas caldeiras e são filtradas pelos filtros, precipitadores eletrostáticos entre outros. Já as *bottom ash*, são as cinzas mais pesadas que ficam no fundo, compostas por partículas angulares, porosas e que ficam na parte inferior do forno (NIU, Y; TAN, H.; HUI, S, 2016).

Os principais constituintes das cinzas de fundo, que são as mais pesadas que se depositam no fundo das caldeiras, são silício, cálcio, ferro, potássio e magnésio. Nas cinzas volantes, os componentes mais presentes são potássio, enxofre, cloro, sódio, chumbo e zinco (BECIDAN, et.al, 2012).

As cinzas de fundo em caldeiras que queimam, causam um grande problema devido as incrustações e a corrosão, o que reduz a eficiência e a capacidade da caldeira. Os depósitos de biomassa possuem geralmente uma alta taxa de potássio, silício e cálcio, mas também podem ser altamente ricos em enxofre e cloro. O alto teor de alguns compostos como substâncias alcalinas e alcalinas-terrosas, cloro, fósforo, nitrogênio e silício na composição das cinzas, pode contribuir para o aumento da emissão de gases, problema operacionais como incrustações, corrosão, escória e aglomeração de partículas durante o processo de combustão (MÍGUEZ, et.al, 2021).

Em todo o mundo, grandes volumes de cinzas são produzidos. Em sua maioria, as cinzas de biomassa são descartadas pois seu uso é restrito em diversos países, principalmente em suas potenciais aplicações como em materiais de construção e corretivo de solo. Há estudos que ressaltam o uso das cinzas de caldeira como adsorventes no tratamento de efluentes industriais, na construção civil como material inerte ou pozolânico e na agricultura como corretor de pH no solo e fonte de nutrientes. No Brasil, alguns agricultores chamam as cinzas grosseiramente de bomba de NPK (BERTONI, 2022)

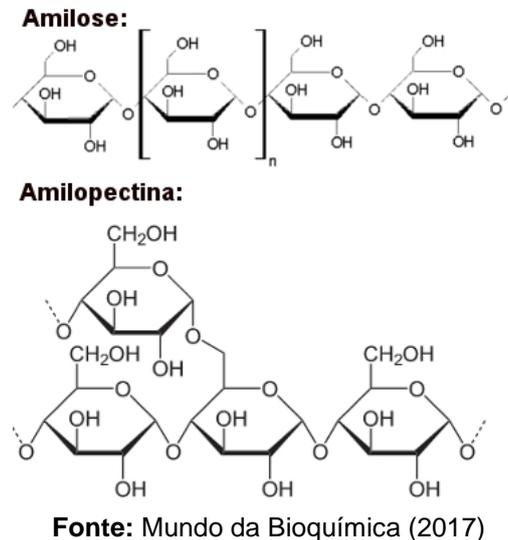
2.5. AMIDO

O amido é formado nos plastídios das plantas superiores e sintetizado nas folhas, onde serve de reserva temporária, acumulando-se nos cloroplastos durante o dia e durante a noite atua na síntese da sacarose. Essa sacarose é transportada para órgãos de armazenamento das plantas, como sementes, frutas, tubérculos e raízes (VANDEPUTTE & DELCOUR, 2004; TESTER et al., 2004).

Composto por cadeias de amilose e amilopectina, o amido é um homo polissacarídeo. A amilose é formada por ligações glicosídicas α -1,4 unindo unidades

de glicose formando uma cadeia linear. Já a amilopectina forma uma cadeia ramificada composta por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, como ilustra a Figura 2. (ELIASSON, 2004).

Figura 2. Estrutura molecular da Amilose e da Amilopectina



As relações entre a estrutura molecular do amido e seu comportamento com algumas propriedades físico-químicas indicam que existem diversas características estruturais, como o teor de amilose, comprimento das cadeias de amilopectina e grau de cristalinidade no grânulo, poderiam ter uma ligação relacionada a eventos associados com a gelatinização e retrogradação, como grânulo inchados, lixiviação de amilose e/ou amilopectina, perda da estrutura radial, supra-molecular e molecular cristalização (ELIASSON, A.C. p.664, 1996).

Devido ao seu caráter semicristalino, os grânulos de amido mostram birrefringência, ou seja, possui diferentes índices de refração de luz que se propagam em diferentes direções, quando são observados em microscópio óptico sob luz polarizada. Na parte linear de suas moléculas de amilopectina, acontece a formação de estrutura helicoidais duplas, estabilizadas por ligações de hidrogênio entre agrupamentos de hidroxila, o que origina às regiões cristalinas dos grânulos. A região amorfa do amido é composta pelas cadeias de amilose e pelas ramificações da amilopectina (SOUZA, R. C. R; ANDRADE, C. T, 2000).

As regiões cristalinas dos grânulos possuem padrões específicos de difração de raios X, que variam de acordo com a fonte botânica do grânulo, sendo o padrão A característico de amidos de cereais, o B de amido de tubérculos e, o padrão

C, é um intermediário entre o A e B, sendo característico de amido de leguminosas (ZOBEL, W. 1964).

A aplicação de amido na produção de bioplástico tem como base as propriedades físicas, químicas e funcionais da amilose para a formação de géis e na sua capacidade de formar filmes. Devido à sua linearidade, as moléculas de amilose em solução, tendem a se orientarem paralelamente, aproximando-se o suficiente para que haja a formação de ligações de hidrogênio entre hidroxilas de polímeros adjacentes. Por fim, a afinidade entre o polímero e água é reduzida, favorecendo a formação de filmes resistente e pastas opacas (MALI, S, et. Al, 2010).

3. METODOLOGIA

Para a realização do presente trabalho, foram executadas pesquisas em artigos científicos, sites, trabalhos acadêmicos e procedimentos experimentais, com o objetivo de entender cada etapa do processo para produzir e desenvolver o presente projeto. Tal pesquisa experimental foi realizada no laboratório química da escola Professor Armando José Farinazzo, com reagentes, vidrarias e equipamentos fornecidos pela própria escola. A prática teve como base a produção de um bioplástico utilizando bagaço de cana e cinzas de caldeira.

Primeiramente, os materiais foram coletados para iniciar o desenvolvimento. Em seguida, os demais reagentes a serem utilizados foram juntados em proporções adequadas e em conjunto com o plastificante natural, formou a massa do bioplástico, que posteriormente foi espalhado sobre a superfície de uma placa de petri e passou pelo processo de secagem.

4. DESENVOLVIMENTO

Utilizou-se como metodologia de criação do bioplástico de bagaço de cana-de-açúcar e cinzas de caldeiras, onde a formulação foi adaptada em cada teste para melhor desenvolvimento no Laboratório de Química da Escola Técnica Professor Armando José Farinazzo. Abaixo segue a tabela de materiais e reagentes utilizados na prática.

4.1 MATERIAIS E REAGENTES

Quadro 1. Materiais e reagentes utilizados no desenvolvimento

MATERIAIS	REAGENTES
Balança analítica	Ácido acético
Bastão de vidro	Água destilada
Béquer	Amido de milho
Bico de Bunsen	Bagaço de cana
Colher	Cinzas
Peneira	Glicerina
Pera	
Pipeta	
Pisseta	
Placa de petri	
proveta	
Tela de amianto	
Tripé	

Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.2 PRIMEIRO TESTE

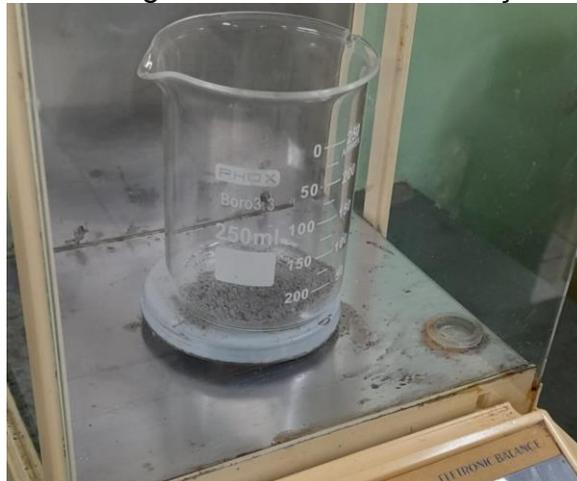
Inicialmente, as cinzas obtidas foram peneiradas, a fim de separar as partes maiores de carvão, adquirir um pó mais fino e aumentar a superfície de contato. Em seguida, foram pesados em uma balança analítica, 8g do peneirado, conforme demonstrado pela Figura 3 e 4 abaixo.

Figura 3. peneiramento das cinzas.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 4. Pesagem das cinzas na balança analítica.



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

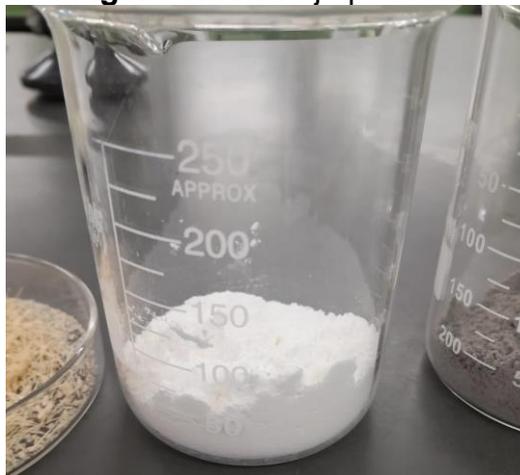
O amido empregado na realização do experimento foi retirado do estoque disponível no laboratório de química. Foram pesados em um béquer 20g de amido de milho na balança analítica. Em seguida, pesou-se 15g do bagaço de cana-de-açúcar já seco e triturado em uma placa de petri, como mostrado na Figura 5, 6 e 7.

Figura 5. Pesagem do amido na balança analítica.



Fonte: (Dos próprios autores,2024)

Figura 6. Amido já pesado.



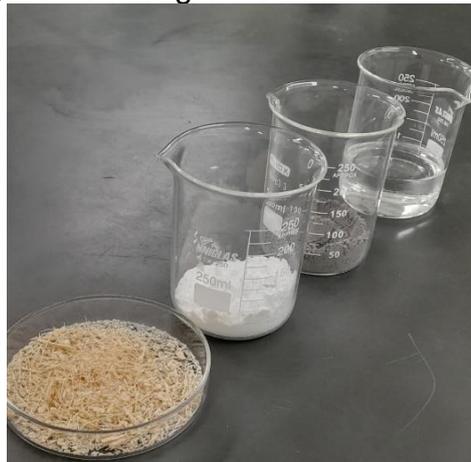
Fonte: (Dos próprios autores,2024)

Figura 9. Glicerina a ser pipetada



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 10. Reagentes antes da misturados



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

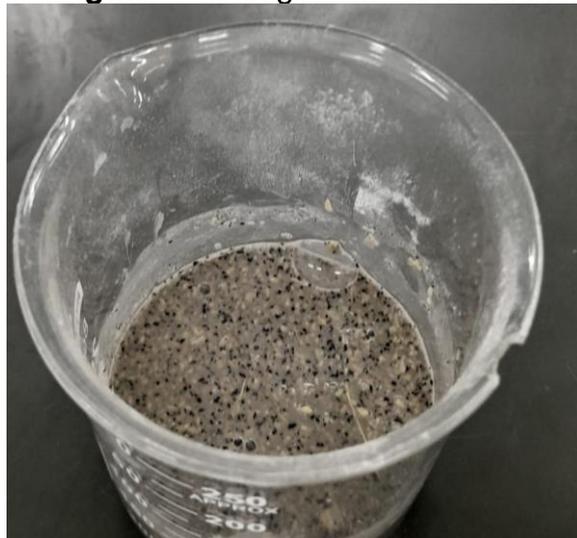
Pipetamos 20 mL de glicerina e transferimos para outro béquer onde foi misturado todos os reagentes. Medimos 60 mL água destilada em uma proveta e adicionou-se no béquer após todos os reagentes estarem misturados, como ilustrado na Figura 11 e 12.

Figura 11. Reagentes misturados



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 12. Reagentes misturados



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

O béquer com a mistura foi levado ao fogo no bico de Bunsen, com a finalidade de formar uma solução gelatinosa, como mostrado na figura 13 e 14. Foi aquecido lentamente ao mesmo tempo em que se mexeu com um bastão de vidro para que não queimasse e nem formasse uma massa dura e não homogênea e após alguns minutos, formou-se uma solução gelatinosa.

Figura 13. Reagentes misturados e levados ao fogo



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 14. Reagentes misturados e levado ao fogo



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Depois de pronto, o béquer com a solução gelatinosa foi tirado do fogo e esfriado até chegar a uma temperatura estável para ser transferido para outro recipiente. Uma camada uniforme foi transferida em cima de uma placa de petri como mostrado na figura 15 e 16. E esperamos alguns dias para secar totalmente e ver o resultado.

Figura 15. Reagentes misturados



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 16. Reagentes misturados



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após alguns dias, conferiu-se o resultado obtido. Foi possível perceber que o bioplástico estava ressecado e havia rachado em vários lugares. Apresentando um aspecto duro e não maleável como o esperado.

Figura 17. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 18. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 19. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 20. Resultado do bioplástico

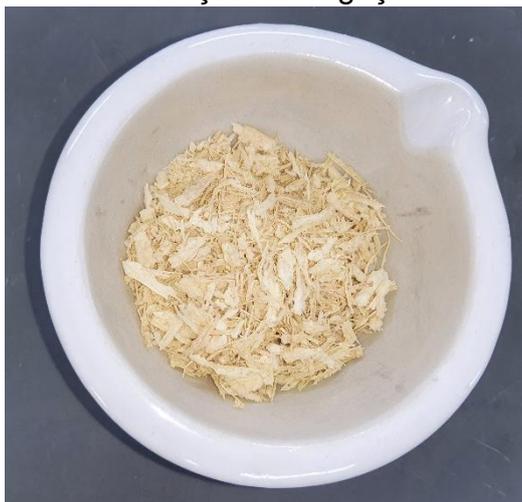


Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

4.3 SEGUNDO TESTE

O bagaço de cana, que já estava pré-moído, foi colocado no almofariz de pistilo para ser macerado e se obter um pó mais fino, conforme é mostrado na Figura 21. Em seguida, foi pesado 2,44g balança analítica.

Figura 21. Trituração do bagaço no almofariz



Fonte: Próprios autores (2024)

Figura 22. Trituração do bagaço no almofariz



Fonte: Próprios autores (2024)

Em um béquer de 250 mL foi pesado 10g de amido de milho, conforme demonstrado pela Figura 23, sendo este já disponível no laboratório de química da escola.

Figura 23. Pesagem do amido



Fonte: Próprios autores (2024)

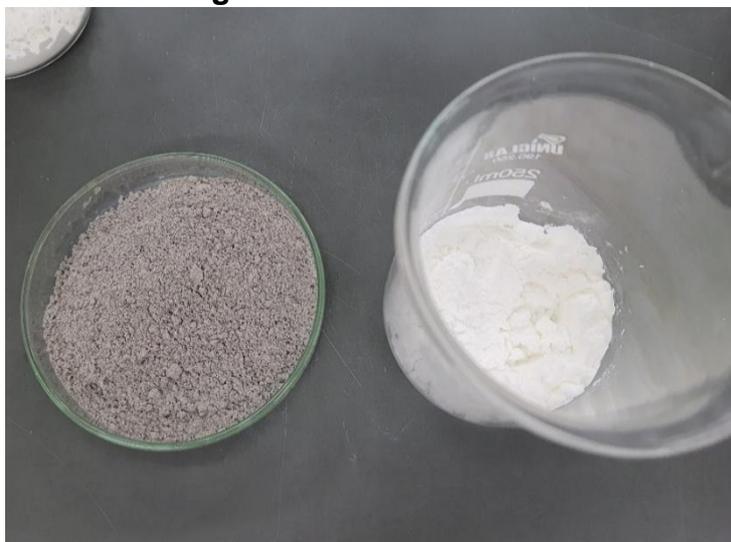
As cinzas de caldeira foram primeiramente peneiradas e em seguida pesadas 15,5g na balança analítica dentro de uma placa de petri.

Figura 24. Cinzas



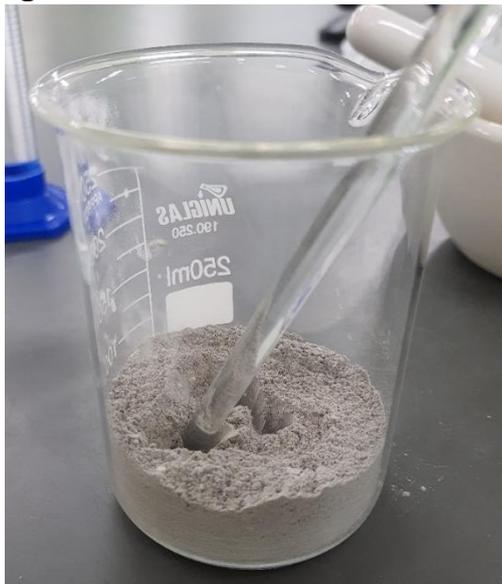
Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 25. Cinzas e amido



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 26. Mistura de cinzas e amido



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Foi medido 50 mL de água destilada em uma proveta, como mostrado na Figura 27. Pipetou-se 10 mL de ácido acético e 9 mL de glicerina. Em seguida, foi misturado todos os reagentes dentro de um béquer de 250 mL e levado ao fogo do bico de Bunsen, como ilustrado na Figura 31.

Figura 27. Medição da água



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 28. Adição de água nas cinzas e amido



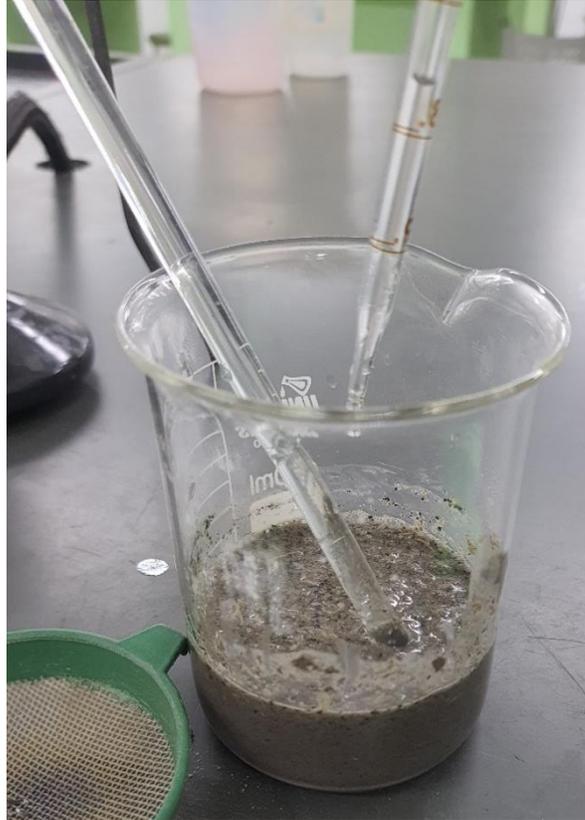
Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 29. Bagaço



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 30. Adição de glicerina



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 31. Cozimento da mistura



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após o cozimento total, foi transferida a solução gelatinosa formado para a placa de petri, como mostrado na Figura 32, aguardou-se alguns dias para secar completamente e ver o resultado.

Figura 32. Bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 33. Bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após alguns dias, ao conferir o resultado, notou-se que o bioplástico apresentava ressecamento e rachaduras em várias áreas, parecido com o resultado obtido no teste anterior. Estava completamente rígido, ao invés de maleável como esperado.

Figura 34. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos propios autores, 2024)

Figura 35. Resultado do bioplástico

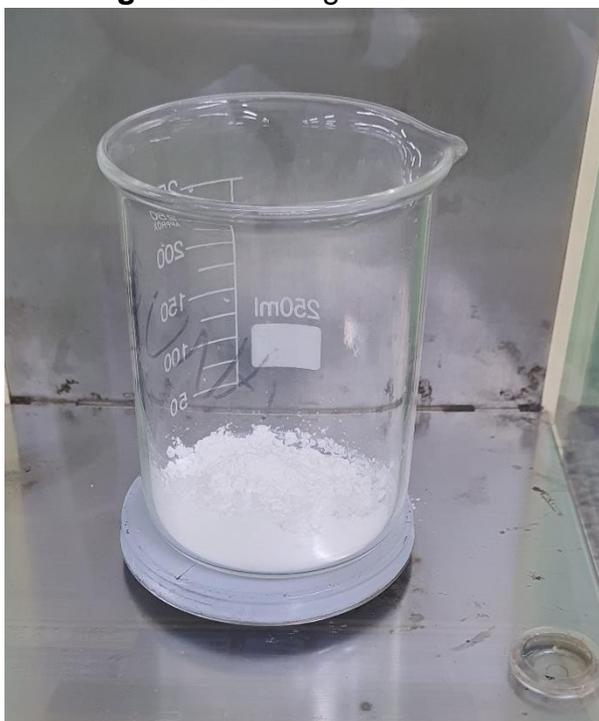


Fonte: (Dos propios autores, 2024)

4.4 TERCEIRO TESTE

O Terceiro teste se assemelha de maneira significativa ao segundo, se diferenciando apenas pelo fato de não utilizar em sua composição, o bagaço. Inicialmente, utilizamos o béquer de 250 mL para pesar 10g de amido de milho, sendo este já disponível no laboratório de química da escola. As cinzas de caldeira foram anteriormente peneiradas para separar o material mais fino para ter uma melhor aderência e em seguida pesadas 13,34g na balança analítica dentro de uma placa de petri.

Figura 36. Pesagem do amido



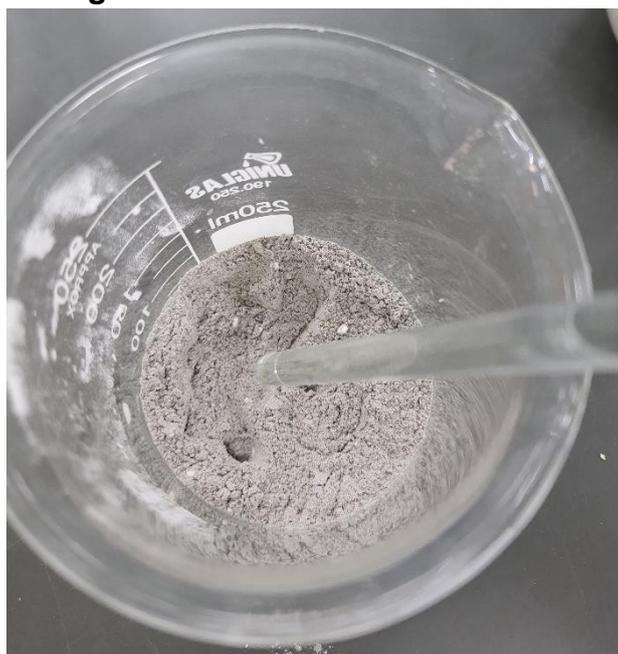
Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 37. Amido e cinzas



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 38. Mistura de cinza e amido



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Depois foi pipetado 10 mL de ácido acético e colocado no béquer junto com os outros materiais. Foram pipetados também 9 mL de glicerina e adicionado ao béquer. Mediu-se 50 mL de água destilada em uma proveta. Misturou-se os reagentes dentro de um béquer de 250 mL e depois foi levado ao fogo do bico de Bunsen.

Figura 39. Cozimento da mistura



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 40. Cozimento da mistura



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

A última etapa desse procedimento transferir a solução gelatinosa formada para a placa de petri e esperar alguns dias para secar completamente e ver o resultado. Como ilustrado na Figura 41 e 42.

Figura 41. Trituração do bagaço no almofariz



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Figura 42. Bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores, 2024)

Após alguns dias, observou-se que o bioplástico apresentou um resultado satisfatório. Sua aparência física estava como o esperado, tendo um aspecto maleável e sem muitas rachaduras

Figura 43. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores,2024)

Figura 43. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores,2024)

Figura 43. Resultado do bioplástico



Fonte: (Dos próprios autores,2024)

5. TESTE DE EFICIÊNCIA DO BIOPLÁSTICO

O bioplástico feito apenas com cinzas de caldeiras, foi o único teste que se assemelhou a um plástico maleável e pouco quebradiço. Devido a isso, foi realizado dois testes: teste em água e teste de resistência térmica.

5.1 TESTE EM ÁGUA

O teste de água consiste em colocar uma amostra do material desejado submerso em água e o deixar em repouso por alguns minutos para ver sua resistência a água.

Em uma placa de petri, pesou-se 7,87g do bioplástico, mediu-se 100 mL de água destilada em uma proveta e transferiu para um béquer e logo após colocou-se o bioplástico na água.

Figura 44. Béquer com água destilada e placa de petri com bioplástico



Fonte: (Próprios autores,2024)

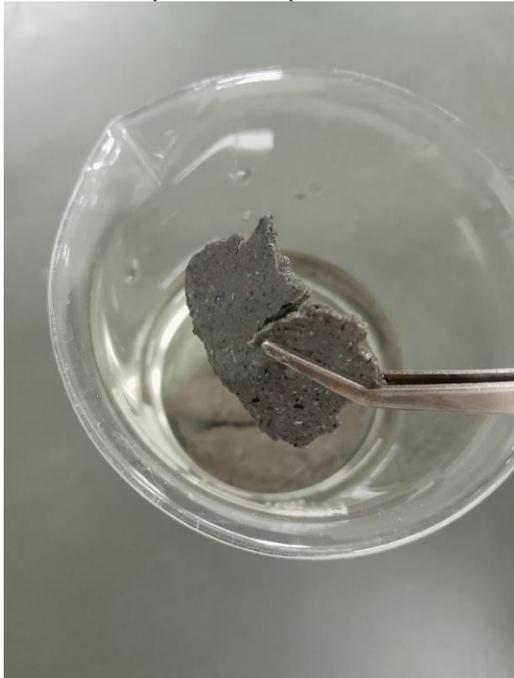
O bioplástico ficou submerso em água e em repouso por 30 minutos. Após o tempo cronometrado, foi possível observar que o bioplástico se dissolveu parcialmente na água, apenas as laterais começaram a se dissolver, entretanto, o bioplástico se apresentou com uma consistência mais gelatinosa e quebradiça após ser retirado da água.

Figura 45. Bioplástico submerso no início do teste



Fonte: (Próprios autores,2024)

Figura 46. Bioplástico após o teste em água



Fonte: (Próprios autores,2024)

Figura 47. Bioplástico após o teste em água



Fonte: (Próprios autores,2024)

5.2 TESTE DE RESISTÊNCIA TÉRMICA

O teste de resistência térmica consiste em testar o comportamento do bioplástico sob determinadas condições de temperaturas.

Em uma placa de petri, pesou-se 7,85g do bioplástico e levou a amostra pesada para estufa a 120°C por 30 minutos.

Após o tempo cronometrado, foi possível observar que o bioplástico se manteve em sua forma original sem se degradar, mesmo após ficar trinta minutos na estufa a 120°C, e após esse período se apresentou mais rígido, mas com certa maleabilidade e nada quebradiço, mostrando certa resistência a altas temperaturas.

Figura 48. Bioplástico após o teste de resistência térmica



Fonte: (Próprios autores,2024)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a produção do bioplástico a partir do bagaço da cana-de-açúcar e cinzas de caldeira percorrida ao longo do trabalho, mostrou-se como uma grande vantagem por apresentar uma solução para diminuir dois problemas de poluição ambiental, os resíduos do setor sucroalcooleiro e o descarte em massa de plásticos derivados do petróleo.

Em síntese, os testes realizados apresentaram resultados distintos, esse fato pode ser atribuído à quantidade dos reagentes, ao cozimento da solução gelatinosa ou até mesmo às condições ambientais durante a secagem. Entretanto, os testes feitos com o bagaço e as cinzas apresentaram um resultado insatisfatório, os bioplásticos se mostraram com rachaduras e ficaram com aspecto seco. Em contrapartida, o teste feito apenas com as cinzas de caldeira se mostrou satisfatório, uma vez que o bioplástico apresentou-se maleável, uniforme, pouco quebradiço e parcialmente permeável após ficar em contato com a água.

Contudo, os testes de eficiência do bioplástico feito somente com as cinzas de caldeiras, se mostraram satisfatórios. O teste de permeabilidade em água, revelou que o bioplástico dissolveu parcialmente apenas nas laterais, adquirindo uma consistência mais gelatinosa e quebradiça após a exposição em água, indicando que sua resistência a água é intermediária, pois ele não se dissolverá imediatamente em contato com a água, mas ao ficar exposto a água por um longo período irá se degradar. Já no teste de resistência térmica, após ficar trinta minutos na estufa o bioplástico manteve sua forma original e se apresentou mais rígido e nada quebradiço.

Fica claro, assim, que é necessário que existam mais estudos a respeito dos bioplásticos e formas de reaproveitamento de resíduos de diversos setores industriais, possibilitando a solução de dois problemas combinando-os e formando um produto capaz de minimizar os impactos causados por eles. Ademais, isso demonstra a grande importância do presente trabalho, que possui como principal objetivo a diminuição dos impactos causados ao meio ambiente e apresentar o bioplástico como um meio para a diminuição de resíduos do setor sucroalcooleiro, a fim de que haja uma alternativa para um problema tão eminente nos dias de hoje.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEEL, M. et al.; **Linking effects of microplastics to ecological impacts in marine environments. Chemosphere**, v. 264, n. 2, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128541>. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.128541>. Acesso em: 7 de março de 2024.

AGROPÓS. **Celulose**: descubra o que é e sua utilização!. | AgroPós. 2022. Disponível em: <<https://agropos.com.br/celulose/>>. Acesso em: 1 de março de 2024.

ANDRADE, C. T.; SOUZA, R. C. R. **Investigação dos processos de gelatinização e extrusão de amido de milho**. Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 24-30, 2000.

ANTROPOCENO. **Rev. Virtual Quim.**, 2018. PDF. Disponível em: <[v10n6a16.pdf](#) (sbq.org.br) >. Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

BACKMAN, R; BECIDAN, M; GOILE, F; SØRUM, L; JOVOVIC, A; KHALIL, R.A.; SKREIBERG, A; SKREIBERG, Ø; TODOROVIC, D. **Ash related behaviour in staged and non-staged combustion of biomass fuels and fuel mixtures. Biomass and Bioenergy**, v. 41, p. 86-93, 2012. Acesso em 02 de maio de 2024.

BATISTA FILHO, A; D'AGOSTINI, S. A; REBOUÇAS, M.M; VITIELLO, N. **cana-de-açúcar permeando pelo centro de memória do instituto biológico**. Disponível em:<http://www.biologico.agricultura.sp.gov.br/uploads/docs/pag/v5_1/dagostini.html#:~:text=O%20primeiro%20engenho%20de%20a%C3%A7%C3%BAcar,Esp%C3%ADrito%20Santo,%20Sergipe%20e%20Alagoas>. Acesso em: 23 fevereiro 2024.

BIOPLÁSTICO: conheça tipos e aplicações - eCycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/bioplastico/#:~:text=O%20termo%20biopl%C3%A1stico%20tamb%C3%A9m%20se,mas%20que%20n%C3%A3o%20se%20biodegradam>. Acesso em 17 de novembro de 2023.

BERTONI, G.B. **CINZAS DE CALDEIRA DE BIOMASSA: CARACTERIZAÇÃO, DIAGNÓSTICO E ALTERNATIVA PARA APLICAÇÃO**.2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/16375/Tese%20Gabriela%20Bertoni%20Belini.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 02 de maio de 2024.

BIOPLÁSTICO: conheça tipos e aplicações - eCycle. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/bioplastico/#:~:text=O%20termo%20bioplástico%20também%20se,mas%20que%20não%20se%20biodegradam>. Acesso em: maio 2024.

BLANCO, D; DIEGUEZ-ALONSO, A; BEHRENDT, F; MÍGUEZ, J.L; PATIÑO, D; PORTEIRO, J. **Review of the use of additives to mitigate operational problems associated with the combustion of biomass with high content in ash-forming species.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 141, p. 1-38, 2021. Acesso em 02 de maio de 2024.

CANGEMI, J. M.; NETO, S. C; SANTOS, A. M. **Biodegradação:** Uma alternativa para minimizar os impactos decorrentes dos resíduos plásticos. Química nova na escola, n. 22, p. 17-19, 2005. Disponível em: https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento_diversidade/article/view/3278>. Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

CARREIRA, R.; MONTAGNER, C. C; OLIVATTO, G. P.; TORNISIELO, V. L ; PARKER, L. **MICROPLÁSTICOS:** CONTAMINANTES E PREOCUPAÇÃO GLOBAL NO Microplásticos estão em nossos corpos, quanto eles nos prejudicam. National Geographic Brasil. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/04/microplasticos-estao-em-nossos-corpos-quanto-eles-nos-prejudicam>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

DUFT, D. **Cana de ano, ano e meio ou inverno?** - Inteliagro. 15 ago. 2014. Disponível em: <https://www.inteliagro.com.br/cana-de-ano-ano-e-meio-ou-inverno/>>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2024.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food** New York: Marcel Dekker, 1996. 664p.

ELIASSON, A.C. **Starch in food – Structure, function and applications** New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

EMBRAPA agropecuária oeste. **Plantio da cana-de-açúcar de ano e meio, com base no risco climático** - Portal Embrapa. 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4519/plantio-da-cana-de-acucar-de-ano-e-meio-com-base-no-risco-climatico>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

EIRAS M.V.G; MALI, S; YAMASHITA, F. **FILMES de amido:** produção, propriedades e potencial de utilização. 2010. Disponível em:

<<https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744095013.pdf>>. Acesso em: 20 abril de 2024.

FIGURA 1. **SOLUÇÃO para o Plástico: O Potencial do Bioplástico.** Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/bioplastico-e-a-solucao-para-o-problema-do-plastico/>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.

FIGURA 2. FRANCO, A; LUÍS, A.; FERREIRA, L; SILVA, J. **AMIDO: Amilose e Amilopectina.** 9 nov. 2017. Disponível em: <<http://mundodabioquimica.blogspot.com/2017/11/o-amido-tambem-conhecido-como-amilo-e.html>>. Acesso em: 19 abril de 2024.

FRANCO, T.C.O, 2018. **Microplásticos:** um programa de educação ambiental envolvendo diferentes grupos da sociedade. Disponível em: <<file:///C:/Users/Aluno/Downloads/250369.pdf>>. Acesso em 7 de março de 2024

GANG HE; GAN, Y; HUO, J.H.; LUO, C. C.; ZHANG, C. et al.; **“Microplastic communities” in different environments: Differences, links, and role of diversity index in source analysis.** Water Research, v. 188, 2021. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116574>. doi: 10.1016/j.watres.2020.116574>. Acesso em: 7 de março de 2024.

GIRALDELI, A. L. **Plantio cana ano-meio:** particularidades e dicas para melhorar o canavial. 19 fev. 2020. Disponível em: <<https://blog.aegro.com.br/plantio-cana-ano-meio/#:~:text=A%20cana%20de%20ano-meio,de%2016%20a%2018%20meses>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2024.

GUIELCER, E.F; PIMENTEL, N. **Análise Centesimal Das Cinzas De Caldeira E Aplicação Em Cimento De Portland.** Disponível em:<<http://docente.ifsc.edu.br/michael.nunes/MaterialDidatico/Analises%20Quimicas/TCC%20II/TCC%202016%202/Evelin-Natalia.pdf>>.PDF. Acesso em 02 de maio de 2024.

HISATOMI, C. **Lignina:** o que é, propriedades e usos - eCycle. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/lignina/>>. Acesso em: 1 de março de 2024.

JACTO. **Plantio de cana-de-açúcar:** conheça as melhores práticas! Disponível em: <<https://blog.jacto.com.br/plantio-de-cana-de-acucar/>>. Acesso em 29 de fevereiro de 2024.

HUI, S; TAN, H; NIU, Y. **Ash-related issues during biomass combustion:** Alkali-induced slagging, silicate melt-induced slagging (ash fusion), agglomeration, corrosion, ash utilization, and related countermeasures. *Progress in Energy and Combustion Science*, v. 52, p. 1-61, 2016. Acesso em 02 de maio de 2024.

MACHADO, L.A.; HABIB, M. **Perspectivas e impactos da cultura da cana-de-açúcar no Brasil.** Disponível em: <<http://www.infobibos.com>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2024.

MARQUES, L. **Repositório da Produção USP.** 2023. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/directbitstream/72b69eef-0a4d-4b99-a2a7-eceaaf7fc0ac/2023_LeonardoMarquesMiguel_TGI.pdf>. Acesso em: 7 de março de 2024.

MORTON, F. W; ORDE, S; SCHWARTZ, B. **Segredos internos:** engenhos e escravos na sociedade colonial, 1550–1835 (são paulo: companhia das letras, co-edition with the conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico (cnpq), 1988), pp. 474. *Journal of Latin American Studies*, v. 22, n. 3, p. 627-628, out. 1990. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/s0022216x00021003>>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.

PROPRIEDADES do bagaço da cana-de-açúcar. 30 abr. 1998. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/propriedades-do-bagaco-da-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 7 de março de 2024.

REHAGRO. **Cana-de-açúcar:** saiba qual a melhor época para o plantio. Disponível em: <<https://rehagro.com.br/blog/plantio-da-cana-de-acucar/#:~:text=Cana%20de%20ano&text=Nesse%20sistema,%20o%20plantio%20da,um%20ciclo%20de%2012%20meses>>. Acesso em: 28 de fevereiro 2024.

RILLING, M. C. **Microplastics in terrestrial ecosystems and the soil.** *Environmental Science & Technology*, v. 46, p. 6453–6454. Disponível em: <<file:///C:/Users/Aluno/Downloads/250369.pdf>>. Acesso em 7 de março de 2024.

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. **From sucrose to starch granule to starch physical behavior: a focus on rice starch.** *Carbohydrate Polymers*, v.58, p.245-266, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/FSP37sVnbZjVK9zLLSSsX5h/>>. Acesso em 05 de abril de 2024.

VANDEPUTTE, G.E. et al. **Rice starches. II.** Structural aspects provide insight into swelling and pasting properties. *Journal of Cereal Science*, v.38, p.53-59, 2003b.

Disponível em:

<http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6WHK-48BKSYR-2&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=317283bf5a07688cb28661815a73b262 Doi: 10.1016/S0733-5210(02)00141-8. -
4&_user=687358&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000037899&_version=1&_urlVersion=0&_userid=687358&md5=aa31153f50c97852687ac79431f1e392 Doi: 10.1016/S0733-5210(02)00142-X>. Acesso em 05 de abril de 2024.

ZOBEL, W. **Potato starch. In:** WHISTLER R. L. *Methods in carbohydrate chemistry*. New York, USA: Academic Press, 1964. v. 4.