

**CENTRO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
ETEC CEL. FERNANDO FEBELIANO DA COSTA
Curso Técnico em Meio Ambiente**

**Elora Fortinolli Ferreira Barros
Fillipy Cezareti Leal
Lívia Maria Geroldo
Lorena Andrade Araújo
Rafaela Carlet**

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A BASE DE AMIDO DE BATATA
REFORÇADO COM FIBRA VEGETAL: UMA ALTERNATIVA AO USO
DO PLÁSTICO**

**Piracicaba – SP
2023**

Elora Fortinolli Ferreira Barros

Fillipy Cezareti Leal

Lívia Maria Geroldo

Lorena Andrade Araújo

Rafaela Carlet

**PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A BASE DE AMIDO DE BATATA
REFORÇADO COM FIBRA VEGETAL: UMA ALTERNATIVA AO USO
DO PLÁSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Meio Ambiente da Etec Cel. Fernando Febeliano da Costa, orientado pelos Professores Bianca Furlan Danelon e Rafael Souza, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em Meio Ambiente.

Piracicaba – SP

2023

Agradecimento

Agradecemos ao André Cera, que nos ajudou e aguentou nas etapas práticas do desenvolvimento deste projeto. Agradecemos também a ilustre ajuda de nossos orientadores, Bianca Furlan Danelon e Rafael Souza, por nos orientarem durante todo o projeto.

Epígrafe

“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma.”

ANTOINE LAVOISIER.

Resumo

É notável que, na atualidade, o mundo vem cada vez se tornando mais dependente do plástico, um material muito danoso ao meio ambiente principalmente por seu baixo índice de degradabilidade. Por ser produzido a partir do petróleo, um recurso natural não renovável, no qual sua exploração prejudica o meio ambiente, não só durante seu uso, mas também durante sua extração, já que esse recurso não é utilizado somente para a produção desse produto, mas também em diversos setores que vão desde a geração de energia, até a produção de seus derivados na indústria. Considerando que o petróleo é um dos principais recursos que movimentam a economia e que o plástico está em praticamente tudo em que se é produzido, pode-se levar em conta que um outro fator contribuinte para a poluição ambiental a partir do plástico seja o consumismo, no qual tudo atualmente induz a pessoa a comprar exageradamente, havendo assim, o descarte de outro objeto que poderia ser utilizado por um período mais longo, gerando assim, cada vez mais resíduos, tornando quase que impossível que haja o descarte correto desse material. Em contrapartida, há a existência do bioplástico, um material produzido a partir de matéria orgânica (amido ou açúcar) e biodegradável, além de possuir um tempo de degradação menor do que o dos plásticos convencionais, esse elemento é de mais fácil produção. Entretanto essa matéria produzida possui uma resistência menor, portanto precisa ser reforçada de algum modo, utilizando fibra vegetal. Essa fibra é comumente retirada da casca de coco verde, que normalmente não teria um descarte eficaz e acabaria prejudicando mais ainda o meio ambiente.

Palavras-chave: Plástico, Petróleo, Bioplástico, Amido, Fibra vegetal, Fibra de coco.

Abstract

It is notable that, nowadays, the world is becoming more and more dependent on plastic, a material that is very harmful to the environment mainly due to its low degradability rate. Because it is produced from oil, a non-renewable natural resource, its exploitation harms the environment, not only during its use, but also during its extraction, as this resource is not only used to produce this product, but also in various sectors ranging from energy generation to the production of its derivatives in industry. Considering that oil is one of the main resources that drive the economy and that plastic is in practically everything that is produced, it can be taken into account that another contributing factor to environmental pollution from plastic is consumerism, in which everything currently induces people to buy excessively, thus discarding another object that could be used for a longer period, thus generating more and more waste, making it almost impossible to dispose of this material correctly. On the other hand, there is the existence of bioplastic, a material produced from organic matter (starch or sugar) and biodegradable, in addition to having a shorter degradation time than that of conventional plastics, this element is easier to produce. However, this material produced has a lower resistance, therefore it needs to be reinforced in some way, using vegetable fiber. This fiber is commonly taken from green coconut shells, which would not normally be disposed of effectively and would end up further harming the environment.

Keywords: Plastic, Petroleum, Bioplastic, Starch, Vegetable fiber, Coconut fiber.

Lista de Figuras

FIGURA 1 - AQUECIMENTO DA AMOSTRA	11
FIGURA 2 - AMOSTRA Nº 1 APÓS SER RETIRADA DA ESTUFA	11
FIGURA 3 - AMOSTRA Nº 2 APÓS SER RETIRADA DA ESTUFA	12
FIGURA 4 - AMOSTRA Nº 3 APÓS SER RETIRADA DA PLACA DE PETRI.....	13
FIGURA 5 - AMOSTRA Nº 4 APÓS SER RETIRADA DA PLACA	14
FIGURA 6 - FIBRA 1 NÃO TRATADA E SECA EM ESTUFA	15
FIGURA 7 - FIBRA 2 TRATADA E SECA EM ESTUFA.....	15
FIGURA 8 - FIBRA 3 TRATADA E SECA EM TEMPERATURA AMBIENTE	16
FIGURA 9 - AMOSTRA Nº 5 FIBRAS TRATADAS E SECAS EM TEMPERATURA AMBIENTE	16
FIGURA 10 - AMOSTRA Nº 6 COM FIBRA TRATADA E SECA EM ESTUFA	17
FIGURA 11 - AMOSTRA Nº 7 COM FIBRA SEM TRATAR E SECA EM ESTUFA	17
FIGURA 12 – FIBRAS DE COCO TRITURADAS A UMA VELOCIDADE DE 4000 RPM	18
FIGURA 13 - AMOSTRA Nº 8 COM A FIBRA 1 TRITURADA.....	19
FIGURA 14 - AMOSTRA Nº 9 COM A FIBRA 2 TRITURADA.....	19
FIGURA 15 - AMOSTRA Nº 10 PRODUZIDA COM A FIBRA 1	20
FIGURA 16 - AMOSTRA Nº 11 PRODUZIDA COM A FIBRA 2	20
FIGURA 18 - AMOSTRA Nº 13 PRODUZIDA COM A FIBRA 1	21
FIGURA 17 - AMOSTRA Nº 12 PRODUZIDA COM A FIBRA 3	21
FIGURA 20 - AMOSTRA Nº 15 PRODUZIDA COM A FIBRA 3	22
FIGURA 19 - AMOSTRA Nº 14 PRODUZIDA COM A FIBRA 2	22
FIGURA 21 - AMOSTRA Nº 16 PRODUZIDA SEM FIBRA VEGETAL.....	23

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Gerais.....	3
2.2. Específicos.....	3
3. DESENVOLVIMENTO.....	4
3.1. Metodologia.....	9
3.1.1. Materiais e reagentes.....	9
3.1.2. Método.....	9
3.2. Resultados e discussões.....	23
4. CONCLUSÃO.....	25
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	26

1. INTRODUÇÃO

O plástico PET (tereftalato de polietileno) é um material produzido a partir de um recurso não renovável, o petróleo, que é altamente lesivo ao meio ambiente. Esse combustível fóssil causa danos ambientais não só durante a sua produção industrial, mas também em seu processo de extração, causando a morte de animais e plantas, além da contaminação do solo do ar e das águas. (MARTINS, *et al.* 2015, p.55).

Se já não bastasse a poluição pré-produção que o plástico causa, esse produto ainda gera dano depois de seu descarte “[...] pois esse material leva, em média, de 20 a 500 anos para se decompor, fragmentando-se em pedaços cada vez menores, não desaparecendo completamente dos ecossistemas. [...]” (MENDES, *et al.* 2022, p. 77).

Em contrapartida, existe o bioplástico poli ácido láctico (PLA) que

[...] presta ainda um papel importante da economia circular, reduzindo pegada de carbono, optando por fonte renováveis, tomando-se material compostável se biodegradável, devolvendo nutrientes ao solo e reduzindo o volume de resíduos destinados a aterros [...] (COSTA, 2018 *apud* AZEVEDO & NEVES, 2019)

Esse material, produzido a partir de um polímero biodegradável, o amido da batata “[...] uma macromolécula formada por dois polissacarídeos: a amilose e a amilopectina. [...]” (VECCHIO, SILVA, 2020, p.204). O PLA produzido a partir dessa fonte de energia tem um tempo de degradabilidade menor comparado aos plásticos convencionais. Entretanto, o bioplástico não é tão resistente comparado ao plástico, tendo isso em vista, surge-se a ideia de reforçá-lo usando a fibra de coco, já que o alto consumo do coco verde acaba gerando muitos resíduos, contudo, a casca do coco acaba não sendo reaproveitada pelas indústrias e tendo seu destino final em lixões e aterros sanitários (CORRADINE, *et al.* 2009, p.838). A adição da fibra no bioplástico o torna mais resistente, pois “As fibras naturais também podem conferir propriedades interessantes em materiais poliméricos, como boa rigidez dielétrica, melhor resistência ao impacto e características de isolamento térmico e acústico.” (SILVA, 2009, p.32).

Com o objetivo da diminuição do uso de plásticos, tem se a ideia de substituir utensílios de PET (tereftalato de polietileno) por poli ácido láctico, já que os copos produzidos a partir dele, apresentam qualidades parecidas com a dos plásticos convencionais, apenas não aguentando líquidos em altas temperaturas. (FIGUEIREDO, 2021, p.57).

2. OBJETIVOS

2.1. Gerais

Produzir o bioplástico a partir do amido de batata e incrementar a fibra vegetal, como uma forma de substituição dos plásticos convencionais.

2.2. Específicos

Diminuir os impactos ambientais causados pelo uso do plástico PET;

Produzir uma amostra teste, para análise das qualidades do bioplástico;

Realizar a extração da fibra do coco e incrementá-la ao bioplástico, para melhoramento das qualidades mecânicas do mesmo.

3. DESENVOLVIMENTO

Sabe-se que um dos principais problemas ambientais da atualidade é o plástico. Tendo um aumento em sua produção a partir de 1950, o plástico se popularizou e atualmente é inconcebível a ideia de um mundo sem ele.

“Sendo um material com muitas funcionalidades devido às suas características, os plásticos têm uma ampla gama de aplicações, podendo ser utilizados em produtos simples, como embalagens, até equipamentos com tecnologia avançada. A alta versatilidade deste polímero fez com que ele fosse difundido mundialmente. [...]” (BISSOLI, 2021, p. 18)

Por possuir um alto período de degradação, o plástico se tornou um dos maiores malefícios do planeta, prejudicando os oceanos e a biodiversidade. Por ser produzido a partir do petróleo, um recurso natural e não renovável, esse material acaba poluindo cada vez mais o meio ambiente, a longo prazo, já que

“Dentre as atividades industriais, a exploração e produção de petróleo em campos marítimos, apresentam um alto potencial de impacto ambiental, quer seja pelo volume de resíduos gerados, quer pela toxicidade dos mesmos e pela própria especificidade da atividade que ocorre em alto-mar, onde qualquer falta de controle poderia provocar impactos catastróficos ao meio ambiente.” (RABELO, *et al.* 2008, p. 118).

Considerando que o petróleo é um dos principais produtos que movimentam a economia mundial, ele se torna um enorme problema ambiental, já que qualquer passo dado errado durante sua extração até o seu consumo, pode acarretar grandes problemas ambientais, desde a vida marinha, até mesmo para a população terrestre. Segundo Costa (2006, p. 1) a sociedade atual, vem a cada dia mais ganhando uma dependência cada vez maior no petróleo, seja para produção de matérias como o plástico ou até mesmo para gerar energia e/ou combustíveis, e isso se tornará um problema já que o petróleo é uma fonte não renovável, ou seja, ele demora para ser repostado pela natureza. Levando em conta que os materiais poliméricos estão cada vez mais efetivos no dia a dia das pessoas, estando sempre presente até mesmo nas menores coisas, como nas embalagens de frutas e legumes ou até mesmo nos aparelhos eletrônicos.

Outro fator que pode ser levado em consideração quando se fala da poluição do mundo pelo plástico é o consumismo, que “[...] é um dos grandes vilões que vem causando danos ao meio ambiente, pois sabe-se que quanto mais se consome mais

se descarta materiais de forma inadequada, principalmente o plástico” (OLIVEIRA, *et al.*, 2013, p. 2686), já que, devido a chamada “era do plástico” todo e qualquer produto produzido atualmente, possui ao menos uma pequena parcela de plástico em sua composição, tornando-o desvantajoso ao meio ambiente. Já que, o plástico demora anos para se decompor completamente, sendo esse período “[...] superior a 100 anos.” (FABRO, *et al.* 2007). Outro problema presente na utilização desse material, é que, caso ele seja descartado erroneamente, esse material se divide em partículas microscópicas denominadas “microplásticos”.

“Além da fragmentação, a degradação dos polímeros também favorece a liberação dos aditivos químicos, tais como, estabilizantes, corantes, plastificantes, retardantes de chama, entre outros, os quais são empregados na formulação do polímero para atingir as características necessárias ao uso pretendido no produto final. Durante a degradação, esses compostos podem ser lixiviados para o ambiente através da difusão até a superfície do MP.” (DIAS, *et al.* 2021).

Ou seja, os problemas gerados pelo plástico convencional são causados durante a produção, pelo descarte incorreto e pelas micropartículas degradadas desse material tornando-o extremamente danoso. Em contrapartida, como uma possível alternativa para a substituição desse material tão danoso a natureza, há o bioplástico, que “[...] é um plástico biodegradável produzido a partir de fontes renováveis de biomassa, como por exemplo, o amido de batata-inglesa (*Solanum tuberosum*), amido de milho (*Zea mays*) e o amido da mandioca (*Manihot esculenta*).” (FERNANDES *et al.* 2019, p. 4), por não ser um tipo de material comumente utilizado, “Ao observar o mercado de plásticos convencionais, os bioplásticos possuem uma baixa representatividade, correspondendo a cerca de 1% do total de plásticos produzidos anualmente.” (EUROPEAN BIOPLASTICS, 2016. *Apud* CASTRO, 2019), em contrapartida, se tratando do mercado de produtos de base biológica, o bioplástico representa o produto de maior crescimento “Em 2009, registrou-se a capacidade global de produção de bioplásticos em 249 mil toneladas. Já em 2016, esse número subiu para 4,16 milhões de toneladas, uma taxa de crescimento anual de cerca de 50%” (OECD, 2013 *apud* CASTRO, 2019, P. 11). Isso mostra que, apesar de não ser um produto usualmente utilizado, é um material que tem ganhado espaço no mercado. Além de que, a produção do bioplástico “[...] gera mais empregos mesmo em comparação com aquela de outros produtos de base biológica como biogás, biodiesel e bioetanol. Isso ocorre porque a cadeia produtiva dos bioplásticos é mais complexa

do que a desses outros produtos” (Essel, 2016 *apud* AMORIM, 2019). Esse fator, deve-se principalmente por esse produto se tratar de um material confeccionado a partir de matéria orgânica, nesse sentido o bioplástico possui algumas características que o diferenciam dos plásticos convencionais, a principal delas é a sua taxa de degradabilidade no qual “[...] os bioplásticos apresentam propriedades físicas e químicas que reduzem para [...] 6 a 12 meses de decomposição. [...]” (FRANCHETTI & MARCONATO, 2006, p. 2) diferente dos plásticos convencionais, que demoram milhares de anos para que possam se decompor, além dos resíduos denominados “microplásticos” que são gerados por eles. De acordo com Ramalho (2009) *apud* Fernandes *et al.* (2019), isso acontece porque muitos micro-organismos, como bactérias e fungos encontrados no solo, liberam algumas enzimas capazes de decompor os plásticos biodegradáveis, o que é impossível no caso do plástico convencional.

Ademais, existem diversas possibilidades para a produção dessa substância, dentre eles

[...] os bioplásticos podem fazer referência a plásticos de origem renovável (ou parcialmente renovável), biodegradáveis ou com ambas as características. A origem renovável pode ser proveniente, por exemplo, da cana de açúcar, do milho ou da celulose. Assim, a partir da definição da *European Bioplastics*, identificam-se 3 grupos de bioplásticos: os que possuem origem renovável e não são biodegradáveis, os que têm origem renovável e são biodegradáveis e os que possuem origem fóssil e são biodegradáveis [...] o grupo de bioplásticos com origem renovável, porém não biodegradáveis inclui polímeros como o polietileno (PE), o poli(tereftalato de etileno) (PET), poliamida (PA), poli(tereftalato de trimetileno) (PTT), o poliuretano (PU), entre outros. Já os bioplásticos de origem renovável e biodegradáveis englobam polímeros como poli(ácido láctico) (PLA), polihidroxialcanoato (PHA), poli(succinato de butileno) (PBS), compostos de amido, etc. Por fim, no terceiro grupo, composto por polímeros de origem fóssil e biodegradáveis, encontram-se polímeros como o poli(butileno adipato-co-tereftalato) (PBAT) e policaprolactona (PCL).” (*European Bioplastics*, 2016 *apud* CASTRO, 2019. P. 8)

Nota-se então que a utilização do grupo de bioplásticos recicláveis e biodegradáveis é o mais adequado para o cumprimento desse projeto. Assim, levando em consideração todos esses fatores, foi determinado que a utilização do PLA seria uma das melhores alternativas para se prosseguir durante a pesquisa, já que esse ácido láctico “[...] é um poliéster alifático, termoplástico, semicristalino ou amorfo, biocompatível e biodegradável, sintetizado a partir do ácido láctico obtido de fontes

renováveis [...]” (LIU, 2011, *apud* CRUZ, 2019), ou seja, possui uma taxa de degradabilidade maior do que a dos plásticos convencionais, além de ser produzido a partir do amido ou do açúcar presente em matérias orgânicas como a batata. Por possuir também, uma melhor acessibilidade e facilidade de fabricação, o poli (ácido láctico), produzido a partir do amido, que é “[...] um polissacarídeo de reserva, formado por dois tipos de polímeros de glucose: uma molécula essencialmente linear, que é chamada de amilose, e um polímero altamente ramificado, a amilopectina [...]” (PUTAROV, *et al.* 2008, p. 2), torna-o um material mais “amigo” do meio ambiente.

A produção do PLA apresenta diversas vantagens, já que pode ser obtido a partir de fontes renováveis, sua produção consome dióxido de carbono, além de ser reciclável e compostável

“Porém este material puro apresenta algumas limitações importantes de aplicação e por isto são encontrados na literatura vários estudos para melhorar suas propriedades físicas e mecânicas tais como flexibilidade, resistência ao impacto e processamento através de aditivação, da preparação de blendas com outros polímeros ou de reticulação.” (MORALES & PEREIRA, 2014)

Tendo isso em vista, surge a ideia da utilização da fibra do coco. Já que, além de apresentar um baixo custo e disponibilidade, o coco verde apresenta uma facilidade de comercialização, facilidade essa, que se torna um problema, principalmente em áreas litorâneas, já que

“[...] o aumento do consumo aumenta também a possibilidade de impacto ambiental nessas áreas. O acúmulo dos cocos descartados, acrescido do fato de não poderem ter seu volume reduzido (por causa da dureza), trazem dificuldades logísticas e ambientais. Mesmo quando transportado para locais de disposição, por causa de seu longo tempo de decomposição, diminuem o tempo de vida útil dos lixões e dos aterros sanitários.” (SILVA, 2014, P. 4078).

Tornando-o assim um grande malefício em cidades litorâneas, além de possuir um alto descarte graças a sua grande procura para o consumo de sua água, no qual apenas, “[...] 80 a 85% do peso bruto representam resíduo (cascas), que não vêm sendo aproveitadas pela indústria de beneficiamento de fibras [...]” (CORRADINI, *et al.* 2009, 838), ou seja, a maior parte do coco representa resíduos sólidos, que seriam, posteriormente, descartados e não possuiriam um destino adequado.

Então, considerando que o Brasil é um país que produz muito coco para venda, e que o mesmo é um território turístico, a quantidade desse item é desproporcional a capacidade máxima que um aterro sanitário ou lixão suporta, tornando-o um problema ambiental, já que essa mercadoria não possui um destino adequado para seu descarte, principalmente sua casca/fibra, de mesmo modo que não se degrada rapidamente. Já que,

“Descartado na natureza ou nos aterros, o [...] coco verde leva de 8 a 12 anos para se decompor, favorecendo a proliferação de vetores transmissores de doenças, mau cheiro e o alto custo de seu manejo devido ao grande volume gerado. [...]” (EMBRAPA, 2009, *apud* MARTINS, 2016).

Ou seja, havendo o descarte da fibra do coco sem a sua reutilização, há uma sobrecarga dos locais destinados aos resíduos, gerando assim diversos problemas, não só ambientais, mas também voltados para a saúde pública e sociais, que poderiam ser facilmente resolvidos reutilizando essas fibras de maneira eficaz.

Então, pensando na resistência da substância produzida e na tentativa de diminuir outro impacto ambiental, o produto irá conter fibra vegetal em sua composição, já que, para “[...] melhorar as propriedades mecânicas, tem se incorporado a estes materiais, fibras lignocelulósicas, produzindo compósitos e nanocompósitos de bom desempenho mecânico.” (MACHADO *et al.* 2014 *apud* PAIXÃO *et al.* 2019), essas fibras são incorporadas em um material que serve de matriz, nesse caso o bioplástico, gerando riquezas e diminuindo o impacto ambiental causado pela produção e consumo desses cocos, nesse sentido sabendo que a fibra do coco maduro já é utilizada na agricultura e na indústria, “a fibra da casca do coco verde, que ainda não vem sendo amplamente utilizada, poderá se tornar matéria-prima importante na produção de compósitos poliméricos.” (ISHIZAKI *et al.* 2006, p. 182), ademais existem diversos estudos para o uso das fibras vegetais como reforço em compósitos de matrizes poliméricas,

“[...] pois aliam aspectos que vão de encontro a esta nova ordem mundial, um forte apelo ecológico e características como baixo custo, baixa densidade, fonte renovável, biodegradabilidade, atoxicidade e não-abrasividade, boas propriedades térmicas e boas propriedades mecânicas específicas, tornando-as fortes candidatas em potencial para estas aplicações.” (SANTOS, *et al.*).

Dessa forma, considerando tais informações, o coco torna-se um material muito danoso ao meio ambiente se não houver o seu reuso, já que não há meios consideravelmente eficazes para o descarte dessa matéria. Portanto, a utilização dessa fibra vegetal na produção do bioplástico é benéfico tanto para o melhoramento mecânico do bioplástico, quanto para que haja um destino final para os resíduos do coco, para assim, os problemas ambientais sejam diminuídos e a produção do bioplástico com uma resistência maior seja possível.

3.1. Metodologia

3.1.1. Materiais e reagentes

- 2 cocos verdes;
- Água destilada;
- Martelo;
- Tesoura;
- Béquer;
- HCl 0,1 M/L;
- NaOH 10%;
- Glicerina;
- Vidro Relógio;
- Placa de Petri;
- Bico de Bunsen;
- Balança;
- Amido de Batata;
- PHmetro;
- Plástico filme.

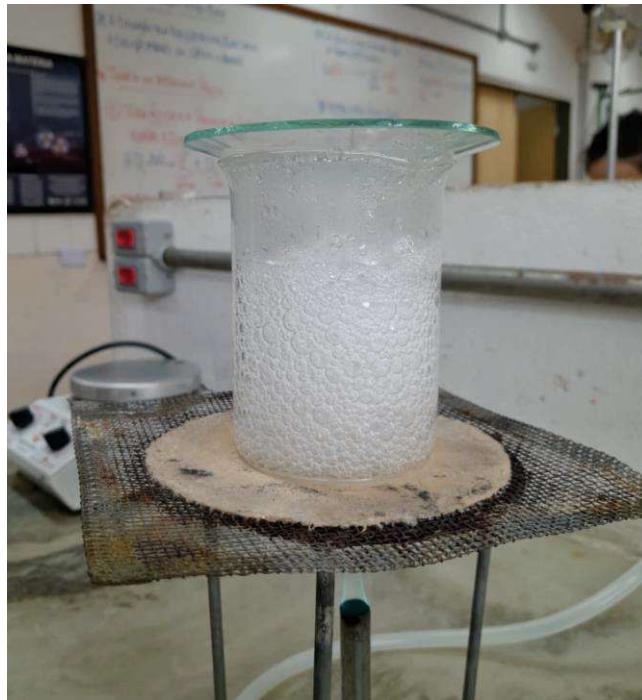
3.1.2. Método

Para o começo da produção do bioplástico, o primeiro processo realizado foi o da remoção da fibra vegetal, além disso para que houvesse melhor adesão das fibras de coco verde no mesmo, foi necessário fazer um tratamento superficial nas fibras, chamado de método de mercerização, esse processo serve para “[...] remover a lignina, hemicelulose, ceras, óleos e outras substâncias na superfície da fibra que possam dificultar com a adesão na matriz polimérica [...]” (RIOS, 2022, p.2). O método de mercerização consiste em colocar em imersão as fibras em uma solução aquosa de NaOH (soda cáustica) a 5% durante uma hora em agitação mecânica, e logo após lavada com água destilada para remoção total da NaOH. (RIOS, 2022). Para a extração da fibra, o coco foi partido ao meio com um martelo, em seguida os cocos partidos foram levados ao laboratório, para a extração da fibra manualmente, com um martelo e auxílio de uma tesoura. Após toda a extração da fibra elas foram separadas em três amostras:

1. 219 gramas de fibras não tratadas e secas em estufa à 60°C por 24 horas.
2. 220 gramas de fibras tratadas e secas em estufa à 60°C por 16 horas.
3. 220 gramas de fibras tratadas e secas em temperatura ambiente por 24 horas.

Em seguida, houve a produção do bioplástico (PLA) *in situ*. Para isso, foi utilizado o método de Bressanin (2010). No qual, em um béquer pesou-se 2,5 g do amido de batata, logo após foi adicionado 25 mL de água destilada, juntamente com 3 mL de HCl (ácido clorídrico) e 2 mL de glicerina. Posteriormente, a mistura foi levada ao bico de Bunsen, onde permaneceu por 15 minutos em chama branda, como mostrado na figura 1. Após o resfriamento, a solução teve seu pH neutralizado utilizando o NaOH, depois essa mistura foi colocada em uma placa de Petri e levada à estufa a 60° por 24 horas.

Figura 1 - Aquecimento da amostra



Fonte: Própria, 2023

A princípio, foram realizados testes para a produção do bioplástico sem a incrementação da fibra do coco, para comparação da resistência desse com a do reforçado com a fibra. A primeira amostra produzida apresentou uma consistência gelatinosa como mostrado na figura 2.

Figura 2 - Amostra nº 1 após ser retirada da estufa



Fonte: Própria, 2023

A amostra nº 1, além de apresentar uma consistência gelatinosa, próxima a de uma cola bastão, também apresentou rachaduras em suas bordas. Da mesma forma,

foi observado uma grande dificuldade para a retirada desse material da placa de Petri. Uma vez que, não há a especificação da concentração do HCl utilizado na metodologia. Por isso, diluiu-se esse ácido em uma concentração de 0,1 mol/L, na qual inicialmente essa concentração era de 0,5 mol/L.

Além disso, outro problema apresentado durante a produção dessa matéria, foi a quantidade de NaOH utilizado para a neutralização da solução, já que no procedimento seguido também não havia a concentração desse hidróxido. Desse modo, foi-se criado uma solução de hidróxido de sódio a 10%, no qual foi possível obter o resultado desejado, utilizando uma menor quantidade desse produto.

Em seguida, após o ajuste da concentração destes componentes, o bioplástico finalmente chegou à consistência desejada, como mostrada na figura 3.

Figura 3 - Amostra nº 2 após ser retirada da estufa



Fonte: Própria, 2023

Contudo, ainda havia o problema da retirada desse material da placa de Petri. Para solucionar esse problema, primeiramente foi proposto a utilização de papel alumínio como forração da placa. À primeira vista, a utilização do material foi o suficiente para que o bioplástico não aderisse a placa e soltasse dela com maior facilidade. Entretanto, o produto ainda apresentava aderência no papel alumínio, o que dificultava a retirada dele. Além disso, observou-se também a formação de bolhas de ar na amostra, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 - Amostra nº 3 após ser retirada da placa de Petri



Fonte: Própria, 2023

Na tentativa de solucionar o problema do produto persistir aderindo na placa e no papel alumínio, foi-se substituído o material utilizado como forro para o filme PVC, que apresentou uma menor resistência na retirada do bioplástico, desse modo, favorecendo a retirada completa do biopolímero da vidraria. Além disso, a fim de evitar o surgimento de bolhas no PLA, realizou-se a adição de uma pequena quantidade de álcool etílico 70%, gotejando em cima das bolhas geradas durante a transição do produto do Béquer à placa de Petri. Desse modo, observou-se que o material saiu com maior facilidade, além de apresentar uma diminuição na formação de bolhas, como visto na figura 5.

Figura 5 - Amostra nº 4 após ser retirada da placa



Fonte: Própria, 2023

A partir disso, iniciou-se a produção do bioplástico incrementado com fibra de coco. Assim, utilizando a mesma fórmula em que obteve-se o resultado desejado, produziu-se a amostra e acrescentou-se a fibra anteriormente picotada. Essas fibras,

como dito anteriormente, foram separadas em 3 amostras, como mostrado nas figuras 6, 7 e 8.

Figura 6 - Fibra 1 não tratada e seca em estufa



Fonte: Própria, 2023

Figura 7 - Fibra 2 tratada e seca em estufa



Fonte: Própria, 2023

Figura 8 - Fibra 3 tratada e seca em temperatura ambiente



Fonte: Própria, 2023

Entretanto, essas amostras confeccionadas acabaram por apresentar uma textura indesejada nos três tipos de fibra, pois resultaram em uma consistência áspera, devido a densidade dos fios de coco, como visto nas figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 - Amostra nº 5 fibras tratadas e secas em temperatura ambiente



Fonte: Própria, 2023

Figura 10 - Amostra nº 6 com fibra tratada e seca em estufa



Fonte: Própria, 2023

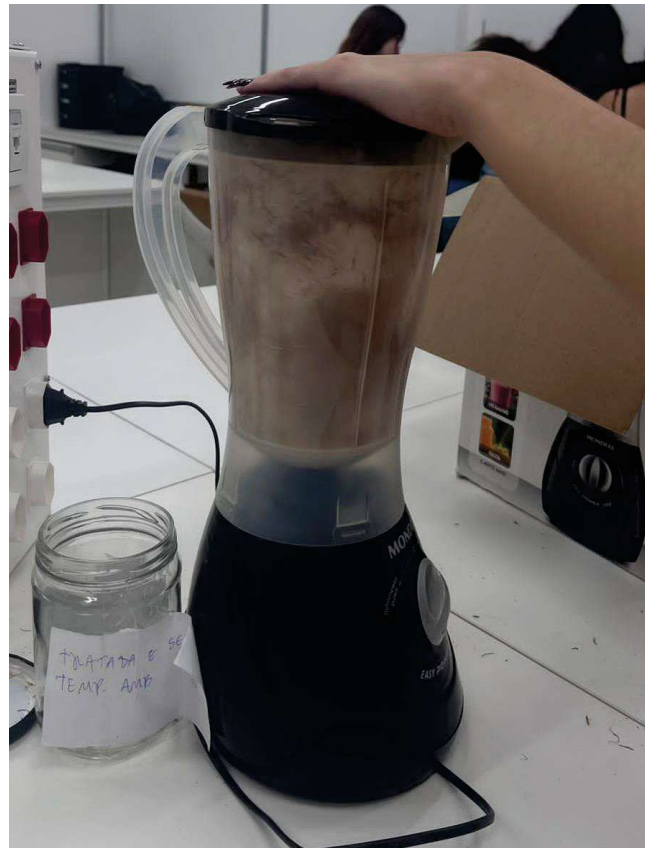
Figura 11 - Amostra nº 7 com fibra sem tratar e seca em estufa



Fonte: Própria, 2023

Para solucionar esse problema foi necessário triturar a fibra, para que assim as amostras apresentassem uma textura mais suave, além de um aspecto mais homogêneo. Como visto na figura 12, no qual as fibras foram trituradas com o auxílio de um liquidificador.

Figura 12 – Fibras de coco trituradas a uma velocidade de 4000 rpm



Fonte: Própria, 2023

A partir disso, foram feitas amostras com as fibras 1 e 2 como visto nas figuras 13 e 14, respectivamente, tendo em vista que essas apresentaram um maior desempenho mecânico durante a tentativa de aprimoramento do bioplástico.

Figura 13 - Amostra nº 8 com a fibra 1 triturada



Fonte: Própria, 2023

Figura 14 - Amostra nº 9 com a fibra 2 triturada



Fonte: Própria, 2023

Essas amostras já começaram a apresentar uma textura mais refinada, porém ainda apresentavam um aspecto grosseiro, notou-se também que a camada de bioplástico que teve a fibra posteriormente adicionada, acabava por ficar

extremamente fina, já que a fibra absorvia parte desse produto, para resolver isso, foi necessário que a receita do bioplástico fosse dobrada. Entretanto, sua resistência já era maior do que a apresentada pelo bioplástico convencional sem a presença das fibras. Desse modo, para diminuir esse aspecto nas amostras, a fibra de coco necessita ser aplicada manualmente, ocupando cada espaço vazio, espalhando-o para que fixe na amostra de forma mais homogênea. Assim, tendo todos esses problemas resolvidos, foi então realizada a tentativa de produzir a amostra que fosse mais adequada, tanto em resistência, quanto em consistência. As amostras 10, 11 e 12 foram as primeiras amostras produzidas seguindo passo a passo das observações adicionadas durante a pesquisa, essas acabaram apresentando uma consistência indesejada como visto nas figuras 15, 16 e 17, respectivamente.

Figura 15 - Amostra nº 10 produzida com a fibra 1



Fonte: Própria, 2023

Figura 16 - Amostra nº 11 produzida com a fibra 2



Fonte: Própria, 2023

Figura 17 - Amostra nº 12 produzida com a fibra 3



Fonte: Própria, 2023

Essas, acabaram por apesentarem, inicialmente, uma consistência gelatinosa, devido ao não-endurecimento do bioplástico da amostra, além da baixa aderência da fibra ao biopolímero. Com o passar do tempo, a camada gelatinosa presente na amostra dissipou-se, fazendo com que as amostras esfarelassem. Assim, foram produzidas mais uma amostra de cada tipo, para conferir se aconteceria o mesmo com elas, assim como também foi produzido uma amostra de bioplástico em a adição da fibra vegetal, para a comparação, como visto nas figuras 18, 19, 20 e 21:

Figura 18 - Amostra nº 13 produzida com a fibra 1



Fonte: Própria, 2023

Figura 19 - Amostra nº 14 produzida com a fibra 2



Fonte: Própria, 2023

Figura 20 - Amostra nº 15 produzida com a fibra 3



Fonte: Própria, 2023

Figura 21 - Amostra nº 16 produzida sem fibra vegetal



Fonte: Própria, 2023

Foi então observado que, os problemas da produção anterior, não foram geradas devido a utilização de algum componente químico em excesso, mas sim problemas na produção, provocadas durante o despejo da fibra no biopolímero e no aquecimento das amostras na estufa, visto que as amostras feitas em seguida, apresentaram todas as características positivas esperadas.

3.2. Resultados e discussões

A amostra do bioplástico produzido sem a incrementação de fibras vegetais apresentou o resultado esperado graças ao aperfeiçoamento do método ao longo dos testes. Entretanto, o biopolímero apresentou uma alta maleabilidade, que foi corrigida utilizando as fibras vegetais, que precisaram ser anteriormente tratadas.

Sem dúvida, a mercerização das fibras foi um sucesso, não apresentando características físicas destoantes entre elas. Por outro lado, acabaram por apresentar discrepâncias químicas entre si, para a sua adesão no bioplástico. Este, foi realizado afim de remover qualquer substância que poderia afetar, posteriormente, na aderência

da fibra vegetal ao plástico biodegradável. Entretanto, a fibra não-tratada apresentou mudanças mínimas na adesão do bioplástico.

Já as fibras secas em estufa, apresentaram maior facilidade na incrementação ao biopolímero, graças a secagem foi possível que o filamento absorvesse o PLA, garantindo assim maior ligação delas entre si. Assim, deixando-o um material mais resistente, que desgasta com menor facilidade.

Dentre os testes realizados, as fibras que obtiveram o resultado mais desejado, foram as fibras 1 (fibras não tratadas e secas em estufa) e a 2 (tratada e seca em estufa), devido a elas terem sido secas em estufa, permitindo assim que elas pudessem absorver melhor o bioplástico, diferentemente da fibra 3 (tratada e seca em temperatura ambiente) que por ter passado por esses processos, não teve as substâncias presentes em seu interior totalmente evaporadas, assim não conseguindo absorver o biopolímero, portanto não alcançando a consistência desejada.

Ademais, tornam-se elegíveis como melhor fibra para a incrementação no bioplástico a 1 e a 2. Essas, apresentando, porém, apenas uma diferença entre elas, a fibra número 1 não foi tratada com NaOH a 5%, enquanto a número 2, sim. Essa diferenciação causou na menor ligação do filamento com o biopolímero nas amostras produzidas com a fibra 1 em comparação com as produzidas com a fibra 2.

4. CONCLUSÃO

Durante todo o trajeto de pesquisa realizado, tornou-se notório que a utilização da fibra vegetal, realmente é uma opção viável na melhoria dos aspectos mecânicos do bioplástico, podendo aumentar ainda mais a utilização desse material como substituição do plástico convencional.

A fibra, por ser um material de origem orgânica, não apresenta mudanças significativas no período de degradação do biopolímero, apenas o prolongando por um curto período. Além disso, por ser uma fibra, aumenta a resistência e a dureza desse frágil material. Cada amostra foi produzida utilizando um tipo de fibra cada, que diferenciam-se pela forma em que foram tratadas anteriormente.

Em suma, nota-se que a melhor fibra a ser aplicada nesse material, caso o objetivo seja aumentar a consistência desse produto, é a fibra 2 (tratada e seca em estufa). Tendo em vista que, durante a produção de amostras, desde o princípio esse filamento apresentou uma maior compatibilidade com os objetivos desejados, mantendo maior resistência e durabilidade do que as demais amostras. Desse modo, as amostras produzidas com a incrementação da fibra 2, apresentaram maior resistência e durabilidade que as produzidas utilizando as fibras 1 e 3, isso graças ao tratamento e secagem que essa fibra vegetal sofreu, que facilitou a absorção do bioplástico e eliminou qualquer substância que poderia afetá-la.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMORIM, D. P. L. **BIOPLÁSTICOS: BENEFÍCIOS SUSTENTÁVEIS E ASCENSÃO DA PRODUÇÃO**. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, 2019. P. 2318-3233. Disponível em: [Vista do BIOPLÁSTICOS: DOS BENEFÍCIOS SUSTENTÁVEIS À ASCENSÃO DA PRODUÇÃO \(fmu.br\)](#) . Acessado em: 03/12/2023.

AZEVEDO, Larissa; NEVES Sérgio. **BIOPLÁSTICO: ALTERNATIVA VIÁVEL E SUSTENTÁVEL AO PLÁSTICO CONVENCIONAL**. Universidade Católica do Salvador, 2019. Disponível em: <http://ri.ucsal.br:8080/jspui/handle/prefix/4527> . Acessado em: 25/05/2023.

BISSOLI, Otávio Duarte. **Bioteχνologias para a degradação de plásticos**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto em Bioquímica e Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, 2021. P. 1-87. Disponível em: [517461.pdf \(up.pt\)](#) . Acessado em: 30/03/2023.

BRESSANIN, Helton Rodrigo citá. **BIOPLÁSTICO A PARTIR DE AMIDO**, 2010. FEMA. P. 1-56. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=biopl%C3%A1stico+a+partir+do+amido&oq=bioplastico+a+p ar#d=gs_qabs&t=1683941713452&u=%23p%3DWA8pLJQuISQJ . Acessado em: 27/03/2023.

CASTRO, Thais. **OS BIOPLÁSTICOS: IMPACTOS AMBIENTAIS E PERSPECTIVAS DE MERCADO**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2019. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/13706> . Acessado em: 19/10/2023.

CRUZ, R. S; DA SILVA, V. PERUCH, G. C. **Produção e caracterização de filmes de poli(ácido láctico)**. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2019. p. 1–4.

Disponível em:

<file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/adminojs,+Vanessa+da+Silva%C2%A0.pdf> . Acessado em: 09/05/2023.

CORRADINE, Elisângela. et al. **Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde**. Scielo, 2009. Disponível

em: [SciELO - Brasil - Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde](#) . Acesso em:

09/03/2023.

COSTA, P. A. da C. **PRODUÇÃO DE HIDROCARBONETOS LÍQUIDOS E GASOSOS POR PIRÓLISE DE RESÍDUOS PLÁSTICOS**. Universidade Nova em Lisboa, 2006. P. 1-376. Disponível em:

<http://repositorio.Ineg.pt/bitstream/10400.9/415/1/Tese%20Doutoramento%20P aula%20Costa.pdf> . Acessado em: 11/05/2023.

DIAS, M. A. *et al.* **MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS**. Scielo, 2021. Disponível em: [SciELO - Brasil - MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS MICROPLÁSTICOS: OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS](#)

[OCORRÊNCIA AMBIENTAL E DESAFIOS ANALÍTICOS](#) . Acessado em:

05/12/2023.

FABRO, A. T. *et al.* **UTILIZAÇÃO DE SACOLAS PLÁSTICAS EM**

SUPERMERCADOS. Revista Ciência do Ambiente, 2007. P. 15-23. Disponível em:

[Microsoft Word - 15-23.doc \(researchgate.net\)](#) . Acessado em: 05/12/2023.

FERNANDES, C. R. J. S. *et al.* **PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE POLÍMEROS NATURAIS.** UFCG, 2019. P. 1-14. Disponível em: [PRODUÇÃO DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS NATURAIS - ANAIS VII SIMEP ARTIGO 2019.pdf \(ufcg.edu.br\)](#). Acessado em: 06/11/2023.

FIGUEIREDO, Carina Isabel. **Estudo sobre o impacto dos copos para bebidas "On the Go" em Portugal.** Universidades Lusíadas, Porto, 2021. p. 1-206.

Disponível em:

<http://dspace.lis.ulusiada.pt/bitstream/11067/6447/1/287071%20Carina%20Isabel%20Bastos%20Figueiredo.pdf>. Acessado em: 14/05/2023.

FRANCHETTI, S. M. M; MARCONATO, J. C. **POLÍMEROS BIODEGRADÁVEIS – UMA SOLUÇÃO PARCIAL PARA DIMINUIR A QUANTIDADE DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS.**

Rio Claro, 2005. P. 812-816. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/QXT9wMDfVQ9PrhbVsp8b3Pc/?format=pdf&lang=pt> . Acessado em: 01/06/2023.

ISHIZAKI, M. H. *et al.* **Caracterização Mecânica e Morfológica de Compósitos de Polipropileno e Fibras de Coco Verde:** Influência do Teor de Fibra e das Condições de Mistura. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 16, n° 3, p. 182-186, 2006. Disponível em: [v16n3a02 \(scielo.br\)](#) . Acessado em: 08/11/2023.

MARTINS, Paulo Sérgio Lettiere. **FIBRA DE COCO VERDE: CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL PELA ARTE-EDUCAÇÃO.** Universidade rural do Rio de Janeiro

instituto de agronomia. 2016, p. 1-91. Disponível em:

[https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/jspui/1812/2/2016%20-](https://tede.ufrrj.br/jspui/bitstream/jspui/1812/2/2016%20-%20Paulo%20S%C3%A9rgio%20Lettiere%20Martins.pdf)

[%20Paulo%20S%C3%A9rgio%20Lettiere%20Martins.pdf](#) . Acessado em:

11/05/2023.

MARTINS, S. S. S. SILVA, M. P. AZEVEDO, M. O. SILVA, M. P. **PRODUÇÃO DE PETRÓLEO E IMPACTOS AMBIENTAIS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.** Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais – Instituto Federal do Rio Grande do Norte, 2015, p. 54-76. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4815/481547289005.pdf> . Acessado em: 18/05/2023.

MENDES, Edisley; OLIVEIRA, Isabelly; OLIVEIRA, Leticia; MENDES, Leticia; MENDES, Antonia. **Aperfeiçoamento de utensílios descartáveis a partir do bioplástico.** Secretaria de Educação do Estado do Ceara, 2022. P. 77-82. Disponível em: <https://revistadocentes.seduc.ce.gov.br/cearacientifico/article/view/642> . Acessado em: 18/05/2023.

MORALES, A. PEREIRA, R. B. **ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO E MECÂNICO DO PLA MODIFICADO COM ADITIVO NUCLEANTE E MODIFICADOR DE IMPACTO.** Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/xbqZPqZhgLwdR8PsSnWJcvs/?lang=pt#> . Acessado em 19/10/2023.

OLIVEIRA, C. O. MENDONÇA, G. S., NEVES, L. S. **A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso.** Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGETE-ISSN 2236 1170 - v. 13 n. 13 Ago. 2013, p. 2683- 2689. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/223611708248> . Acessado em: 30/05/2023.

PAIXÃO, L. C. *et al.* **Confecção e caracterização de filmes bioplásticos de pectina com adição de fibras do mesocarpo de coco-da-baía (cocos nucifera)**

seco. *Brazilian Journal of development*, 2019. P. 19395-19412. Disponível em: [admin,+3799-10378-1-SM.pdf](#). Acessado em: 07/11/2023.

PUTAROV, N. B. et. al., **EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO GRÃO DE AMIDO DE BATATA, BATATA-DOCE E MANDIOCA**, 2008. Disponível em: [file:///C:/Users/USER/Downloads/karina,+Editor+da+revista,+art+04+083-08+Extra%C3%A7%C3%A3o+e+caracteriza%C3%A7%C3%A3o.pdf](#) . Acessado em: 23/03/2023.

RABELO, S. K. L. **ESTUDO DE CASO APLICADO AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INSTALAÇÕES MARÍTIMAS DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO DA BACIA DE CAMPOS**. Perspectiva online, 2008. P. 117-134. Disponível em: [Estudo de caso aplicado ao gerenciamento.pdf](#) . Acessado em: 01/06/2023.

RIOS, A. S. et. al., **Caracterização mecânica e morfológica de fibras de coco tratadas superficialmente para utilização como reforço em polímeros**, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/VBQnxzbTPVyMd3hdvZZFzdj/?lang=pt> . Acessado em: 23/03/2023.

SANTOS, A. M. *et al.* **ESTUDO DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS POLIPROPILENO / FIBRAS DE VIDRO E COCO PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA**. Universidade federal do paraná. Disponível em: [172.pdf \(ipen.br\)](#) . Acessado em: 08/11/2023.

SILVA, A. C. **Reaproveitamento da casca de coco Reaproveitamento verde**. Revista Monografias Ambientais - REMOA v.13, n.5, dez. 2014, p.4077-4086.

Disponível em: [Vista do Reaproveitamento da casca de coco verde \(ufsm.br\)](#).
Acessado em: 08/11/2023.

SILVA, M. C. **Morfologia e biodegradação de compósitos de poli(ϵ -caprolactona) com fibra de coco verde**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009. p. 20-32. Disponível em: <http://www.bdttd.uerj.br/handle/1/15702> .
Acessado em: 25/05/2023.

VECCHIO, G. R. S.; SILVA, L. **OBTENÇÃO DO BIOPLÁSTICO A PARTIR DO AMIDO DE BATATA-DOCE**. Ciência & Tecnologia, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 203-207, <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/154> . Acesso em: 28 mar. 2023.