

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE - *CAMPUS* ARAQUARI
AMANDA CATHERINE CASTANHEIRA DIAS, ANA LUIZA
FIGUEIREDO DE BORBA, MARIA EDUARDA DE MARCHI
ZANATTA, NATHÁLIA SCHULTZ, VANESSA APARECIDA VIEIRA**

**PRODUÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL A PARTIR DA
FÉCULA DE MANDIOCA COM BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR COMO FORTIFICANTE**

ARAQUARI/SC

2019

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE - *CAMPUS* ARAQUARI
AMANDA CATHERINE CASTANHEIRA DIAS, ANA LUIZA
FIGUEIREDO DE BORBA, MARIA EDUARDA DE MARCHI
ZANATTA, NATHÁLIA SCHULTZ, VANESSA APARECIDA VIEIRA**

**PRODUÇÃO DE FILME BIODEGRADÁVEL A PARTIR DA
FÉCULA DE MANDIOCA COM BAGAÇO DE CANA-DE-
AÇÚCAR COMO FORTIFICANTE**

Trabalho Final do Projeto de Iniciação Científica Integrada (PIC-QUIMI) apresentado ao Instituto Federal Catarinense – *Campus* Araquari como parte complementar à matriz curricular do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

Orientador: Adalberto Manoel da Silva.

Co-orientador: Guilherme Sousa Mota.

ARAQUARI/SC

2019

RESUMO

Com o aumento do êxodo rural e da concentração de pessoas nas cidades foi observado o aumento na quantidade de lixo produzido. Dentre estes, o plástico sintético, que é proveniente do petróleo, caracteriza-se como um material de pouca degradabilidade, que além de ser um dos resíduos mais encontrados, é um dos maiores problemas quando se trata de meio ambiente, principalmente no meio urbano, pois pode causar o entupimento de valas e ocasionar enchentes. Na atualidade, o investimento em materiais plásticos biodegradáveis vem ganhando visibilidade no mercado e tende a ser uma opção plausível, já que estes são provenientes de uma fonte renovável (podendo ser produzidos por intermédio do reaproveitamento de substratos), e não causam grandes impactos negativos ao ambiente natural. Envelopes de plástico sintético são utilizados na produção de mudas e apresentam desvantagens relacionadas ao manuseio, já que muitas acabam sendo danificadas ao serem retiradas do envelope para o replantio, havendo uma quantidade que não pode ser reaproveitada por conta de seu detrimento. A substituição destes pelos biodegradáveis poderá ser favorável à sociedade acadêmica, considerando o título do colégio como agrícola; desta forma, este trabalho teve como intento propor a futura substituição dos envelopes sintéticos por outros de plástico biodegradável no Instituto Federal Catarinense - *Campus Araquari*, produzidos empregando o bagaço da cana de açúcar como fortificante (já que este caracteriza-se como material fibroso e também por ser o maior resquício agroindustrial do Brasil), glicerol e fécula de mandioca. Foram realizados testes de densidade, espessura e perda de massa de água com a intenção de caracterizar o produto, e através dos dados obtidos concluiu-se que o plástico com 5% de cana de açúcar poderá ser o mais adequado para a produção de envelopes para as mudas do Campus, já que possui maior espessura e menor densidade dentre os filmes produzidos.

Palavras chave: Impactos ambientais, plástico, resíduos, polímeros, biodegradabilidade.

ABSTRACT

Recently, waste production has intensified, considering the intensification of rural exodus and the rise of urbanization. Amidst the residuum, synthetic plastic is found in larger amounts, besides being a major problem when it comes to the environment. Nowadays, investment on biodegradable plastic production has been growing; it's a reasonable option, since it can be made through renewable resources or by recycling waste materials and does not cause substantial negative consequences to the environment. Synthetic plastic envelopes are commonly used for seedlings manufacture; however, they demonstrate disadvantages associated with their manipulation, as many become damaged subsequently to their handling. On account of that along with Instituto Federal Catarinense - *Campus Araquari*'s denomination as agricultural, this project is aimed to propose a future replacement of synthetic envelopes for biodegradable ones made from glycerol and cassava starch using sugarcane bagasse as a fortifier (since it is Brazil's main agro-industrial residue). Density, thickness, and water mass loss tests were executed to characterize the produced bioplastic films. The achieved results brought to the conclusion that the bioplastic composed with 5% of sugarcane bagasse might be the most suitable as an envelope for seedlings cultivation, given its larger thickness and lower density amidst the ones produced.

Keywords: Environmental impacts, plastic, residues, polymers, biodegradability.

SUMÁRIO

1 TEMA	6
1.2 Delimitação do tema	6
2 OBJETIVO GERAL	7
2.1 Objetivos específicos	7
3 INTRODUÇÃO	8
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
4.1 Polímeros	10
4.2 Biopolímeros e Polímeros Biodegradáveis	12
4.3 Bagaço da cana-de-açúcar	13
5 METODOLOGIA DA PESQUISA	14
5.1 Obtenção do plástico biodegradável	14
5.2 Obtenção do filme com bagaço de cana-de-açúcar	14
5.3 Teste de espessura, densidade e perda de massa d'água	14
6 RESULTADOS	15
7 CONCLUSÃO	19
8 REFERÊNCIAS	20

1 TEMA

Produção de plástico biodegradável para futura utilização no viveiro de mudas do Instituto Federal Catarinense - *Campus Araquari*.

1.2 Delimitação do tema

Produção de um envelope plástico biodegradável a partir da fécula de mandioca, glicerol e bagaço da cana-de-açúcar e realização de análises de espessura, densidade e perda de massa de água, a fim de caracterizar o material.

2 OBJETIVO GERAL

Produzir filmes de plástico biodegradáveis de fécula de mandioca, glicerol e cana-de-açúcar a fim de substituir os envelopes de plástico sintético do *campus*, diminuindo os impactos causados pelo seu uso.

2.1 Objetivos específicos

- Desenvolver plástico biodegradável utilizando bagaço de cana de açúcar, fécula de mandioca e glicerol;
- Realizar testes de densidade, espessura e perda de massa de água no material produzido.

3 INTRODUÇÃO

O plástico sintético foi um dos materiais revolucionários do século XX, que desencadeou um avanço econômico significativo desde então, visto que possui um baixo custo para sua fabricação e possui várias aplicações, como na indústria têxtil, alimentar e agrícola, tornando-se acessível à população em massa. Além disso, produtos plásticos são materiais resistentes a certas variáveis, como altas temperaturas, solubilidade, entre outros, o que os torna pouco degradáveis.

Dessa forma, sua resistência a degradação e grande aplicabilidade favorecem o acúmulo progressivo desse material, que polui diferentes espaços do meio ambiente: há por exemplo a previsão de que caso não exista um controle de descarte, no ano de 2050 haverá mais plásticos que peixes nos oceanos, além de que, tendo uma grande quantidade de plástico no ambiente marinho, a penetração de raios solares diminui, impossibilitando as algas de fazerem fotossíntese, sendo essas responsáveis por 70% da produção de oxigênio. (NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL, 2018)

Visando preservar o meio ambiente existem diversos métodos que têm como objetivo diminuir essa agressão. Dentre eles está a reciclagem e reaproveitamento de produtos plásticos, a conscientização para o descarte adequado e o investimento em plásticos biodegradáveis.

Os plásticos biodegradáveis consistem na possibilidade de o produto sofrer degradação devido a ação de microrganismos em um menor período de tempo quando expostos a condições favoráveis. Esses produtos podem ser oriundos de fontes renováveis, como amido, batata, cana de açúcar, celulose e até mesmo resíduos dessas fontes. Uma estimativa, realizada entre os de 2018 e 2019, aponta que cerca de 625,96 milhões de toneladas de cana de açúcar serão colhidas no Brasil (CONAB), sendo que o bagaço da cana de açúcar é o resíduo obtido em maior quantidade, contabilizando uma média de 5 a 12 milhões de toneladas anuais (COSTA, BOCCHI).

Ainda que os plásticos biodegradáveis tenham vantagens quanto a preservação do meio ambiente, por conta de seu custo elevado e menor difusão de utilidade, esse produto ainda não possui participação significativa nos mercados, sendo que a redução do seu preço dependerá do aperfeiçoamento de suas tecnologias de fabricação.

Tendo em vista o problema que os plásticos sintéticos provocam na flora e na biota, aliado ao fato da grande disponibilidade do bagaço de cana-de-açúcar, este trabalho tem

como intuito produzir um plástico biodegradável usando como componente alternativo as fibras da cana de açúcar. Posteriormente, o objetivo será propor a substituição dos envelopes de polímeros sintéticos não biodegradáveis utilizados na embalagem de mudas do IFC - *Campus Araquari*.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os produtos plásticos possuem inúmeras aplicações por ser um material produzido em grande escala, com baixo custo, pouca degradabilidade e alta maleabilidade. Contudo, com o aumento da quantidade desse material sendo descartado de maneira indevida no meio ambiente, aumenta-se também a preocupação com as consequências desta conduta. Segundo Shrivram (2001 *apud* FRANCHETTI E MARCONATO, 2006), o consumo médio anual de plásticos no mundo é de 19 kg por pessoa. Em 2000, o Brasil produziu em média 23 mil toneladas de lixo por dia, sendo que 20% desse total consistia em material plástico (COUTINHO *et al.*, 2004).

A pouca degradabilidade dos plásticos oriundos do petróleo e o seu descarte inadequado ocasionam prejuízos ao meio ambiente, pois podem causar entupimento de valas e bueiros, gerando enchentes e desabrigando pessoas. Esses materiais também podem cair em rios, mares e oceanos, com a possibilidade de causar a extinção da vida marinha ali presente. Além desses problemas há a questão de os plásticos serem oriundos do petróleo, que é um combustível fóssil cuja exploração traz sérios impactos ao meio ambiente.

Uma opção para minimizar os impactos causados por esse material é a disseminação da produção e do uso do plástico biodegradável. Esse material é degradado através da ação de organismos vivos, o que diminui seu tempo de vida no meio ambiente e reduz danos. Mesmo com crescente interesse e procura pelo plástico biodegradável, suas desvantagens impedem a produção deste material em grande escala: tendo como exemplo o polietileno, um polímero simples e muito utilizado, seu custo de produção é aproximadamente 1 US\$/kg; em contrapartida, polímeros biodegradáveis custam, em média, 5 a 8 US\$/kg para sua produção (GOMES, BUENO 1997; ROSA, FRANCO 1999 *apud* ROSA *et al.*, 2002)

4.1 Polímeros

Os plásticos são compostos por polímeros, que são macromoléculas estruturadas pela reiteração de unidades químicas básicas, chamadas monômeros, ligadas covalentemente. Podem ser especificados em diversas classificações, como em relação à sua ocorrência: os polímeros naturais, que já estão presentes regularmente na natureza, como a celulose, a borracha natural, o amido, as proteínas e os ácidos nucleicos; e os polímeros sintéticos, os quais são predominantemente compostos orgânicos sintetizados pelo homem por meio de

reações de polimerização de moléculas simples (Figura 1), como o nylon, o dacron, o PVC, o vidro acrílico e o polietileno (ANDRADE, 1995 *apud* ALMEIDA, MAGALHÃES 2004).

Figura 1: Formação do Polímero Sintético



Fonte: SALVADOR, 2000 *apud* ALMEIDA, MAGALHÃES 2004

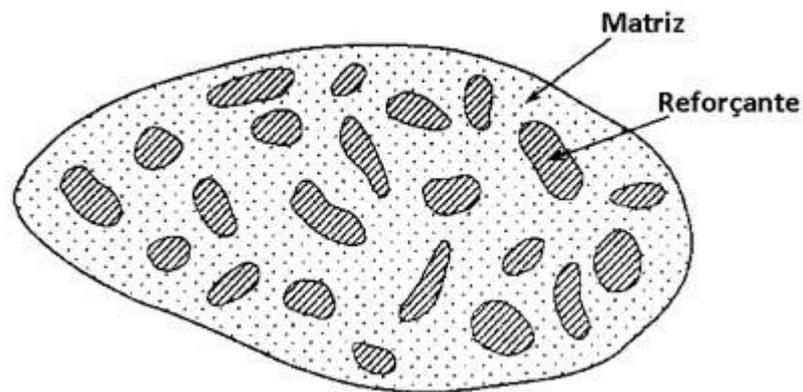
Outra possível classificação dos polímeros é através da sua estrutura final. Os lineares resultam em materiais termoplásticos, que amolecem na presença de calor e endurecem quando esfriados. Esses conseguem ser moldados consecutivamente, como o polietileno, por exemplo. Os polímeros tridimensionais expandem-se em todas as direções, ligando-se em cadeias adjacentes, comumente formando materiais termofixos que não tem a possibilidade de reaproveitamento, já que são permanentemente rígidos, como os epóxidos. (ANDRADE, 1995 *apud* ALMEIDA, MAGALHÃES 2004)

As cadeias de polímeros relacionam-se por meio de ligações fracas, orientadas por forças de Van Der Waals nos termoplásticos e ligações cruzadas nos termofixos. Dessa forma, a rigidez dos polímeros é geralmente baixa; no entanto, o acréscimo de fibras aprimora essa característica, proporcionando resistência e rigidez ao compósito. (OLIVEIRA, 2004)

Segundo Soares (2010), um material compósito é aquele que é formado pela união de dois ou mais materiais distintos, permitindo a elaboração de outro com desempenho superior aos dos que o constituem separadamente.

Em um compósito são encontradas uma única ou diversas fases descontínuas, os reforçantes, e uma fase contínua, a matriz (Figura 2). O reforçante atribui resistência ao material, enquanto a matriz garante a sua maleabilidade.

Figura 2: Material compósito



Fonte: Soares, 2010

4.2 Biopolímeros e Polímeros Biodegradáveis

Os polímeros sintéticos podem constituir também materiais plásticos oriundos de fontes renováveis ou que possuem propriedades biodegradáveis, como os biopolímeros e os polímeros biodegradáveis.

Os biopolímeros utilizam matérias-primas de fontes renováveis em sua produção, como o milho, a celulose, a cana-de-açúcar, a quitina, entre outras. Eles dispõem potencial para substituir polímeros oriundos de fontes fósseis em certas aplicações, mas apresentam determinadas limitações técnicas que dificultam seu processamento e uso como produto final. Já os polímeros biodegradáveis sofrem a degradação através da ação de microrganismos naturais (como bactérias, fungos e algas), a qual pode ocorrer no período de semanas ou meses, dependendo das condições. Eles podem ser derivados de fontes naturais (milho, batata, cana-de-açúcar, celulose), da sintetização bacteriana (ácido butírico, ácido valérico), de fonte animal (quitina, quitosana, proteínas) ou até mesmo fóssil (petróleo) (BRITO *et al.*, 2011)

Os polihidroxialcanoatos (PHAs), por exemplo, são uma classe de biopolímeros biodegradáveis produzidos naturalmente por bactérias; sendo formados em seu citoplasma, como grânulos de reserva de energia. Os PHAs dispõem de uma ampla variedade de características devido à existência de aproximadamente 150 monômeros distintos, proporcionando diversas possibilidades de composições monoméricas do polímero. Ademais, essa classe polimérica produz biopolímeros biocompatíveis, isto é, sua degradação não gera subprodutos tóxicos. (CARDOSO, 2017).

Um biopolímero pertencente à classe dos polihidroxicanoatos é o polihidroxibutirato (PHB), que possui propriedades físico-químicas semelhantes às do polipropileno, o plástico derivado de petróleo mais consumido no mundo. O PHB é capaz de ser produzido através da fermentação do açúcar da cana-de-açúcar inicialmente invertido em um processo enzimático e convertido em um xarope, que é consumido pelas bactérias para a formação do polímero. Ele é altamente biodegradável em ambientes biologicamente ativos e apresenta propriedades como resistência à água e aos raios ultravioleta, elevada cristalinidade e barreira à permeabilidade de gases, além de ser inerte; todavia, é frágil e tem baixa resistência à processamentos. (TELLES *et al*, 2011).

4.3 Bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço resultante da moagem é o maior subproduto da cana-de-açúcar: cerca de 320 kg gerados por cada tonelada de cana moída. Esse material possui alta concentração de nutrientes e é o resíduo agroindustrial gerado em maior número no Brasil, com sua produção em cerca de 12 milhões de toneladas anuais (SILVA *et al*, 2007 *apud* DA COSTA, BOCCHI, 2012). Uma das maiores aplicações desse subproduto é na produção de etanol de 2^o geração, feito a partir da hidrólise. Também é utilizado na alimentação animal, indústria de cosméticos, cogeração de energia e na engenharia civil, tendo como exemplo o fibrocimento: um cimento que apresenta o bagaço em sua composição, com a finalidade de melhorar sua resistência (DA COSTA, BOCCHI, 2012).

5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Foram utilizadas diferentes metodologias, com base em pesquisas anteriores, adaptando-as para a disponibilidade dos recursos que o laboratório oferecia. Para isso foram adicionadas aos filmes plásticos diferentes porcentagens de bagaço de cana-de-açúcar triturado, buscando oferecer maior resistência aos filmes plásticos biodegradáveis.

5.1 Obtenção do plástico biodegradável

Em um béquer de 500 mL colocou-se 400 mL de água destilada, 20 g de fécula de mandioca (5% da massa de água) e 5 g de glicerina (25% da massa da fécula de mandioca). ponto final. Essa solução foi agitada por 40 minutos à temperatura de 70-90 °C, até que fosse obtida a textura adequada para enformar. Com o conteúdo já na forma de teflon esperava-se a forma esfriar a temperatura ambiente para então ser levada à estufa a 40 °C. Na estufa a forma ficava por cerca de 48 horas, até o conteúdo estar seco e com características plásticas.

5.2 Obtenção do filme com bagaço de cana-de-açúcar

Para os filmes com bagaço o plástico foi feito da mesma maneira que o item anterior, adicionando 0,2 g de bagaço gramatura 60 Mesh para o filme de 1%, 1 g para o filme de 5% e 2 g de bagaço para o filme de 10%.

5.3 Teste de espessura, densidade e perda de massa d'água

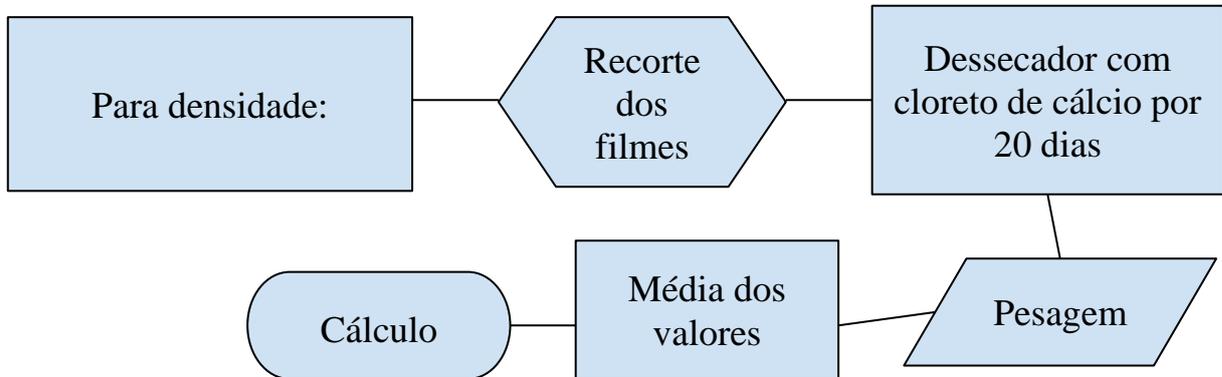
Para fazer os testes de espessura, densidade e perda de massa de água os filmes foram cortados em tamanhos de aproximadamente 2 x 3 cm, sendo analisadas 3 amostras no tamanho citado, para as diferentes concentrações de bagaço de cana de açúcar (0%, 1%, 5% e 10%).

Para o teste de espessura foi utilizado um paquímetro, instrumento capaz de medir pequenas dimensões espaciais da ordem de milímetros (mm). Foram medidos 5 pontos de cada amostra de bioplástico, a fim de que se pudesse calcular a média da espessura dos filmes.

Para o teste de densidade os filmes foram cortados em tamanhos aproximados de 2 x 3 cm e colocados no dessecador com cloreto de cálcio anidro durante 20 dias para desidratação (MÜLLER, LAURINDO, YAMASHITA, 2009). Após este período, as massas das amostras foram medidas. A densidade é calculada pela equação: $d = m / V$, onde d é densidade, m é massa e V é o volume. O volume pode ser calculado multiplicando-se o comprimento pela largura e pela espessura. O comprimento e a largura aqui utilizados foram

os da forma de teflon usada para a fabricação dos filmes (27 x 18 cm). O fluxograma a seguir exemplifica a metodologia.

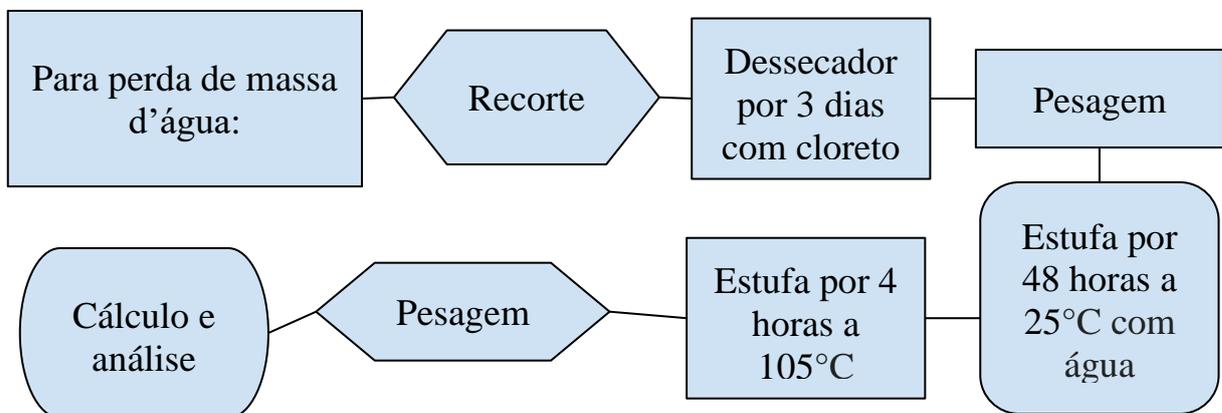
Figura 3: Fluxograma de processos para teste de densidade.



Fonte: Autores do trabalho.

Para análise de perda de massa de água foram feitos 3 recortes de 2x3 cm em cada amostra de filme, esses recortes foram deixados em um dessecador contendo cloreto de cálcio durante 3 dias. Após esses 3 dias as amostras tiveram suas massas mensuradas e foram levadas à estufa por 48 horas com água destilada a 25°C. Por fim, foram colocadas na estufa durante 4h a 105°C, tiveram suas massas novamente mensuradas e então passou-se às análises, como ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma do procedimento para a análise de perda de massa de água.



Fonte: Autores do trabalho.

6 RESULTADOS

Os filmes plásticos tornaram-se maleáveis e flexíveis como esperado. São ilustradas nas imagens a seguir as misturas antes de ir para a estufa, com uma textura gelatinosa que é o resultado do processo de gelatinização, quando o amido é aquecido em meio aquoso ele se quebra em outras moléculas sendo uma delas a amilopectina que absorve a água e proporciona maior viscosidade ao filme.

Figura 5 - Formas com as amostras antes de ir para a estufa.



Fonte: Autores do trabalho.

Nas imagens seguintes estão os filmes plásticos prontos de 5% e 0% de bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente.

Figura 6 - Filme plástico com 5% de cana de açúcar.



Fonte: Autores do trabalho.

Figura 7 - Filme plástico sem bagaço da cana de açúcar.



Fonte: Autores do trabalho.

No filme com 10% de bagaço, após a adição de 4 mL de glicerina e 2 g de bagaço, enquanto se agitava a mistura até chegar à textura desejada, a temperatura chegou até 200 °C por problemas na chapa de aquecimento. Parte da mistura evaporou e isso alterou algumas características do filme, como a redução de sua espessura e posterior perda de massa de água.

Para o teste de espessura foram compilados 15 valores de espessura, com as medidas sendo realizadas com a utilização do paquímetro, e esses valores foram somados e divididos por 3, que foi o número de amostras. Esse procedimento foi repetido para os filmes 0%, 1%, 5% e 10% de bagaço a fim de inferir a espessura dos filmes, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: espessura média dos filmes de bioplástico.

CONCENTRAÇÃO DE BAGAÇO	ESPESSURA MÉDIA
0%	0,135 mm
1%	0,171 mm
5%	0,201 mm
10%	0,193 mm

Fonte: Autores do trabalho.

As densidades dos filmes foram calculadas utilizando-se os valores de suas massas médias e volumes médios. Os valores calculados são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Densidade média dos filmes de bioplástico.

CONCENTRAÇÃO DE BAGAÇO	MASSA MÉDIA	VOLUME MÉDIO	DENSIDADE MÉDIA
0%	0,3700 g	6,5610 cm ³	0,0564 g/cm ³
1%	0,3811 g	8,3106 cm ³	0,0458 g/cm ³
5%	0,4110 g	9,7686 cm ³	0,0421 g/cm ³
10%	0,4087 g	9,3798 cm ³	0,0436 g/cm ³

Fonte: Autores do trabalho.

Foi observado que a densidade diminui com o aumento da concentração de fortificante. Isto ocorre por conta da diferença de volume entre os filmes (como ilustrada na Tabela 2) e o volume, por sua vez, elevou-se devido às diferentes espessuras, uma vez que o comprimento e largura utilizados para os cálculos foram os mesmos para todos os filmes.

Através da fórmula $[(mi - mf)/mi] \times 100$ foi calculada a porcentagem de perda de massa de água, em que mi é a massa inicial e mf é a massa final dos filmes. Os valores usados para o cálculo e seus respectivos resultados percentuais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da perda de massa de água.

CONCENTRAÇÃO DE BAGAÇO	MÉDIA DAS MASSAS ANTES DA ÁGUA	MÉDIA DAS MASSAS DEPOIS DE SECO	PERCENTUAL DA PERDA DE MASSA DE ÁGUA
0%	0,3851 g	0,3317 g	13,87%
1%	0,3352 g	0,3080 g	8,11%
5%	0,4689 g	0,3653 g	22,09%
10%	0,3863 g	0,2955	23,50%

Fonte: Autores do trabalho.

A perda de massa em água é uma característica associada a biodegradabilidade. Quanto maior o percentual de perda de massa em água, maior será a capacidade de degradação da amostra.

7 CONCLUSÃO

Com os dados obtidos da caracterização dos bioplásticos pode-se concluir que o filme com 5% de cana de açúcar poderá ser o mais adequado na produção dos envelopes para as mudas do campus, visto que possui maior espessura, o que acredita-se ser vantajoso pois os envelopes conseguirão suportar o peso das mudas sem se romper, menor densidade e boa perda de massa em água, indicando que o material tem boa capacidade de degradação. Todavia, os testes de tempo de degradação que mostrarão se este plástico é adequado serão realizados somente no ano seguinte através de ensaio de biodegradação utilizando solo simulado segundo a norma ASTM G160-03, tornando o atual projeto um projeto estendido.

Ademais, foi observado visualmente que os filmes no início do mês de novembro já apresentavam fungos, o que caracteriza o início de sua degradação, comprovando que houve sucesso na produção de um filme plástico biodegradável.

8 REFERÊNCIAS

CARASCHI; RAMOS; LEÃO - Compósitos biodegradáveis de polihidroxibutirato (PHB) reforçado com farinha de madeira: propriedades e degradação - 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Jose_Caraschi/publication/277235448_Compositos_biodegradaveis_de_polihidroxibutirato_PHB_reforcado_com_farinha_de_madeira_propriedades_e_degradacao/links/55b5006d08ae9289a08a65e0/Compositos-biodegradaveis-de-polihidroxibutirato-PHB-reforcado-com-farinha-de-madeira-propriedades-e-degradacao.pdf>. Acesso em: 24 mai. 2019.

CARDOSO L. O. B. - Produção de Polihidroxibutirato (PHB) por bactérias metilotróficas - 2017. Digital Library of Theses and Dissertations of USP, 06 de dezembro de 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-20062017-094827/en.php>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

COUTINHO B. C.; MIRANDA G. B.; SAMPAIO G. R.; DE SOUZA L. B. S.; SANTANA W. J.; COUTINHO H. D. M. - A importância e as vantagens do polihidroxibutirato (plástico biodegradável). Holos, Ano 20, dezembro de 2004. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/49>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

DA COSTA W. L. S.; BOCCHI M. L. M. - Aplicações do bagaço da cana-de-açúcar utilizadas na atualidade - 2012. Disponível em: <<http://citec.fatecjab.edu.br/index.php/files/article/view/21>>. Acesso em: 26 mai. 2019.

DA SILVA E. M. - Produção e caracterização de filmes biodegradáveis de amido de pinhão - 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38562>>. Acesso em: 28 mai. 2019.

FRANCHETTI S. M. M.; MARCONATO J. C. - Polímeros biodegradáveis - Uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. Quim. Nova, vol. 29, n. 4, pág. 811-816, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v29n4/30263.pdf>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

ROSA D. S.; CHUI Q. S. H.; FILHO R. P.; AGNELLI J. A. M. - Avaliação da biodegradação de Poli- β -(Hidroxibutirato), Poli- β -(Hidroxibutirato-co-valerato) e Poli- ϵ -(Caprolactona) em solo compostado. Polímeros: Ciência e Tecnologia, vol. 12, n.4, p. 311-317, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/po/v12n4/a15v12n4.pdf>>. Acesso em: 23 mai. 2019.

SERAFIM; LEMOS; REIS - Produção de Bioplásticos por Culturas Microbianas Mistas - 2003. Disponível em: <www1.esb.ucp.pt/twt/olimpiadasbio07/MyFiles/MyAutoSiteFiles/FontesInformacao253906202/samorais/ProducaoBioplasticosCulturasMicrobianasMistas.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2019.

NAÇÕES UNIDAS DO BRASIL - Mundo está sendo 'inundado' por lixo plástico, diz secretário-geral da ONU, 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/mundo-estando-inundado-por-lixo-plastico-diz-secretario-geral-da-onu/>> Acesso em: 01 nov. 2019.

CONAB - Monitoramento agrícola da Cana-de-Açúcar, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar/item/download/17727_4e54c5103a0ab4a15529e35307c79b2e> Acesso em: 26 jun. 2019.

ALMEIDA, P. M. M. C. MAGALHÃES, V. H. S. - Polímeros, 2004. Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/(almeida,%20magalh%C3%A3es)%20pol%C3%ADmeros%20(2).pdf> Acesso em: 30 jun. 2019.

BRITO, G. F. AGRAWAL, E. M. ARAÚJO, T. J. A. - Biopolímeros. Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes, 2011. Disponível em: <http://www.etecgv.com.br/docs/atividades/quimica/q_qualitativa_rosana_2le2h.pdf> Acesso em: 30 jun. 2019.

TELLES, R. M. SARAN, L. M. UNÊDA-TREVISOLLI, S.H. - Produção, propriedades e aplicações de bioplástico obtido a partir da cana-de-açúcar, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Luciana_Saran/publication/324593943_Producao_propriedades_e_aplicacoes_de_bioplastico_obtido_a_partir_da_cana-de-acucar/links/5ad74f790f7e9b28593974b1/Producao-propriedades-e-aplicacoes-de-bioplastico-obtido-a-partir-da-cana-de-acucar.pdf> Acesso em: 25 mai. 2019.

OLIVEIRA, B. F. **Um modelo analítico e computacional para consideração de efeitos de envelhecimento de material compósito, Rio Grande do Sul.** 2004. Tese de Doutorado (Programa de pós-graduação em engenharia civil) - Setor de Engenharias, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SOARES, A. - Cermet, 2010. Disponível em: <http://www.notapositiva.com/old/pt/trbestbs/quimica/12_cermet.htm> Acesso em: 01 nov. 2019.

MÜLLER, C. M. O. LAURINDO, J. B. - Effect of cellulose fibers addition on the mechanical properties and water vapor barrier of starch-based films, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X08002245>> Acesso em: 07 jul. 2019.

OLIVATO, J. B. GROSSMANN, M. V. BLICK, A. P. YAMASHITA - Effect of organic acids as additives on the performance of thermoplastic starch/polyester blown films, 2012 Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24751025>> Acesso em: 07 jul. 2019.