

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE SANTA CATARINA
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL – CENTRO
PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA “CONECTANDO
SABERES”

ANA HELENA BORGERT
BRENDA TAYNARA STOEBERL
GABRIELLE SILVATTI
GIOVANA STREHL GAUTO
JAÍNE DOS SANTOS DE SOUZA
REBECA KARSBURG

**EXTRAÇÃO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE MACROALGA MARINHA E
OBTENÇÃO DE FILME PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL**

JARAGUÁ DO SUL
2018

Ana Helena Borgert
Brendha Taynara Stoeberl
Gabrielle Silvatti
Giovana Strehl Gauto
Jaíne Dos Santos De Souza
Rebeca Karsburg

**EXTRAÇÃO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE MACROALGA MARINHA E
OBTENÇÃO DE FILME PLÁSTICO BIODEGRADÁVEL**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do curso Técnico em Química (Modalidade Integrado) do Instituto Federal de Santa Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientador: Ana Paula Centurião

Co-orientador: Débora Tomazi Pereira

Coordenador: Ana Paula Centurião

JARAGUÁ DO SUL
2018

SUMÁRIO

1 TEMA	6
2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	6
3 PROBLEMA	6
4 HIPÓTESES	6
5 OBJETIVOS	7
5.1 Objetivo geral	7
5.2 Objetivos específicos	7
6 JUSTIFICATIVA	7
7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
7.1 Macroalgas marinhas	8
7.1.1 Sargassum cymosum	10
7.2 Polímeros	10
7.2.1 Biopolímeros	11
7.2.2 Alginatos	11
7.3 Química orgânica verde	12
7.4 Plástico	14
7.4.1 Problemas ambientais	15
7.4.2 Legislação ambiental	15
8 METODOLOGIA	15
8.1 Sargassum cymosum	16
8.1.1 Coleta de Sargassum cymosum	16
8.1.2 Cultivo de Sargassum cymosum	16
8.2 Biopolímero	17
8.2.1 Extração do biopolímero	17
8.2.2 Produção de biofilme plástico	19
8.3 Análises físico-químicas	19
8.3.1 Caracterização do produto	20
8.3.2 Teste de biodegradabilidade	21
8.4 Tratamento de resíduos	21
9 CRONOGRAMA	21
10 REFERÊNCIAS	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura química do alginato.

12

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Princípios da Química Verde.	13
Tabela 2: Composição química do meio de cultura Von Stoch.	16

1 TEMA

Extração de biopolímero a partir de macroalga marinha e obtenção de filme plástico biodegradável.

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Extração do biopolímero alginato a partir da macroalga marinha parda *Sargassum cymosum*, para posterior obtenção de filmes plásticos biodegradáveis, seguindo os princípios da química verde.

3 PROBLEMA

O modelo atual de sociedade busca, em todos os ramos, levar praticidade e modernidade à vida das pessoas, porém, na maioria das vezes o meio ambiente é afetado de forma negativa, ocasionando a perda de diversas espécies, principalmente pelo descarte inadequado de resíduos plásticos, tanto no mar, quanto em terra. Na Era do Plástico, a poluição ambiental tornou-se um revés que precisa ser combatido. Surge então, a questão problema: é possível extrair um biopolímero para obtenção de filmes plásticos biodegradáveis, que possa ser utilizado na produção de canudos menos poluentes que os canudos convencionais, cumprindo a mesma função com êxito?

4 HIPÓTESES

- A extração do biopolímero, seguindo os princípios da química verde, irá gerar menos resíduos em comparação aos métodos de extração comuns;
- O biopolímero extraído, após o processo de obtenção de filmes plásticos biodegradáveis, apresentará a mesma eficácia de um plástico convencional;
- Será possível produzir um canudo a partir do alginato extraído;
- A composição do canudo irá se adequar a dieta alimentar dos animais marinhos, diminuindo os efeitos prejudiciais de sua indevida ingestão.

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo geral

Extração de alginato da macroalga marinha parda *Sargassum cymosum*, a partir de uma metodologia baseada nos princípios da química verde, disponibilizando o mesmo para produções posteriores de canudos biodegradáveis.

5.2 Objetivos específicos

- Extrair o biopolímero alginato, sem gerar resíduos nocivos ao meio ambiente;
- Obter um filme plástico biodegradável a partir do biopolímero, com composição física próxima a do canudo convencional;
- Avaliar a degradação do biopolímero no solo e em água;
- Analisar a possibilidade de utilização do filme plástico obtido para posterior produção de canudos biodegradáveis e comestíveis, que tenham um menor impacto ambiental quando descartados.

6 JUSTIFICATIVA

De acordo com Piatti e Rodrigues (2005), plástico é um termo utilizado para descrever materiais industriais, sendo definido como compostos orgânicos e complexos, capazes de serem moldados. Entretanto, o material acabou tornando-se um problema mundial nos últimos anos. Segundo estudos realizados pela ONU (Organização das Nações Unidas) em 2017, mais de 8 milhões de toneladas de plástico são lançados ao mar anualmente. Estima-se que dentre todos os materiais descartados no mar, cerca de 90% são plásticos.

Uma das inúmeras consequências causadas pelo descarte incorreto deste material, é a sua ingestão pelos animais, prejudicando gravemente a fauna marítima e os animais que dependem dela para sobreviver. Segundo a ANDA (Agência de Notícias de Direitos Animais) pesquisas realizadas no ano de 2018 pela Universidade da Geórgia e pela Universidade de Queensland na Austrália, apontam que cerca de 100 mil animais marinhos morrem anualmente pela ingestão de plástico, sendo que mais da metade das tartarugas do mundo já chegaram a ingerir o componente. Um dos principais poluentes desta classe são os canudos

plásticos. De acordo com a ONG (Organização Não Governamental) americana “O Último Canudo de Plástico”, somente nos EUA (Estados Unidos da América), cerca de 500 milhões de canudos são descartados diariamente, o equivalente a duas voltas e meia no planeta Terra.

Em meio a esse problema mundial, diversos métodos têm sido desenvolvidos, a fim de amenizar o problema. Um dos métodos mais eficazes atualmente, é a produção de plásticos biodegradáveis. Uma substância pode ser classificada como biodegradável se a sua decomposição acontecer de forma acelerada a partir de micro-organismos presentes no solo (McMURRY, 2016).

Os plásticos biodegradáveis, ao contrário dos sintéticos, não são derivados do petróleo e sofrem biodegradação com relativa facilidade, integrando-se totalmente à natureza. Devido a demanda mundial pela fabricação de compostos biodegradáveis, esse estudo planeja extrair polímeros biodegradáveis, tendo como base as macroalgas marinhas, em parte por consequência de encontrarem-se naturalmente incluídas na cadeia alimentar da maioria dos animais marinhos, que por sua vez poderia transpor os problemas de ingestão indevida.

7 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente estudo visa buscar uma alternativa sustentável para o uso de canudos plásticos a partir de um biopolímero biodegradável, apresentando sua necessidade com base em questões ambientais.

7.1 Macroalgas marinhas

A Ficologia (também conhecida como Algologia) é o ramo científico da biologia que estuda as algas. Do ponto de vista da classificação natural, o termo alga é considerado artificial, visto que reúne diversos tipos de organismos, nem sempre relacionados filogeneticamente (SILVA, 2010).

A biodiversidade é uma das maiores riquezas brasileiras. Segundo o governo do Brasil, o país possui a mais abundante flora do mundo, com cerca de 55.000 espécies de plantas, sendo destas 4.057 algas. As algas são vistas como organismos talófitos¹ fotossintetizantes, possuindo em comum, na maioria dos casos o pigmento clorofila a² e,

¹ Organismos que não são diferenciados em raízes, caules e folhas.

² Clorofila a é um fator predominante encarregado pela fotossíntese e coloração verde das plantas.

raramente não apresentam um envoltório de células estéreis nas células reprodutivas (LEE, 2008 apud SILVA, 2010).

Uns dos fatores importantes para a sobrevivência destes organismos é o pH da água e a salinidade. O pH é representado em uma escala aplicada para classificar a acidez de uma solução aquosa e pode ser considerado ácido (pH abaixo de 7,00), neutro (pH 7,00) ou básico (pH acima de 7,00). Já a salinidade é a quantidade de sal dissolvida em determinada quantidade de água, essa medida pode ser feita em ppm (partes por milhão), ppb (partes por bilhão) e ppt (partes por trilhão), sendo que, normalmente é menor no inverno e maior no verão, pois a evaporação é um dos fatores que aumentam a salinidade, enquanto as chuvas costumam diminuir a mesma. Na água do mar a salinidade costuma ser 34 ppm e o pH entre 7,2 e 8,5, sendo classificada como levemente alcalina (OLIVEIRA, s/a).

As macroalgas e microalgas apresentam polissacarídeos, os quais são polímeros lineares presentes nos vegetais, que desempenham um papel de reserva energética e estrutural (LEHNINGER, 1976 apud ARAÚJO, 2009). São classificadas em três grupos: Chlorophyta (algas verdes), Phaeophyta (algas pardas ou marrons) e Rhodophyta (algas vermelhas), de acordo com suas propriedades morfológicas e fisiológicas (JOLY, 1965 apud ARAÚJO et al, 2009).

De modo geral são utilizadas a nível mundial cerca de 221 espécies de macroalgas, sendo 56,5% de Rhodophyta, 29,0% Phaeophyta e 14,5% de Chlorophyta. Destas macroalgas, na indústria de ficocolóides são usadas 101 espécies: 26,7% carragenófitas (algas que produzem carragenana), 32,7% agarófitas (algas que produzem ágar) e 40,6% alginófitas (algas que produzem ácido algínico) (ZEMKE-WHITE; OHNO, 1999 apud PEREIRA, s/a).

Os ficocolóides são polissacarídeos coloidais extraídos de algas e em soluções aquosas que se comportam como gel. Essas substâncias são classificadas como alginatos, ágar e carragenanas dependendo da espécie da alga em questão e são consideradas de alto valor econômico e como materiais atrativos no ramo biotecnológico (LIMA, 2010 apud MALLMANN, 2015).

7.1.1 Sargassum cymosum

A macroalga escolhida para extração do alginato foi a alga parda *Sargassum cymosum* C.Agardh, pertencente a classe *Phaeophyceae* e a ordem *Fucales*. As mesmas são características da flora marinha bentônica, de regiões temperadas e tropicais, sendo encontradas em sua maioria em costas marinhas rochosas. Por este motivo, é a macroalga mais representativa em biomassa e uma importante representante na dinâmica ecológica destes ambientes costeiros (ROVER, 2014).

A parede celular das macroalgas da classe *Phaeophyceae* são formadas de celulose e uma matriz mucilagínosa de alginato - uma fibra -, que é um polímero natural utilizado nas indústrias alimentícias como espessante e gelificante. Esse polímero fornece resistência e flexibilidade para a macroalga, ajudando assim a diminuir a dessecação no decorrer dos períodos de maré baixa (SILVA, 2010).

7.2 Polímeros

A palavra “polímero” deriva do grego, sendo, primordialmente, um termo designado por Berzelius, em 1832, para referir-se a compostos que apresentam múltiplos pesos moleculares, em contrapartida ao termo “isômero”, designado para compostos com peso molecular singular, mas que apresentam estruturas moleculares divergentes (MANO; MENDES, 1999).

São caracterizadas pelo seu tamanho macromolecular, assim como suas interações inter e intramoleculares e unidades químicas ligadas por covalências, repetidas em intervalos regulares ao longo da cadeia (DALMOLIN, s/a).

Encontram-se subdivididos em três grandes categorias: os polímeros naturais, sintetizados na natureza, sem passar por processos químicos industriais para serem formados; os polímeros sintéticos, sintetizados a partir de processos químicos que ocorrem através da interferência humana e os polímeros semi-sintéticos ou naturais modificados, sintetizados por meio da modificação química dos polímeros naturais, sem consideráveis modificações (REIS, s/a) e podem ser encontrados nos mais diversos ambientes, de acordo com suas características e condições de existência .

De maneira geral, os polímeros dispõem de diversas aplicações industriais, das quais podemos destacar os plásticos, materiais que contém como componente principal um polímero orgânico sintético, sendo caracterizados por tornar-se fluido em alguma etapa do seu estágio de produção, permitindo que o mesmo seja moldado (KANTOVISCKI, 2008). Dentre outras aplicações dos polímeros, podemos citar a produção de borrachas, filmes, espumas e fibras (ALMEIDA et.al. 2004).

As reações de polimerização são reações químicas intermoleculares, pelos quais os monômeros são ligados na forma de monômeros à estrutura celular da cadeia. Os mecanismos das reações de polimerização podem ser de adição, procedimento que envolve a formação de sítios ativos; e condensação, que são reações obtidas através de monômeros, onde existe a eliminação de parte da molécula da cadeia principal (DEMARQUETE, s/a).

7.2.1 Biopolímeros

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros sintetizados a partir de matérias primas provenientes de fontes renováveis. Atualmente estão adquirindo espaço no mercado consumidor devido às questões ambientais e ecológicas que esta classe de polímeros possui, como a biodegradabilidade, o baixo ou nulo impacto ambiental para sua sintetização, sustentabilidade, dentre outros (BRITO, et. al, 2011).

Mundialmente suas aplicações abrangem diversos setores. No Brasil, suas principais utilidades consistem na fabricação de embalagens para alimentos, sacolas, filmes para utilização agrícola e demais produtos de consumo (BRITO, et.al, 2011).

Todavia, também há a ocorrência de algumas desvantagens, dentre as quais, podemos citar limitações técnicas, como taxa de degradação, resistência térmica e permeabilidade, as quais dificultam os processos para a fabricação de produtos, ocasionando dificuldades para seu uso como produto final (BRITO, et. al, 2011).

7.2.2 Alginatos

A partir da alga *Sargassum cymosum*, assim como das demais algas pardas, é possível realizar a extração dos biopolímeros alginatos, que são provenientes de sais de ácido algínico, a sua principal forma de obtenção. Entretanto, o alginato também pode ser obtido a partir de

biossíntese, utilizando-se microrganismos do gênero *Pseudomonas* e *Azotobacter* (BRIGIDO, et al. 2011).

A sua estrutura é copolimérica linear e é composto pelos monômeros³ de ácidos *a*-L-gulurônicos e *b*-D-manurônicos com ligações 1-4 (figura 1). Para a formação de géis (redes tridimensionais que retêm a água no interior) as cadeias dos alginatos ligam-se entre si na presença de cátions, como os íons de sódio e cálcio (BRIGIDO, et al. 2011).

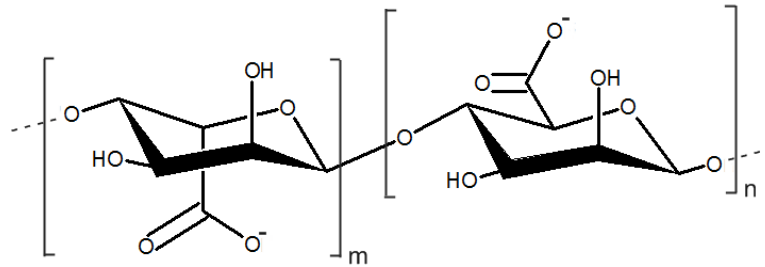


Figura 1: Estrutura química do alginato.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

O alginato é um hidrocolóide⁴, amplamente utilizado na indústria de alimentos, na indústria têxtil, de papel, em cosméticos e na área farmacêutica e médica. O rápido desenvolvimento de aplicações do alginato na área médica e farmacêutica, bem como a descoberta de propriedades imunológicas únicas deste material tem aumentado o interesse no desenvolvimento de processos para produzi-lo. Este também vem apresentando destaque na produção de filmes biodegradáveis, isso ocorre devido sua natureza termoestável e característica reológica ajustável (GIMENES, et al. 2009).

7.3 Química orgânica verde

Uma das ramificações da química orgânica é a química orgânica limpa, ou também chamada de química orgânica verde, que ganha cada vez mais destaque por trazer opções viáveis para processos comuns, visando reduzir os resíduos gerados e a menor poluição

³ Monômeros são pequenas cadeias que se ligam a outros monômeros para formar cadeias maiores, denominadas polímeros.

⁴ Os hidrocolóides ou colóides hidrofílicos, são polímeros de carboidratos formados por mais de um tipo monossacarídeo.

ambiental. Tal ramificação é regida por 12 princípios (Tabela 1), sendo que a extração de alginato proposta visa seguir todos aqueles que se encaixam ao procedimento relatado, dando destaque para os princípios 3, 5, 7, 8 e 12.

1	Prevenção;
2	Economia de átomos;
3	Síntese de produtos menos perigosos;
4	Desenho de produtos seguros;
5	Solventes e auxiliares mais seguros;
6	Busca pela eficiência de energia;
7	Uso de fontes renováveis de matéria-prima;
8	Evitar a formação de derivados;
9	Catálise;
10	Desenho para a degradação;
11	Análise em tempo real para prevenção da poluição;
12	Química intrinsecamente segura para prevenção de acidentes.

Tabela 1: Princípios da Química Verde.

Fonte: Cunha (2012).

O 3º princípio, presente na tabela como síntese de produtos menos perigosos, visa metodologias de síntese que possuam pouca ou nenhuma toxicidade para o ser humano e para o meio ambiente e, no presente estudo, não será realizada uma síntese na metodologia, e sim uma extração. No 5º princípio, buscam-se métodos que não utilizem ou utilizem quantidades baixas de solventes tóxicos ou a substituição dos mesmos para solventes menos poluentes, como a água, por exemplo. O 7º princípio diz a respeito a utilização de fontes que podem ser facilmente renováveis, sendo um dos objetivos da presente pesquisa, uma vez que se busca produzir um canudo proveniente das algas marinhas, as quais se reproduzem muito rapidamente. O 8º princípio propõe metodologias que diminuam os processos a serem realizados, e conseqüentemente resíduos indesejáveis. Por fim, o 12º princípio, sendo um dos

mais importantes, abrange todos os outros descritos anteriormente. Silveira (2015) afirma que:

Este é o último princípio da Química Verde, que só é cumprido uma vez que todos os outros onze princípios forem exercidos, ou seja, se não há solventes voláteis, se não há reagentes tóxicos, se o processo foi desenvolvido com alta eficiência energética, se utilizou-se catalisadores e se há controle em tempo real do processo (SILVEIRA, 2015).

Por estes motivos, é explicitamente descrita a necessidade de utilização de processos de extração que não sejam nocivos ao meio ambiente para o cumprimento de todos os objetivos propostos pelo estudo.

7.4 Plástico

No início do século XX surgiram os materiais plásticos, que eram baratos para produção em massa e possuíam grande versatilidade. O termo “plástico”, quando utilizado para descrever materiais industriais, é definido como qualquer composto polimerizado, orgânico e complexo, capaz de ser moldado. (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

A principal forma de produção do plástico a partir de recursos naturais, é através da utilização do petróleo, sendo que as principais substâncias presentes no mesmo, que desempenham essa função, são denominados como monômeros. É através da destilação fracionada de óleo cru que é possível obtermos o gás liquefeito, a nafta, a gasolina, o querosene, o óleo diesel, entre outros. É na etapa onde se obtém a nafta, que são produzidos os petroquímicos finos, ou seja, os produtos destinados à indústria e estes são modificados em processos químicos, dando origem ao plástico dos produtos que consumimos diariamente (PIATTI; RODRIGUES, 2005).

Mesmo com toda sua versatilidade e vantagem em diversos processos, o plástico é considerado um dos principais responsáveis por diversos danos ambientais aos oceanos, incluindo os canudos plásticos, que são considerados, atualmente, como potenciais poluentes ambientais.

7.4.1 Problemas ambientais

A resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº 001 de 1986, considera como impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia, resultante das atividades humanas. Na indústria do plástico o impacto ambiental mais evidente é o seu destino final, que muitas vezes é realizado de maneira incorreta e degradante. Em 2010 estimou-se que a média de plástico depositado nos oceanos foi cerca de 8 milhões de toneladas, sendo que os países que mais contribuíram para o crescimento dos polímeros não biodegradáveis, foram os países subdesenvolvidos (AMOS, 2015). Estima-se que para o ano de 2050, os oceanos terão mais plástico que peixes, segundo o Fórum Econômico Mundial (World Economic Forum), devido ao aumento da utilização desse material.

Por isso, faz-se importante a substituição de materiais plásticos por outros que não agridam gravemente o meio ambiente e afetem a fauna e flora de uma região.

7.4.2 Legislação ambiental

Diversos países já desenvolveram leis que visam diminuir o consumo de plástico, como França, Uruguai, Noruega, Panamá, entre outros. No Brasil foi desenvolvida uma lei estadual, no estado do Rio de Janeiro, nº 3794/2018, que enuncia sobre a proibição de canudos plásticos em ambientes comerciais de consumo de alimentos. A lei tem como objetivo de conscientizar a população para a diminuição do consumo de plástico no país (RIO DE JANEIRO, 2018). Além da lei estadual no Rio de Janeiro, ao longo do país já existem projetos de leis municipais, como no município de São Paulo (SP) e Curitiba (PR), que proíbem a disponibilização de canudos em estabelecimentos de consumo de alimentos.

8 METODOLOGIA

Para desenvolver uma metodologia capaz de atender todas as necessidades do presente estudo, a equipe optou por adaptações de metodologias desenvolvidas previamente em outras pesquisas.

8.1 Sargassum cymosum

8.1.1 Coleta de Sargassum cymosum

As coletas da macroalga marinha da espécie *Sargassum cymosum* serão realizadas no litoral de Santa Catarina, nas cidades de São Francisco do Sul, Itajaí e Florianópolis. As amostras serão cultivadas no laboratório de Química do IFSC - Campus Jaraguá do Sul - Centro, e estima-se que poderão sobreviver por 2 semanas, período no qual será realizado o processo de extração. Para realizar a coleta serão necessários materiais como: recipientes plásticos e de vidro com capacidade de armazenamento de no mínimo 1 L, para que sejam coletadas algas marinhas e a água do mar, para o meio de cultura; espátulas e recipientes plásticos para o transporte dos materiais.

8.1.2 Cultivo de Sargassum cymosum

Logo após a coleta da macroalga, a mesma será transferida para béqueres com água do mar filtrada, da região onde foram coletadas e, para favorecer seu meio de cultivo, será adicionada uma solução de nutrientes no meio aquoso, denominada Von Stoch (Tabela 2). A quantidade necessária de nutriente será de 4 mL a cada 500 mL de água do mar, além disso, no cultivo, a quantidade de água em cada béquer será pesada e separada em 4 g a cada 500 mL de água, devido a proporção necessária de água para a sobrevivência da alga (EDWARDS, 1970).

Aditivo	Solução em H ₂ O	Para 1 L de Von Stoch
MnCl ₂	0,024 g em 500 mL	100 mL da solução padrão
EDTA	-	0,4650 g
Na ₂ PO ₄	-	1,0056 g
NaNO ₃	-	5,3125 g
FeSO ₄	-	0,0869 g
Biotina (B7)	0,0125 g em 100 mL	1 mL da solução padrão
Cianocobalamina (B12)	0,0125 g em 100 mL	1 mL da solução padrão

Tiamina (B1)	0,1000 g em 100 mL	12,5 mL da solução padrão
Completar para 1 L de H₂O		

Tabela 2: Composição química do nutriente Von Stoch.

Fonte: Adaptado de Edwards (1970).

É de suma importância que a água do mar coletada na região de vivência da alga esteja no mesmo pH que a água do cultivo laboratorial, para que não ocorram problemas para a macroalga manter-se viva pelo período necessário. Por esse motivo, serão realizadas análises de pH com a água coletada assim que a mesma for transportada para o laboratório, utilizando um medidor de pH. Todas as análises serão realizadas no laboratório, em triplicata, e todos os erros e desvios serão calculados e analisados.

Outro dado necessário para a sobrevivência da macroalga é a salinidade, ou seja, o teor de sal em determinado meio. Para realizar sua medição será utilizado um refratômetro manual, presente no laboratório do câmpus. Tal aparelho é descrito como um instrumento óptico que funciona através da refração da luz e para que o mesmo possa realizar as análises requeridas, um prisma será posicionado com algumas gotas da água do mar na superfície do refratômetro, permitindo observar a medição da refração numa escala em que a cor azul aparece na parte superior e a cor branca na parte inferior. A leitura dos dados de salinidade é realizada na intersecção das duas cores.

Ambos os dados inicialmente adquiridos, serão utilizados para montar um parâmetro que poderá encaminhar o projeto ao conhecimento necessário para manter um meio de cultivo eficiente para a alga marinha.

8.2 Biopolímero

8.2.1 Extração do biopolímero

Devido ao biopolímero em estudo localiza-se na parede celular da macroalga, os primeiros testes de extração serão de forma simplificada, para evitar utilizar reagentes que prejudiquem o princípio da química verde. Tais testes consistem em transferir a macroalga para uma estufa por um período de um dia ou até a mesma ficar completamente seca, com o

objetivo de retirar pigmentos indesejados, e logo após transportá-la para um recipiente que contenha chama contínua, em Bico de Bunsen.

O recipiente, inicialmente, deverá conter apenas água deionizada em quantidade suficiente para cobrir a macroalga e ficará sob aquecimento até que a água atinja seu ponto de ebulição, em 100 °C. Após certo tempo em ebulição, é esperado que o biopolímero se desloque da parede celular da alga para a água, onde estará em alta concentração.

Outra metodologia que poderá ser utilizada, a fim de comparação, será adaptada de Nogueira (2017). Primeiramente, as macroalgas coletadas passarão pelo processo de triagem em água corrente, separando-as de quaisquer organismos exógenos presentes nas mesmas. Após limpeza prévia, serão sanitizadas com água clorada (25 ppm) durante 30 min.

Em seguida, o material deverá ser centrifugado para retirada do excesso de água, e seco em estufa com circulação de ar a 45 °C por 12h. O produto desidratado será reduzido a pó, em moinho de facas, acondicionado em embalagens fechadas e mantidas à temperatura ambiente. Depois da secagem, cerca de 6 g de alga em pó serão imersas em etanol e agitadas, continuamente, em um shaker por 3h, a 250 rpm. Esse procedimento deverá ser repetido duas vezes, possibilitando a retirada de proteínas e dos compostos fenólicos. Posteriormente, a macroalga será seca por cerca de 12 h, em estufa a 40 °C e, o produto seco, submetido ao tratamento ácido, constituído da adição de água destilada e de ácido clorídrico 0,1 mol L⁻¹, até que atinja um valor de pH igual a 2,0, a 45 °C por 110 min, sob agitação de 250 rpm. Depois de serem lavadas com água deionizada, será adicionado carbonato de sódio 2%, até atingir o pH desejado (pH 8, 9 e 10), em diferentes tempos (90, 195 e 300 min) e em diferentes temperaturas de 50, 65 e 80 °C, sob agitação. A solução precisará ser filtrada, repetidamente, até a retirada de todas as impurezas. Para a separação do alginato de sódio, a solução etanol (1:2, v/v) será adicionada, precipitando o produto desejado, que vai ser separado por centrifugação (3000 rpm) e seco em estufa à 45 °C por 15h, para a obtenção do alginato de sódio.

O cálculo de rendimento do alginato de sódio será realizado seguindo a Equação 1, sendo a umidade do material determinada, em triplicata, em estufa a 105 °C, até peso constante.

Carregando...

Equação 1: Fórmula para cálculo de rendimento do alginato de sódio em %.

Fonte: NOGUEIRA (2017).

8.2.2 Produção de biofilme plástico

Para a produção do biofilme plástico a partir do alginato extraído pelo grupo, será realizada uma metodologia baseada nos métodos utilizados por Turbiani (2007) empregado para a produção de filmes ativos de alginato de sódio.

Para a confecção dos filmes de biopolímero, serão utilizados: alginato de sódio extraído da macroalga *Sargassum cymosum*, cloreto de cálcio monohidratado como agente reticulante, glicerol como agente plastificante⁵ e benzoato de cálcio tri-hidratado como agente ativo e auxiliar na reticulação.

Primeiramente, o glicerol (0,6 g glicerol/g alginato) deve ser solubilizado em 400 mL de água destilada a 70 °C, em seguida, deverá ser adicionado o alginato de sódio (1,5%), mantendo-se em intensa agitação, até a dissolução seja completa. Na sequência, deverá ser adicionado 30 mL de solução reticuladora, mantendo-se a temperatura em 70 °C, sob intensa agitação. Devido à rápida reação de reticulação com Ca²⁺, esta solução reticuladora deverá ser adicionada lentamente à solução de alginato, sendo, no máximo, 1 mL por minuto, para evitar gelificação localizada. O sistema (copo de 600 mL) será encamisado para garantir que toda a solução esteja a 70 °C e, possível de adicionar uma maior quantidade de íons cálcio, sem que ocorra o processo de gelificação. Essa solução deverá ser transferida para placas de polipropileno (diâmetro = 14 cm), que serão levadas a uma estufa de circulação de ar, a 40 °C, por cerca de 16h a 20h, para gelificação incipiente e formação de um filme plástico biodegradável.

8.3 Análises físico-químicas

A partir do filme obtido no processo descrito, será possível analisar suas características físicas e a capacidade de biodegradabilidade do material, sendo essa propriedade uma das mais visadas desde o processo de extração.

⁵ Os plastificantes são pequenas moléculas orgânicas que atuam como lubrificantes entre cadeias, geralmente adicionados aos termoplásticos para evitar que fiquem quebradiços à temperatura ambiente (McMURRY, 2016).

8.3.1 Caracterização do produto

Para a análise do produto obtido será realizada a caracterização quanto à espessura, aspecto visual, umidade, propriedades mecânicas (tensão e alongação na ruptura) e solubilidade.

A espessura dos filmes será averiguada vertendo-se um volume adequado de solução (próximo à 100 mL) em placas metálicas, de forma a manter a massa constante. A espessura dos filmes será determinada utilizando-se um micrômetro (THERMO SCIENTIFIC, modelo HM 325). A espessura final será calculada pela média aritmética das réplicas medidas sobre uma área a ser definida.

Os diagnósticos visuais e táteis serão realizadas de forma subjetiva, analisando parâmetros como homogeneidade (ausência de partículas insolúveis e coloração uniforme), continuidade (ausência de rupturas ou fraturas após a secagem), flexibilidade, facilidade de desprendimento do suporte e facilidade de manuseio (CARVALHO, 2002).

A determinação do conteúdo de umidade será realizada por gravimetria, com análises em triplicata, utilizando-se a secagem em estufa a 105 °C até peso constante (TURBIANI, 2007).

Quanto a solubilidade, a massa solúvel em água será quantificada segundo método proposto por Irissin-Mangata e utilizado por Finkler et al. (2014), com análises em triplicata. Primeiramente, a umidade de uma amostra de cada filme será determinada. Outra amostra do mesmo filme será imersa em 50 mL de água destilada e o sistema mantido sob agitação lenta e periódica a temperatura ambiente por 24 h. Após esse período o material não solúvel será filtrado e seco em estufa a 105 °C até peso constante. A massa solúvel será expressa em função da massa seca inicial.

A partir dos resultados obtidos nos testes, será analisada a possibilidade de produção de canudos biodegradáveis.

8.3.2 Teste de biodegradabilidade

O teste de biodegradabilidade será baseado nos métodos utilizados por Santos et al, 2016, e o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), 2014. Esse teste consiste em reproduzir um ambiente limitado a degradação sofrida pelos produtos plásticos, que são descartados de

forma indevida e acabam se decompondo por meios naturais. Desta forma, será desenvolvido dois tipos de terrário, um que terá dentro de si terra e matéria orgânica e outro com areia e água do mar.

As amostras de plásticos comerciais e de biopolímero, primeiramente, serão pesadas em uma balança analítica, e terão sua massa inicial registrada. Então, as mesmas serão armazenadas pelo período de um mês nos terrários. Ao final do tempo delimitado, as amostras serão removidas do ambiente simulado e novamente serão mensuradas na mesma balança analítica. O padrão analisado, para comparar a taxa de degradação do biopolímero extraído com o polímero comercial, será o resultado em gramas da variação da massa obtida após o teste de biodegradação, que para maior precisão será realizado em triplicata.

8.4 Tratamento de resíduos

Todos os resíduos químicos gerados durante a execução do projeto serão devidamente neutralizados com ácidos ou bases, já os resíduos de macroalgas marinhas não utilizadas serão transferidos para depósitos de lixo orgânico, devido aos mesmos não apresentarem risco de gerar alguma espécie de poluição ambiental.

Por fim, o polímero biodegradável produzido passará por testes de biodegradabilidade, e em caso de dificuldade de decomposição do mesmo no período de análise, tal polímero será transferido juntamente com as macroalgas marinhas para um depósito de lixo orgânico comum.

9 CRONOGRAMA

ATIVIDADE 2019/1	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
Aprofundamento bibliográfico	X	X	X	X	X	
Coleta da macroalga	X	X	X			
Extração do biopolímero	X	X	X	X		
Plastificação do produto		X	X	X		
Caracterização do produto		X	X	X	X	
Testes de biodegradabilidade		X	X	X	X	

Escrita do artigo científico	X	X	X
Apresentação e entrega do artigo científico			X

10 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Costa, da, Martins, Miguel, Pedro; MAGALHÃES, Silva, da, Hugo, Victor. **Polímeros**. 2004. Disponível em:

<homepage.ufp.pt/madinis/Trabalhos/CMAT/2003_2004/Pedro%20e%20Victor.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

AMOS, Jonathan. **Oceanos 'recebem 8 milhões de toneladas de plástico por ano'**. 2015. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/02/150213_plastico_mares_1k>. Acesso em outubro de 2018.

ANDA. **Ingestão de plástico mata 100 mil animais marinhos anualmente**. 2018. Disponível em:

<<https://www.anda.jor.br/2018/03/ingestao-de-plastico-mata-100-mil-animais-marinhos-anualmente/>>. Acesso em agosto de 2018.

ARAÚJO, Glacio Souza; TORRES, Valeska Martins; MARREIRO, Fabiana Mesquita; LAVOR, Ariadne Maria Cordeiro; FARIAS, Wladimir Ronald Lobo. **CULTIVO DE MICRO E MACROALGAS MARINHAS EM CONDIÇÕES CONTROLADAS, E EXTRAÇÃO DE POLISSACARÍDEOS SULFATADOS**. 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/6043/4258>> Acesso em outubro de 2018.

BRIGIDO, Rivelí Vieira ; DOS SANTOS Renata Lopes; MÜLLER, José Miguel. **Produção de alginato por microrganismos**. Polímeros vol.21 no.4 São Carlos 2011 Epub Oct 14, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282011000400011>. Acesso em setembro de 2018.

BRITO, F. G.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E., M.; MÉLO, A., J., P. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. 2011. Disponível em: <www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/download/222/204>. Acesso em novembro de 2018.

CARVALHO, R. A. **Elaboração e caracterização de filmes a base de gelatina modificada enzimática e quimicamente**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Tese de Doutorado, 2002. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/255961>>. Acesso em agosto de 2018.

CONAMA. **RESOLUÇÃO CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986**. 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em setembro de 2018.

CUNHA, Prof. Silvio do Desterro. **SÍNTESE ORGÂNICA VERDE**. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Química. Jornada de Inverso de Química – UFMG 2012. Disponível em: <<http://joinqui.qui.ufmg.br/2012/download/MC14-2.pdf>> Acesso em setembro de 2018.

DALMOLIN, Carla. **Síntese de polímeros.** S/A. Disponível em : <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carlad/materiais/03_SinteseDePolimeros.pdf>. Acesso em novembro de 2018.

DEMARQUETE, NICOLE R.. **Estrutura e propriedade dos polímeros.** S/A. Disponível em <<http://www.pmt.usp.br/pmt5783/Pol%C3%ADmeros.pdf>>. Acesso em novembro de 2018.

Edwards, P. 1970. **Illustrated guide to the seaweeds and sea grasses in the vicinity of Port Aransas, Texas.** Contr. MarSci. 15 (Suppl.): 1-28

FINKLER, C. L. L.; FINKLER, L; LOCATELLI, G.O.; SILVA, G.D. da; . **Produção e caracterização de filmes comestíveis à base de alginato e pectina.** 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276920940_PRODUCAO_E_CHARACTERIZACAO_DE_FILMES_COMESTIVEIS_A_BASE_DE_ALGINATO_E_PECTINA> Acesso em outubro de 2018.

GIMENES, Marcelino L; KIECKBUSH, Theo G.; TURBIANI, Franciele R. B. **Processo De Produção De Filmes Plásticos Biodegradáveis De Alginato De Sódio – Controle Da Reticulação.** Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros. Foz do Iguaçu, PR – Outubro de 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265801710_PROCESSO_DE_PRODUCAO_DE_FILMES_PLASTICOS_BIODEGRADAVEIS_DE_ALGINATO_DE_SODIO_-_CONTROLE_DA_RETICULACAO> Acesso em setembro de 2018.

GOVERNO DO BRASIL. **Flora é reconhecida como uma das mais importantes do mundo.** 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/meio-ambiente/2012/04/flora-brasileira>>. Acesso em agosto de 2018.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **IPT implementa metodologia para ensaios mais rápidos e limpos de avaliação da propriedade biodegradável.** Avaliação de biodegradabilidade. 2014. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=809> Acesso em outubro de 2018.

IRISSIN-MANGATA, J.; BAUDUIN, G.; BOUTEVIN, B.; GONTARD, N. New plasticizers for wheat gluten films. European Polymer Journal, v.37, p.1533-1541, 2001. Disponível em: <http://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=809> Acesso em novembro de 2018.

KANTOVISCKI, Adriano R. **Materiais Poliméricos.** 2008. Disponível em: <<http://www.damec.ct.utfpr.edu.br/automotiva/downloadsAutomot/d5matPolimMod1.pdf>>. Acesso em novembro de 2018.

McMURRY, John. **Química Orgânica: Volume 2.** Cengage Learning. São Paulo. 2016. 9 ed.

MALLMANN, Leisle Daniela; JAHNO, Vanusca Dalosto. **As diversas aplicações de algas marinhas através dos saberes populares visando a utilização sustentável.** Universidade Feevale. 2015. Disponível em:

<http://revistas.udc.es/index.php/RAS/article/view/1702/pdf_109>. Acesso em setembro de 2018.

MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. **Introdução a Polímeros**. 1999. 2.ed. rev. e ampl. - São Paulo: Blucher. Pg 3.

NOGUEIRA, Marcela Tiemi. **Extração e caracterização de alginato de sódio da macroalga *Sargassum cymosum* C. Agardh**. Biociências - FCLAS. 2017. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/150488/nogueira_mt_me_assis_int.pdf?sequence=6&isAllowed=y>. Acesso em outubro de 2018.

OLIVEIRA, Lejeune P. H. **Nota prévia sobre a fauna e flora marinha bentônica da Ilha da Trindade**. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/mioc/v49/tomo49\(fu\)_443-456.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mioc/v49/tomo49(fu)_443-456.pdf)>. Acesso em outubro de 2018.

ONUBR. **ONU lança campanha contra poluição dos oceanos provocada por consumo de plástico**. 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-lanca-campanha-contra-poluicao-dos-oceanos-provocada-por-consumo-de-plastico/>>. Acesso em agosto de 2018.

PEREIRA, Leonel. **As Algas Marinhas e Respectivas Utilidades**. Universidade de Coimbra. S/A. Disponível em: <<http://www.cienciaviva.pt/rede/oceanos/1desafio/algas-marinhas-utilidades.pdf>> Acesso em outubro.

PIATTI, Tania Maria; Rodrigues, REINALDO Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Universidade Federal de Alagoas - Maceió: EDUFAL, 2005. Disponível em: <http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Plasticos_caracteristicas_usos_producao_e_impactos_ambientais.pdf> Acesso em outubro de 2018.

REIS, Arthur. **POLÍMEROS**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. S/A. Disponível em: <http://projetomedicina.com.br/site/attachments/article/276/polimeros_teorias_exercicios_arthur.pdf> . Acesso em novembro de 2018.

RIO DE JANEIRO, **Lei estadual nº3794/2018 de 07 de fevereiro de 2018**. Disponível em: <http://www3.alerj.rj.gov.br/lotus_notes/default.asp?id=7&url=L3NjcHJvMTUxOS5uc2YvMTA2MWY3NTlkOTdhNmIyNDgzMjU2NmVjMDAxOGQ4MzIvZjZk5Mjc2N2ZlZTRjZjdhNjgzMjU4MjJkMDA2MTU4ZTY/T3BlbkRvY3VtZW50#> Acesso em outubro de 2018.

ROVER, Ticiane. **Caracterização estrutural e ultraestrutural do processo de embriogênese de *Sargassum Cymosum* C. Agardh (Phaeophyceae, Fucales) como modelo de estudo de germinação de algas pardas tropicais e ação da radiação ultravioleta em fases tardias da embriogênese**. Universidade Federal de Santa Catarina. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/129642>> Acesso em outubro de 2018.

SANTOS. Aline Repula dos; SANTOS, João Vítor Kochella dos; SANTOS, Larissa dos; GORGES, Pamela Aline; JUNIOR, Ronaldo Galdino Nasário; MARQUES, Sabrina Dolci.

PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE REJEITOS ORGÂNICOS. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Jaraguá Do Sul - SC. 2016. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B_0OFEKt0VuASFFkV203SmwwWDY5WGFDRE5ObURZZ2xwYS1v/view> Acesso em setembro de 2018.

SILVA, Ingrid Balesteros. **Diversidade de Algas Marinhas.** Instituto de Botânica. 2010. Disponível em: <www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Diversidade_Algas_Marinhas_Ingrid_Balesteros.pdf> Acesso em setembro de 2018.

SILVEIRA, Ana Débora Porto. **Química Verde: Princípios e Aplicações.** Universidade Federal de São João del-Rei Coordenadoria do Curso de Química. 2015. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/coqui/TCC/Monografia-TCC-Ana_Debora_P_Silveira-20152.pdf> Acesso em setembro de 2018.

TURBIANI, Franciele Rezende Barbosa. **Desenvolvimento e caracterização de filmes ativos de alginato de sódio reticulados com benzoato de cálcio.** Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Química. Campinas, SP: [s.n.], 2007. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/266253/1/Turbiani_FrancieleRezendeBarbosa_M.pdf> Acesso em novembro de 2018.

WORLD ECONOMIC FORUM. **More Plastic than Fish in the Ocean by 2050: Report Offers Blueprint for Change.** 2016. Disponível em: <<https://www.weforum.org/press/2016/01/more-plastic-than-fish-in-the-ocean-by-2050-report-offers-blueprint-for-change/>> Acesso em novembro de 2018.