

UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE – UNIVILLE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS

**DESENVOLVIMENTO DE NOVOS FILMES DE CELULOSE BACTERIANA PARA  
EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS ATIVAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS**

STÉFANI REGINA ZIBETTI TEIXEIRA

JOINVILLE – SC

2021

STÉFANI REGINA ZIBETTI TEIXEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE NOVOS FILMES DE CELULOSE BACTERIANA PARA  
EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS ATIVAS COM ÓLEOS ESSENCIAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Mestrado em Engenharia de Processos, da Universidade da Região de Joinville (Univille), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Paula Testa Pezzin.

Coorientadora: Dra. Ana Paula Kurek.

Joinville – SC

2021

Catálogo na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

T266d Teixeira, Stéfani Regina Zibetti  
Desenvolvimento de novos filmes de celulose bacteriana para embalagens biodegradáveis ativas com óleos essenciais / Stéfani Regina Zibetti Teixeira; orientadora Dra Ana Paula Testa Pezzin; coorientadora Dra. Ana Paula Kurek. – Joinville: UNIVILLE, 2021.

79 p.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos – Universidade da Região de Joinville)

1. Biopolímeros. 2. Alimentos - Embalagens. 3. Essências e óleos essenciais. I. Pezzin, Ana Paula Testa (orient.). II. Kurek, Ana Paula (coorient.). III. Título.

CDD 664.09

## Termo de Aprovação

### “Desenvolvimento de filmes de celulose bacteriana para embalagens biodegradáveis ativas com óleos essenciais”

por

Stéfani Regina Zibetti Teixeira

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestra em Engenharia de Processos, área de concentração Desenvolvimento e Gestão de Processos e Produtos e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos.

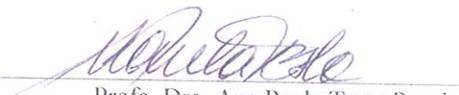


Prof. Dra. Ana Paula Testa Pezzin  
Orientadora (UNIVILLE)



Prof. Dra. Ana Paula Testa Pezzin  
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos (UNIVILLE)

Banca Examinadora:



Prof. Dra. Ana Paula Testa Pezzin  
Orientadora (UNIVILLE)



Documento assinado digitalmente

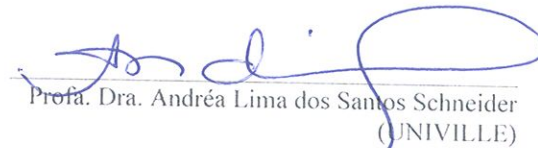
Derce de Oliveira Souza Recouvreux

Data: 30/09/2021 15:11:33-0300

CPF: 246.035.629-34

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dra. Derce de Oliveira Souza Recouvreux  
(UFSC)



Prof. Dra. Andréa Lima dos Santos Schneider  
(UNIVILLE)

Joinville, 27 de setembro de 2021.

## RESUMO

Os polímeros petroquímicos fornecem a maioria dos materiais de embalagem na indústria de alimentos devido às características de flexibilidade, leveza e transparência. No entanto, esses materiais causam sérios problemas ambientais devido à sua não biodegradabilidade, sendo assim, aumentando as pesquisas envolvendo a produção e caracterização de filmes biodegradáveis. O desenvolvimento de polímeros biodegradáveis combinados com extratos vegetais aparece como uma das estratégias mais interessantes e a celulose bacteriana (CB) apresenta propriedades favoráveis para esta aplicação, devido à facilidade de incorporação de compostos ativos, além de ser biodegradável. Nesse contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de óleos essenciais (OEs) de cravo, canela, manjeriço e orégano como aditivos em embalagens biodegradáveis em matriz de celulose bacteriana para aplicação em embalagens alimentícias. As membranas de CB foram sintetizadas pela bactéria *Komagataeibacter hansenii*, e foram incorporadas com OEs por dois métodos de incorporação, um utilizando acetona como solvente e outro utilizando o etanol como solvente. No segundo método de incorporação a concentração de OEs foi de 15% para todas as amostras. A troca de solvente por um menos polar favoreceu a incorporação de OEs. As membranas foram caracterizadas com objetivo de verificar a influência da incorporação dos OEs nas características térmicas e estruturais da membrana e quanto a atividade antimicrobiana e biodegradação em solo. No método de incorporação utilizando etanol como solvente a análise de Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) indicou a incorporação dos OEs na membrana. A estabilidade térmica nas membranas incorporadas foi maior comparado com a CB pura, fato evidenciado em ambos os métodos de incorporação, conforme análises Termogravimetria (TGA). Pela análise microbiana para *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, ficou comprovado a propriedade antimicrobiana para as membranas incorporadas apenas pelo método com etanol, com exceção da CB incorporada com óleo essencial (OE) de manjeriço. A análise fúngica foi conduzida por avaliação visual do aparecimento de fungos filamentosos na superfície dos pães. Os ensaios de biodegradação em solo para as membranas incorporadas pelo método utilizando acetona como solvente apresentaram biodegradabilidade, as amostras do método utilizando etanol como solvente também teve redução de massa ao decorrer do tempo. Quando comparamos a utilização de ambos os métodos de incorporação, podemos afirmar que as amostras utilizando etanol como solvente se destacaram em todas as análises. Estudos mais aprofundados devem ser realizados a fim de verificar a real possibilidade de fabricação em larga escala.

**Palavras-chave:** Embalagens ativas, celulose bacteriana, óleo essencial, cravo, canela, manjeriço, orégano.

## ABSTRACT

Petrochemical polymers provide the majority of packaging materials in the food industry due to their characteristics of flexibility, lightness, and transparency. However, these materials cause serious environmental problems due to their non-biodegradability, thus increasing research involving the production and characterization of biodegradable films. The development of biodegradable polymers combined with plant extracts appears as one of the most interesting strategies and bacterial cellulose (CB) has favorable properties for this application, due to its ease of incorporation of active compounds, in addition to being biodegradable. In this context, the objective of this work was to evaluate the effect of essential oils (EOs) from clove, cinnamon, basil, and oregano as additives in biodegradable packaging in bacterial cellulose matrix for application in food packaging. CB membranes were synthesized by the bacterium *Komagataeibacter hansenii*, and were incorporated with OEs by two incorporation methods, one using acetone as the solvent and the other using ethanol as solvent. In the second method of incorporation, the concentration of EOs was 15% for all samples. The exchange of solvent for a less polar one favored the incorporation of EOs. The membranes were characterized to verify the influence of the incorporation of EOs on the thermal and structural characteristics of the membrane and the antimicrobial activity and biodegradation in soil. In the incorporation method using ethanol as solvent, the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis indicated the incorporation of the EOs in the membrane. The thermal stability in the incorporated membranes was higher compared to pure CB, a fact evidenced in both incorporation methods, according to Thermogravimetry (TGA) analysis. Microbial analysis for *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* proved the antimicrobial property for membranes incorporated only by the ethanol method, except for BC incorporated with essential oil (EO) of basil. Fungal analysis was conducted by visually evaluating the appearance of filamentous fungi on the surface of the bread. The soil biodegradation tests for membranes incorporated by the method using acetone as solvent showed biodegradability, the samples of the method using ethanol as solvent also had a reduction in mass over time. When comparing the use of both incorporation methods, we can state that samples using ethanol as solvent stood out in all analyses. Further studies must be carried out to verify the real possibility of large-scale manufacturing.

**Keywords:** Active packaging, bacterial cellulose, essential oil, cloves, cinnamon, basil, oregano.

## LISTA DE FIGURAS

1 – CB produzida em condições estáticas .....	19
2 – Estrutura molecular da CB .....	20
3 – Componentes majoritários do óleo essencial de manjeriço.....	24
4 – Componente majoritário do óleo essencial de cravo .....	25
5 – Componente majoritário do óleo essencial de canela .....	26
6 – Componente majoritário do óleo essencial de orégano .....	27
7 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos .....	28
8 – Membrana de CB após 12 dias de cultivo .....	34
9 – Membrana de CB após purificação .....	34
10 – Incorporação dos óleos essenciais nas membranas de CB.....	35
11– Análise de FTIR para CB pura (branco) .....	36
12 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEO <sub>r</sub> 1% e óleo essencial de orégano .....	38
13– Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEC <sub>r</sub> 1,5% e óleo essencial de cravo.....	39
14 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEC <sub>a</sub> 4% e óleo essencial de canela .....	39
15 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEMA <sub>6</sub> % e óleo essencial de manjeriço .....	40
16 – Curvas TG e curvas DTG das membranas de CB pura e incorporadas com os diferentes óleos essenciais .....	41
17 – Atividade antimicrobiana para as bactérias testadas: <i>E. coli</i> (a) e <i>S. aureus</i> (b) .....	43
18 – Membranas de CB pura, CB/OEO <sub>r</sub> 15, CB/OEC <sub>r</sub> 1,5%, CB/OEC <sub>a</sub> 4% e CB/OEMA <sub>6</sub> % após 1, 3 e 7 dias de exposição ao solo .....	44
19 – Membranas de CB após incorporação e secagem sendo: 1 – Cravo, 2 – Canela, 3 – Manjeriço e 4 – Orégano.....	46
20 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de cravo (CBC <sub>r</sub> ) e OE de cravo puro (OEC <sub>r</sub> ).....	47

21 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de canela (CBCa) e OE de canela puro (OECa).....	48
22 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de manjeriço (CBMa) e OE de manjeriço puro (OEMa) .....	50
23 – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de orégano (CBOe) e OE de orégano puro (OEoe) .....	51
34 – Curvas TG das membranas de CB pura (CBpura), com incorporação de óleo essencial de canela (CBCa), cravo (CBCr), manjeriço (CBMa) e orégano (CBOr) .	52
25 – Curvas DTG das membranas de CB pura (CBpura), com incorporação de óleo essencial de canela (CBCa), cravo (CBCr), manjeriço (CBMa) e orégano (CBOr) .	53
46 – Atividade antimicrobiana de OEs puro, sendo (1) OE de Cravo (Cr) e Canela (Ca) e (2) OE de Orégano (Or) e Manjeriço (Ma) contra <i>S. aureus</i> .....	55
57 – Atividade antimicrobiana de OEs puro, sendo (1) OE de Cravo (Cr) e Canela (Ca) e (2) OE de Orégano (Or) e Manjeriço (Ma) contra <i>E. coli</i> .....	55
68 – Amostras do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (Cr), canela (Ca) (a), orégano (Or) e manjeriço (M) (b) contra <i>S. aureus</i> .....	55
79 – Amostras do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (Cr), canela (Ca), orégano (Or) e manjeriço (M) contra <i>E. coli</i> .....	56
30 – Membranas de CB pura (Branco), CB com OE de orégano (CBOe), cravo (CBCr), canela (CBCa), manjeriço (CBMa) após 1, 10 e 15 dias de exposição ao solo.....	59
31 – Membranas de CB pura (Branco), CB com OE de orégano (CBOe), cravo (CBCr), canela (CBCa), manjeriço (CBMa) após 1, 10 e 30 dias de exposição ao solo pela massa (g) .....	59
32 – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães no dia de vencimento dos mesmos .....	60
33 – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães após 04 dias de vencimento dos mesmos .....	61
84 – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães após 10 dias de vencimento dos mesmos .....	61
95 – Análise fúngica da amostra de CB com OE de orégano aplicada em pão após 14 dias de vencimento do mesmo.....	62



## LISTA DE TABELAS

1 – Análise de FTIR para CB pura (branco) .....	37
2 – Dados obtidos das Curvas TG e DTG das membranas de CB pura e incorporadas.....	41
3 – Percentual de OE incorporado na amostra .....	46
4 – Valores das bandas características (cravo).....	48
5 – Valores das bandas características (canela).....	49
6 – Valores das bandas características (manjeriçã).....	50
7 – Valores das bandas características (orégano) .....	51
8 – Dados obtidos das Curvas TG e DTG das membranas de CB pura e incorporadas.....	54
9 – Halos de inibição (mm) do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (CBCr), canela (CBCa), orégano (CBOr), manjeriçã (CBMa) e os OEs puros contra a bactéria <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Escherichia coli</i> .....	56

## LISTA DE QUADROS

1 – Estado da arte (Autores, publicações, filmes, óleo essencial incorporado e observações finais) .....	22
2 – Concentração dos OEs incorporados às membranas de CB .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRE - Associação Brasileira de Embalagem

Ca – Canela

CB – Celulose bacteriana

CB/OECa4% - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de canela a 4%

CB/OECr1,5% - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de cravo a 1,5%

CB/OEMa6% - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de manjeriço a 6%

CB/OEOr1% - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de orégano a 1%

CBCa - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de canela a 15%

CBCr - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de cravo a 15%

CBMa - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de manjeriço a 15%

CBOr - Amostra de celulose bacteriana incorporada com óleo essencial de orégano a 15%

CB pura – Celulose bacteriana pura

CMA - Comissão de Meio Ambiente

Cr – Cravo

*E. coli* - *Escherichia coli*

FTIR - Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier

g - Grama

*K. hansenii* - *Komagaeibacter hansenii*

M - molar

Ma – Manjeriço

mm - milímetro

mM - milimolar

Min - Minuto

mL - mililitro

OE – Óleo essencial

OEs – Óleos essenciais

Or - Orégano

PHAs – polihidroxialcanoatos

*S. aureus* - *Staphylococcus aureus*

TGA/DTG - Termogravimetria e termogravimetria derivada

Tmax - Temperatura máxima de degradação

Tonset - Temperatura de início de degradação

°C – Graus Celsius

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>3</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>4</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
1.1 Objetivo geral .....	17
1.2 Objetivos específicos.....	17
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
2.1 Plásticos como embalagem para alimentos .....	18
2.2 Celulose bacteriana .....	19
2.3 Celulose bacteriana para aplicações em alimentos.....	20
2.4 Filmes antimicrobianos .....	21
2.5 Óleos essenciais .....	23
2.5.1 Óleo essencial de manjeriço .....	24
2.5.2 Óleo essencial de cravo .....	25
2.5.3 Óleo essencial de canela .....	26
2.5.4 Óleo essencial de orégano.....	26
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Síntese das membranas de CB</b> .....	<b>29</b>
3.1.1 Micro-organismo e condições de cultivo.....	29
<b>3.2 Purificação</b> .....	<b>29</b>
<b>3.3 Incorporação dos OEs</b> .....	<b>29</b>
3.3.1 Incorporação dos OEs – Método utilizando acetona como solvente .....	29
3.3.2 Incorporação dos OEs – Método utilizando etanol como solvente .....	30
<b>3.4 Caracterização das membranas</b> .....	<b>31</b>
3.4.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) .....	31
3.4.2 Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG) .....	31
3.4.3 Atividade antimicrobiana das membranas.....	31
3.4.4 Biodegradação em solo.....	32
3.4.5 Avaliação da atividade fúngica das membranas aplicadas como embalagens de pães.....	32

<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>4.1 Obtenção da CB</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2 Incorporação da CB – Método com acetona</b> .....	<b>35</b>
4.2.1 Caracterização das membranas.....	36
4.2.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier – FTIR .....	36
4.2.1.2 Termogravimetria e Termogravimetria derivada (TG/DTG).....	40
4.2.1.3 Atividade Antimicrobiana das Membranas .....	42
4.2.1.4 Biodegradação em Solo .....	43
<b>4.3 Incorporação da CB – Método com etanol</b> .....	<b>45</b>
4.3.1 Caracterização das membranas.....	47
4.3.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier – FTIR .....	47
4.3.1.2 Termogravimetria e Termogravimetria derivada (TG/DTG).....	52
4.3.1.3 Atividade Antimicrobiana das Membranas .....	54
4.3.1.4 Biodegradação em Solo .....	58
4.3.1.5 Avaliação da atividade fúngica das membranas aplicadas como embalagens de pães.....	60
<b>Sugestões e análises futuras</b> .....	<b>63</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>

## INTRODUÇÃO

As embalagens exercem uma função importante para os produtos que são contidos por elas devido às suas diversas aplicações. De maneira geral, sua relevância na indústria alimentícia está relacionada à proteção e conservação do produto, informação e conveniência ao consumidor (FASANO et al., 2012; JORGE, 2013). As embalagens tradicionais contribuíram para o desenvolvimento inicial dos sistemas de distribuição dos alimentos. As embalagens que são constantemente procuradas são as inovadoras com funções aprimoradas (aumento do tempo de prateleira, sabor, aroma ao produto, entre outras inovações) para a utilização em produtos com maior demanda dos consumidores, como os alimentos minimamente processados e com menor quantidade de conservantes (AVELLA et al., 2007).

Em tempos em que o consumo de alimentos é alto, a competitividade entre as empresas é frequente, sendo necessário criar e inovar para ganhar destaque nesse mercado (LANDIM et al., 2016). Dentre as inovações em embalagens alimentícias, tem-se melhorias associadas a resistência mecânica, às propriedades de barreira a gases e aromas, além de diferentes sistemas de fechamento e abertura, garantindo a segurança e praticidade ao consumidor (LANDIM et al., 2016).

Novos aditivos para embalagens foram desenvolvidos a fim de fornecer a proteção ativa ao produto. A embalagem ativa foi definida oficialmente como “embalagens com aditivos ativos que se destinam principalmente a prolongar o prazo de validade e/ou manter/melhorar o estado dos alimentos embalados” (ZINOVIADOU; KOUTSOUMANIS; BILIADERIS, 2009). Elas são projetadas para incorporar componentes em que o produto, a embalagem e o ambiente interagem entre si de uma maneira positiva para alcançar suas características (ZHANG et al., 2015). Outra definição de embalagem ativa é um sistema de embalagem que altera ativamente a condição do pacote para prolongar a vida útil ou melhorar a segurança alimentar ou propriedades sensoriais, mas sempre mantendo a qualidade dos alimentos (DVIR et al., 2019).

Os consumidores têm dado preferência por alimentos seguros e com aditivos naturais que não trazem efeitos negativos à saúde humana, pois estão preocupados com os efeitos colaterais dos aditivos artificiais (ATARÉS; CHIRALT, 2016). Além disso, a utilização de aditivos em embalagens é muito recomendada, principalmente

por inibirem o crescimento de micro-organismos deterioradores e patogênicos. Sendo assim, são necessários estudos de novos aditivos naturais e não tóxicos a fim de substituir os aditivos artificiais (VALDÉS et al., 2014).

No desenvolvimento de novos aditivos, além da preocupação com a inovação para o destaque no mercado, o consumo de embalagens plásticas produz grande quantidade de resíduos que se acumulam nos aterros sanitários (AVÉROUS, 2004). O problema com o descarte incorreto de plásticos, relacionado à falta de consciência dos envolvidos gera diversos problemas ambientais como as inundações em grandes cidades, a poluição de rios, oceanos, entre outros (NUNES, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Embalagem (ABRE) em seu estudo macroeconômico de 2019, em valores de produção de plásticos, as embalagens representam 41% do total produzido, sendo a maior participação, movimentando 30,6 bilhões de reais. A produção da indústria de embalagem apresentou um crescimento de 4,9% no primeiro semestre de 2019. Em termos de exportação, as embalagens plásticas representam 31,6% do total de produtos de embalagens exportados mantendo-se na segunda colocação, enquanto para as importações, o setor de plásticos ocupa a primeira colocação, correspondendo a 54,7% do total importado, movimentando 168.407 milhares de dólares (ABRE, 2019).

Devido à grande quantidade de embalagens de alimentos produzidas e posteriormente descartadas a cada ano, a tendência é o uso de polímeros totalmente biológicos e biodegradáveis como potenciais substituições aos polímeros petroquímicos não biodegradáveis (ARRIETA et al., 2016). Além dos aspectos de biodegradabilidade dos filmes, maior segurança alimentar pode ser alcançada pela incorporação de agentes ativos nos mesmos (BOTREL et al., 2007).

Um biopolímero alvo de diversas pesquisas é a celulose, sendo o mais abundante da natureza e de grande importância na economia global (CARREIRA et al., 2011; KLEMM et al., 2005; RECOUVREUX, 2004, 2008; ROSS; MAYER; BENZIMAN, 1991). A celulose bacteriana (CB), assim como a celulose vegetal, é um polissacarídeo linear composto por monômeros de  $\beta$ -D-glucopiranoses ligados entre si por ligações glicosídicas  $\beta$ -1,4. Ao contrário da celulose vegetal, a CB é sintetizada de forma pura, livre de outras moléculas vegetais e sua pureza é uma vantagem sobre a celulose vegetal, pois não exige alto custo de extração, processos



de purificação e o uso de produtos químicos ambientalmente perigosos (CAZÓN; VÁZQUEZ, 2021).

A CB consiste em uma película translúcida e gelatinosa, formada por microfibrilas de celulose, produzida por diversos micro-organismos (PICHETH et al., 2017). Suas propriedades físicas e mecânicas estão relacionadas com suas nano e microfibrilas ligadas de forma bem espaçadas, criando uma extensa área de superfície com espaçamentos que permitem reter uma grande quantidade de líquido, enquanto mantém um alto grau de conformabilidade. As ligações de hidrogênio entre essas unidades fibrilares estabilizam sua estrutura oferecendo uma grande resistência mecânica (LUSTRI et al., 2015).

Essas propriedades singulares, em conjunto com outras propriedades, como biocompatibilidade e biodegradabilidade, resultam no caráter renovável e em uma ampla gama de aplicações na área biomédica e em vários outros domínios tecnológicos, tais como material de reforço em nanocompósitos transparentes/translúcidos, produção de embalagens, cosméticos, produtos farmacêuticos, entre outros (AZEREDO et al., 2019; RUKA; SIMON; DEAN, 2014; SKOČAJ, 2019; WU; LIU, 2012). Pesquisas têm sido desenvolvidas visando à produção de celulose bacteriana (CB) devido à sua ampla aplicação, e vários autores (IGUCHI; YAMANAKA; BUDHIONO, 2000; JIPA; STOICA-GUZUN; STROESCU, 2012; JONAS; FARAH, 1998; PHISALAPHONG; JATUPAIBOON, 2008; SILVA, 2017; ZHU et al., 2010) têm desenvolvido e estudado este biopolímero para desenvolver embalagens alimentícias.

A abundância de grupos reativos dentro da estrutura da CB também fornece uma variedade de possíveis modificações (*in situ* ou *ex situ*) para a introdução de funcionalidades com o intuito de obter requisitos específicos (SIRÓ; PLACKETT, 2010). Além disso, sua alta porosidade combinada com a alta área de superfície torna a CB um material adequado para interação física com antimicrobianos e outros compostos ativos (SHAH et al., 2013).

Assim sendo, tem-se os óleos essenciais (OEs), que são aditivos muito utilizados na indústria alimentar e em embalagens com objetivo de prolongar a vida de prateleira. São óleos lipídicos complexos produzidos naturalmente como metabólitos secundários por materiais vegetais, como flores, brotos, sementes, folhas, madeira, frutas, raízes, galhos e cascas. Os OEs estão presentes em várias plantas aromáticas geralmente cultivadas em países tropicais e subtropicais (BIZZO;

HOVELL; REZENDE, 2009; BOECHAT, 2010; HABER; CLEMENTE, 2013; SHAABAN; EL-GHORAB; SHIBAMOTO, 2012). Eles são principalmente misturas de compostos naturais voláteis obtidos via compressão ou destilação de plantas e são compostos principalmente de mono e sesquiterpenos e de fenilpropanoides, metabólitos que são responsáveis pelas propriedades antibacterianas. Além disso, os OEs também possuem propriedades antifúngicas, antioxidantes, antivirais, antitóxicas, antiparasitárias, antibióticas e antissépticas (BIZZO; HOVELL; REZENDE, 2009; HUANG et al., 2019).

Dentro deste contexto, uma alternativa a ser avaliada é uma embalagem composta por CB com OEs promissores e pouco estudados, sendo estes incorporados em sua matriz para ações específicas. Para isso, este trabalho abordou a utilização de CB para aplicação na área de embalagens biodegradáveis para alimentos, mais especificamente como embalagens ativas. Foram incorporados OEs de cravo, canela, manjeriço e orégano, com a intenção de desenvolver uma embalagem ativa para possivelmente ser biodegradável e ainda estender a vida de prateleira de produtos alimentícios, sendo realizada a avaliação das propriedades térmicas e físicas do polímero, além da biodegradabilidade e teste de prateleira em pães após a incorporação dos OEs.

## 1 OBJETIVOS

### 1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de óleos essenciais como aditivos em embalagens biodegradáveis em matriz de celulose bacteriana.

### 1.2 Objetivos específicos

- a) Sintetizar membranas de celulose bacteriana utilizando a bactéria *K. hansenii*;
- b) Incorporar com OEs de canela, cravo, manjeriço e orégano utilizando acetona como solvente;
- c) Incorporar com OEs de canela, cravo, manjeriço e orégano em método utilizando etanol como solvente;
- d) Avaliar o efeito dos OEs nas propriedades das membranas de CB por meio de análise termogravimétrica (TGA), espectrofotometria por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR);
- e) Verificar o potencial antimicrobiano das membranas de CB incorporadas com OEs e CB pura;
- f) Determinar a vida de prateleira de alimentos envoltos com as embalagens de CB pura e de CB incorporada de OEs;
- g) Avaliar a biodegradação em solo das membranas incorporadas com OEs.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Plásticos como embalagem para alimentos**

De macromoléculas orgânicas poliméricas, de origem artificial, os plásticos apresentam diferentes propriedades, o que torna possível ser encontrado como um material maleável e de fácil combustão ou como rígido e de alta durabilidade (ASSIS; SANTOS, 2020). O grande número de possíveis aplicações desses polímeros se dá devido à vasta gama de variações nas propriedades físicas e químicas, podendo servir no desenvolvimento de equipamentos eletrônicos, utensílios domésticos, embalagens, etc (ASSIS; SANTOS, 2020).

Devido as vastas possibilidades de aplicações e usos em meios urbanos e industriais, o plástico é um símbolo da bandeira do “consumo descartável”, representando o segundo constituinte mais comum do lixo, perdendo apenas para o papel (PIATTI; RODRIGUES, 2005; RAGAERT; DELVA; GEEM, 2017; SILVA; SANTOS; SILVA, 2013).

É perceptível o crescimento de resíduos plásticos associado a seus descartes incorretos, gerando impactos ambientais, como a poluição de ambientes naturais, inundações, toxicidade na vida aquática, fauna e flora (AMCHAM, 2018; DURANTE, 2018; JAMBECK et al., 2015).

A Comissão de Meio Ambiente (CMA) do Brasil aprovou em 2018 o projeto PLS 92/2018 que dispõe sobre a obrigatoriedade da utilização de materiais biodegradáveis na composição de utensílios descartáveis destinados ao acondicionamento e ao manejo de alimentos prontos para o consumo. De acordo com o texto aprovado, o plástico está sendo substituído em 20% dos utensílios com o prazo de dois anos após a eventual vigência da lei. Este percentual aumentará o índice de substituição do plástico que deverá ser totalmente banido após dez anos (FREITAS, 2018).

Como alternativa para obtenção de materiais plásticos com menos consequências ao meio ambiente e mais harmônico a todos os seres vivos, a produção e o aperfeiçoamento de polímeros biodegradáveis têm ganhado grande destaque em anos recentes e representa uma alternativa relevante para a obtenção de materiais plásticos menos danosos (ASSIS; SANTOS, 2020).

Polímeros que combinam características biológicas e biodegradáveis são os preferidos para aplicações como embalagens sustentáveis. Os polímeros

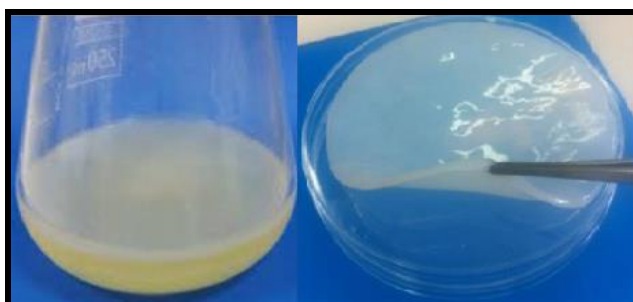
biodegradáveis mais amplamente estudados para o campo de embalagens de alimentos são poli(ácido láctico), polihidroxialcanoatos (PHAs), celulose e amido (ARRIETA et al., 2016; ATARÉS; CHIRALT, 2016; DVIR et al., 2019; RIBEIRO-SANTOS et al., 2017).

## 2.2 Celulose bacteriana

A longa história de consumo humano de celulose bacteriana em países asiáticos, os inúmeros estudos que demonstraram a não genotoxicidade desta membrana e a utilização em materiais biomédicos, serviram de base para que a *Food and Drug Administration* (FDA) classifica-se a CB como segura desde 1992, garantindo a sua aplicação pela indústria de alimentos (DOURADO; GAMA; RODRIGUES, 2017; LIN et al., 2020; PHISALAPHONG; CHIAOPRAKOBKIJ, 2012; SANCHEZ, 2008).

As principais pesquisas para a produção de celulose para o desenvolvimento de novos materiais para contato com alimentos foram realizadas em meio líquido em condições estáticas. Durante o processo de cultivo em condições estáticas em temperatura (28–30 °C) e pH (4–5) adequados (Figura 1), as bactérias produzem uma película de CB na interface ar-líquido devido às suas propriedades aeróbias, começando como uma película fina que primeiro cobre a superfície livre e depois se torna mais espessa ao longo do tempo (KLEMM et al., 2011). Sob condições de agitação, são obtidas esferas de CB com massas variadas em vez de um filme uniforme, e geralmente apresentam menor cristalinidade e propriedades mecânicas inferiores (WANG; TAVAKOLI; TANG, 2019).

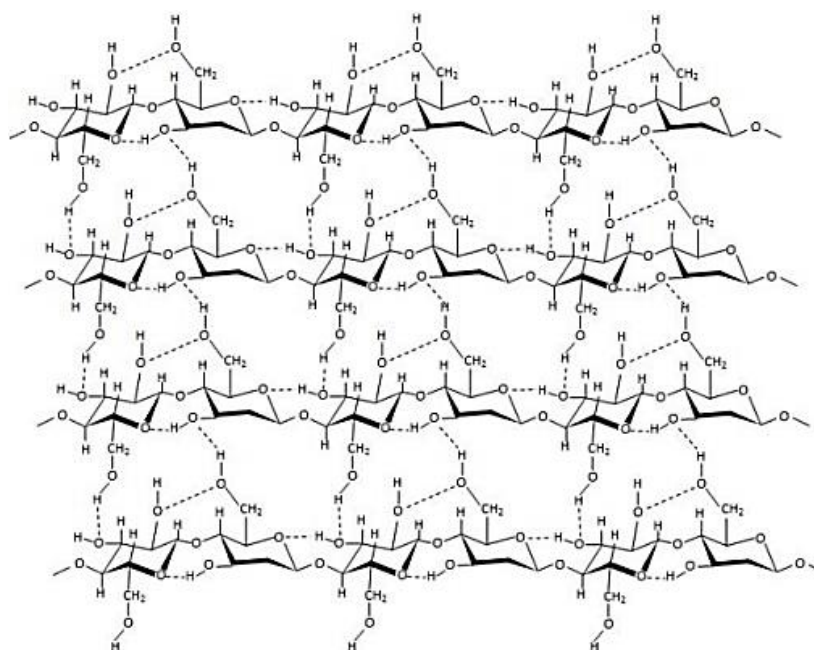
**Figura 1** – CB produzida em condições estáticas



Fonte: Fischer et al. (2017).

Restos de células de bactérias ou meios de cultura podem ser retidos entre as fibras CB e outros processos podem ser necessários, como vários ciclos de lavagem com água destilada ou tratamento de ultrassom (CAZÓN; VÁZQUEZ, 2021). A estrutura química da CB é apresentada na Figura 2, sendo composta por cadeias lineares de  $\beta$ -D-glucopiranoses ligadas entre si por ligações glicosídicas do tipo (1-4). A geometria do material (Figura 1) é determinada pelas interações intermoleculares e intramoleculares de ligação de hidrogênio, interações hidrofóbicas e Van der Waals, formando cadeias paralelas (PICHETH et al., 2017). Ela pode ser produzida por diversos micro-organismos como *Komagataeibacter*, *Agrobacterium*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Alcaligenes*.

**Figura 2** – Estrutura molecular da CB



Fonte: Lustri et al. (2015).

### 2.3 Celulose bacteriana para aplicações em alimentos

A CB tem um enorme potencial na indústria, suas propriedades físicas e mecânicas estão relacionadas com suas nano e micro fibrilas ligadas de forma bem espaçadas formando uma estrutura altamente porosa que permite grande retenção de líquidos, mantendo um alto grau de conformabilidade e ao mesmo tempo adquirindo grande resistência mecânica (BARUD, 2014; CESCA et al., 2014; FISCHER et al., 2017). Para aplicações em alimentos, a CB tem sido estudada como

agente espessante, estabilizante, aditivo aglutinante de água e como material de embalagem (JEBEL; ALMASI, 2016).

Em seu estudo sobre um biofilme produzido a partir de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana para conservação de fruta minimamente processada, Almeida (2010), cobriu morangos com celulose bacteriana pura e observou uma maior estabilidade nas características de massa, pH, firmeza, atividade de água e controle de micro-organismos durante o período de armazenamento de 8 dias. Já os biofilmes de blenda, percebeu uma alta opacidade e taxa de permeabilidade ao vapor de água e baixa densidade, espessura, gramatura e solubilidade.

Em um de seus estudos, Zahan et al. (2020) produziu um filme biodegradável e antimicrobiano a base de CB incorporado com ácido láurico para utilização como embalagem. O filme foi totalmente degradado no solo no sétimo dia de teste. Além disso, neste estudo, a atividade antimicrobiana dos filmes foi eficaz para a bactéria gram-positiva *Bacillus subtilis*. Finalmente, o filme provou ter grande potencial para ser utilizado como alternativa ao plástico sintético para reduzir a poluição ambiental e ainda, com a adição de substância ativa no filme de CB como agente antimicrobiano, aprimorando sua funcionalidade.

Também desenvolvendo filme para embalagem, Chen et al. (2020) produziu um filme de nanofibra de celulose com adição de antocianinas e óleo essencial de orégano, que podem atuar como indicador de pH e de propriedades antibacterianas, respectivamente. O filme teve um bom desempenho de barreira à luz ultravioleta e visível. A taxa de inibição contra *E. coli* e *L. monocytogenes* atingiu 99,99%. O indicador de pH desenvolvido e o filme antimicrobiano podem indicar a alteração da qualidade dos alimentos durante o armazenamento e prolongam efetivamente a sua vida útil de prateleira. Portanto, o filme pode ser usado para monitorar a mudança da qualidade dos alimentos durante o armazenamento, como um indicador de rótulo inteligente e prolongar a vida útil dos alimentos, indicando o crescimento microbiano.

## **2.4 Filmes antimicrobianos**

Filmes antimicrobianos quando em contato com alimentos acondicionados reduzem, inibem ou retardam o desenvolvimento de micro-organismos na superfície dos alimentos, por isso são considerados uma inovação no conceito de embalagem

ativa e podem ser combinados para melhoria das propriedades funcionais, mecânicas e químicas das embalagens (AMORIM, 2004; BATISTA; TANADA-PALMU; GROSSO, 2005; GALOTTO et al., 2011). Pesquisas como as citadas no Quadro 1, têm se concentrado em embalagens ativas para alimentos em uma ampla gama de sistemas alimentares com o objetivo de estudar seus antioxidantes e efeito antibacteriano (ATARÉS; CHIRALT, 2016).

Com o objetivo de reduzir o uso de aditivos químicos na indústria de alimentos percebe-se o aumento do interesse no uso de aditivos naturais com propriedades antimicrobianas e antioxidantes que não afetam negativamente a saúde humana (CARNEIRO et al., 2017). OEs são estudados como aditivos naturais em produtos biodegradáveis devido à sua natureza lipídica, pois espera-se que eles ajudem a reduzir a permeabilidade ao vapor d'água de filmes hidrofílicos. Além disso, demonstraram influência sobre outras propriedades dos filmes de alimentos como tração, ótica, estrutural e, principalmente, pelo efeito antimicrobiano (ATARÉS; CHIRALT, 2016).

**Quadro 1** – Estado da arte (Autores, publicações, filmes, óleo essencial incorporado e observações finais)

Filme	Óleo essencial incorporado	Observações	Autores
Poli(cloreto de vinila)	Cravo	O óleo essencial de cravo é um promissor agente antimicrobiano, o que torna um aditivo com potencial aplicação em embalagens de alimentos perecíveis.	Lima (2018)
Celulose bacteriana e polihidroxibutirato	Cravo	O óleo essencial de cravo-da-Índia foi favorável como agente antibacteriano para uma futura aplicação da blenda como embalagem ativa para alimentos, além de não ter comprometido as propriedades dos polímeros.	Albuquerque (2019)
Celulose bacteriana	Catequina e Citrus	Os resultados mostraram que a superfície de filmes comestíveis era fina e lisa. Na análise de FTIR todos os espectros confirmaram que as ligações importantes do polímero de celulose estavam presentes nos filmes.	Srikandace et al. (2018)



Zeína	Canela	Pode-se concluir que o filme de zeína reforçado pelo óleo essencial de canela e nanopartículas de quitosana pode ser proposto como um promissor material de embalagem natural com boas características físicas, estruturais e antibacterianas para embalagem de itens alimentares.	Vahedikia et al. (2019)
Ácido polilático	Tomilho, alecrim e orégano.	Os resultados do presente estudo mostraram que filmes de resina de ácido polilático contendo diferentes óleos essenciais podem servir como materiais antioxidantes eficazes para a preservação de peixes. A adição dos OEs não afetou a permeação, a migração e o alongamento percentual na quebra das propriedades do filme.	Zeid et al. (2019)
Celulose bacteriana	Alecrim e Gorgonzola	O alecrim e o gorgonzola demonstraram ação antimicrobiana sobre as células de <i>E. coli</i> e <i>S. aureus</i> . Quanto a análise visual de crescimento de fungos filamentosos, percebe-se que o alecrim e gorgonzola indicou uma ação antimicrobiana. Assim, a incorporação de aromas de alecrim, de gorgonzola e NpAg em membranas de CB, mostraram-se promissoras para aplicações em embalagens alimentícias.	Silva (2017)

## 2.5 Óleos essenciais

Há evidência de que cerca de 35% dos OEs de plantas possuem atividade antimicrobiana e 65% possuem atividades antifúngicas, atuando na preservação do produto (LIMA et al., 2006; STIEVEN; MOREIRA; SILVA, 2009). OEs extraídos de plantas e especiarias são ricas fontes de compostos bioativos (terpenóides, compostos fenólicos) que foram reconhecidos como agentes antimicrobianos (BURT, 2004; RUIZ-NAVAJAS et al., 2013), como por exemplo, a canela, o tomilho, o orégano e o cravo têm propriedades antimicrobianas inerentes, incluindo a inibição do crescimento de bactérias, leveduras e fungos. Por esta razão, seu uso potencial para prolongar a vida útil de matrizes alimentares tem sido amplamente investigados (JU et al., 2019; SILVA, 2017).

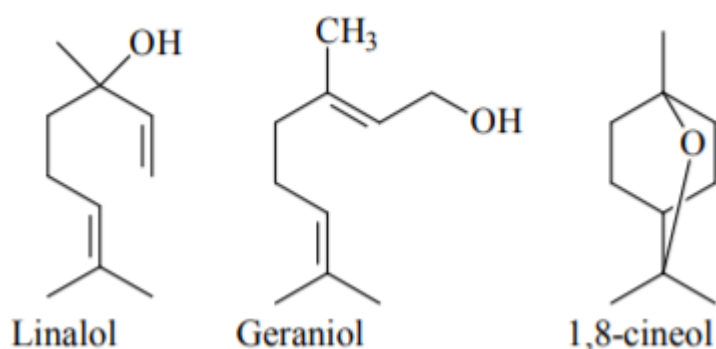
Os OEs afetam negativamente as células microbianas por vários mecanismos, incluindo o ataque à bicamada fosfolipídica da membrana celular, perturbando os sistemas enzimáticos, comprometendo o material genético das bactérias (BURT et al., 2007).

Quando o OE é incorporado ao polímero e este em contato diretamente com o alimento, há possibilidade de uma migração lenta e constante de agentes bactericidas e/ou bacteriostáticos, por meio da difusão ou da separação para a superfície, fazendo com que a atividade antimicrobiana ocorra com maior intensidade onde se faz necessário (COMA, 2008).

Segundo diversos autores, entre os óleos essenciais mais conhecidos por terem significativo potencial antimicrobiano e que podem ser utilizados em embalagens ativas para alimentos estão o alho, canela, capim cidreira, cravo, cebola, manjeriço, manjerona, menta e mentol, orégano, pimenta-da-jamaica, segurelha e tomilho (BURT, 2004; JEAUROUND; SCHUMANN; CLUNIES, 2002; KALEMBA; KUNICKA, 2003).

### 2.5.1 Óleo essencial de manjeriço

**Figura 3** – Componentes majoritários do óleo essencial de manjeriço



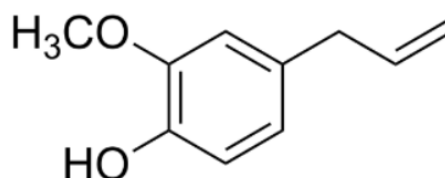
Fonte: Blank et. al, 2007

O óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) apresenta como compostos majoritários o linalol, o geraniol e o 1,8 cineol (Figura 3) representando mais de 95,16% de todos os componentes químicos presentes no óleo essencial (Blank et al., 2007), ele pode servir como substância hidrofóbica com atividade antioxidante e deve ser usado para melhorar a propriedade do biopolímero como de

uma embalagem ativa (TONGNUANCHAN; BENJAKUL; PRODPRAN, 2014). O OE de manjeriço possui também propriedades analgésicas, antiinflamatórias, antibacterianas, hepatoprotetoras e imunomodulatórias e às vezes é usado como um aditivo para evitar a oxidação de alimentos ou como um agente antimicrobiano, ou ainda como um ingrediente para afetar o sabor e o aroma de diferentes produtos (AMOR et al., 2021).

### 2.5.2 Óleo essencial de cravo

**Figura 4** – Componente majoritário do óleo essencial de cravo

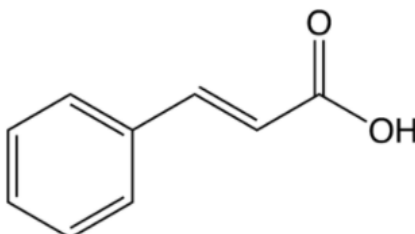


Fonte: HOSSEINI, et. al, 2009.

O óleo essencial de cravo (*Syzygium aromaticum*) tem como principal constituinte químico o eugenol (Figura 4), que demonstrou ter um eficaz potencial antimicrobiano quando incorporados em filmes para aplicações alimentares (HOSSEINI; RAZAVI; MOUSAVI, 2009; IGARASHI, 2010; UGALDE, 2014). Melo (2010) produziu filmes à base de quitosana e gelatina, incorporados com OE de cravo que foram aplicados em carne de bacalhau, obtendo bons resultados antimicrobianos. Pesquisas recentes mostraram que o óleo essencial de cravo pode matar inúmeras bactérias e alguns fungos, e a atividade antimicrobiana é atribuível ao eugenol, ácidos oleicos e lipídios encontrados em seus óleos essenciais (SHARMA et al., 2020).

### 2.5.3 Óleo essencial de canela

**Figura 5** – Componente majoritário do óleo essencial de canela



Fonte: HOSSEINI, et. al, 2009.

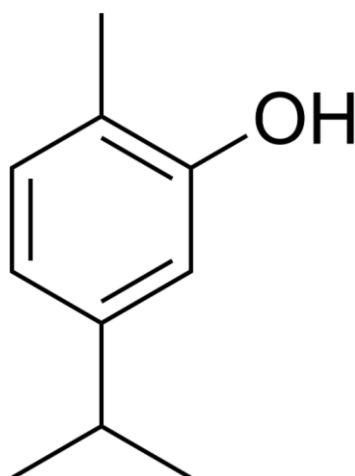
O óleo essencial de canela (*Cinnamomum*) apresenta propriedades únicas que são úteis para o revestimento de alimentos úmidos altamente perecíveis, como peixes e aves (HOSSEINI; RAZAVI; MOUSAVI, 2009). O óleo essencial de canela tem uma atividade antimicrobiana eficaz e é reconhecido como seguro pela *Food and Drug Administration*. O cinamaldeído é a principal parte do óleo essencial de canela (Figura 5), é um composto natural com cheiro de doce que fornece sabor e cheiro explícitos, além de ser permeável em membranas celulares vivas, degradável e reconhecido como biocompatível (MALLICK et al., 2020).

Wu et al. (2015) incorporou OE de canela em filmes de gelatina e encontraram uma melhoria na estabilidade antimicrobiana juntamente com uma diminuição na taxa de liberação. Liberação controlada e sustentada é um tratamento relevante para ser obtido ao incorporar ingredientes ativos em embalagens de alimentos.

### 2.5.4 Óleo essencial de orégano

O óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*) foi estudado por diversos pesquisadores por sua atividade antimicrobiana em filmes alimentícios (CHOULIARA et al., 2007; DU et al., 2008; EMIROĞLU et al., 2010; OUSSALAH et al., 2007). Possui carvacrol como componente principal (Figura 6) e tem atividade inibitória contra bactérias Gram positivas e Gram negativas (SILVA, et. Al, 2010).

**Figura 6** – Componente majoritário do óleo essencial de orégano



Fonte: SILVA, et.al, 2010.

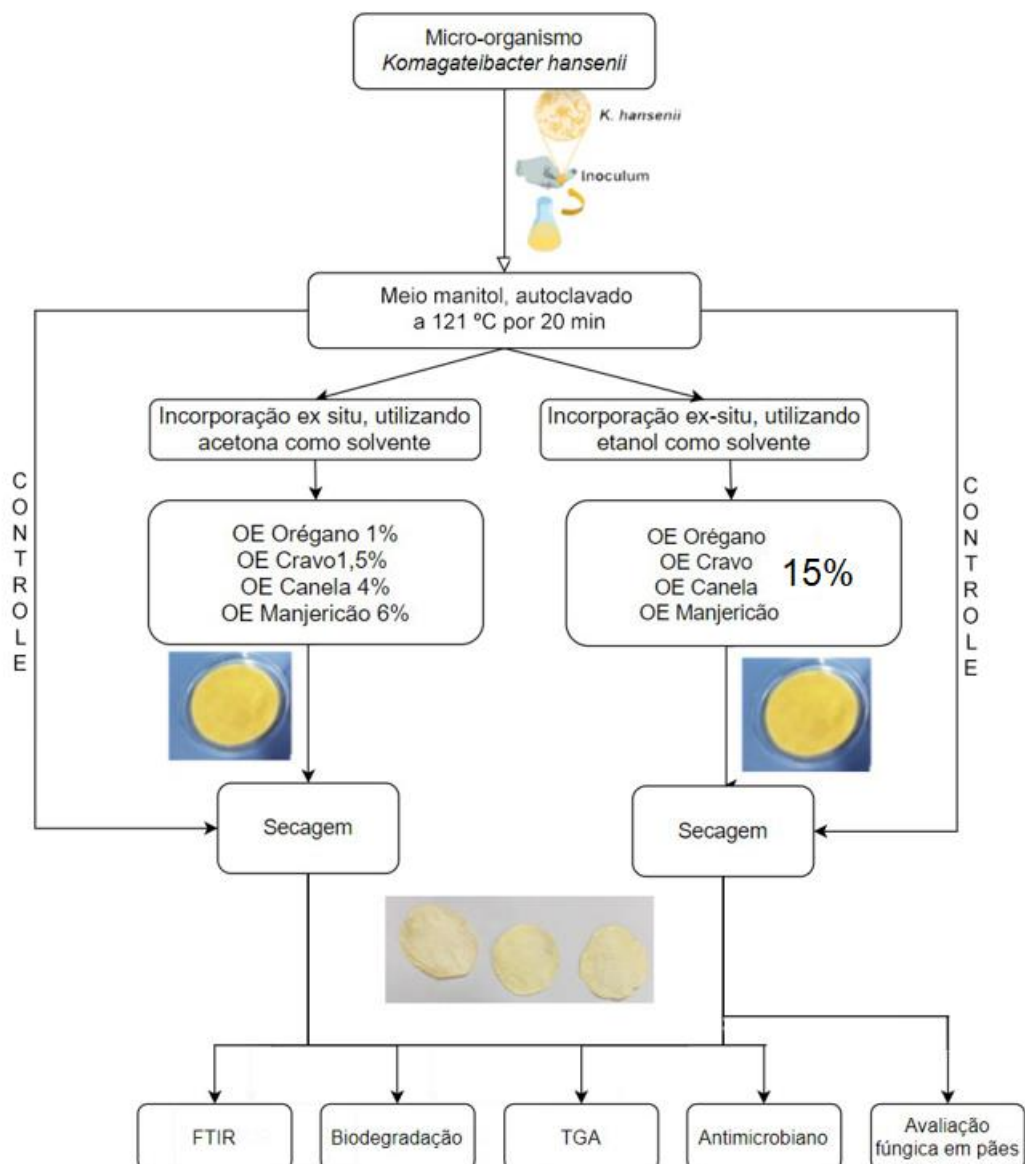
Seydim & Sarikus (2006) incorporaram OEs de orégano, alecrim e alho em filmes de proteína de soro de leite, e descobriram que os filmes antimicrobianos mais eficazes eram aqueles incorporados com orégano, enquanto os menos eficazes foram aqueles que incluem óleo de alecrim. O mesmo método foi usado em outros estudos (ALDANA et al., 2015; ALIHEIDARI et al., 2013; EMIROĞLU et al., 2010; ITURRIAGA; OLABARRIETA; MARAÑÓN, 2012; JOUKI et al., 2014; PIRES et al., 2013).

Zinoviadou et al. (2009) formularam filmes comestíveis de proteína de soro de leite com OE de orégano e comprovaram sua atividade antimicrobiana em amostras de carne em armazenamento refrigerado. Emiroğlu et al. (2010) testou a atividade antimicrobiana de filmes comestíveis de soja incorporados com OE de tomilho e orégano em hambúrgueres de carne moída e encontraram reduções na contagem microbiana em relação ao armazenamento refrigerado. Wu et al. (2014) comprovou a atividade antimicrobiana de filmes de gelatina-quitosana com OE de orégano no armazenamento de músculo de carpa.

### 3 METODOLOGIA

A sequência dos procedimentos metodológicos que foram utilizados nesta dissertação está apresentada na Figura 3.

**Figura 7** – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



### **3.1 Síntese das membranas de CB**

#### **3.1.1 Micro-organismo e condições de cultivo**

A bactéria *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 foi utilizada na síntese das membranas CB. O meio é composto por manitol (20 g L<sup>-1</sup>), peptona de soja (5 g L<sup>-1</sup>), extrato de levedura (5 g L<sup>-1</sup>), fosfato dissódico (2,7 g L<sup>-1</sup>) e ácido cítrico (1,15 g L<sup>-1</sup>), e foi autoclavado a 121 °C por 20 min foi usado tanto para pré-inóculo, quanto para a produção das membranas.

As células foram ativadas em frascos de Erlenmeyer de 500 mL, contendo 100 mL de meio de cultivo, incubadas a 25 °C sob condições estáticas por 3 dias. Após o período de incubação, o pré-inóculo foi transferido para frascos de Erlenmeyer de 250 mL com 50 mL de meio de cultivo, e incubado em estufa a 30 °C e condição estática durante 12 dias para a formação de membranas de CB (FISCHER, 2016). A espessura média (4 pontos) das membranas foi determinada utilizando um paquímetro digital.

### **3.2 Purificação**

Após o período de cultivo, as membranas formadas na superfície do meio de cultivo foram coletadas e purificadas conforme o método usado por Silveira (2016). O procedimento de purificação consiste em lavar as membranas com água destilada para remoção do meio de cultivo restante e, logo em seguida, tratadas com solução de NaOH 0,1 M, em banho-maria a 80 °C, por 60 min, para que ocorresse a remoção de impurezas bacterianas e outros tipos de contaminantes. Após tratamento de purificação, lavou-se as membranas com água destilada até que se aproximasse ao pH 7,0, armazenando-a em água destilada e autoclavada para evitar contaminações.

### **3.3 Incorporação dos OEs**

#### **3.3.1 Incorporação dos OEs – Método utilizando acetona como solvente**

Após a purificação, as membranas foram incorporadas com os OEs. Seguiu-se o procedimento de incorporação *ex-situ* (embebição), onde as membranas foram imersas em solução contendo acetona 99% a diferentes concentrações de OEs

(marca Phytoterápica), conforme apresentado no Quadro 2, que apresenta as concentrações de estudos bem-sucedidos por outros autores e direcionaram os experimentos deste estudo.

Segundo os autores Chouliara et al. (2007) e Emiroglu et al. (2010), concentrações de 1% de OE de orégano já demonstram eficácia para o potencial antimicrobiano em filmes. Já para o OE de cravo, a concentração ideal variou entre 0,5 e 1,5% (HOSSEINI; RAZAVI; MOUSAVI, 2009; IGARASHI, 2010; UGALDE, 2014). Rodríguez et al. (2008) obteve, utilizando concentração de 4% do óleo essencial de canela incorporado em parafina sólida como revestimento para embalagens ativa de papel, forte potencial antimicrobiano. Os autores Zivanovic et al. (2005), testaram concentrações de 1 a 18% de óleo essencial de manjerição e potencial antimicrobiano foi exibido em concentrações acima de 6%.

**Quadro 2 – Concentração dos OEs incorporados às membranas de CB**

Identificação	OEs	Concentração (m/v)
CBpura	-	-
CB/OEO <sub>r</sub> 1%	Orégano	1%
CB/OEO <sub>Cr</sub> 1,5%	Cravo	1,5%
CB/OEO <sub>Ca</sub> 4%	Canela	4%
CB/OEO <sub>Ma</sub> 6%	Manjerição	6%

As membranas foram colocadas em soluções de OEs, e mantidas por 24 h, sendo viradas a cada 2 h. Depois deste período, secou-se as membranas em estufa por 24 h à 30 °C.

### 3.3.2 Incorporação dos OEs – Método utilizando etanol como solvente

Foi retirado excesso de água com papel toalha das membranas de CB úmidas e pesou-se 1 g destas membranas. Em seguida as membranas foram imersas em 150 mL de etanol 99% e aquecidas em frasco de Duran a 60 °C por 10 min. Ao final desse procedimento, pesou-se as membranas de CB úmidas em etanol após a retirada do excesso com papel toalha, a fim de calcular a massa da membrana.

Em seguida, pesou-se 3,0 g de cada OE, diluindo em 20 mL de etanol, sendo a CB úmida imersa na solução preparada e aquecida em estufa a 60 °C durante 10



min para evaporação da solução etanólica. As membranas de CB contendo o seu respectivo OE foram secas em estufa a 50 °C até massa constante. O percentual de OE incorporado foi calculado através da diferença entre a massa CB com OE e sem OE, conforme Equação 1 (ALBUQUERQUE, 2019).

$$\% \text{ OE incorporado} = \frac{\text{massa CB com OE (g)}}{\text{massa CB sem OE (g)}} \times 100 \quad (1)$$

### 3.4 Caracterização das membranas

#### 3.4.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

Com o objetivo de verificar se os OEs foram incorporados às membranas de CB, as amostras foram analisadas por FTIR-ATR, no equipamento Perkin Elmer Spectrum, no Laboratório de Materiais da Univille. Foram realizadas 32 varreduras por amostra de 4000 a 450  $\text{cm}^{-1}$ , no modo de refletância total atenuada (ATR – *attenuated total reflectance*).

#### 3.4.2 Termogravimetria e Termogravimetria Derivada (TG/DTG)

Para avaliar a estabilidade térmica das amostras, bem como, quantificar a incorporação dos OEs, realizou-se a análise de TG/DTG, que consiste em uma técnica destrutiva, envolvendo a medida da variação de massa das amostras em estado sólido em função da temperatura. A análise foi realizada em atmosfera inerte, com razão de aquecimento de 10  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$ , entre 25 e 600  $^{\circ}\text{C}$ , sob atmosfera de nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) no equipamento TGA-Q50 (da marca TA Instruments) no Laboratório de Materiais da Univille.

#### 3.4.3 Atividade antimicrobiana das membranas

Foram realizados testes de sensibilidade microbiana nas membranas de CB puras e incorporadas com os OEs, pela técnica de difusão de disco de Kirby & Bauer (BAUER et al., 1966). Investigou-se as amostras contra as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*, ambas pré-cultivadas a 37  $^{\circ}\text{C}$  por 24 h, em caldo de soja tripticaseína (TSB). As bactérias foram diluídas em solução salina

0,9%, estéril, para que se atingisse uma concentração de cerca de 0,5 padrão da escala McFarland e, em seguida, distribuídas uniformemente com swab em placas de Petri com meio Müller Hilton.

As membranas de CB pura e incorporadas com os OEs foram cortadas em discos com 6,0 mm de diâmetro e colocadas sob a placa de crescimento da bactéria. Empregou-se o teste de zona de inibição medindo o halo de inibição para verificar a atividade antimicrobiana da amostra. Realizou-se o teste em triplicata.

#### 3.4.4 Biodegradação em solo

Para o preparo do solo e ensaios de biodegradação em solo foi utilizado como base a norma ASTM G160 – 98 (1998). O solo foi preparado com partes iguais de solo fértil, esterco de cavalo e areia de praia (42 mesh). Após a mistura, a terra foi peneirada com uma peneira de 4 mesh. A terra foi envelhecida por três meses e duas vezes por mês foi monitorado o pH (6,5 a 7,5) e a umidade (20 a 30%).

Para o ensaio de biodegradação em solo foram utilizados béqueres com 17 cm de altura, onde adicionou-se uma camada do solo preparado no fundo do frasco com aproximadamente 8 cm de altura, sendo colocada uma amostra em cada copo de béquer e, em seguida, adicionado solo numa segunda camada de 8 cm. Os copos foram acondicionados em uma sala com manutenção da temperatura em 30 °C. As membranas foram removidas após 1, 3 e 7 dias.

#### 3.4.5 Avaliação da atividade fúngica das membranas aplicadas como embalagens de pães

As membranas incorporadas com os OEs e os pães foram expostos separadamente por 15 min de cada lado à luz UV, em fluxo laminar, para descontaminação. Em seguida, as membranas foram colocadas em filmes de polietileno de baixa densidade (PEBD), tal como uma "etiqueta" no filme, em contato direto com o pão tendo o mínimo contato com o ar externo e então embalou-se os pães com a membrana. Após o fim da validade dos pães, estabelecido pelo fornecedor, os pães embalados mais a amostra controle (apenas filme de PEBD) foram analisados quanto ao crescimento de fungos (SILVA, 2017).

Os pães foram avaliados visualmente até observar o aparecimento de fungos filamentosos e o tempo foi anotado. Eles permaneceram embalados todo o tempo, sob temperatura ambiente com registro fotográfico diário até o fim do teste. A avaliação a respeito de fungos se deu apenas de forma visual, pois a RDC 12/2001 Padrões Microbiológicos de Alimentos, legislação nacional que trata de aspectos microbiológicos em alimentos, especifica limites para fungos em pães apenas de forma visual (BRASIL, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Obtenção da CB

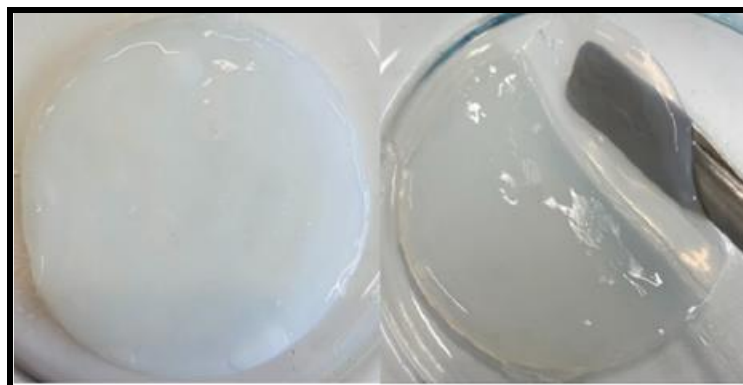
As membranas de CB formada na superfície do meio líquido após em média 12 dias de cultivo, apresentaram espessura média de 0,25 mm e aspecto gelatinoso. A Figura 4 ilustra uma membrana de CB produzida após 12 dias de cultivo. De acordo com Recouvreux (2008) a CB pura quando cultivada em culturas estáticas, apresenta-se como uma membrana gelatinosa esbranquiçada e translúcida na interface ar/líquido.

Após a obtenção das membranas de CB, foi realizada a purificação com NaOH 0,1 M, tornando um aspecto visual mais claro e translúcido (Figura 5). As membranas foram autoclavadas para evitar contaminação e foram utilizadas nas etapas de incorporação de OEs.

**Figura 8** – Membrana de CB após 12 dias de cultivo, sem o tratamento de purificação.



**Figura 9** – Membrana de CB após o tratamento de purificação.



As membranas de CB após o tratamento de purificação foram incorporadas com os OE de orégano, cravo, canela e manjerição, a partir dos dois métodos *ex-situ*, utilizando a acetona como solvente (método com acetona) e utilizando etanol como solvente (método etanol).

#### 4.2 Incorporação da CB – Método com acetona

Como apresentado na Figura 6 as membranas de CB foram imersas em uma solução com acetona e OE por 24 h, sendo viradas a cada 2 h por 12 h. Depois de secas, as membranas apresentaram espessura média de 0,075 mm.

**Figura 10** – Incorporação dos óleos essenciais nas membranas de CB



As membranas de CB incorporadas apresentaram aroma característico do OE utilizado, porém não apresentaram variação significativa na coloração quando comparadas com a membrana de CB pura, podendo ser sinal da baixa incorporação corroborando com análise de FTIR. Silva (2017) em suas amostras contendo 20% e 100% de OE de alecrim observou uma coloração muito diferente da coloração da celulose bacteriana pura, apresentando uma coloração marrom para a amostra com 20% do OE.

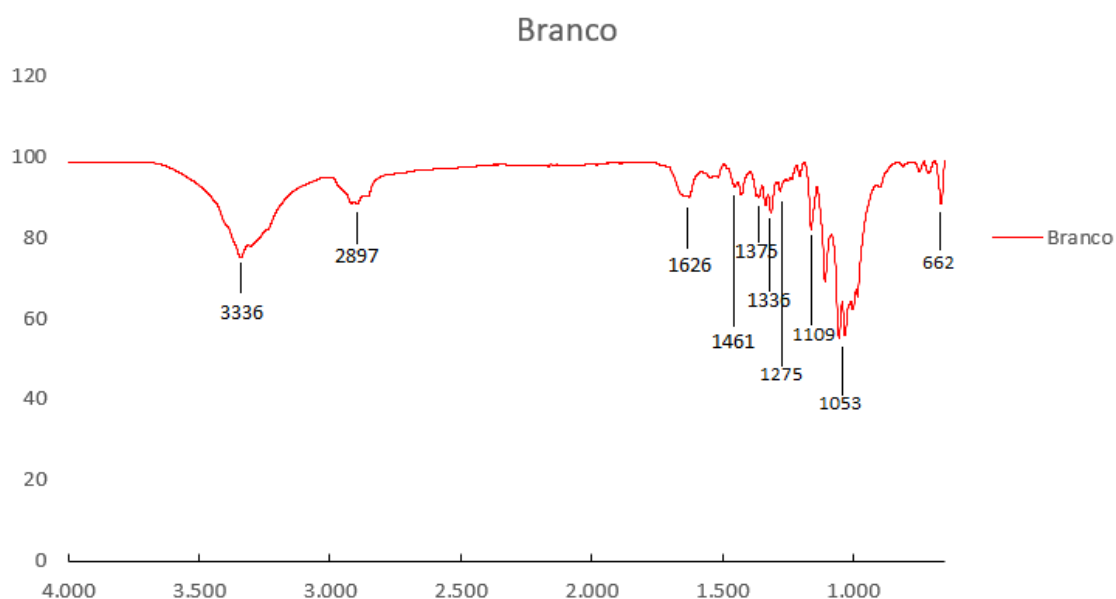
## 4.2.1 Caracterização das membranas

### 4.2.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier – FTIR

A análise de FTIR teve como objetivo a verificação da presença dos OE incorporados na membrana de CB. As Figuras 7, 8, 9, 10 e 11 apresentam um comparativo entre o espectro de FTIR da membrana de CB pura, a membrana incorporada com o OE e o OE puro utilizado na incorporação. As principais bandas e respectivas ligações característicos da celulose bacteriana estão listadas na Tabela 1.

A Figura 7 ilustra a análise de FTIR da amostra de CB pura, a fim de identificar os compostos químicos presentes na amostra também apresentados na Tabela 1.

**Figura 11** – Análise de FTIR para CB pura (branco)



O perfil de espectro de FTIR característico da CB pura é marcado por bandas na região de  $3336\text{ cm}^{-1}$ , que segundo Duarte (2014) é característica do estiramento dos grupos hidroxila presentes na CB. Além desta, as principais atribuições que caracterizam o polímero são: estiramento CH e estiramento assimétrico em  $2897\text{ cm}^{-1}$ ; deformação  $\text{CH}_2$  em  $1461\text{ cm}^{-1}$ ; deformação OH em  $1375\text{ cm}^{-1}$ , bem como, a ponte antissimétrica do estiramento C-O-C em  $1109\text{ cm}^{-1}$  e a banda na região de  $1053\text{ cm}^{-1}$  relacionada às vibrações do estiramento C-O. A

banda localizada ao redor de 400 a 700  $\text{cm}^{-1}$  é característica da torção dos grupos OH (DONINI et al., 2010).

**Tabela 1** – Análise de FTIR para CB pura (branco)

Ligação	Frequência ( $\text{cm}^{-1}$ ) observada	Frequência ( $\text{cm}^{-1}$ ) literatura	Referência
Estiramento (OH)	3336	3340	Duarte (2014)
Estiramento (CH) e Estiramento assimétrico ( $\text{CH}_2$ )	2897	2900	Chen (2014)
Grupo H-O-H	1626	1649	Barud et al. (2008)
Deformação H-C-H, O-C-H no plano	1461	1427	Oh et al. (2005)
Deformação ( $\text{CH}_3$ ) e O-H no plano	1375	1370	Tureck (2017)
Deformação angular C-H	1336	1335	Recouvreux (2008)
Deformação $\text{CH}_2$ no plano	1275	1280	Venkatasubbu et al. (2011)
Estiramento simétrico (C-O)/(C-C)	1053	1060/1025	Pecoraro et al. (2008)
Deformação angular C-O-C	1109	1109	Barud et al. (2008)
Deformação C-O-H, fora do plano	662	664	Oh et al. (2005)

Para a membrana incorporada com OE de orégano a 1% (CB/OEO<sub>r</sub>1%) (Figura 8), foi observado a presença sutil de uma das bandas presentes no OE de orégano puro, podendo ser devido à baixa concentração na incorporação de OE na solução de acetona. Outra possibilidade seria a incorporação do OE ter ocorrido apenas no interior da membrana, não sendo integralmente detectada pela técnica de FTIR pelo método de ATR, onde há apenas uma leitura na superfície da amostra.

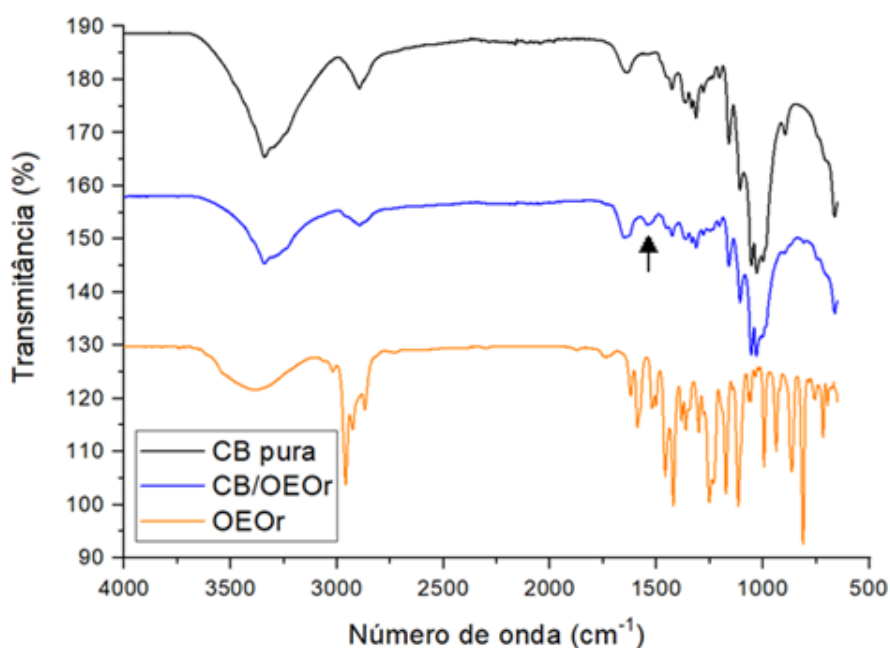
Na membrana incorporada com os OE de cravo (CB/OEC<sub>r</sub>1,5%) (Figura 9) é possível observar uma sutil incorporação através do surgimento da banda em 1500  $\text{cm}^{-1}$  (sinalizado com seta), também observado por Lima et al. (2017) em seu estudo sobre filmes de poli(cloreto de vinila) com adição de OE de cravo. Segundo Silverstein et al., (2007) esta banda em 1500  $\text{cm}^{-1}$  corresponde às vibrações das

ligações C=C do grupo funcional presentes no eugenol, constituinte majoritário do OE de cravo.

Em relação ao OE de canela (CB/OECa4%) foi possível observar a presença as bandas em aproximadamente 600 e 1730  $\text{cm}^{-1}$ , sinalizadas com setas (Figura 10). A banda em 1728  $\text{cm}^{-1}$  vem do estiramento do H-C=O do cinamaldeído (LI; KONG; WU, 2013).

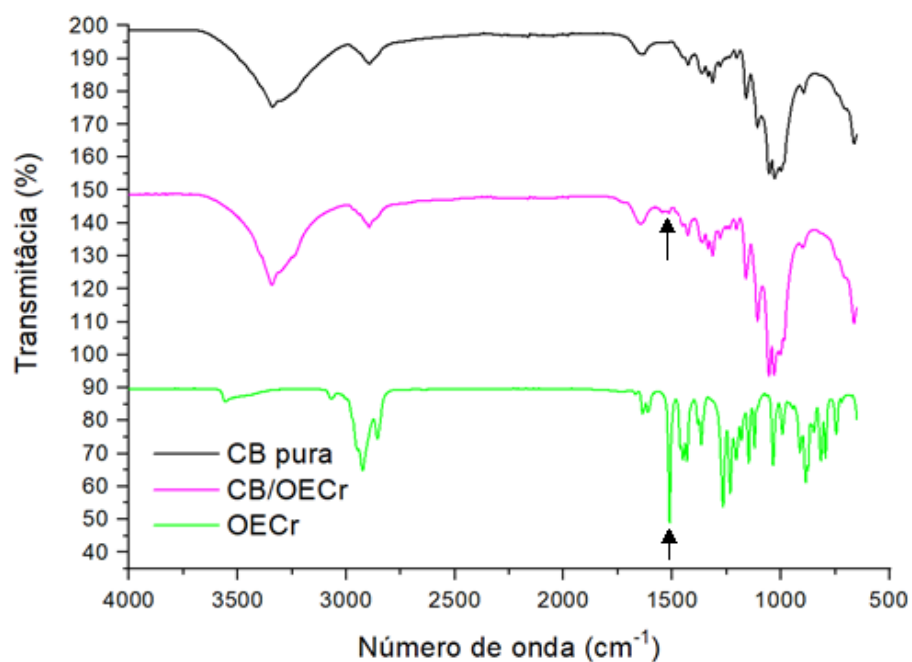
Para manjerição (CB/OEMa6%), observado na Figura 11, é possível verificar a presença de uma banda em 1513  $\text{cm}^{-1}$ . Essa pequena alteração nas bandas pode significar a incorporação desses óleos essenciais, ainda que baixa. Ressalta-se que a solução de óleo essencial era de 6%, superior às demais amostras.

**Figura 12** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEOOr1% e óleo essencial de orégano

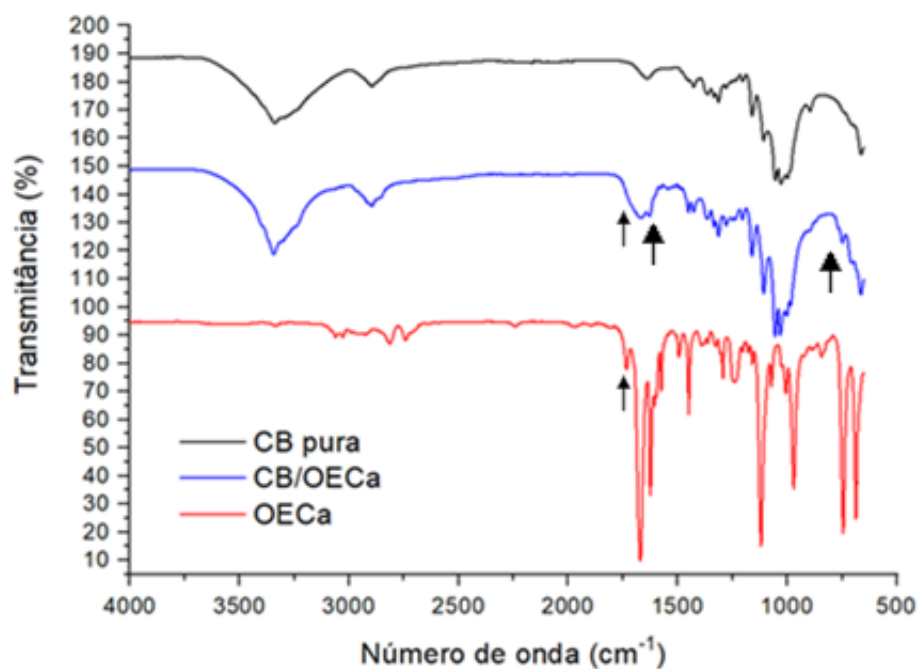




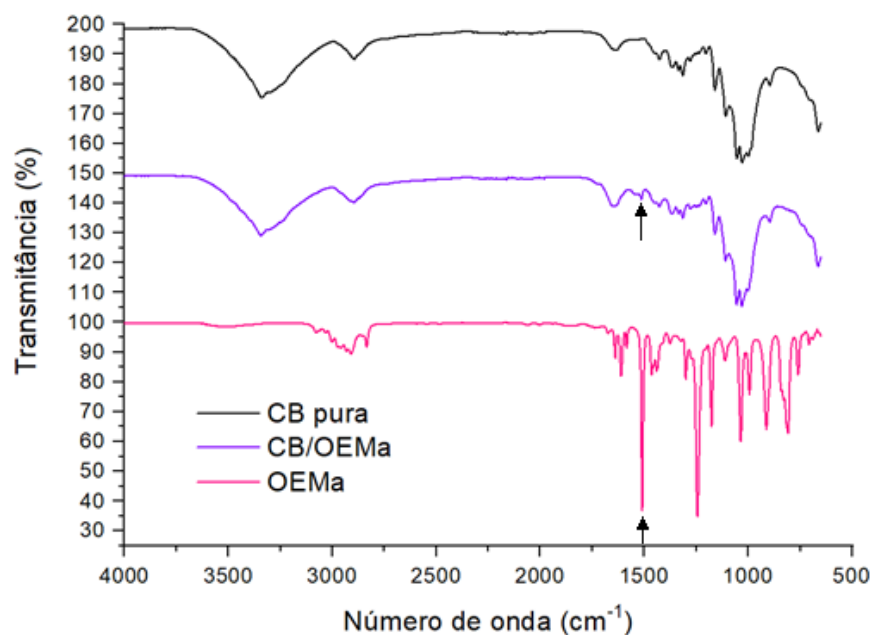
**Figura 13** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OECr1,5% e óleo essencial de cravo



**Figura 14** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OECa4% e óleo essencial de canela



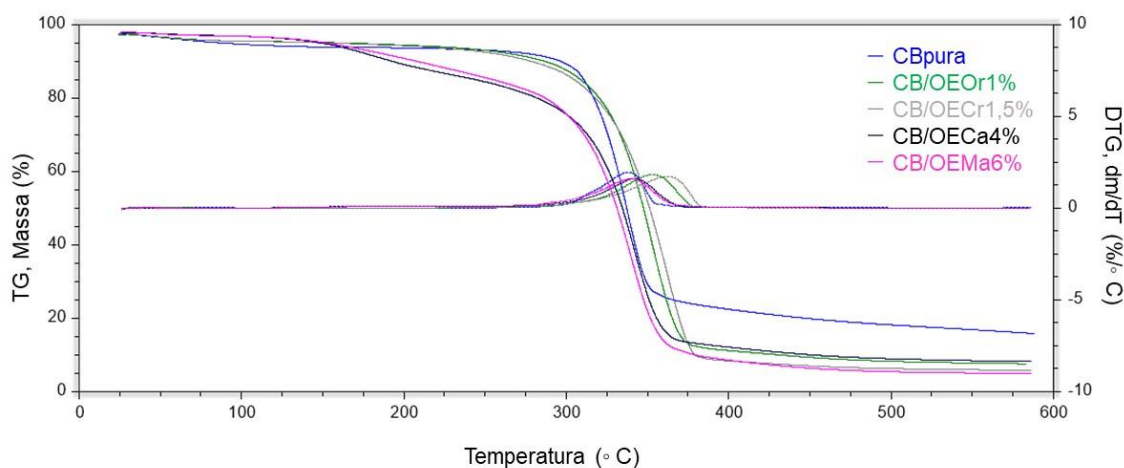
**Figura 15** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura, membrana de CB/OEMa6% e óleo essencial de manjeriço.



#### 4.2.1.2 Termogravimetria e Termogravimetria derivada (TG/DTG)

Na Figura 12 são apresentadas as curvas termogravimétricas (TG), que representam o percentual de perda de massa em função da temperatura e as curvas DTG, que representam a primeira derivada das curvas de TG, para as amostras de CB pura e incorporadas. Os dados de temperatura de início de degradação extrapolada ( $T_{onset}$ ), temperatura máxima de degradação ( $T_{máx}$ ), % de perdas de massa e % de resíduos são apresentados na Tabela 2.

**Figura 16** – Curvas TG e curvas DTG das membranas de CB pura e incorporadas com os diferentes óleos essenciais



**Tabela 2** – Dados obtidos das Curvas TG e DTG das membranas de CB pura e incorporadas

Amostra	Perda de massa 1 (%)		Perda de massa 2 (%)		Perda de massa 3 (%)		Resíduo (%)	
	$T_{onset1}$ (°C)	$T_{onset2}$ (°C)	$T_{onset2}$ (°C)	$T_{onset3}$ (°C)	$T_{onset3}$ (°C)	$T_{onset3}$ (°C)		
CBpura	3	315	72	337	420	5	415	1
CB/OEO1%	2	324	85	353	426	3	422	16
CB/OECr1,5%	3	327	87	362	429	2	427	6
CB/OECa4%	1	310	84	342	401	4	395	8
CB/OEMa6%	1	304	89	340	412	3	407	5

O perfil de degradação das membranas de CB pura e incorporadas apresentou três eventos de perda de massa (LIMA et al., 2015). O primeiro estágio de perda de massa que ocorreu entre a temperatura ambiente ( $\cong 30$  °C) e 150 °C, referente à perda de água das amostras demonstrou a elevada higroscopicidade da CB (1 a 3%). Esse primeiro estágio é referente a elevada capacidade de absorção da CB e sua propriedade hidrofílica (GEA et al., 2011).

O segundo estágio, mais intenso, é atribuído à degradação da celulose, incluindo a despolimerização e decomposição das unidades de glicose, ocorreu com temperatura de início de degradação extrapolada ( $T_{onset2}$ ) em 315 °C e

temperatura na qual a taxa de degradação é máxima ( $T_{m\acute{a}x2}$ ) em 337 °C, com 72% de perda de massa para amostra referente à CB pura, fato também evidenciado por Lima et al. (2015), Costa et al. (2017) e Tureck (2017).

Para as demais amostras de CB funcionalizada, as  $T_{m\acute{a}x2}$  determinadas variaram entre 340 °C e 353 °C, demonstrando um aumento da estabilidade térmica das membranas. Esse aumento destacou-se para as amostras com menor concentração de OEs, alcançando um aumento de 16 e 25 °C para as amostras CB/OEO<sub>r</sub>1% e CB/OEC<sub>r</sub>1,5%, respectivamente. Por outro lado, para as amostras com maior teor de OE, esse aumento foi de 3 e 5 °C, para as amostras CB/OEMA<sub>6</sub>% e CB/OECA<sub>4</sub>%, respectivamente. Outro fator interessante é a ocorrência de uma perda de massa maior em comparação à membrana de CB pura, indicando que a decomposição dos OEs pode estar ocorrendo juntamente com a decomposição da CB.

O terceiro estágio que, de acordo com a literatura (TEIXEIRA et al., 2010), representa a degradação de resíduos carbonáceos que ocorre em  $T_{m\acute{a}x}$  entre 350 a 500 °C, foi observado numa faixa que variou de 395 °C a 427 °C, com uma perda de massa que variou entre 2 a 5%. Segundo Donini et al. (2010), o estágio de degradação de resíduos carbonáceos na CB pode estender-se até cerca de 800 °C.

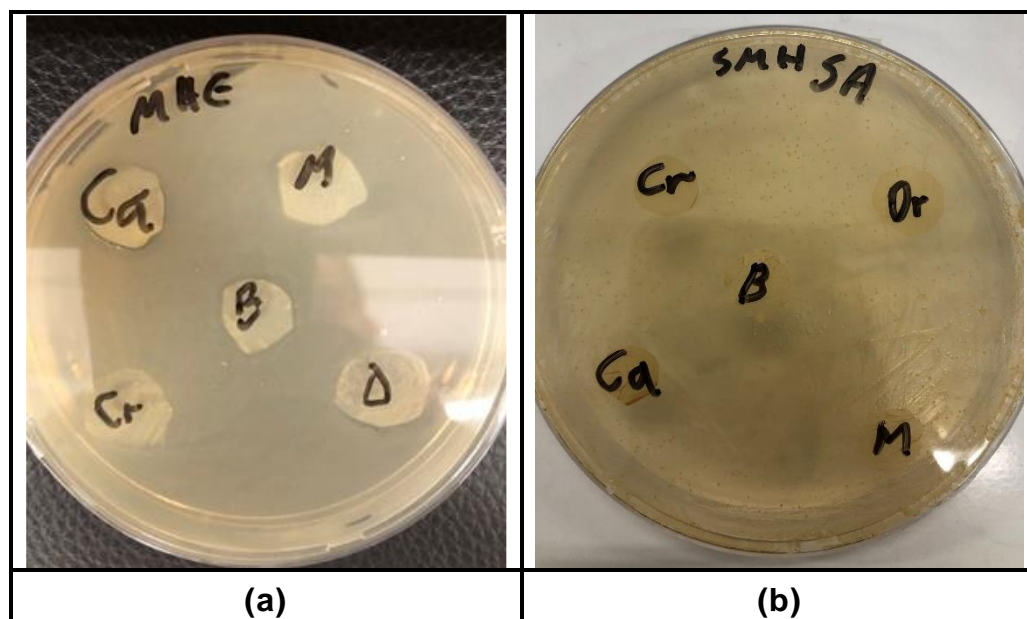
As membranas de CB incorporadas com os OEs de orégano e cravo apresentaram perfis de degradação semelhantes ao da CB pura, podendo evidenciar a baixa incorporação.

Para as membranas de CB incorporada com o OE e canela é possível observar na Figura 12 que apresentaram estabilidade térmica mais baixa, o que pode indicar a presença do óleo na amostra, corroborando com as análises de FTIR, que apresentaram uma pequena alteração da banda em locais característicos dos óleos essenciais.

#### 4.2.1.3 Atividade Antimicrobiana das Membranas

A análise da atividade antimicrobiana pode ser observada na Figura 13 para as amostras de CB incorporadas com OEs. As membranas foram testadas contra as bactérias *Escherichia coli* e *S. aureus*.

**Figura 17** – Atividade antimicrobiana para as bactérias testadas: *E. coli* (a) e *S. aureus* (b)



Nas amostras analisadas, observou-se que não há efeito antimicrobiano das membranas. Esperava-se a aparição de um halo de inibição ao redor dos discos da membrana de CB incorporada com os OEs, uma vez que os óleos possuem propriedades antimicrobianas.

Em seus estudos, Santurio et al. (2007) observou uma atividade antimicrobiana dos OEs de orégano e canela. Para o óleo de manjeriço, Martins et al. (2010) obteve resultados positivos para o teste de potencial antimicrobiano para diversas cepas da bactéria *Escherichia coli*. Santos et al. (2011) também observou em seus estudos que os OEs de cravo e orégano apresentaram atividade antimicrobiana frente as bactérias *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*.

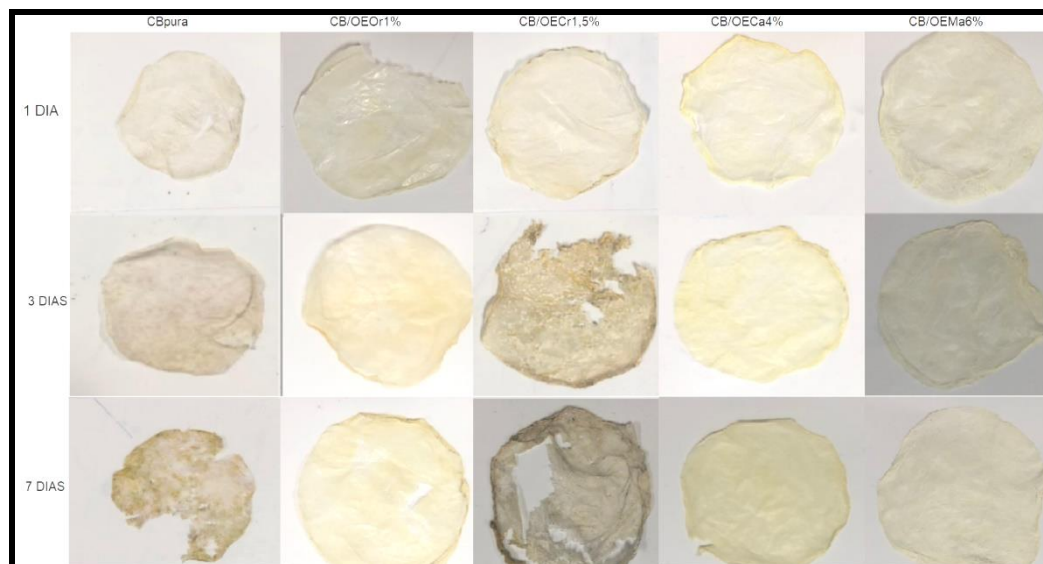
É possível que as amostras não tenham demonstrado potencial antimicrobiano por conta de sua baixa incorporação como demonstrado nas análises anteriores sugerindo que o método não foi adequado. Estes resultados sugerem alteração para uma maior concentração de OEs e outro método de incorporação deve ser avaliado.

#### 4.2.1.4 Biodegradação em Solo

Para o ensaio de biodegradação em solo as membranas foram removidas após 1, 3 e 7 dias (Figura 14). Utilizou-se um pincel de cerdas macias para

remover o excesso de solo presente na superfície das membranas, para que elas não fossem danificadas.

**Figura 18** – Membranas de CB pura, CB/OEO<sub>r</sub>15, CB/OE<sub>Cr</sub>1,5%, CB/OE<sub>Ca</sub>4% e CB/OE<sub>Ma</sub>6% após 1, 3 e 7 dias de exposição ao solo



É possível notar por meio da análise visual que no primeiro dia todas as membranas de CB não mostraram sinais de biodegradação, apenas exibiram uma leve opacidade na cor comparada com a membrana de CB pura, devido ao fato das membranas terem sido incorporadas com OEs.

No terceiro dia, a membrana de CB pura, CB/OE<sub>Ma</sub>6% e a CB/OE<sub>Cr</sub>1,5% já apresentavam sinais de biodegradação, com o surgimento de pequenos poros e aspecto rugoso, enquanto as CB/OEO<sub>r</sub>1% e CB/OE<sub>Ca</sub>4% não apresentaram alteração quando comparadas com as mesmas amostras retiradas no primeiro dia de análise, exibindo maior resistência a biodegradabilidade em comparação as demais amostras. No entanto, após 7 dias todas as amostras demonstraram seu potencial de biodegradação, em especial as membranas de CB pura e incorporada com o OE de cravo que aparentaram estar mais fragilizadas e fragmentadas devido à ação dos micro-organismos, sendo necessário um maior cuidado em seu manuseio.

Em seus estudos, Camargo (2020) também obteve a rápida degradação da membrana de celulose bacteriana, notando no segundo dia os primeiros sinais de biodegradação e no quarto dia os primeiros sinais de desfragmentação, foi

observado no decorrer do tempo a rugosidade na superfície, formação de orifícios, desfragmentação e alteração na cor e com 15 dias a membrana degradou completamente.

### **4.3 Incorporação da CB – Método com etanol**

Em comparação a incorporação anterior, o segundo método de incorporação ocorreu utilizando etanol como solvente e com aumento da concentração de OE, utilizando como referência Albuquerque (2019). Este método foi utilizado a fim de comparar com o método anterior, buscando uma maior incorporação e comparação de resultados das análises. Como a CB estava úmida para incorporação, uma troca de solvente é necessária para substituir a água por um solvente menos polar, favorecendo assim a incorporação (SOUZA, 2012; ALBUQUERQUE, 2019).

A água sendo um solvente polar e o etanol classificado como um solvente bipolar, é muito solúvel em água, pois as ligações de hidrogênio são da mesma ordem de grandeza das atrações do mesmo tipo existentes entre as moléculas de água, e também de etanol (MARTINS, et. Al, 2013; MATTE, et. al, 2015).

O processo de ambientação com etanol proporcionou a substituição das moléculas de água no interior da membrana, sendo que a difusão foi acelerada em função do aquecimento. Na segunda etapa, ao mergulhar esta membrana na solução etanólica contendo óleo essencial dissolvido, estes puderam difundir para o interior da membrana que estava preenchida com etanol. Não havendo incompatibilidade entre a membrana ambientalizada e o óleo essencial. Por outro lado, ao mergulhar a membrana hidratada na solução de acetona com óleo essencial dissolvido, a água no seu interior pode ter causado a separação de fases do óleo essencial. Com isso houve baixa incorporação na membrana.

Na Figura 15 pode-se observar as membranas de CB após a incorporação com os OEs.



**Figura 19** – Membranas de CB após incorporação de OEs (método com etanol) e secas: 1 – Cravo, 2 – Canela, 3 – Manjerição e 4 – Orégano



A fim de verificar a adição do OE na CB, foi realizado o cálculo do % de incorporação de OE na CB, através da diferenç a de massas e os resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Percentual de OE incorporado na amostra

OE	CB úmida (g)	CB úmida com etanol (g)	CB após incorporação (g)	% Incorporado
Cravo	0,77	1,49	1,67	11,3
Canela	0,77	1,31	1,4	6,52
Manjerição	0,67	1,17	1,26	6,83
Orégano	0,68	1,29	1,42	9,29

Pode-se observar que a incorporação se deu de forma variável, nesta análise, conforme OE incorporado. O OE de cravo obteve uma percentagem de incorporação de 11,30%, j  os de canela e manjerição ficaram com 6,52 e 6,83%, respectivamente. O OE de orégano obteve um total de 9,29% de incorporação. Como a análise foi realizada com a massa das amostras, a umidade pode ter



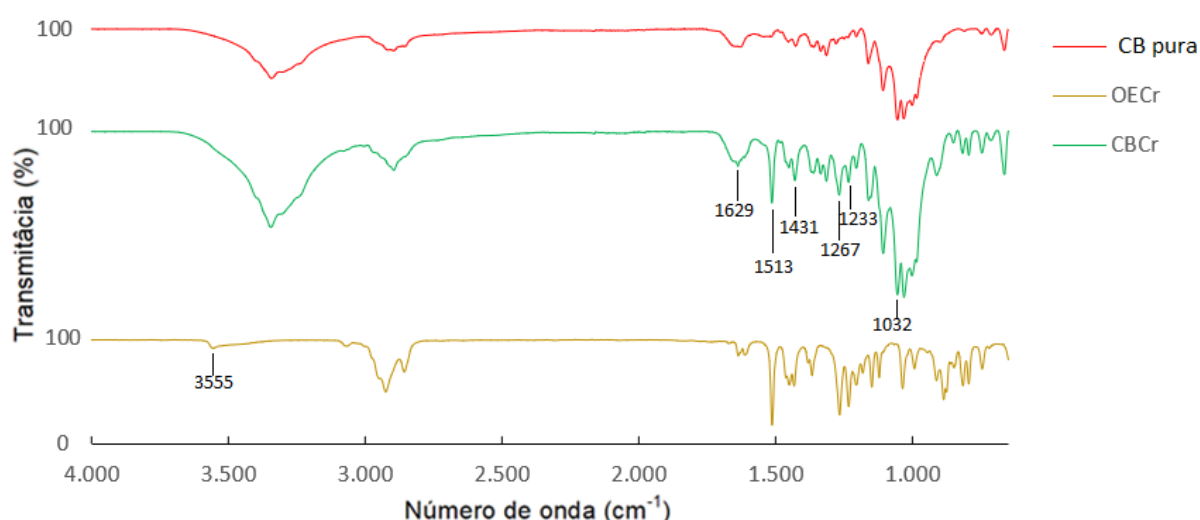
interferido no resultado. Apesar de ser uma análise quantitativa, o resultado final depende de variáveis como umidade, tempo de espera da amostra para pesagem, entre outras variáveis que influenciam no resultado final. Contudo, todas as amostras obtiveram cheiro característico dos OE incorporados e alteração na coloração.

#### 4.3.1 Caracterização das membranas

##### 4.3.1.1 Espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier – FTIR

A Figura 16 demonstra a amostra de FTIR das CB incorporadas e OE de cravo, pode-se notar que o espectro do OE de cravo demonstra os picos característicos do eugenol, seu principal componente, e os valores das bandas características encontram-se na Tabela 4.

**Figura 20** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de cravo (CBCr) e OE de cravo puro (OECr)



O espectro de infravermelho do OE de cravo apresenta as seguintes bandas características: 3555  $\text{cm}^{-1}$  correspondente ao estiramento da vibração do grupo hidroxila (O-H) ligado ao benzeno (PENG et al., 2015). As bandas em 1607 e 1513  $\text{cm}^{-1}$  são atribuídas ao estiramento C=C e em 1431  $\text{cm}^{-1}$  C-C ao estiramento do anel aromático (WANG et al., 2011). Em 1629  $\text{cm}^{-1}$  têm-se a ligação C=C da estrutura vinílica, 1267  $\text{cm}^{-1}$  do C-O do grupo fenólico, 1233  $\text{cm}^{-1}$

a deformação do éter C-O-C e em  $1032\text{ cm}^{-1}$  C-O éter aromático (RIBEIRO, 2009). Entre outros picos apresentados após comprimento de onda de  $1100\text{ cm}^{-1}$ .

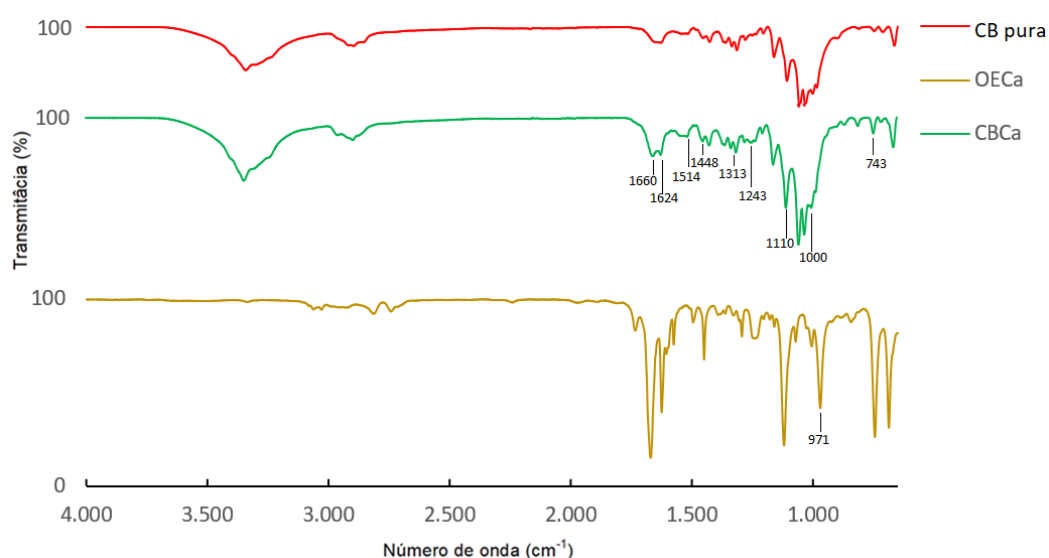
**Tabela 4** – Valores das bandas características (Cravo)

Banda ( $\text{cm}^{-1}$ ) /Amostra	CBCr	OECr	OECr	OECr	OECr
v O-H	3555	3518	3544	3524	-
C=C	1629	1638	-	-	-
v C=C	1607	1612	-	1607	1610
v C=C	1513	1513	1512	1511	1511
v C-C	1431	1463	-	1430	1450
C-O	1267	1265	-	1265	1222
$\delta$ C-O-C	1233	1231	-	-	-
C-O	1032	1033	1033	1033	1080
Fonte	Autor	Kopp (2020)	Lima (2018)	Hasheminejad, Khodaiyan e Safari (2019)	Mendez (2017)

Legenda: v: estiramento;  $\delta$ : deformação;

A Figura 17 ilustra a análise de FTIR da amostra de CB pura, com adição de OE de canela e do OE de canela, a fim de identificar os compostos químicos presentes na amostra também apresentados na Tabela 5.

**Figura 21**– Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de canela (CBCa) e OE de canela puro (OECa)



O perfil de espectro de FTIR do OE de canela é encontrado no espectro da CBCa, onde a banda de 1660 a 1624  $\text{cm}^{-1}$  refere-se ao grupo carbonila presente na amostra, a banda 1514  $\text{cm}^{-1}$  é atribuído ao estiramento C=C referente ao anel aromático. A banda 1448  $\text{cm}^{-1}$  é característico a um álcool C-OH, em 1313  $\text{cm}^{-1}$  é atribuído aos alcanos  $\text{CH}_2$  que enfrentam a oscilação entre os anéis aromáticos =C-H para a absorção de flexão no plano, a banda 1243  $\text{cm}^{-1}$  corresponde ao éster de anel aromático C-O-C e a vibração de alongamento do C-OH de grupos fenólicos. O pico de 1110  $\text{cm}^{-1}$  a 1000 são atribuídos às vibrações de alongamento de C-O e a vibração de deformação de C-OH. A banda em 743 é atribuída a vibração de absorção dos anéis aromáticos =CH (LI; KONG; WU, 2013).

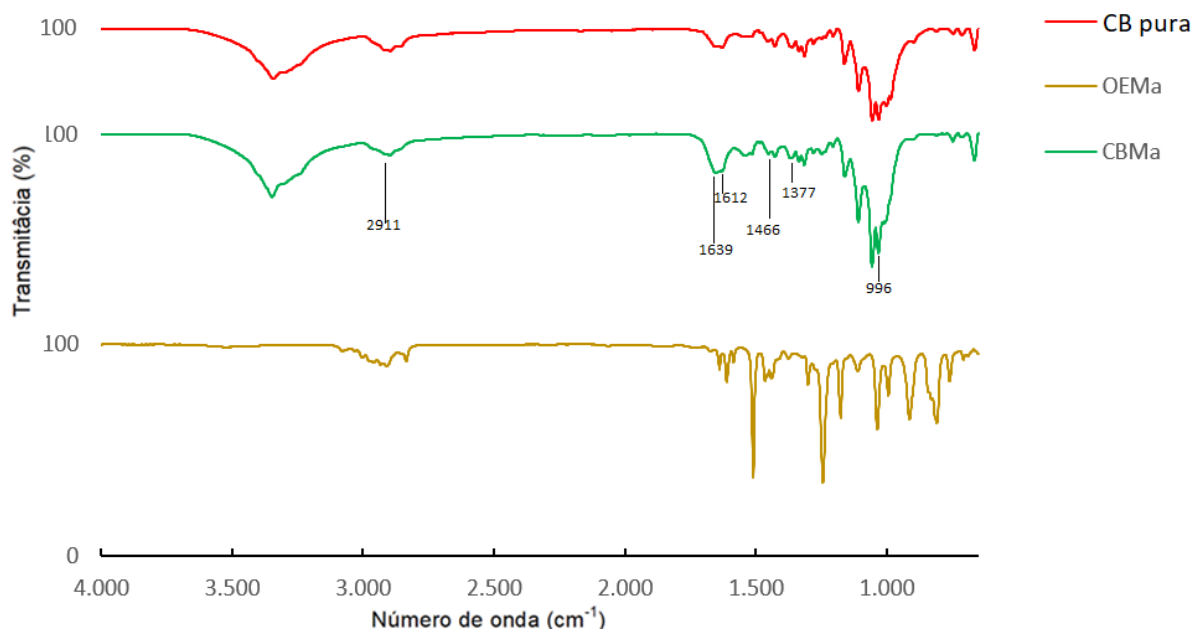
**Tabela 5** – Valores das bandas características (canela)

Banda ( $\text{cm}^{-1}$ ) /Amostra	CBCa	OECa	OECa
C=O	1660-1624	1679-1626	1512
v C=C	1514	1573	1605
C-OH	1448	1450	-
$\text{CH}_2$	1313	1294	-
C-O-C e v C-OH	1243	1248	1265
v C-O e $\delta$ C-OH	1110 -1000	1124 - 1070	1232 - 1034
C-H	-	973	-
=CH	743	748	851
Fonte	Autor	Li, Kong e Wu (2013)	Silva (2016)

Legenda: v: estiramento;  $\delta$ : deformação;

A Figura 18 refere-se a CB pura, OE de manjerição e a CB com incorpora o do óleo, a análise exibiu os picos característicos de seus componentes principais apresentados na Tabela 6.

**Figura 22** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de manjeriço (CBMa) e OE de manjeriço puro (OEMa)



As bandas 1639 e 1612 foram atribuídas as vibrações de alongamento do anel aromático  $\text{-C=C-}$  (DHOOT et al., 2009). A banda referente as vibrações de C-H em  $\text{=CH}_2$  aparecem em 1466, já a banda 1377 são as vibrações de C-H assimétricas e simétricas em  $\text{-CH}_3$  (SUTAPHANIT; CHITPRASERT, 2014). A banda 996 representou a curvatura C-H dos grupos alceno/ aromáticos (SAJOMSANG et al., 2012).

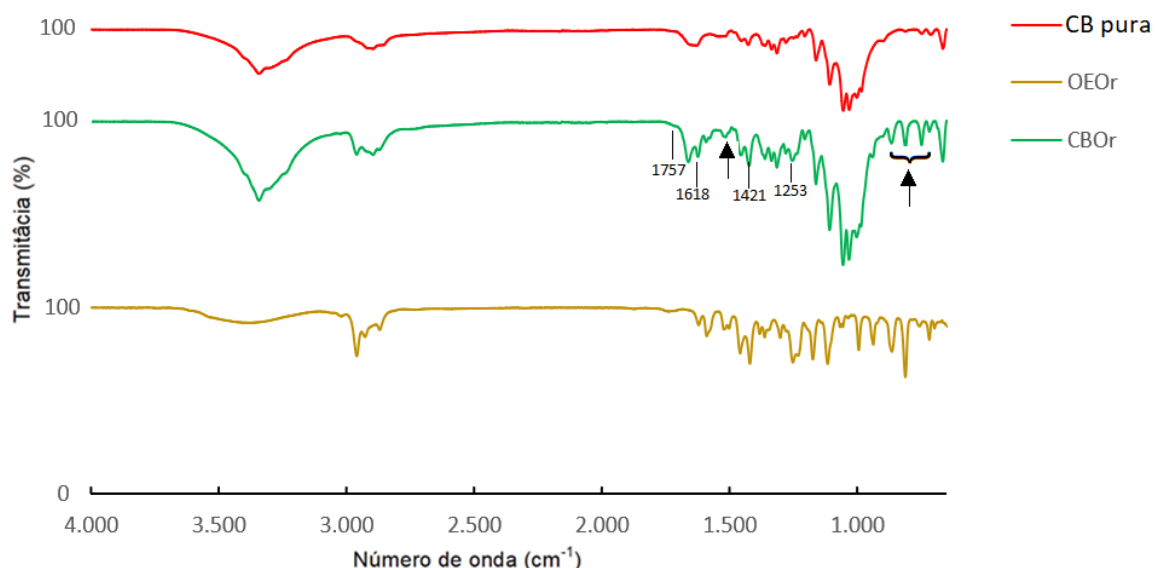
**Tabela 6** – Valores das bandas características (manjeriço)

Banda (cm <sup>-1</sup> ) /Amostra	CBMa	OEMa
$\text{-C=C-}$	1639/1612	1638/1607
$\text{=CH}_2$	1466	1463
$\text{-CH}_3$	1377	1368
C-H	996	994
Fonte	Autor	Sutaphanit e Chitprasert (2014)

Legenda: v: estiramento; δ: deformação;

Na Figura 19 temos a análise de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de orégano (CBOe) e OE de orégano puro (OEOe) e seus respectivos picos demonstrados na Tabela 7.

**Figura 23** – Espectros de FTIR da membrana de CB pura (Branco), CB incorporada com 15% de OE de orégano (CBOe) e OE de orégano puro (OEOr)



A banda em 1757, indica a presença do grupo carbonila (C=O). As bandas entre 1618 e 1421  $\text{cm}^{-1}$  estão atribuídas às insaturações do anel de benzeno e uma do próprio anel, essas bandas são de hidrocarbonetos aromáticos de p-cimeno, timol e  $\gamma$ -terpineno, além do fenólico carvacrol composto na composição do OEOr (PONTES, 2013). A banda em 1253  $\text{cm}^{-1}$  corresponde ao C-O-H, alongamento do composto fenólico, carvacrol (PELLISSARI, 2009). Outras bandas apontadas com uma seta identificam a incorporação do OE a membrana de CB.

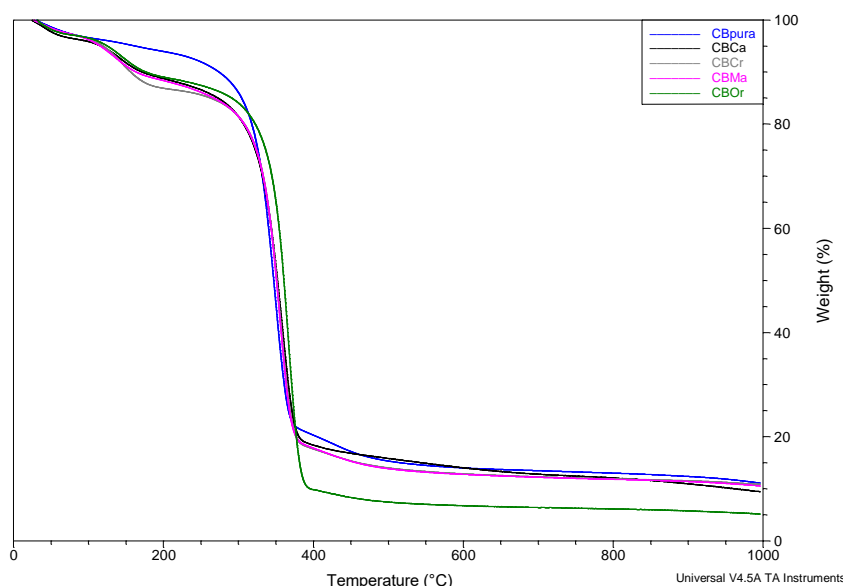
**Tabela 7** – Valores das bandas características (orégano)

Banda ( $\text{cm}^{-1}$ ) /Amostra	CBOr	OEOr
C=O	1757	1818
Insaturações do anel benzênico e anel benzênico	1618-1421	1600-1400
C-O-H	1253	1223
Fonte	Autor	Pelissari (2009)
Legenda: v: estiramento; $\delta$ : deformação;		

#### 4.3.1.2 Termogravimetria e Termogravimetria derivada (TG/DTG)

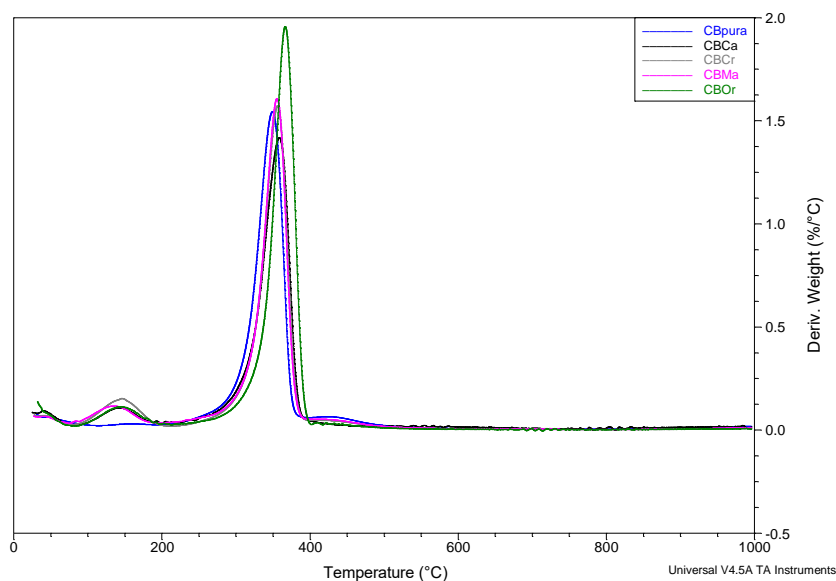
Na Figura 20 são apresentadas as curvas termogravimétricas (TG), que representam o percentual de perda de massa em função da temperatura e na Figura 21 as curvas DTG, que representam a primeira derivada das curvas de TG, para as amostras de CB pura e incorporadas. Os dados de temperatura de início de degradação extrapolada ( $T_{onset}$ ), temperatura máxima de degradação ( $T_{máx}$ ), % de perdas de massa e % de resíduos são apresentados na Tabela 8.

**Figura 24** – Curvas TG das membranas de CB pura (CBpura), com incorporação de óleo essencial de canela (CBCa), cravo (CBCr), manjeriço (CBMa) e orégano (CBOr)



O perfil de degradação da membrana de CB pura apresentou três eventos principais de perda de massa previstos na literatura (LIMA et al., 2015), já para as CB com incorporação de OEs apresentaram 4 eventos principais de perda de massa sendo um deles a perda de massa referente ao percentual de OE incorporado. A pequena diminuição de massa neste estágio extra ( $T_2$ ) pode estar relacionada com a incorporação de OE nos filmes (MONDAL et al., 2013). Segundo Tongnuanchan et al. (2014), o OE tem efeito sobre a perda de massa, pois devido seu caráter hidrofóbico pode ocasionar redução da difusão da água nos filmes.

**Figura 25** – Curvas DTG das membranas de CB pura (CBpura), com incorporação de óleo essencial de canela (CBCa), cravo (CBCr), manjeriço (CBMa) e orégano (CBOr)



O primeiro estágio de perda de massa que ocorreu entre a temperatura ambiente ( $\cong 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ , referente à perda de água das amostras demonstrou a elevada higroscopicidade da CB (2,63 a 5,49%) (MONDAL et al., 2013). E simultaneamente a evaporação dos OEs, no segundo estágio, na faixa de temperatura de  $115,98$  a  $171,83\text{ }^{\circ}\text{C}$  e tiveram perda de massa entre 8,4 a 10,5% que corresponde a volatilização dos compostos voláteis do óleo (PORTELLA et al., 2014). De acordo com a literatura, as perdas de peso durante o processo de aquecimento dos OEs, são devido à evaporação dos componentes voláteis, e não a sua degradação térmica (CHIU et al., 2009; GONZÁLEZ-RIVERA et al., 2016; MARTINS et al., 2011).

González-rivera et al. (2016) analisaram termicamente cinco OEs (alecrim, lavanda, sálvia, sementes de funcho e botões de cravo) e observaram que as curvas termogravimétricas de todos os óleos estudados apresentaram perda de massa abaixo de  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ , indicando a evaporação dos óleos. Os OEs são formados por substâncias voláteis e quimicamente instáveis que se degradam facilmente na presença de calor, umidade e oxigênio (HIJO et al., 2015).

O terceiro estágio e mais intenso é atribuído à degradação da celulose, incluindo a despolimerização e decomposição das unidades de glicose, ocorreu com temperatura de início de degradação extrapolada ( $T_{\text{onset}3}$ ) em  $320,68\text{ }^{\circ}\text{C}$  e temperatura na qual a taxa de degradação é máxima ( $T_{\text{máx}3}$ ) em  $348,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

com 73,79% de perda de massa para amostra de CBpura referente à CB pura, fato também evidenciado por Lima et al. (2015), Costa et al. (2017) e Tureck (2017). Para as demais amostras de CB incorporadas, as  $T_{máx3}$  determinadas variaram entre 355 °C e 366,05 °C. A presença do óleo não alterou a temperatura de degradação dos filmes em questão, pois todos eles se comportaram similarmente.

O terceiro estágio que, de acordo com a literatura (TEIXEIRA et al., 2010), representa a degradação de resíduos carbonáceos que ocorreu em  $T_{máx}$  entre 350 a 500 °C, também foi observado numa faixa que variou de 433 a 492,33 °C, com uma perda de massa que variou entre 3,03 a 7,89%.

**Tabela 8** – Dados obtidos das Curvas TG e DTG das membranas de CB pura e incorporadas

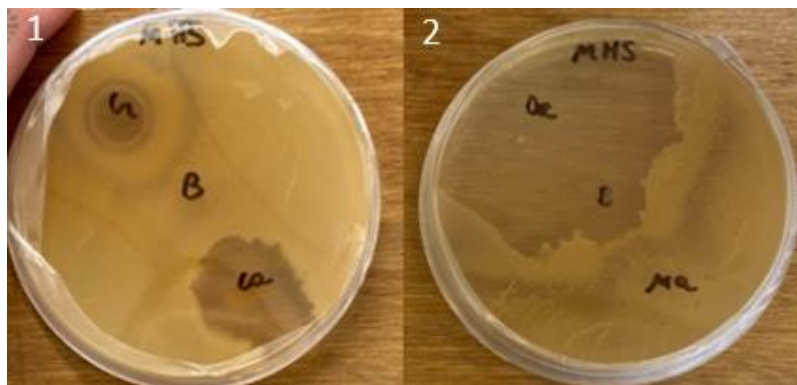
Amostra	M1 (%)	M2 (%)	$T_{máx 2}$ (°C)	$T_{onset 2}$ (°C)	M3 (%)	$T_{máx 3}$ (°C)	$T_{onset 3}$ (°C)	M4 (%)	$T_{máx 4}$ (°C)	$T_{onset 4}$ (°C)	Resíduo (%)
CBPura	5	Nd	Nd	Nd	78	349	321	5	433,	462	11
CBCa	4	8	139	116	71	358	374	8	783	450	9
CBCr	3	10	146	172	71	356	329	5	492	470	11
CBMa	3	9	135	161	71	355	330	6	572	432	11
CBOr	3	9	144	116	80	366	381	3	567	472	5

#### 4.3.1.3 Atividade Antimicrobiana das Membranas

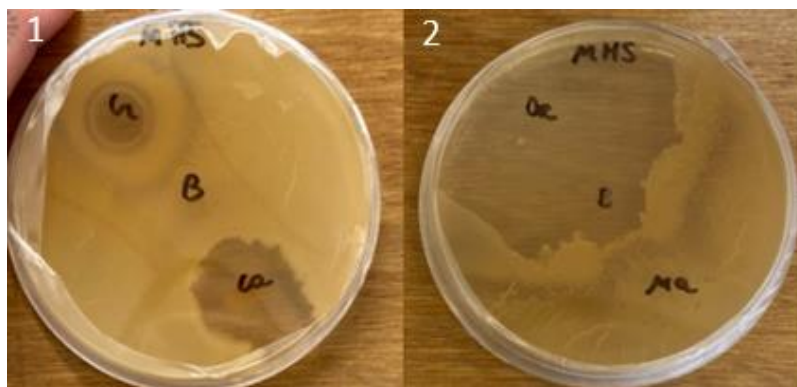
A avaliação da atividade antimicrobiana das amostras com OEs foram testadas contra as bactérias *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, sendo estes os dois patógenos mais comuns de origem alimentar (FISHER; PHILLIPS, 2006). Na Figura 24, pode-se observar as placas com as amostras de CB incorporadas com OE de cravo (Cr), canela (Ca), orégano (Or) e manjerição (M) contra *S. aureus* e na Figura 25 contra a bactéria *E. coli*. Na Figura 22 são apresentadas a atividade antimicrobiana dos OEs de cravo, canela manjerição e orégano puros contra *S. aureus* e na Figura 23 contra *E. coli*. Na Tabela 9 observa-se os halos de inibição das mesmas amostras contra *S. aureus* e *E. coli*, respectivamente.



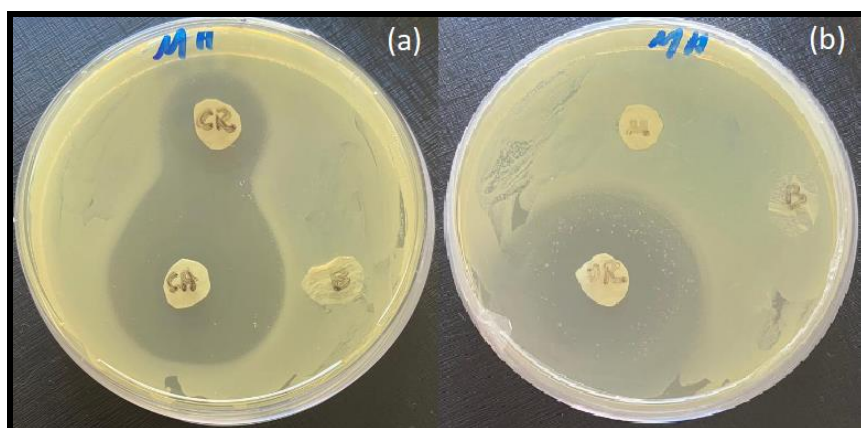
**Figura 26** – Atividade antimicrobiana de OEs puro, sendo (1) OE de Cravo (Cr) e Canela (Ca) e (2) OE de Orégano (Or) e Manjeriçã (Ma) contra *S. aureus*



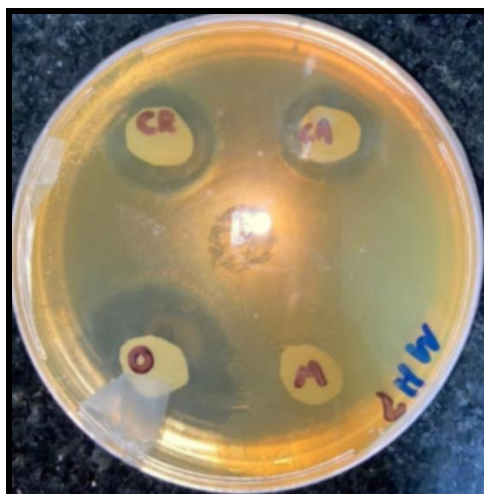
**Figura 27** – Atividade antimicrobiana de OEs puro, sendo (1) OE de Cravo (Cr) e Canela (Ca) e (2) OE de Orégano (Or) e Manjeriçã (Ma) contra *E. coli*



**Figura 28** – Amostras do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (Cr), canela (Ca) (a), orégano (Or) e manjeriçã (M) (b) contra *Staphylococcus aureus*



**Figura 29** – Amostras do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (Cr), canela (Ca), orégano (Or) e manjeriçao (M) contra *Escherichia coli*



**Tabela 9** – Halos de inibição (mm) do antimicrobiano das CB incorporadas com OE de cravo (CBCr), canela (CBCa), orégano (CBOOr), manjeriçao (CBMa) e os OEs puros contra a bactéria *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*

Membrana	<i>Staphylococcus aureus</i>		<i>Escherichia coli</i>	
	Média do raio de inibição (cm)	Desvio padrão	Média do raio de inibição (cm)	Desvio padrão
CBCr	5,67	1,25	6,67	2,05
CBCa	9,33	2,05	5,33	1,25
CBMa	0,00	0,00	0,00	0,00
CBOOr	13,33	1,70	11,33	0,47
OECr	3,50		6,50	
OECa	7,50		8,00	
OEMa	0,00		0,00	
OEOOr	15,00		21,50	

A bactéria que teve melhor resultado de inibição das amostras quando comparando as duas utilizadas foi a *Staphylococcus aureus*, sendo a CB com OE de orégano (CBOOr) a que mais se destacou apresentando um halo de inibição de 13,33 mm. Em seguida a CB com OE de canela (CBCa) com 9,33 mm de halo e a CB com OE de cravo (CBCr) com um halo de 5,67 mm, já a CB com OE de manjeriçao não demonstrou atividade antimicrobiana para *Staphylococcus aureus*.

Para *Escherichia coli* pode-se observar que a CBOOr também se destacou entre as demais amostras com 11,33 mm de halo de inibição. A CBCr

demonstrou ter um halo de inibição de 6,67 mm, a amostra CBCa obteve 5,33 mm de inibição, e a CBMa não demonstrou carácter antimicrobiano.

Os óleos essenciais testados apresentaram um halo de inibição de 3,50 mm para cravo, 7,50 para canela e 15,00 mm para orégano contra *S. aureus*. Para *E. coli* 6,50 mm para canela, 8,00 mm para o manjeriço e 21,50 mm para orégano. Já o manjeriço não demonstrou potencial antimicrobiano uma possibilidade para este fato pode ser atribuída à composição química do óleo, que se diferencia pela formação de substâncias antibacterianas e seus precursores nas diferentes partes da planta (JERKOVIC; MASTELIC; MILOS, 2001; MORAIS, 2009). Os autores Celiktas et al. (2007) e Van Vuuren et al. (2007) evidenciaram que mudanças na composição química, localização geográfica, sazonalidade e métodos de extração afetam diretamente as atividades biológicas dos óleos essenciais.

Magalhães (2012), em seus estudos sobre a atividade antimicrobiana em filmes de acetato de celulose com 15% de OE de orégano obteve um resultado de 10 mm de halo de inibição tanto para *Escherichia coli* quanto para *Staphylococcus aureus*. Guimarães et al. (2017), também observou que o OE de cravo tem maiores resultados de inibição para *Escherichia coli* do que para *Staphylococcus aureus*. Dorman et al. (2000), testaram os OE de orégano, gerânio, cravo e pimenta, frente a 25 espécies Gram-positivas e negativas e observaram que bactérias Gram-positivas eram mais suscetíveis que as Gram-negativas, tendo óleos de orégano e cravo apresentado um halo de inibição de 18,9 mm e 14,9 mm, respectivamente, sobre cepas de *S. aureus* e 29,5 mm e 11,7 mm sobre as cepas de *E. coli*.

Raeisi et al. (2015) estudaram o efeito antimicrobiano do OE de canela e ele apresentou maior atividade antimicrobiana contra *S. aureus* do que *E. coli*. A maior resistência de bactérias Gram-negativas quando comparadas às bactérias Gram-positivas em relação a atividade antimicrobiana de OE é possivelmente devido à estrutura diferencial da membrana dessas bactérias. As bactérias Gram-negativas têm uma membrana externa formada por lipopolissacarídeos e proteínas que atua como uma barreira e torna a membrana impermeável a lipofilicidade (MARONGIU et al., 2007). Em bactérias Gram-positivas, ocorre o contato direto entre os componentes hidrofóbicos dos OE e a camada fosfolipídica da membrana celular e não sendo eficaz a barreira de permeabilidade com apenas uma camada externa de peptidoglicano, resultando em aumento da permeabilidade a íons, deterioração de

componentes de proteínas, como enzimas e excreção dos constituintes intracelulares (NOSTRO et al., 2000).

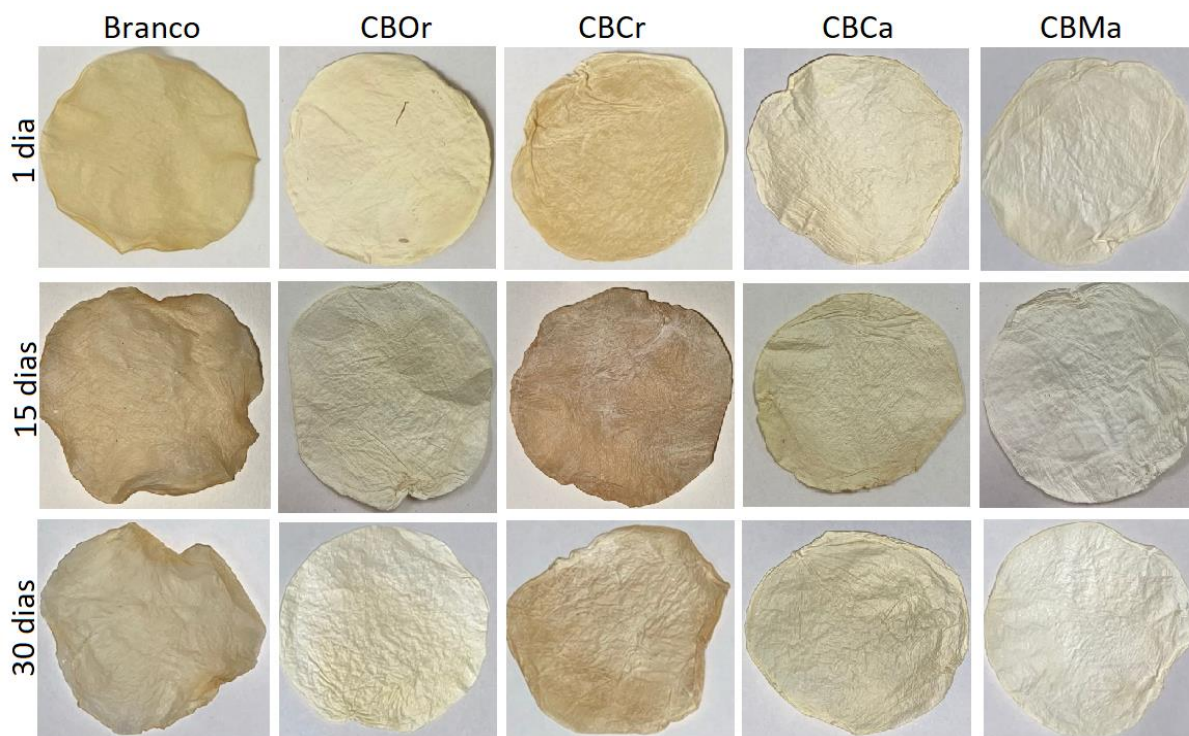
#### 4.3.1.4 Biodegradação em Solo

Para o ensaio de biodegradação em solo as membranas de massas aproximadas com uma média de desvio padrão de 0,014 foram expostas ao solo e removidas após 1, 3, 7, 15 e 30 dias conforme Figura 26. Não foi possível observar por meio da análise visual a biodegradação das membranas, porém por meio da Figura 27, onde demonstra a massa das membranas antes do ensaio e após 1, 15 e 30 dias pode-se observar uma leve perda de massa, ainda que sutil.

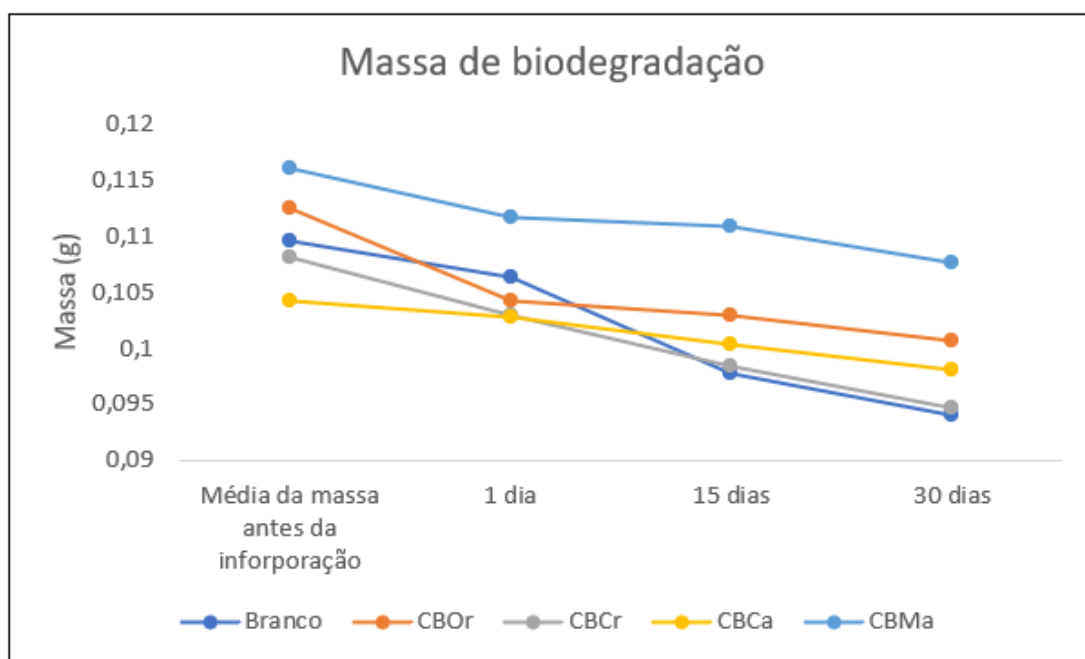
Quando se compara o ensaio de biodegradação deste método com o de acetona como solvente, observa-se uma degradação mais lenta, possivelmente devido a concentração de OE incorporado ser maior. No entanto, os microrganismos no solo continuaram presentes. Após 30 dias do ensaio de biodegradação foi realizado o teste de viabilidade do solo utilizado no ensaio e foi constatado que o solo seguia viável. Arancibia et al. (2014), realizou teste de biodegradação utilizando filmes de proteína de soja ativa com aditivo de OE de citronela, os filmes foram mantidos em solo expostos a condições atmosféricas por seis meses, sendo possível observar em um mês um enrugamento dos filmes e por um período de condicionamento mais longo (3 meses), o enrugamento era mais pronunciado. A superfície do filme mudou com o tempo, particularmente nos filmes armazenados por seis meses. Diante o exposto, sugere-se para trabalhos futuros, realizar o ensaio de biodegradação por um maior período a fim de comprovar a total biodegradabilidade dos filmes.

A membrana de CB pura não teve degradação tão acelerada como na análise anterior (utilizando acetona como solvente), possivelmente devido as membranas (após incorporação de OE e secagem) terem sido armazenadas na mesma embalagem, ainda que separadas, a contaminação cruzada pode ter ocorrido e, portanto, seu tempo de degradação afetado.

**Figura 30** – Membranas de CB pura (Branco), CB com OE de orégano (CBOe), cravo (CBCr), canela (CBCa), manjeriçao (CBMa) após 1, 10 e 15 dias de exposição ao solo



**Figura 31** – Membranas de CB pura (Branco), CB com OE de orégano (CBOe), cravo (CBCr), canela (CBCa), manjeriçao (CBMa) após 1, 10 e 30 dias de exposição ao solo pela massa (g)





#### 4.3.1.5 Avaliação da atividade fúngica das membranas aplicadas como embalagens de pães

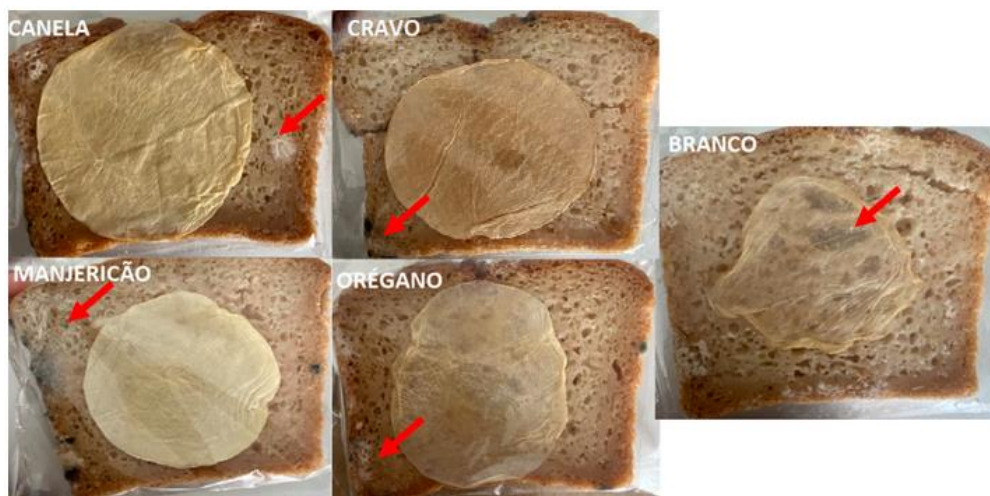
A análise de fungos foi realizada apenas de forma visual, sendo o aparecimento de fungos filamentosos o fim da avaliação de cada membrana incorporada. O acompanhamento foi diário, com registro fotográfico. Realizou-se os testes com a membrana de CB pura e incorporadas com os OEs de cravo, canela, manjeriço e orégano e pode-se observar o dia de vencimento dos pães na Figura 28.

**Figura 32** – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães no dia de vencimento dos mesmos



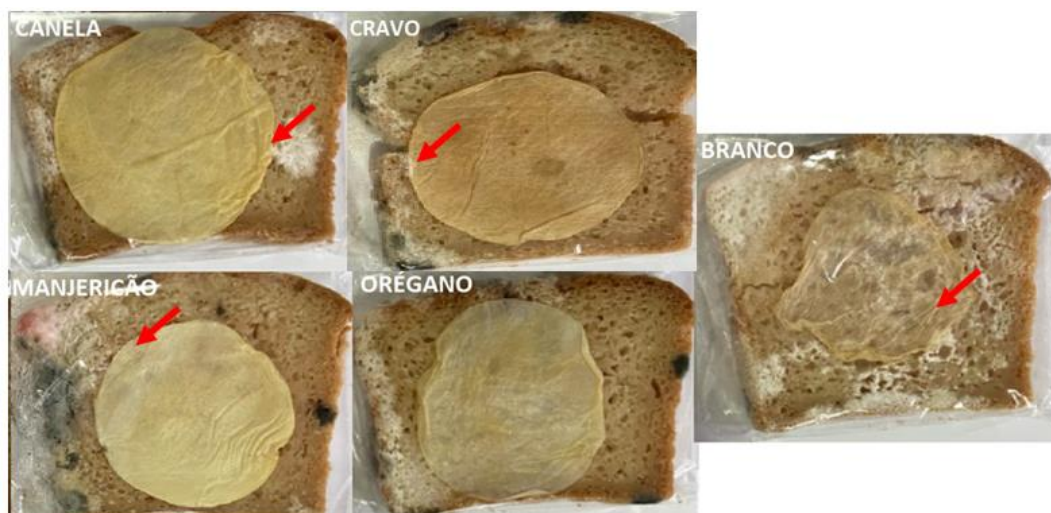
Na Figura 29, observa-se os pães e suas respectivas CB após 4 dias de vencimento, nota-se o início do aparecimento de fungos filamentosos na superfície dos pães, porém as membranas permanecem livre de fungos, com exceção da CB pura que já demonstra início do crescimento fúngico em sua superfície.

**Figura 33** – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães após 04 dias de vencimento dos mesmos



Já após 10 dias de vencimento do pão, nota-se o aparecimento de fungos filamentosos nas membranas de CB pura, com OE de canela, cravo e manjericão, demonstrado na Figura 30 indicado com setas. A amostra com OE de manjericão se destaca por ter maior crescimento fúngico neste período de tempo, enquanto a membrana de CB com OE de cravo e canela apenas inicia-se o crescimento e OE de orégano se mantém livre de fungos, corroborando com a análise antimicrobiana e a análise de percentual de incorporação dos óleos. Para a CB com OE de orégano, foi observado início do crescimento fúngico na membrada apenas após 14 dias de vencimento do pão, demonstrado na Figura 31.

**Figura 34** – Análise fúngica das amostras aplicadas em pães após 10 dias de vencimento dos mesmos



**Figura 35** – Análise fúngica da amostra de CB com OE de orégano aplicada em pão após 14 dias de vencimento do mesmo





**Sugestões para trabalhos futuros**

- Para análise de biodegradação em solo, sugere-se realizar a análise por um maior período, visto que as membranas estão com aditivos antimicrobianos tornando assim sua degradação mais lenta;
- Sugere-se análises mecânicas de tração a fim de avaliar a qualidade do material formado e ampliação de escala do material.

## CONCLUSÃO

As membranas de CB incorporadas pelo método utilizando etanol como solvente demonstrou ser uma promissora embalagem ativa com aditivos naturais visto que o outro método (solvente acetona) não demonstrou resultados satisfatórios para continuidade dos estudos além de prejudicar a qualidade do filme, pois ele demonstrou estar muito fragilizado devido ao uso da acetona.

Para o método utilizando etanol como solvente, por meio dos resultados obtidos pelas análises de FTIR, pode-se comprovar que houve a incorporação dos OEs nas membranas de CB, e a análise de TGA demonstrou maior estabilidade térmica para amostras incorporadas.

Por meio da análise microbiológica das membranas, conclui-se que apenas a membrana de CB incorporada com OE de manjerição não demonstrou ação antimicrobiana sobre as células de *S. aureus* e *E. coli*. Todas as outras amostras (OE de cravo, canela e orégano) demonstraram efeitos satisfatórios com destaque para OE de orégano. Quanto a análise visual de crescimento de fungos filamentosos, percebe-se que os OEs indicam uma ação antimicrobiana pois estenderam a vida de prateleira do pão embalado em até 10 dias sem aparecimento de bolor.

Conclui-se, portanto, que os filmes incorporados com os OEs pelo método utilizando etanol como solvente foram efetivos na função a qual o estudo determinou, pois a metodologia utilizada com a troca de polaridade realmente favoreceu a incorporação dos OEs na membrana. Já para o método utilizando acetona como solvente, conclui-se que não é promissor para esta finalidade pois não demonstrou resultados satisfatórios em suas análises considerando a real aplicação do produto.

## REFERÊNCIAS

ABRE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **ESTUDO ABRE MACROECONÔMICO DA EMBALAGEM E CADEIA DE CONSUMO**. 2019. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2019/>>. Acesso em: 15 aug. 2020.

ALBUQUERQUE, R. M. B. **Desenvolvimento de uma blenda biodegradável à base de celulose bacteriana (CB) e polihidroxitirato (PHB) para aplicação como embalagem ativa para alimentos**. 2019. 131 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Processos Ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento em Processos Ambientais, Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Recife, 2019.

ALDANA, D. S.; ANDRADE-OCHOA, S.; AGUILAR, C. N.; CONTRERAS-ESQUIVEL, J. C.; NEVÁREZ-MOORILLÓN, G. V. Antibacterial activity of pectic-based edible films incorporated with Mexican lime essential oil. **Food Control**, v. 50, p. 907–912, 2015.

ALIHEIDARI, N.; FAZAELI, M.; AHMADI, R.; GHASEMLOU, M.; EMAM-DJOMEH, Z. Comparative evaluation on fatty acid and Matricaria recutita essential oil incorporated into casein-based film. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 56, p. 69–75, 2013.

ALMEIDA, D. M. **BIOFILME DE BLENDA DE FÉCULA DE BATATA E CELULOSE BACTERIANA NA CONSERVAÇÃO DE FRUTA MINIMAMENTE PROCESSADA**. 2010. 284 f. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais) - Programa de Pós-Graduação em Processos Biotecnológicos Agroindustriais, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2010.

AMCHAM, B. **Plástico é o maior desafio ambiental do século XXI, segundo ONU Meio Ambiente**. 2018. Disponível em: <<https://economia.estadao.com.br/blogs/ecoando/plastico-e-o-maior-desafio-ambiental-do-seculo-xxi-segundo-onu-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

AMOR, G.; SABBAH, M.; CAPUTO, L.; IDBELLA, M.; DE FEO, V.; PORTA, R.; FECHTALI, T.; MAURIELLO, G. Basil Essential Oil: Composition, Antimicrobial Properties, and Microencapsulation to Produce Active Chitosan Films for Food Packaging. **Foods**, v. 10, n. 1, p. 121, 2021.

AMORIM, A. M. **Estudo da miscibilidade de blendas de poli(óxido de etileno) e poli(succinato de etileno)**. 2004. Florianópolis, SC, 2004.

ARANCIBIA, M. Y.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P. Release of volatile compounds and biodegradability of active soy protein lignin blend films with added citronella essential oil. **Food Control**, v. 44, p. 7–15, 2014.

ARRIETA, M. P.; FORTUNATI, E.; BURGOS, N.; PELTZER, M. A.; LÓPEZ, J.; PEPONI, L. Nanocellulose-Based Polymeric Blends for Food Packaging

Applications. In: PUGLIA, D.; FORTUNATI, E.; KENNY, J. M. (Eds.). **Multifunctional Polymeric Nanocomposites Based on Cellulosic Reinforcements**. Amsterdam: Elsevier, 2016. p. 205–252.

ASSIS, M. W. V.; SANTOS, T. T. Propriedades químicas, problemas ambientais e reciclagem de plástico: uma revisão de literatura. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 31–37, 2020.

ASTM DESIGNATION G 160 – 98. **Standard Practice for Evaluating Microbial Susceptibility of Nonmetallic Materials by Laboratory Soil Burial**. West Conshohocken: ASTM International, 1998.

ATARÉS, L.; CHIRALT, A. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 48, p. 51–62, 2016.

AVELLA, M.; BRUNO, G.; ERRICO, M. E.; GENTILE, G.; PICIOCCHI, N.; SORRENTINO, A.; VOLPE, M. G. Innovative packaging for minimally processed fruits. **Packaging Technology and Science**, v. 20, n. 5, p. 325–335, 2007.

AVÉROUS, L. Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review. **Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews**, v. 44, n. 3, p. 231–274, 2004.

AZEREDO, H. M. C.; BARUD, H.; FARINAS, C. S.; VASCONCELLOS, V. M.; CLARO, A. M. Bacterial Cellulose as a Raw Material for Food and Food Packaging Applications. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 3, n. 7, p. 1–14, 2019.

BARUD, H. G. O. **Caracterização e avaliação da citocompatibilidade de nanocompositos baseados em celulose bacteriana e fibroína para aplicação em regeneração tecidual**. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Odontológicas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Araraquara, 2014.

BARUD, H. S.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; MARTINES, M. A. U.; DEXPERT-GHYS, J.; MARQUES, R. F. C.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Bacterial cellulose–silica organic–inorganic hybrids. **Journal of Sol-Gel Science and Technology**, v. 46, n. 3, p. 363–367, 2008.

BATISTA, J. A.; TANADA-PALMU, P. S.; GROSSO, C. R. F. Efeito da adição de ácidos graxos em filmes à base de pectina. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 781–788, 2005.

BAUER, A. W.; KIRBY, W. M. M.; SHERRIS, J. C.; TURCK, M. ANTIBIOTEIC SUSCEPTIBILITY TESTING BY A STANDARDIZED SINGLE DISK METHOD. **The American Journal of Clinical Pathology**, v. 45, n. 4, p. 493–496, 1966.

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588–594, 2009.

BLANK, A.F.; SOUZA, V.M.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; PAULA, J.W.A.; ALVES, P.B.

Novas Cultivares Maria Bonita: cultivar de manjeriço tipo linalol, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.12, p.1811-1813, nov. 2007.

BOECHAT, S. C. Aroma e sabor no jardim. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 16, n. 1, p. 57–60, 2010.

BOTREL, D. A.; SOARES, N. F. F.; GERALDINE, R. M.; PEREIRA, R. M.; FONTES, E. A. F. Qualidade de alho (*Allium sativum*) minimamente processado envolvido com revestimento comestível antimicrobiano. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 32–38, 2007.

BRASIL. **Resolução RDC ANVISA/MS nº. 12, de 02 de janeiro de 2011. Regulamento Técnico sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2011.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods — A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, n. 3, p. 223–253, 2004.

BURT, S. A.; ZEE, R. Van der; KOETS, A. P.; GRAAFF, A. M.; KNAPEN, F. Van; GAASTRA, W.; HAAGSMAN, H. P.; VELDHUIZEN, E. J. A. Carvacrol Induces Heat Shock Protein 60 and Inhibits Synthesis of Flagellin in *Escherichia coli* O157:H7. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 73, n. 14, p. 4484–4490, 2007.

CAMARGO, M. S. A.; CERCAL, A. P.; SILVEIRA, V. F.; MANCINELLI, K. C. B.; GERN, R. M. M.; GARCIA, M. C. F.; APATI, G. P. ; DOS SANTOS SCHNEIDER, A. L.; PEZZIN, A. P. T. Evaluation of Wet Bacterial Cellulose Degradation in Different Environmental Conditions. **MACROMOLECULAR SYMPOSIA (ONLINE)**, v. 394, p. 2000149, 2020.

CARNEIRO, N. S.; ALVES, C. C. F.; ALVES, J. M.; EGEEA, M. B.; MARTINS, C. H. G.; SILVA, T. S.; BRETANHA, L. C.; BALLESTE, M. P.; MICKE, G. A.; SILVEIRA, E. V.; MIRANDA, M. L. D. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). In: ANAIS DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIENCIAS 2017, Rio Verde - GO. **Anais...** Rio Verde - GO

CARREIRA, P.; MENDES, J. A. S.; TROVATTI, E.; SERAFIM, L. S.; FREIRE, C. S. R.; SILVESTRE, A. J. D.; NETO, C. P. Utilization of residues from agro-forest industries in the production of high value bacterial cellulose. **Bioresource Technology**, Portugal, v. 102, n. 15, p. 7354–7360, 2011.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M. Bacterial cellulose as a biodegradable food packaging material: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 113, p. 106530, 2021.

CELIK TAS, O. Y.; KOCABAS, E. E. H.; BEDIR, E.; SUKAN, F. V.; OZEK, T.; BASER, K. H. C. Antimicrobial activities of methanol extracts and essential oils of *Rosmarinus officinalis*, depending on location and seasonal variations. **Food Chemistry**, v. 100, n. 2, p. 553–559, 2007.

CESCA, K.; RUFINO, I.; GODINHO, J.; PORTO, L. M. MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA E ALOE VERA COMO SISTEMA DE ENTREGA DE

AGENTES TERAPÊUTICOS. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA (COBEC) 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Anais do XX COBEC, 2014.

CHEN, S.; WU, M.; LU, P.; GAO, L.; YAN, S.; WANG, S. Development of pH indicator and antimicrobial cellulose nanofibre packaging film based on purple sweet potato anthocyanin and oregano essential oil. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 149, p. 271–280, 2020.

CHEN, X. **Degradation Studies on Plant Cellulose and Bacterial Cellulose by FT-IR and ESEM**. 2014. 61 f. Dissertation (Master degree of Research), University of Birmingham, 2014.

CHIU, H.-H.; CHIANG, H.-M.; LO, C.-C.; CHEN, C.-Y.; CHIANG, H.-L. Constituents of volatile organic compounds of evaporating essential oil. **Atmospheric Environment**, v. 43, n. 36, p. 5743–5749, 2009.

CHOULIARA, E.; KARATAPANIS, A.; SAVVAIDIS, I. N.; KONTOMINAS, M. G. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. **Food Microbiology**, Ioannina - Greece, v. 24, n. 6, p. 607–617, 2007.

COMA, V. Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products. **Meat Science**, v. 78, n. 1–2, p. 90–103, 2008.

COSTA, J. F.; GARCIA, M. C. F.; APATI, G. P.; BARUD, H. S.; SCHNEIDER, A. L. S.; PEZZIN, A. P. T. Nanocristais de celulose bacteriana: da obtenção, sob diferentes condições de hidrólise, à incorporação como reforço em poli(L-ácido láctico). **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 22, n. suppl 1, p. 1–17, 2017.

DHOOT, G.; AURAS, R.; RUBINO, M.; DOLAN, K.; SOTO-VALDEZ, H. Determination of eugenol diffusion through LLDPE using FTIR-ATR flow cell and HPLC techniques. **Polymer**, v. 50, n. 6, p. 1470–1482, 2009.

DONINI, Í. a N.; SALVI, D. T. B. De; FUKUMOTO, F. K.; LUSTRI, W. R.; BARUD, H. S.; MARCHETTO, R.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana. **Ecletica Química**, v. 35, n. 4, p. 165–178, 2010.

DORMAN, H. J. D.; DEANS, S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v. 88, n. 2, p. 308–316, 2000.

DOURADO, F.; GAMA, M.; RODRIGUES, A. C. A Review on the toxicology and dietetic role of bacterial cellulose. **Toxicology Reports**, v. 4, p. 543–553, 2017.

DU, W. X.; OLSEN, C. W.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H.; LEVIN, C. E.; FRIEDMAN, M. Antibacterial activity against E. coli O157:H7, physical properties, and storage stability of novel carvacrol-containing edible tomato films. **Journal of Food Science**, Albany - NY, v. 73, n. 7, p. 378–383, 2008.

DUARTE, E. B. **Produção de nanocompósitos de celulose bacteriana e**

**hidroxiapatita como rota para valorização de resíduos agroindustriais.** 2014. 121 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Materiais ) - Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Materiais, Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, 2014.

DURANTE, S. **Entenda o impacto do plástico nos oceanos e no meio ambiente.** 2018. Disponível em: <<https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Reportagem/noticia/2018/07/entenda-o-impacto-do-plastico-nos-oceanos-e-no-meio-ambiente.html>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

DVIR, I. M.; WEIZMAN, O.; LEWITUS, D.; WEINTRAUB, S.; OPHIR, A.; DOTAN, A. Antimicrobial active packaging combining essential oils mixture: Migration and odor control study. **Polymers for Advanced Technologies**, v. 30, n. 10, p. 2558–2566, 2019.

EMIROĞLU, Z. K.; YEMİŞ, G. P.; COŞKUN, B. K.; CANDOĞAN, K. Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. **Meat Science**, Ankara - Turkey, v. 86, n. 2, p. 283–288, 2010.

FASANO, E.; BONO-BLAY, F.; CIRILLO, T.; MONTUORI, P.; LACORTE, S. Migration of phthalates, alkylphenols, bisphenol A and di(2-ethylhexyl)adipate from food packaging. **Food Control**, v. 27, n. 1, p. 132–138, 2012.

FISCHER, M. R. **SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CELULOSE BACTERIANA INCORPORADA COM NITRATO DE CÉRIO E NANOPARTÍCULAS DE PRATA.** 2016. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, 2016.

FISCHER, M. R.; GARCIA, M. C. F.; NOGUEIRA, A. L.; PORTO, L. M.; SCHNEIDER, A. L. S.; PEZZIN, A. P. T. Biossíntese e caracterização de nanocelulose bacteriana para engenharia de tecidos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, Santa Catarina, v. 22, p. 1–17, 2017.

FISHER, K.; PHILLIPS, C. A. The effect of lemon, orange and bergamot essential oils and their components on the survival of *Campylobacter jejuni*, *Escherichia coli* O157, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* and *Staphylococcus aureus* in vitro and in food systems. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, n. 6, p. 1232–1240, 2006.

FREITAS, R. **PROJETO DE LEI DO SENADO Nº 92, DE 2018.** 2018. Disponível em: <<https://legis.senado.leg.br/sdleg-getter/documento?dm=7643422&ts=1553282370250&disposition=inline>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

GALOTTO, M. J.; TORRES, A.; GUARDA, A.; MORAGA, N.; ROMERO, J. Experimental and theoretical study of LDPE versus different concentrations of Irganox 1076 and different thickness. **Food Research International**, Santiago - Chile, v. 44, n. 2, p. 566–574, 2011.

GEA, S.; REYNOLDS, C. T.; ROOHPUR, N.; WIRJOSENTONO, B.; SOYKEABKAEW, N.; BILOTTI, E.; PEIJS, T. Investigation into the structural,

morphological, mechanical and thermal behaviour of bacterial cellulose after a two-step purification process. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 19, p. 9105–9110, 2011.

GONZÁLEZ-RIVERA, J.; DUCE, C.; FALCONIERI, D.; FERRARI, C.; GHEZZI, L.; PIRAS, A.; TINE, M. R. Coaxial microwave assisted hydrodistillation of essential oils from five different herbs (lavender, rosemary, sage, fennel seeds and clove buds): Chemical composition and thermal analysis. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 33, p. 308–318, 2016.

GUIMARÃES, C. C.; FERREIRA, T. C.; OLIVEIRA, R. C. F.; SIMIONI, P. U.; UGRINOVICH, L. A. Atividade antimicrobiana in vitro do extrato aquoso e do óleo essencial do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) e do cravo-da-índia (*Caryophyllus aromaticus* L.) frente a cepas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 2, p. 83–89, 2017.

HABER, L. L.; CLEMENTE, F. M. V. T. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

HASHEMINEJAD, N.; KHODAIYAN, F.; SAFARI, M. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. **Food Chemistry**, v. 275, p. 113–122, 2019.

HESTRIN, S.; SCHRAMM, M. Synthesis of cellulose by *Acetobacter xylinum*. **Biochemical Journal**, v. 58, n. 2, p. 345–352, 1954.

HIJO, A. A. C. T.; COSTA, J. M. G.; SILVA, E. K.; AZEVEDO, V. M.; YOSHIDA, M. I.; BORGES, S. V. Physical and Thermal Properties of Oregano (*Origanum vulgare* L.) Essential Oil Microparticles. **Journal of Food Process Engineering**, v. 38, n. 1, p. 1–10, 2015.

HOSSEINI, M. H.; RAZAVI, S. H.; MOUSAVI, M. A. Antimicrobial, physical and mechanical properties of chitosan-based films incorporated with thyme, clove and cinnamon essential oils. **Journal of Food Processing and Preservation**, Tehra - Iran, v. 33, n. 6, p. 727–743, 2009. 6.

HUANG, T.; QIAN, Y.; WEI, J.; ZHOU, C. Polymeric Antimicrobial food packaging and its applications. **Polymers**, v. 11, n. 3, 2019.

IGARASHI, M. C. **Desenvolvimento de filme comestível à base de alginato incorporado do agente antimicrobiano óleo essencial de cravo: aplicação em alimento**. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010.

IGUCHI, M.; YAMANAKA, S.; BUDHIONO, A. Bacterial cellulose — a masterpiece of nature ' s arts. **Journal of Materials Science**, v. 5, n. 35, p. 261–270, 2000.

ITURRIAGA, L.; OLABARRIETA, I.; MARAÑÓN, I. M. Antimicrobial assays of natural extracts and their inhibitory effect against *Listeria innocua* and fish spoilage bacteria, after incorporation into biopolymer edible films. **International Journal of Food Microbiology**, v. 158, n. 1, p. 58–64, 2012.



JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768–771, 2015.

JEAUROUND, E.; SCHUMANN, B.; CLUNIES, M. Supplementation of diets with herbal extracts enhances growth performance in newly-weaned piglets. **Journal Animal Science**, v. 20, n. 1, p. 394, 2002.

JEBEL, F. S.; ALMASI, H. Morphological, physical, antimicrobial and release properties of ZnO nanoparticles-loaded bacterial cellulose films. **Carbohydrate Polymers**, v. 149, p. 8–19, 2016.

JERKOVIC, I.; MASTELIC, J.; MILOS, M. The impact of both the season of collection and drying on the volatile constituents of *Origanum vulgare* L. ssp. *hirtum* grown wild in Croatia. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 36, n. 6, p. 649–654, 2001.

JIPA, I. M.; STOICA-GUZUN, A.; STROESCU, M. Controlled release of sorbic acid from bacterial cellulose based mono and multilayer antimicrobial films. **LWT - Food Science and Technology**, Bucharest - Romania, v. 47, n. 2, p. 400–406, 2012. 2.

JONAS, R.; FARAH, L. F. Production and application of microbial cellulose. **Polymer Degradation and Stability**, v. 59, n. 1–3, p. 101–106, 1998.

JORGE, N. **EMBALAGENS PARA ALIMENTOS**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013.

JOUKI, M.; YAZDI, F. T.; MORTAZAVI, S. A.; KOOCHEKI, A. Quince seed mucilage films incorporated with oregano essential oil: Physical, thermal, barrier, antioxidant and antibacterial properties. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 9–19, 2014.

JU, J.; CHEN, X.; XIE, Y.; YU, H.; GUO, Y.; CHENG, Y.; QIAN, H.; YAO, W. Application of essential oil as a sustained release preparation in food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 92, p. 22–32, 2019.

KALEMBA, D.; KUNICKA, A. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. **Current Medicinal Chemistry**, v. 10, n. 10, p. 813–829, 2003.

KLEMM, D.; HEUBLEIN, B.; FINK, H.-P.; BOHN, A. Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material. **Angewandte Chemie - International Edition**, v. 44, n. 22, p. 3358–3393, 2005.

KLEMM, D.; KRAMER, F.; MORITZ, S.; LINDSTRÖM, T.; ANKERFORS, M.; GRAY, D.; DORRIS, A. Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 50, n. 24, p. 5438–5466, 2011.

KOPP, V. V. **Óleo essencial de cravo encapsulado como microbicida natural**. 2020. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2020.

LANDIM, A. P. M.; BERNARDO, C. O.; MARTINS, I. B. A.; FRANCISCO, M. R.;

SANTOS, M. B.; MELO, N. R. De. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 82–92, 2016.

LI, Y.; KONG, D.; WU, H. Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC–MS and FTIR spectroscopy. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 269–278, 2013.

LIMA, I. O.; OLIVEIRA, R. A. G.; LIMA, E. O.; FARIAS, N. M. P.; SOUZA, E. L. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 16, n. 2, p. 197–201, 2006.

LIMA, L. R.; SANTOS, D. B.; SANTOS, M. V.; BARUD, H. S.; HENRIQUE, M. A.; PASQUINI, D.; PECORARO, E.; RIBEIRO, S. J. L. NANOCRISTAIS DE CELULOSE A PARTIR DE CELULOSE BACTERIANA. **Química Nova**, v. 38, n. 9, p. 1140–1147, 2015.

LIMA, M. S. D. **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO EM FILMES DE POLI (CLORETO DE VINILA)**. 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Materiais, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2018.

LIMA, M. S. D.; CARVALHO, D. S.; MALTA, S. H. S.; CAETANO, V. F.; VINHAS, G. M. AVALIAÇÃO DO EFEITO ANTIMICROBIANO DO ÓLEO ESSENCIAL DE CRAVO EM FILMES DE POLI (CLORETO DE VINILA). **Revista Brasileira De Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 294–298, 2017.

LIN, D.; LIU, Z.; SHEN, R.; CHEN, S.; YANG, X. Bacterial cellulose in food industry: Current research and future prospects. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 158, p. 1007–1019, 2020.

LUSTRI, W. R.; BARUD, H. G. O.; BARUD, H. S.; PERES, M. F. S.; GUTIERREZ, J.; TERCJAK, A.; OLIVEIRA, O. B.; RIBEIRO, S. J. L. Microbial Cellulose — Biosynthesis Mechanisms and Medical Applications. In: POLETTI, M.; JUNIOR, H. L. O. (Eds.). **Cellulose - Fundamental Aspects and Current Trends**. London: InTechOpen, 2015.

MAGALHÃES, R. M. F. **ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE ÓLEOS ESSENCIAIS E INCORPORAÇÃO EM FILME DE ACETATO CELULOSE NA CONSERVAÇÃO DE CARNE RESFRIADA DE FRANGO**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2012.

MALLICK, N.; PAL, D.; SONI, A. B.; JHARIYA, D. C.; SINGH, D. Starch based antimicrobial food packaging film towards a sustainable environment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 597, p. 012–019, 2020.

MARONGIU, B.; PIRAS, A.; PORCEDDA, S.; TUVERI, E.; SANJUST, E.; MELI, M.; SOLLAI, F.; ZUCCA, P.; RESCIGNO, A. Supercritical CO<sub>2</sub> Extract of *Cinnamomum zeylanicum*: Chemical Characterization and Antityrosinase Activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 24, p. 10022–10027, 2007.

MARTINS, A. G. L. A.; NASCIMENTO, A. R.; MOUCHREK FILHO, J. E.; MENDES

FILHO, N. E.; SOUZA, A. G.; ARAGÃO, N. E.; SILVA, D. S. V. Atividade antibacteriana do óleo essencial do manjeriço frente a sorogrupos de *Escherichia coli* enteropatogênica isolados de alfaces. **Ciência Rural**, v. 40, n. 8, p. 1791–1796, 2010.

MARTINS, P. F.; SBAITE, P.; BENITES, C.; MACIEL, M. R. W. Thermal Characterization of Orange, Lemongrass, and Basil Essential Oils. **Chemical Engineering Transactions**, v. 24, p. 463–468, 2011.

MARTINS, C. R.; LOPES, W. A.; ANDRADE, J. B.; Solubilidade Das Substâncias Orgânicas, **Quim. Nova**, Vol. 36, No. 8, 1248-1255, 2013.

MATTE, A.K.; DEAK, A.R.; MATA, P.T.G; Triagem fitoquímica e avaliação da atividade antibacteriana de extratos das flores de *Sambucus nigra* L. (Caprifoliaceae), **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.17, n.4, supl. III, p.1049-1054, 2015.

MCKENNA, B. A.; WEHR, J. B.; GIDLEY, M. J.; MENZIES, N. W.; MIKKELSEN, D. Mechanical and structural properties of native and alkali-treated bacterial cellulose produced by *Gluconacetobacter xylinus* strain ATCC 53524. **Cellulose**, v. 16, n. 6, p. 1047–1055, 2009.

MELO, A. A. M. **Efeito de filme ativo incorporado com óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) na conservação de carne de frango resfriada**. 2010. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2010.

MENDEZ, L. M. R. **Produção, caracterização e estudo da estabilidade de filmes à base de gelatina e extrato de própolis vermelha enriquecidos com óleos essenciais de manjeriço (*Ocimum basilicum*), cravo (*Syzygium aromaticum*) ou hortelã (*Mentha piperita*)**. 2017. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, 2017.

MONDAL, D.; BHOWMICK, B.; MOLLICK, M. M. R.; MAITY, D.; MUKHOPADHYAY, A.; RANA, D.; CHATTOPADHYAY, D. Effect of clay concentration on morphology and properties of hydroxypropylmethylcellulose films. **Carbohydrate Polymers**, v. 96, n. 1, p. 57–63, 2013.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050–4063, 2009.

NOSTRO, A.; GERMANO, M. P.; D'ANGELO, V.; MARINO, A.; CANNATELLI, M. A. Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity. **Letters in Applied Microbiology**, v. 30, n. 5, p. 379–384, 2000.

NUNES, A. C. T. **Estudo de proposta alternativa para redução do impacto do uso de plástico no contexto ambiental no Brasil**. 2018. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro, 2018.

OH, S. Y.; YOO, D. II; SHIN, Y.; KIM, H. C.; KIM, H. Y.; CHUNG, Y. S.; PARK, W. H.; YOUK, J. H. Crystalline structure analysis of cellulose treated with sodium hydroxide and carbon dioxide by means of X-ray diffraction and FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Research**, v. 340, n. 15, p. 2376–2391, 2005.

OUSSALAH, M.; CAILLET, S.; SALMIÉRI, S.; SAUCIER, L.; LACROIX, M. Antimicrobial Effects of Alginate-Based Films Containing Essential Oils on *Listeria monocytogenes* and *Salmonella Typhimurium* Present in Bologna and Ham. **Journal of Food Protection**, v. 70, n. 4, p. 901–908, 2007.

PECORARO, É.; MANZANI, D.; MESSADDEQ, Y.; RIBEIRO, S. J. L. Bacterial Cellulose from *Glucanacetobacter xylinus*: Preparation, Properties and Applications. In: BELGACEM; GANDINI (Eds.). **Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources**. Amsterdam: Elsevier, 2008. p. 289–304.

PELISSARI, F. M. **Produção e caracterização de filmes de amido de mandioca, quitosana e glicerol com incorporação de óleo essencial de orégano**. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, 2009.

PENG, S.; ZOU, L.; LIU, W.; GAN, L.; LIU, W.; LIANG, R.; LIU, C.; NIU, J.; CAO, Y.; LIU, Z.; CHEN, X. Storage Stability and Antibacterial Activity of Eugenol Nanoliposomes Prepared by an Ethanol Injection–Dynamic High-Pressure Microfluidization Method. **Journal of Food Protection**, v. 78, n. 1, p. 22–30, 2015.

PHISALAPHONG, M.; CHIAOPRAKOBKIJ, N. Applications and Products — Nata de Coco. In: GAMA, M.; GATENHOLM, P.; KLEMM, D. (Eds.). **Bacterial NanoCellulose: A Sophisticated Multifunctional Material**. 1. ed. Boca Raton: CRC Press, 2012. p. 143–155.

PHISALAPHONG, M.; JATUPAIBOON, N. Biosynthesis and characterization of bacteria cellulose-chitosan film. **Carbohydrate Polymers**, Bangkok - Thailand, v. 74, n. 3, p. 482–488, 2008.

PIATTI, T. M.; RODRIGUES, R. A. F. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: EDUFAL, 2005.

PICHETH, G. F.; PIRICH, C. L.; SIERAKOWSKI, M. R.; WOEHL, M. A.; SAKAKIBARA, C. N.; SOUZA, C. F.; MARTIN, A. A.; SILVA, R.; FREITAS, R. A. Bacterial cellulose in biomedical applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 97–106, 2017.

PIRES, C.; RAMOS, C.; TEIXEIRA, B.; BATISTA, I.; NUNES, M. L.; MARQUES, A. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: Physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 1, p. 224–231, 2013.

PONTES, S. F. O. **DESENVOLVIMENTO DE NANOEMULSÕES DE ÓLEOS ESSENCIAIS INCORPORADAS EM FILME DE METILCELULOSE PARA USO EM ALIMENTOS**. 2013. 129 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2013.

PORTELLA, A. C. F.; MUNARO, M.; ASCÊNCIO, S. D.; SIQUEIRA, C. A.; FERREIRA, T. P. S.; AGUIAR, R. W. S. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DA Siparuna guianensis Aublet. **Química Nova**, v. 37, n. 5, p. 844–849, 2014.

RAEISI, M.; TAJIK, H.; YARAHMADI, A.; SANGINABADI, S. Antimicrobial Effect of Cinnamon Essential Oil Against Escherichia Coli and Staphylococcus aureus. **Health Scope**, v. 4, n. 4, p. 1–5, 2015.

RAGAERT, K.; DELVA, L.; GEEM, K. Van. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. **Waste Management**, v. 69, p. 24–58, 2017.

RECOUVREUX, D. O. S. **Produção de Celulose Bacteriana: Identificação do Operon bcs e Produção de Biofilme Celulósico por Chromobacterium violaceum**. 2004. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

RECOUVREUX, D. O. S. **Desenvolvimento de Novos Biomateriais Baseados em Celulose Bacteriana para Aplicações Biomédicas e de Engenharia de Tecidos**. 2008. 145 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2008.

REINIATI, I. **Bacterial Cellulose Nanocrystals: Production and Application**. 2017. 187 f. Thesis (Doctorate of Philosophy) - Graduate Program in Chemical and Biochemical Engineering, University of Western Ontario, London, 2017.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; MELO, N. R.; SANCHES-SILVA, A. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 132–140, 2017.

RIBEIRO, J. D. **ESTUDO ANALÍTICO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DO ÓLEO ESSENCIAL DA ESPÉCIE Pimenta dioica Lindl**. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2009.

RODRÍGUEZ, A.; NERÍN, C.; BATLLE, R. New Cinnamon-Based Active Paper Packaging against Rhizopusstolonifer Food Spoilage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 15, p. 6364–6369, 2008.

ROSS, P.; MAYER, R.; BENZIMAN, M. Cellulose Biosynthesis and Function in Bacteria. **Microbiological Reviews**, v. 55, n. 1, p. 35–58, 1991.

RUIZ-NAVAJAS, Y.; VIUDA-MARTOS, M.; SENDRA, E.; PEREZ-ALVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with Thymus moroderi or Thymus piperella essential oils. **Food Control**, v. 30, n. 2, p. 386–392, 2013.

RUKA, D. R.; SIMON, G. P.; DEAN, K. M. Bacterial Cellulose and its Use in Renewable Composites. In: THAKUR, V. K. (Ed.). **Nanocellulose Polymer Nanocomposites**. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2014. p. 89–130.

SAJOMSANG, W.; NUCHUCHUA, O.; GONIL, P.; SAESOO, S.; SRAMALA, I.;

SOOTTITANTAWAT, A.; PUTTIPIPATKHACHORN, S.; RUKTANONCHAI, U. R. Water-soluble  $\beta$ -cyclodextrin grafted with chitosan and its inclusion complex as a mucoadhesive eugenol carrier. **Carbohydrate Polymers**, v. 89, n. 2, p. 623–631, 2012.

SANCHEZ, P. C. Nata, a Cellulosic Product. In: **Philippine Fermented Foods: Principles and Technology**. Quezon City: University of the Philippines Press, 2008. p. 341–390.

SANTOS, J. C.; CARVALHO FILHO, C. D.; BARROS, T. F.; GUIMARAES, A. G. Atividade antimicrobiana in vitro dos óleos essenciais de orégano, alho, cravo e limão sobre bactérias patogênicas isoladas de vôngole. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1557–1564, 2011.

SANTURIO, J. M.; SANTURIO, D. F.; POZZATTI, P.; MORAES, C.; FRANCHIN, P. R.; ALVES, S. H. Atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de orégano, tomilho e canela frente a sorovares de *Salmonella enterica* de origem avícola. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 803–808, 2007.

SILVA, J.P.L., ALMEIDA, J.M.D., PEREZ, D.V., FRANCO, B.D.G.M, Óleo essencial de orégano: interferência da composição química na atividade frente a *Salmonella Enteritidis*, **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 30(Supl.1): 136-141, 2010.

SEYDIM, A. C.; SARIKUS, G. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. **Food Research International**, v. 39, n. 5, p. 639–644, 2006.

SHAABAN, H. A. E.; EL-GHORAB, A. H.; SHIBAMOTO, T. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. **Journal of Essential Oil Research**, v. 24, n. 2, p. 203–212, 2012.

SHAH, N.; UL-ISLAM, M.; KHATTAK, W. A.; PARK, J. K. Overview of bacterial cellulose composites: A multipurpose advanced material. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 2, p. 1585–1598, 2013.

SHARMA, S.; BARKAUSKAITE, S.; DUFFY, B.; JAISWAL, A. K.; JAISWAL, S. Characterization and Antimicrobial Activity of Biodegradable Active Packaging Enriched with Clove and Thyme Essential Oil for Food Packaging Application. **Foods**, v. 9, n. 8, p. 1117, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1117>>

SILVA, C. O.; SANTOS, G. M.; SILVA, L. N. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 13, n. 13, p. 2683–2689, 2013.

SILVA, G. B. S. **DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE MEMBRANAS DE CELULOSE BACTERIANA VISANDO APLICAÇÃO EM EMBALAGENS ATIVAS**. 2017. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, 2017.

SILVA, I. C. G. **SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA**

**DE SISTEMAS ENCAPSULADOS DE ÓLEO DE CANELA E CINAMALDEÍDO ASSOCIADOS AO POLÍMERO POLI(ε-CAPROLACTONA) (PCL).** 2016. 67 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Programa de Pós-graduação em Odontologia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, 2016.

SILVEIRA, J. F. C. **NANOCRISTAIS DE CELULOSE BACTERIANA: DA OBTENÇÃO, SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE HIDRÓLISE, À INCORPORAÇÃO COMO REFORÇO EM POLI(L-ÁCIDO LÁCTICO).** 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, 2016.

SILVERSTEIN, R. M.; WEBSTER, F. X.; KIEMLE, D. J. **Identificação Espectrométrica de Compostos Orgânicos.** Rio de Janeiro: LTC, 2007.

SIRÓ, I.; PLACKETT, D. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. **Cellulose**, v. 17, n. 3, p. 459–494, 2010.

SKOČAJ, M. Bacterial nanocellulose in papermaking. **Cellulose**, v. 26, n. 11, p. 6477–6488, 2019.

SOUZA, D. J.; **Estudo De Biocompósitos De Poli(L-Ácido Láctico) (Plla) Com Celulose Bacteriana Visando Aplicação Como Membranas Biomédicas,** Graduação de Engenharia Química, Universidade da Região de Joinville. 2012.

SRIKANDACE, Y.; SYLVIANA; NINA ARTANTI; UDIN, Z.; HANAFI, M. Antioxidant Activity of Bacterial Cellulose Based Edible Films Incorporated with Catechin and Citrus aurantium L (Bergamot) Essential Oil. **Journal of Engineering and Science Research**, v. 2, n. 6, p. 30–36, 2018.

STIEVEN, A. C.; MOREIRA, J. J. S.; SILVA, C. F. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): avaliação das atividades microbiana e antioxidante. **Eclética Química**, v. 34, n. 3, p. 7–16, 2009.

SUTAPHANIT, P.; CHITPRASERT, P. Optimisation of microencapsulation of holy basil essential oil in gelatin by response surface methodology. **Food Chemistry**, v. 150, p. 313–320, 2014.

TEIXEIRA, E. M.; OLIVEIRA, C. R.; MATTOSO, L. H. C.; CORRÊA, A. C.; PALADIN, P. D. Nanofibras de algodão obtidas sob diferentes condições de hidrólise ácida. **Polímeros**, v. 20, n. 4, p. 264–268, 2010.

TONGNUANCHAN, P.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T. Structural, morphological and thermal behaviour characterisations of fish gelatin film incorporated with basil and citronella essential oils as affected by surfactants. **Food Hydrocolloids**, Songkhla - Thailand, v. 41, n. 1, p. 33–43, 2014.

TURECK, B. C. **EFEITO DO MEIO DE CULTIVO E DO TRATAMENTO DE PURIFICAÇÃO NAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E QUÍMICAS DA CELULOSE BACTERIANA.** 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville (Univille), Joinville, 2017.

UGALDE, M. L. **Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais**. 2014. 168 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões (URI Erechim), Erechim, 2014.

VAHEDIKIA, N.; GARAVAND, F.; TAJEDDIN, B.; CACCIOTTI, I.; JAFARI, S. M.; OMIDI, T.; ZAHEDI, Z. Biodegradable zein film composites reinforced with chitosan nanoparticles and cinnamon essential oil: Physical, mechanical, structural and antimicrobial attributes. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 177, p. 25–32, 2019.

VALDÉS, A.; MELLINAS, A. C.; RAMOS, M.; GARRIGÓS, M. C.; JIMÉNEZ, A. Natural additives and agricultural wastes in biopolymer formulations for food packaging. **Frontiers in Chemistry**, v. 2, n. 6, p. 1–6, 2014.

VAN VUUREN, S. F.; VILJOEN, A. M.; ÖZEK, T.; DEMIRCI, B.; BAŞER, K. H. C. Seasonal and geographical variation of *Heteropyxis natalensis* essential oil and the effect thereof on the antimicrobial activity. **South African Journal of Botany**, v. 73, n. 3, p. 441–448, 2007.

VENKATASUBBU, G. D.; RAMASAMY, S.; RAMAKRISHNAN, V.; KUMAR, J. Nanocrystalline hydroxyapatite and zinc-doped hydroxyapatite as carrier material for controlled delivery of ciprofloxacin. **3 Biotech**, v. 1, n. 3, p. 173–186, 2011.

WANG, J.; TAVAKOLI, J.; TANG, Y. Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 219, p. 63–76, 2019.

WANG, T.; LI, B.; SI, H.; LIN, L.; CHEN, L. Release characteristics and antibacterial activity of solid state eugenol/ $\beta$ -cyclodextrin inclusion complex. **Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry**, v. 71, p. 207–213, 2011.

WU, J.-M.; LIU, R.-H. Thin stillage supplementation greatly enhances bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus*. **Carbohydrate Polymers**, v. 90, n. 1, p. 116–121, 2012.

WU, J.; GE, S.; LIU, H.; WANG, S.; CHEN, S.; WANG, J.; LI, J.; ZHANG, Q. Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 2, n. 1, p. 7–16, 2014.

WU, J.; LIU, H.; GE, S.; WANG, S.; QIN, Z.; CHEN, L.; ZHENG, Q.; LIU, Q.; ZHANG, Q. The preparation, characterization, antimicrobial stability and in vitro release evaluation of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil nanoliposomes. **Food Hydrocolloids**, v. 43, p. 427–435, 2015.

ZAHAN, K. A.; AZIZUL, N. M.; MUSTAPHA, M.; TONG, W. Y.; RAHMAN, M. S. A.; SAHURI, I. S. Application of bacterial cellulose film as a biodegradable and antimicrobial packaging material. **Materials Today: Proceedings**, v. 31, n. 1, p. 83–88, 2020.

ZEID, A.; KARABAGIAS, I. K.; NASSIF, M.; KONTOMINAS, M. G. Preparation and



evaluation of antioxidant packaging films made of polylactic acid containing thyme, rosemary, and oregano essential oils. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 10, p. 1–11, 2019.

ZHANG, H.; HORTAL, M.; DOBON, A.; BERMUDEZ, J. M.; LARA-LLEDO, M. The Effect of Active Packaging on Minimizing Food Losses: Life Cycle Assessment (LCA) of Essential Oil Component-enabled Packaging for Fresh Beef. **Packaging Technology and Science**, v. 28, n. 9, p. 761–774, 2015.

ZHU, H.; YANG, H.; JIA, S.; JIA, Y.; TAN, Z.; TANG, W. Characterization of bacteriostatic sausage casing: A composite of bacterial cellulose embedded with  $\epsilon$ -polylysine. **Food Science and Biotechnology**, Tianjin - China, v. 19, n. 6, p. 1479–1484, 2010. 6.

ZINOVIADOU, K. G.; KOUTSOUMANIS, K. P.; BILIADERIS, C. G. Physico-chemical properties of whey protein isolate films containing oregano oil and their antimicrobial action against spoilage flora of fresh beef. **Meat Science**, v. 82, n. 3, p. 338–345, 2009.

ZIVANOVIC, S.; CHI, S.; DRAUGHON, A. F. Antimicrobial Activity of Chitosan Films Enriched with Essential Oils. **Journal of Food Science**, v. 70, n. 1, p. M45–M51, 2005.

## Termo de Autorização para Publicação de Teses e Dissertações

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE) a disponibilizar em ambiente digital institucional, Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/IBICT) e/ou outras bases de dados científicas, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data 03/02/2022.

1. Identificação do material bibliográfico: ( ) Tese ( x ) Dissertação ( ) Relatório Técnico

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

Autor: Stéfani Regina Zibetti Teixeira

Orientador: Ana Paula Testa Pezzin Coorientador: Ana Paula Kureck

Data de Defesa: 27/09/2021

Título: Desenvolvimento De Novos Filmes De Celulose Bacteriana Para Embalagens Biodegradáveis Ativas Com Óleos Essenciais

Instituição de Defesa: Univille

3. Informação de acesso ao documento:

Pode ser liberado para publicação integral (x) Sim ( ) Não

Havendo concordância com a publicação eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese, dissertação ou relatório técnico.

Stéfani R. Zibetti Teixeira

Assinatura do autor

Joinville SC 03/02/2022

Local/Data