



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME DE CUTINA COM QUITOSANA A  
PARTIR DE RESÍDUOS DO TOMATE**

**Nathália Morcatti**

Goiânia  
2020

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME DE CUTINA COM QUITOSANA A  
PARTIR DE RESÍDUOS DO TOMATE**

**Nathália Morcatti**

Orientador: Dr. Danni Pereira Barbosa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Bacharelado em Engenharia de  
Alimentos, como parte dos requisitos exigidos  
para a conclusão do curso.

Goiânia  
2020

MORCATTI, NATHÁLIA

Produção e caracterização de filme de cutina com quitosana a partir de resíduo do tomate / Nathália Morcatti. - - Goiânia: PUC Goiás / Escola de Engenharia, 2020. xx, 90 f. : il.

Orientador: Danns Pereira Barbosa

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – PUC Goiás, Escola de Engenharia, Graduação em Engenharia de Alimentos, 2019, 4p.

1. Biofilme . 2. Plásticos . 3. Resíduo.

TCC. I. Danns Pereira Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Escola de Engenharia. Graduação em Engenharia de Alimentos. III. Produção e caracterização de filme de cutina com quitosana a partir de resíduo do tomate

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FILME DE CUTINA COM QUITOSANA A PARTIR DE RESÍDUOS DO TOMATE**

**Nathália Morcatti**

Orientador: Dr Danna Pereira Barbosa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Alimentos, como parte dos requisitos para a conclusão do curso.

APROVADO em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Prof. Ms. Flávio Carvalho Marques – PUC- Goiás.

---

Prof. Ms. Rodrigo da Mota Bastos – PUC Goiás.

---

Prof. Dr. Danna Pereira Barbosa – PUC- Goiás.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Estrutura básica do tomate ( <i>Solanum lycopersicum L.</i> ).....	13
Figura 2: Detalhe da epiderme, evidenciando a cutícula .....	15
Figura 3: Modelo proposto para o polímero da cutina .....	16
Figura 4: Estrutura da quitosana.....	19
Figura 5: Representação esquemática da obtenção de quitosana a partir da desacetilação da quitina.....	19
Figura 6: Fotografias dos filmes de cutina e quitosana com diferentes concentrações (a) 100% quitosana (b) 75% quitosana/25% cutina (c) 50% cutina/50% quitosana (d) 25% quitosana/75% cutina (e) 100% cutina.....	24
Figura 7: Filmes (a) 100% quitosana (b) 25% cutina/75% quitosana (c) 100% quitosana antes da análise de biodegradação .....	28
Figura 8: Filmes (a) 100% quitosana (b) 25% cutina/75% quitosana após 1 semana enterrados em terra.....	29
Figura 9: Filmes (a) 100% quitosana após 2 semanas enterrado em terra .....	29

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Espessura dos filmes em mm .....	26
Tabela 2: Permeabilidade ao vapor de água ( $(g\ mm\ m^{-2}\ h^{-1}\ KPa^{-1}) \times 10^{-4}$ ).....	26
Tabela 3: Solubilidade dos filmes realizado em triplicata .....	27

**LISTA DE SIGLAS**

WWF - *World Wildlife Fund*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

WPTC – *World Processing Tomato Council*

CMC – Celulose microcristalina

PVA – Permeabilidade ao vapor d'água

UR – Umidade Relativa

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus por estar nessa jornada comigo, me dando forças e coragem para continuar.

A minha avó Elza Moreira, que apesar de não estar mais presente entre nós, me encorajou na mudança de estado, início da faculdade, que eu sei que está sempre comigo e cuidando de tudo lá do céu.

A minha família, em especial minha mãe, Nadja e meu pai Fabricio, que sempre torceram e me apoiaram nos meus sonhos, além de tornarem tudo até aqui possível.

As minhas tias e pedagogas Nagela e Núbia que sempre me apoiaram e me ajudaram a todo momento nesta jornada.

Ao meu namorado Vitor Augusto que me ajudou neste último ano de faculdade com muita paciência, me incentivando, amando, ajudando, encorajando e apoiando em cada obstáculo.

Ao meu orientador, pela enorme paciência, disponibilidade, compreensão e interesse em me orientar neste trabalho.

A minha atual coordenadora do curso, Dr.<sup>a</sup> Luciana Casaletti que me proporcionou crescimento na vida acadêmica por meio da Iniciação Científica, por acreditar em mim e pela compreensão e apoio durante o curso.

As minhas amigas que fiz ao longo da graduação, Nicole Oliveira e Julia Guimarães que estiveram comigo nestes 5 anos cheios de altos e baixos, sempre me encorajando e me apoiando, sempre com muita paciência.

Enfim, muito obrigada a todos que me apoiaram e me orientaram nesta jornada!

## RESUMO

O Brasil é o 4º país que mais gera lixo plástico no mundo, mas só recicla 1,28 % deste total. Devido à sua pouca degradabilidade, os plásticos podem permanecer na natureza por mais de 400 anos, causando muita poluição devido ao seu descarte incorreto. Com o interesse em melhorar a qualidade do meio ambiente, associado com a preocupação do acúmulo de lixo não biodegradável, julga-se necessário o desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de biopolímeros disponíveis em abundância na natureza ou até mesmo a partir de resíduos agrícolas. Um exemplo são os biofilmes de cutina que é uma macromolécula obtida da pele do tomate e pode ser extraído dos resíduos da indústria de atomatados. Assim sendo, este presente estudo tem como objetivo produzir e analisar as propriedades dos biofilmes produzidos a partir da cutina extraída dos resíduos do tomate com e sem adição de quitosana. Com a cutina extraída foram elaborados filmes com adição de quitosana. Os filmes foram submetidos a análise de permeabilidade ao vapor de água, solubilidade em água e ensaio de biodegradação. À medida que se aumentou a concentração de cutina, os filmes ficaram mais finos e muito aderidos à superfície da placa, além de estarem com pouca elasticidade, tornando-se impossível usar os filmes com 75 e 100% de cutina. Quanto a homogeneidade dos filmes, em nenhum dos filmes foi possível notar partículas insolúveis visíveis a olho nu e não houve a formação de bolhas nos filmes. O filme de menor espessura (0,89 mm), o com maior permeabilidade ao vapor de água ( $5,910 (g\ mm\ m^{-2}\ h^{-1}\ KPa^{-1}) \times 10^{-4}$ ), o mais solúvel (61%) e o que se degradou mais rapidamente (7 dias) foi o com maior percentual de cutina (50% quitosana/50% cutina). O ensaio de biodegradação confirmou a degradação total dos filmes num período de 21 dias. Filmes com alta solubilidade podem ser uma alternativa agrícola no revestimento de sementes e como filmes comestíveis. Os filmes com alta permeabilidade ao vapor de água podem ter uma aplicação interessante como embalagens de vegetais frescos.

**Palavras-Chave:** biofilme, plásticos, resíduo.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1. O TOMATE .....	13
2.2. A PRODUÇÃO DO TOMATE NO ESTADO DE GOIÁS .....	14
2.3. A CUTINA .....	15
2.4. DESPERDÍCIO DE PLÁSTICOS .....	17
2.5. OS BIOFILMES .....	17
2.6. QUITOSANA .....	18
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	21
3.1. OS MATERIAIS .....	21
3.2. A COLETA DE AMOSTRAS .....	21
3.3. A EXTRAÇÃO DA CUTINA .....	21
3.4. A PREPARAÇÃO DOS FILMES .....	21
3.5. A CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES .....	22
3.5.1. A permeabilidade ao vapor de água .....	22
3.5.2. A solubilidade dos filmes em água .....	22
3.5.3. A biodegradação .....	23
<b>4. RESULTADOS</b> .....	24
4.1. Extração da cutina e preparação dos filmes .....	24
4.2. Permeabilidade ao vapor d'água .....	25
4.3. Solubilidade dos filmes em água .....	27
4.4. Biodegradação dos filmes .....	28
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje com a crescente preocupação ambiental, tem se estimulado a busca por recursos renováveis que possam substituir os derivados de petróleo e consequentemente diminuir os impactos causados pelo seu descarte inadequado (GONÇALVES, 2016; SILVA *et al.*, 2013). Assim sendo, aumentou-se a procura por indústrias e pesquisadores que possam desenvolver processos sustentáveis, com o objetivo de diminuir a dependência de derivados de combustíveis fósseis (PEREDA *et al.*, 2014; FLAUZINO NETO *et al.* 2013). Neste sentido, os bioplásticos desenvolvidos a partir de recursos naturais, tais como a celulose, quitina, cutina e amido, surgem como um possível substituto dos polímeros não renováveis, apresentando algumas vantagens por serem biodegradáveis, biocompatíveis, e com baixo custo e toxicidade. Porém, essa alternativa não está totalmente desenvolvida, parâmetros como as propriedades mecânicas e adaptação aos processos indústrias precisam ser melhoradas (ANDRADE; TAPIA, 2016; SANTOS; TAVARES, 2015).

O Estado do Goiás é o detentor da maior produção de tomate do Brasil (IBGE, 2019) e um grande gerador de resíduos de casca de tomate pois é sede de 11 empresas de produtos atomatados. A maioria destas empresas destinam seus resíduos para ração animal. Dentro deste cenário há possibilidade da agregação de mais valor neste tipo de resíduo além de contribuir com a sustentabilidade pela extração da cutina e produção de biofilmes que podem ter suas características físico e químicas melhoradas pela adição de celulose ou quitosana.

A cutina pode ser encontrada na pele do tomate. Este é um biopoliéster macromolecular e com característica lipofílica, o que a torna uma substância interessante para a produção de biofilmes (MATTOSO *et al.* 2019). Além disso a produção de tomate foi de cerca 4,08 milhões de toneladas no Brasil em 2018, sendo o Estado de Goiás com a maior participação na produção nacional (32,67%). Durante seu processamento, são gerados resíduos, dentre eles a casca, que é normalmente descartada. Sendo assim uma potencial fonte para extração de cutina.

Entretanto, segundo Mattoso *et al.* (2019), o uso da cutina é limitado, devido ao seu baixo desempenho quando comparado aos polímeros sintéticos. Sendo assim, o uso de agentes de reforço é uma alternativa para melhorar tanto as propriedades mecânicas como as barreiras à umidade e a gases no biofilme. A fim de solucionar este problema, pode-se associar a cutina com outro biopolímero com melhores propriedades e que também seja derivado de fontes renováveis (MORGADO *et al.*, 2007).

Desta forma, um biopolímero que tem despertado um grande interesse na produção de filmes é a celulose. Tal interesse se deve às excelentes propriedades mecânicas, estabilidade química e compatibilidade biológica apresentadas pela substância, além de ser facilmente encontrado em larga escala na natureza (MORGADO *et al.*, 2007; MORGADO, 2009).

Um segundo biopolímero, encontrado com facilidade no meio ambiente e que também tem fomentado pesquisas relacionando seu uso aos bioplásticos é a quitosana, uma substância derivada da quitina, substância encontrada no exoesqueleto de insetos e crustáceos (AZEVEDO *et al.*, 2007). Este interesse é devido as propriedades da quitosana como a biodegradabilidade, as características estruturais, sua alta resistência mecânica, menor sensibilidade a umidade e a bioatividade (ALMEIDA, 2009; MORGADO, 2009).

Nos filmes feitos a partir de cutina e até 50% de pectina observa-se que o aumento da quantidade de cutina no filme provoca um aumento do caráter hidrofóbico. Porém, os filmes possuem baixa resistência à tração gerando dificuldades da possível substituição do plástico convencional pelo biodegradável a partir da cutina, segundo Silva *et al.* (2019) e Mattoso *et al.* (2019).

Não é encontrado na literatura filmes de cutina com quitosana, porém o mesmo aditivo já foi usado como fonte de reforço em filmes de amido, como no estudo de Souza (2015). E de acordo com os resultados deste estudo, decidiu-se estudar tal agente de reforço no filme de cutina.

Assim sendo, este presente trabalho tem como objetivo produzir e analisar as propriedades dos biofilmes produzidos a partir da cutina extraída dos resíduos do tomate com e sem adição de quitosana.

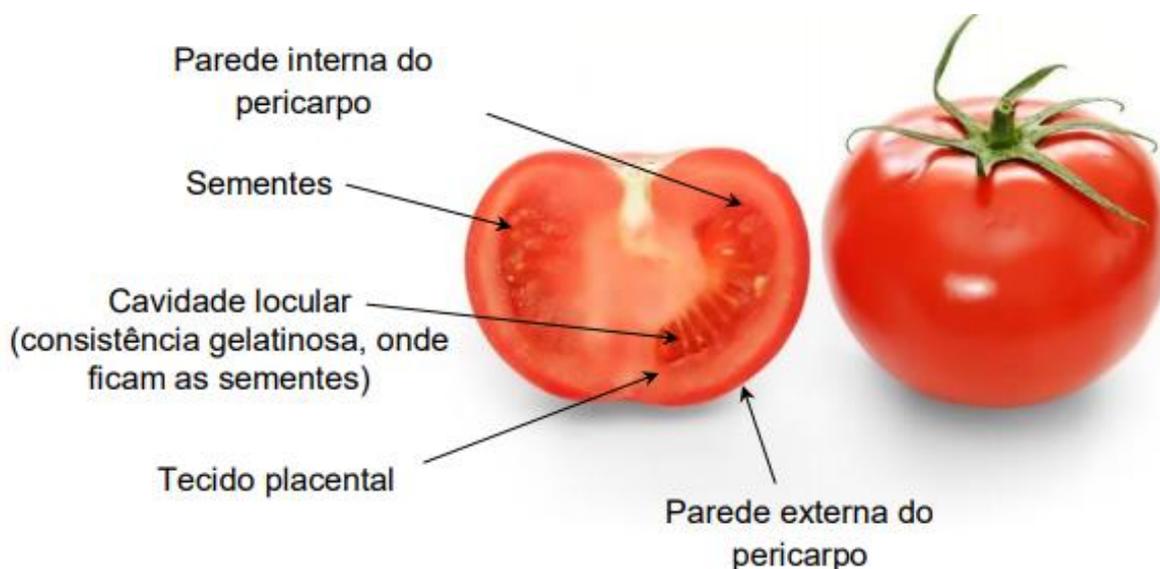
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O TOMATE

O tomate (*Solanum lycopersicum L.*) é um fruto de grande destaque mundial, reconhecido por suas propriedades nutricionais e sendo bastante consumido tanto em sua forma *in natura*, como também processado como, suco, concentrados e polpas, molhos prontos, tomates pelados enlatados, ketchup e sopas (MUNHOZ, 2016).

Sua estrutura, como mostrado na figura 1, é basicamente composta pelo pericarpo, que é formado pelo exocarpo ou pele, o mesocarpo e uma estrutura unicelular que divide os lóculos, e pela polpa, sendo esta constituída pela pacentá e pelo tecido locular. Nos lóculos estão contidas as sementes, que são envolvidas por uma membrana de consistência gelatinosa. Nas indústrias a pele e as sementes são consideradas subprodutos e removidas durante o processamento e destinadas à alimentação animal (FERRARI, 2008).

Figura 1: Estrutura básica do tomate (*Solanum lycopersicum L.*)



Fonte: MUNHOZ, K..

O consumo do tomate é recomendado pelos nutricionistas por ser um alimento rico em vitaminas do complexo B e vitamina A e minerais importantes, como o fósforo e o potássio, além de ácido fólico, cálcio, frutose e carotenoides. Quanto mais maduro, maior a concentração desses nutrientes (COELHO, 2010). Dentre os carotenoides, está presente o licopeno, que não

é produzido pelo organismo, sendo necessário obtê-lo por ingestão de alimentos que o contemplem. Os alimentos que possuem maior quantidade desta substância são os concentrados a base de tomate (FERREIRA *et. al.*, 2010). Além disso, o fruto contém também grande variedade de compostos antioxidantes, incluindo a vitamina E, ácido ascórbico, flavonoides e fenólicos (COELHO, 2010). A quantidade destes nutrientes varia de acordo com a espécie do tomate, o grau de maturação, a estação do ano e a forma como é cultivado (SANTOS *et al.*, 2017; EMBRAPA, 2003; MORITZ; TRAMONTE, 2006).

## 2.2. A PRODUÇÃO DO TOMATE NO ESTADO DE GOIÁS

Segundo o WPTC (*World Processing Tomato Council*), em seu relatório de março de 2020, a produção mundial de tomate industrial no ano de 2019 foi de quase 40 milhões de toneladas, estando o Brasil em 8º lugar entre os produtores mundiais.

A produção de tomate industrial no Brasil, teve seu início em Pernambuco, aproximadamente na década de 1950, apoiado pela industrialização e processo de implantação das agroindústrias, a cultura de tomate passou a se fortalecer no estado de São Paulo. Atualmente, a produção agrícola de tomate no Brasil tem maior relevância nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste. A produção de tomate foi de cerca 4,08 milhões de toneladas no Brasil em 2018, sendo que o Estado de Goiás detinha a maior participação na produção nacional (32,67%), seguido por São Paulo (19,86%) e Minas Gerais (13,12%), que juntos concentram mais de 60% do total produzido no país. Hoje o Estado de Goiás é líder na produção de tomate no país, possuindo a maior área plantada do país, cerca de 24% e com uma produção superior a 1 milhão de toneladas (IBGE, 2019; MUNHOZ, 2016).

O tomate produzido para fins industriais é transformado em polpa de tomate concentrada, que é reconstituída ao longo do ano, principalmente durante a entressafra, para a fabricação dos produtos à base de tomate. A polpa de tomate concentrada é resultado da concentração do suco de tomate após a remoção da pele e sementes (FRANÇA, 2007)

Atualmente os subprodutos que são gerados do processamento industrial de tomate são destinados principalmente à alimentação animal, porém as altas demandas da produção podem gerar acúmulo de resíduos, representando um problema econômico e ambiental para as indústrias. Alguns estudos têm sido realizados sobre o potencial da utilização de subprodutos de origem vegetal para a sua inclusão na dieta humana, o que poderia reduzir os custos industriais com o descarte e justificar novos investimentos em equipamentos (SILVA, 2017).

Dados de 2011 mostram 23 indústrias de processamento de concentrados de tomate no Brasil, sendo que 11 destas situavam-se no estado de Goiás. Estas são localizadas nos municípios de Turvânia, Morrinhos, Rio Verde, Goiânia, Cristalina, Goianésia, Luziânia, Goianápolis, Nerópolis e Vianópolis, as indústrias de atomatados em Goiás possuem diversas marcas de comercialização, cerca de 20, dentre elas Pomarola, Elefante e Heinz (TEIXEIRA, 2017).

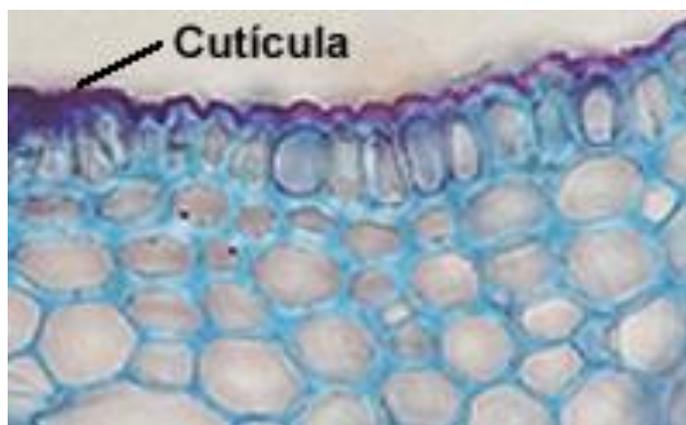
Durante o processamento do tomate, geram-se resíduos, dentre eles a casca, que é normalmente descartada ou designadas à alimentação animal. A partir da casca do tomate, pode-se obter a cutina, um biopoliéster macromolecular, formado por uma matriz polimérica lipídica de alta massa molar, que por sua vez é composta por ácidos graxos hidroxilados e epóxi-hidroxilados, com cadeias de 16 e 18 átomos de carbonos (MATTOSO, 2019).

### 2.3. A CUTINA

Evolutivamente, a retenção de água pelos organismos foi um dos desafios principais a serem superados para que a conquista do ambiente terrestre fosse conquistada. Nas plantas, alguns revestimentos foram os responsáveis por auxiliar nesta função de protegê-las do meio externo (ROMA, 2018).

Um destes revestimentos é a cutícula vegetal, Figura 2, que protege as plantas contra a dessecação. A cutícula está presente nas plantas embriófitas e nas mais recentes é encontrada na epiderme de todos os tecidos que possuem crescimento primário, tais como folha, flores, frutos e caules. Não sendo encontrada na epiderme das raízes e em caules com crescimento secundário (CARMELLO-GUERREIRO; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2006).

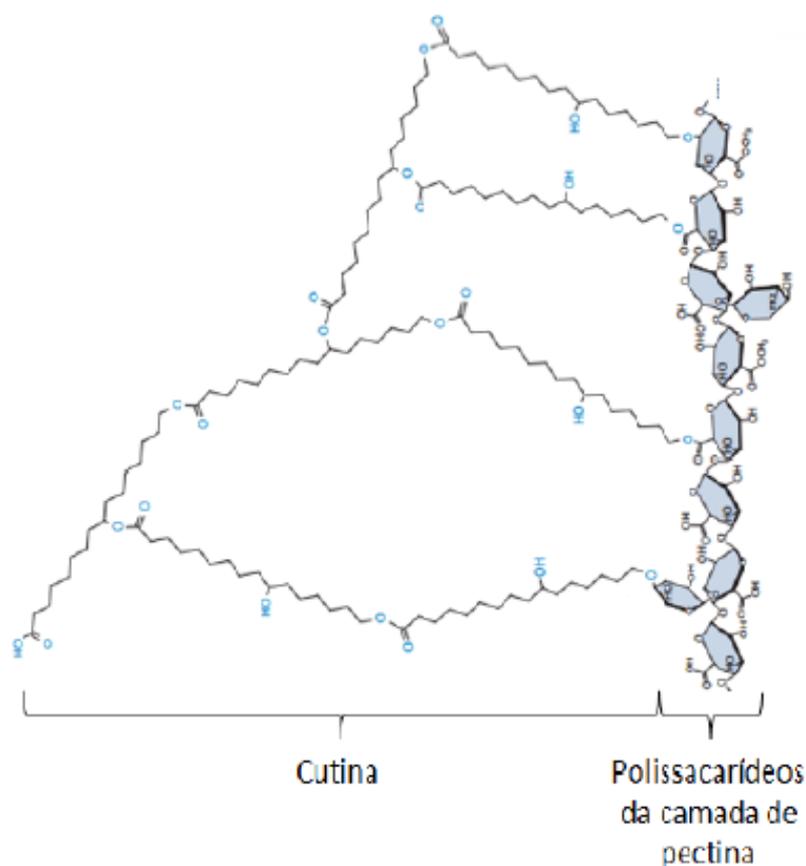
Figura 2: Detalhe da epiderme, evidenciando a cutícula



Fonte: CASTRO, N.M. e OLIVEIRA, L. A.

A cutícula é composta principalmente por uma matriz de poliéster denominada de cutina, que compreende de 40 a 80% da massa da cutícula. A cutina, Figura 3, é um biopolímero composto por uma variedade de monômeros graxos com 16 e 18 carbonos que se encontram esterificados entre si e com outras substâncias, como glicerol, fenilpropanoides e ácidos dicarboxílicos (SIQUEIRA *et al.*, 2009).

Figura 3: Modelo proposto para o polímero da cutina



Fonte: FICH, E. A.; SEGERSON, N. A.; ROSE, J. K. C.

Cigognini *et al.* (2015) no texto da patente WO 2015028299 A1, descreve o método de extração da cutina da casca do tomate, com o uso de uma solução de NaOH 3% (m/v). Autoclavando a mistura a 121 °C por duas vezes por 60 minutos. Peneirando o conteúdo com o auxílio de uma peneira e à fase líquida adiciona-se, gota a gota, uma solução de HCl 6 mol/L ajustando-se o pH para 5. Centrifuga-se a fase líquida por 20 min e 10.000 rpm e descarta-se o sobrenadante. À fase retida é adicionada água destilada e repete-se o processo. A cutina extraída

é então seca por liofilização. Este processo leva a um rendimento de 14% em massa, segundo Silva *et al.* (2019).

Por ser um biopoliéster macromolecular e por sua característica lipofílica, o uso da cutina para elaboração de filmes se torna interessante (LÓPEZ-CASADO *et al.*, 2007). Durante a extração da cutina ocorre a quebra das moléculas e conseqüentemente, a diminuição da propriedade de hidrofobicidade e torna-se necessário então sua reconstituição através de uma reação enzimática utilizando lipase. Sendo reconstituída, a cutina pode ser então aplicada na produção de biofilmes (MEHER *et al.*, 2006). Esta metodologia de reconstituição da cutina por meio de lipase, também é utilizada por Silva *et al.* (2019) e por Mattoso (2019).

#### 2.4. DESPERDÍCIO DE PLÁSTICOS

Os oceanos recebem em média um caminhão de plástico por minuto. Isso significa que anualmente uma média de 8 milhões de toneladas que se juntam aos 150 milhões de toneladas já existentes (ABRAMOVAY, 2016). Segundo um relatório do Ocean Conservancy (2020) para cada 3 quilos de peixe, há um quilo de plástico nos ambientes marinhos. Ainda segundo esse relatório, se continuar nesse ritmo, em menos de 35 anos a proporção será de 1 para 1.

Segundo a World Wildlife Fund - WWF (2019) o Brasil é o 4º país que mais gera lixo plástico no mundo, mas só recicla 1,28 % deste total. Devido à sua pouca degradabilidade, os plásticos podem permanecer na natureza por mais de 400 anos, causando poluição visual e, eventualmente química no ambiente, devido ao seu descarte incorreto. Não é sem razão que o período atual é chamado de Era do Plástico (SILVA & SANTOS & SILVA, 2013).

Com o interesse em melhorar a qualidade do meio ambiente, associado com a preocupação do acúmulo de lixo não biodegradável, julga-se necessário o desenvolvimento de filmes biodegradáveis a partir de biopolímeros disponíveis em abundância na natureza ou até mesmo a partir de resíduos agrícolas. Um exemplo são os biofilmes de cutina que é uma macromolécula obtida da pele do tomate e pode ser extraído dos resíduos da indústria de atomatados.

#### 2.5. OS BIOFILMES

Os polímeros obtidos a partir de fontes biológicas renováveis tem sido cada vez mais estudados nas últimas décadas (JESUS, 2017). Esse interesse está diretamente ligado à

necessidade de se reduzir a dependência da sociedade em relação aos produtos derivados do petróleo. Além disso, esses polímeros, bem como outras matérias-primas de fontes renováveis, apresentam ainda, propriedades como biodegradabilidade, biocompatibilidade, não toxicidade, entre outras (SANTOS; TAVARES, 2013), e também auxiliam a redução do impacto ambiental negativo provocado pelo volume de material de embalagem à base de petróleo não biodegradáveis constantemente descartados (OLIVEIRA, 2016).

Os biofilmes são filmes produzidos a partir de polímeros naturais. Dentre os biopolímeros mais empregados para a fabricação de embalagens encontram-se polissacarídeos, tais como a pectina, amido, quitosana e celulose, como também a cutina, proveniente da cutícula vegetal dos vegetais. O material a ser utilizado é escolhido de acordo com suas características e dependendo do tipo de alimento a ser recoberto (ANDREANI, 2005; CIGOGNINI *et al.*, 2015). Essas estruturas podem ser utilizadas para atuar como barreira entre o alimento e o meio ambiente, ajudando a embalagem exterior em seu papel protetor (AZEREDO *et al.*, 2016).

As características desses bioplásticos dependem de um equilíbrio entre o grau de reticulação da matriz polimérica, algumas vezes necessário para reduzir a solubilidade em água, porém induz a fragilidade, contudo a adição de agentes plastificantes melhora a flexibilidade, levando em consideração que acima de uma concentração crítica, o agente plastificante pode exercer o limite de compatibilidade com o biopolímero podendo haver uma separação de fases (JESUS, 2017).

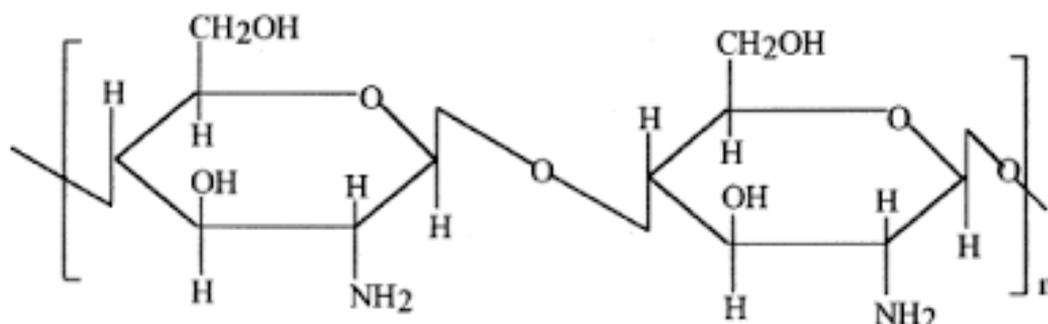
Silva *et al.* (2019) em seu estudo, utiliza filmes de cutina enriquecida com lipase acrescido de pectina. Assim como Mattoso *et al.* (2019) que também utiliza filmes de cutina e pectina em seu estudo. Manrich *et al.* (2018) por sua vez, utiliza nanocompositos de cutina em filmes de pectina. Entretanto em todos estes trabalhos a desvantagem é a baixa resistência à tração dos filmes, assim como a alta absorção de umidade dos filmes. A fim de solucionar este problema, pode se associar a cutina com outro biopolímero, que forme filmes com melhores propriedades e seja também derivado de fontes renováveis, como por exemplo a quitosana (MORGADO *et al.*, 2007).

## 2.6. QUITOSANA

A quitosana (Figura 5) é um aminopolissacarídeo de alta massa molecular obtido através da desacetilação da quitina (Figura 6). A quitina é o segundo biopolímero mais abundante encontrado na natureza, encontrada nas partes externas de crustáceos, moluscos,

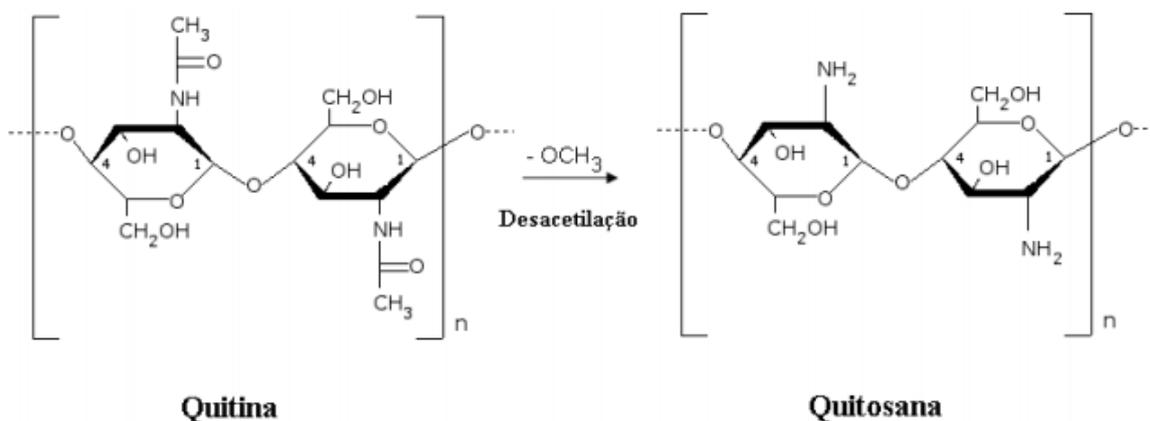
insetos e até mesmo de alguns fungos, tendo como principal objetivo manter as suas estruturas (ALMEIDA, 2009; MORGADO *et al.* 2007).

Figura 4: Estrutura da quitosana



Fonte: FERNANDES, 2009.

Figura 5: Representação esquemática da obtenção de quitosana a partir da desacetilação da quitina.



Fonte: ALMEIDA, 2009.

A quitosana é amplamente utilizada devido a sua biodegradabilidade, propriedades estruturais e por se tratar de um polímero natural extremamente abundante e atóxico. Tem sido indicada como um material potencialmente atraente para usos diversos, principalmente em engenharia, biotecnologia e medicina (ASSIS; SILVA, 2003). A alta hidrofiliabilidade da quitosana, também faz com que ela seja utilizada em vários campos de aplicação. Essa hidrofiliabilidade é devida ao grande número de grupos de hidroxila e grupos amino presentes em sua matriz (LARANJEIRA; FÁVERE, 2009).

Dentre as várias características que distinguem a quitosana dos demais polissacarídeos, evidencia-se a atividade antimicrobiana. Esse polissacarídeo promove a

inibição do crescimento de alguns microorganismos, como *E. coli*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Helminthosporium*, *S. epidermidis*, *P. aeruginosa*, *S. pyogenes*, *K. pneumoniae*, *S. aureus*, *S. faecalis*, *Shigella dysenteriae*, *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella typhimurium*, *Bacillus cereus*, *Coliforms*, *Vibrio*<sup>3</sup>, *Agrobacterium tumefaciens*, *Corynebacterium michiganense*, *Erwinia sp.*, *Micrococcus luteus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Xanthomonas campestris*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum*, *Drechslera sorokiniana*, *Micronectriella nivalis*, *Procularia oryzae*, *Rhizoctonia solani*, *Tricophyton equinum* e *Candida* (SILVA *et al.*, 2006).

No estudo de Phisalaphong e Jatupaiboon (2008) a adição da quitosana a um filme de celulose bacteriana (*Acetobacter xylinum*) apresentou resultados como a diminuição do diâmetro dos poros. Porém, os resultados não levaram a alterações significativas em propriedades como barreira à vapor d'água. Em contrapartida, o estudo de Lima *et al.* (2005), o filme proveniente da combinação celulose/quitosana obteve resultados satisfatórios.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. OS MATERIAIS

Serão utilizados: cutina, extraída de pele de tomate, descartada no processo de produção de ketchup; quitosana e demais reagentes.

#### 3.2. A COLETA DE AMOSTRAS

A coleta dos resíduos de tomate foi realizada em uma indústria de atomatados, situada em Goianópolis – Goiás. As cascas do tomate, são resíduos gerados a partir da produção do ketchup, e foram coletadas e transportadas até o Laboratório de Microbiologia do Campus II da PUC – Goiás e armazenado a uma temperatura de 5 °C.

#### 3.3. A EXTRAÇÃO DA CUTINA

A cutina foi extraída do resíduo da casca do tomate por meio da adaptação da metodologia patenteada por Cigognini *et al.* (2015), WO 2015028299 A1. Em um bequer foram colocados 90 g de resíduo de tomate e então adicionados 2,0 L de uma solução de NaOH 3% (m/v). A mistura foi autoclavada à 121 °C por duas vezes por 60 minutos. O conteúdo foi peneirado e na fase líquida foi adicionado, gota a gota, uma solução de HCl 6 mol/L até que o pH estivesse ajustado para 5. Após, a fase líquida foi centrifugada por 20 min e 10.000 rpm e descartado o sobrenadante.

#### 3.4. A PREPARAÇÃO DOS FILMES

Os filmes foram preparados a partir de soluções dos bioplásticos em um sistema de agitação mecânica. Foram feitos filmes de cutina (100%), cutina/quitosana (75%/25%), cutina/quitosana (50%/50%), cutina/quitosana (25%/75%) e quitosana (100%). A cutina foi preparada em solução de água destilada e a quitosana em solução de ácido acético 2%. Ambos os sólidos foram preparados com uma concentração de 1,5 % sob agitação. As duas soluções foram misturadas nas proporções desejadas e foi feita a adição de 0,3 mL de glicerina como plastificante. Cerca de 20 mL de cada uma das soluções foram colocadas em placas de petri e foram secas em estufas a 45 °C por 48h.

### 3.5. A CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

#### 3.5.1. A permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor d'água ( $P_{VA}$ ) foi determinada gravimetricamente pelo método estacionário-padrão da ASTM, E96-95. O filme foi cortado em formato circular e aplicados em embalagens plásticas contendo sílica gel previamente seca a 105°C, gerando um ambiente com 0% de umidade relativa. Todo o conjunto foi condicionado a 25°C, em um dessecador contendo solução de cloreto de cálcio 10%, desenvolvendo um ambiente com 71% de umidade relativa. A massa da embalagem e do filme foram monitoradas em intervalos de 1 hora durante 6 horas. A taxa de permeabilidade de água ( $T_{VA}$ ) foi calculada usando a Equação 1:

$$T_{VA} = \frac{g}{tA} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:  $A$  é a área de permeação ( $cm^2$ ),  $g$  é o ganho de massa (g) e  $t$  o tempo total (h). O termo  $g/t$  foi calculado por regressão linear entre os pontos de ganho de massa e tempo, no regime constante.

E,  $P_{va}$  foi calculada usando-se a Equação 2:

$$P_{VA} = T_{VA} \frac{x}{\Delta P} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:  $x$  é a espessura média dos filmes (mm) e  $\Delta P$  é a diferença de pressão de vapor do ambiente contendo sílica gel (0 kPa, a 30 °C) e o cloreto de cálcio (3,18 kPa, a 30 °C).

#### 3.5.2. A solubilidade dos filmes em água

A solubilidade dos filmes em água foi avaliada segundo a metodologia de Gontard *et al.* (1994) modificada. Filmes condicionados a 51% UR por 72 horas em estufa contendo solução supersaturada de cloreto de cálcio, para se evitar crescimento microbológico, serão cortados em círculos (2 cm diâmetro), secos em estufa (70 °C) até peso constante e colocados em béquer contendo 50 mL de água destilada e fechado com folha de alumínio. O material foi mantido a 25 °C por 24 horas com agitação (100 rpm) e posteriormente, desidratados a 70 °C por 24 horas. A solubilidade do filme foi determinada através da subtração da massa de matéria seca inicial e da massa final, sendo expressada em porcentagem do teor inicial de matéria seca.

### 3.5.3. A biodegradação

Os ensaios de biodegradação foram realizados de acordo com a metodologia proposta pela norma G160-98 da ASTM (1998), com modificações. Os filmes foram colocados em béquer entre terra coletada em Bela Vista de Goiás. O pH da terra foi medido e anotado, não sendo alterado durante experimento. A umidade do solo foi mantida entre 20 a 30% baseada no peso seco da terra. A água perdida durante o experimento devido à evaporação será compensada com borrifadas de água. As amostras enterradas permanecerão em análise por 6 semanas. As amostras degradadas serão cuidadosamente desenterradas, removendo-se o excesso de terra com o auxílio de um pincel, para análise visual através de fotografias.

## 4. RESULTADOS

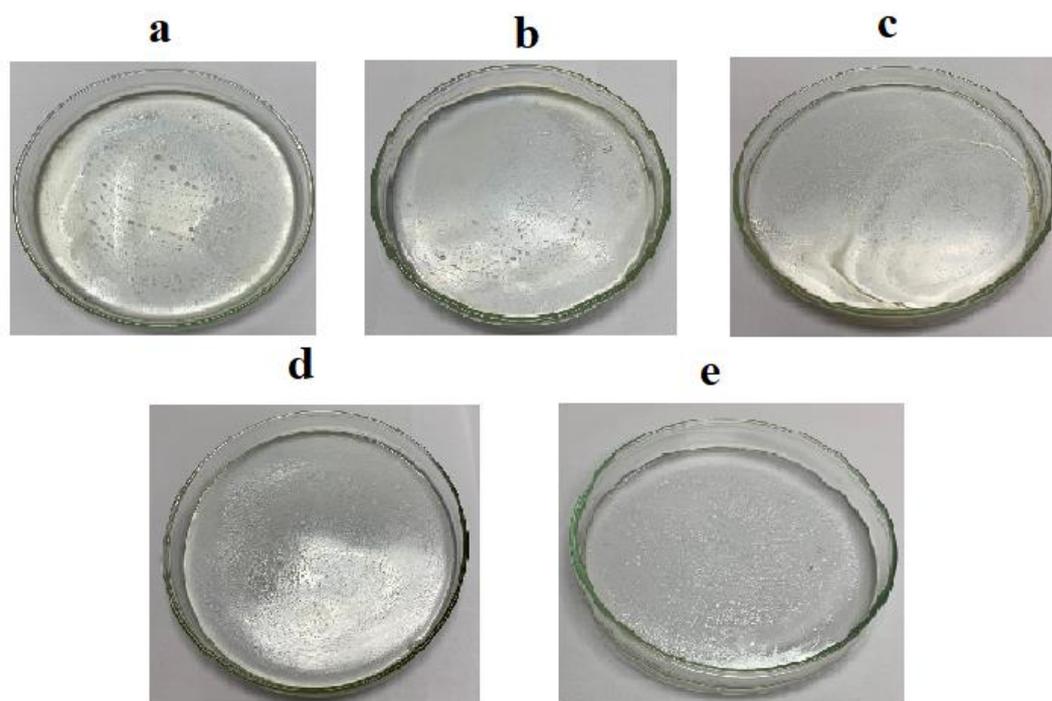
### 4.1. Extração da cutina e preparação dos filmes

A etapa inicial do projeto se iniciou com a coleta do resíduo do tomate em uma indústria de atomatados, situada em Goianápolis – GO. O material coletado, foi imediatamente levado para o Campus 2 da PUC – GO, onde ficou armazenado a 5°C por 5 dias. Após, a cutina foi extraída do resíduo como descrito na metodologia.

O rendimento da extração de cutina, segundo Silva *et al.* (2019), é de 14% em massa, porém neste estudo houve um rendimento de 8,33%, ou seja, 5,67% a menos que o rendimento encontrado na literatura. Tal diferença pode ser explicada pois no trabalho de Silva *et al.* (2019) foi utilizado apenas a pele do tomate para extração da cutina, já neste estudo, por ser um resíduo industrial, não havia apenas a pele, mas também outras partes do tomate, como as sementes.

Os filmes elaborados, como pode ser observado na Figura 6, mostraram-se contínuos, sem fraturas e sem bolhas após secagem.

Figura 6: Fotografias dos filmes de cutina e quitosana com diferentes concentrações (a) 100% quitosana (b) 75% quitosana/25% cutina (c) 50% cutina/50% quitosana (d) 25% quitosana/75% cutina (e) 100% cutina



Fonte: A autora

À medida que se aumentou a concentração de cutina, os filmes ficaram mais finos e muito aderidos à superfície da placa, além de estarem com pouca elasticidade, tornando-se impossível usar os filmes (d) e (e) nas análises. Segundo Mattoso *et al.* (2019) o uso da cutina é limitado, devido ao seu baixo desempenho quando comparado aos polímeros sintéticos, sendo que em seu estudo o aumento da cutina, diminuiu a resistência dos filmes, podendo-se explicar o resultado encontrado neste estudo.

Quanto a homogeneidade dos filmes, nenhum filme apresentou partículas insolúveis visíveis a olho nu, o que é um fator desejável, uma vez que a presença de partículas insolúveis pode afetar as características mecânicas do material. Outro fator importante é a ausência de bolhas nos filmes, o que, segundo Monterrey & Sobral (1999) indica que a temperatura de aquecimento da solução não foi excessiva, uma vez que se o processo de aquecimento da solução for muito rápido, formam-se bolhas, trazendo imperfeições indesejáveis aos filmes.

#### 4.2. Permeabilidade ao vapor d'água

Permeabilidade é um processo no qual o vapor se dissolve de um lado do filme e se difunde até o outro lado. A permeabilidade através do filme/cobertura é determinada por diversos fatores, incluindo a morfologia, densidade, estrutura química, cristalinidade e orientação polimérica. O tipo de solvente, o plastificante e a taxa de secagem também influenciam o coeficiente de permeabilidade (MCHUGH; KROCHTA, 1994).

A espessura dos filmes é definida como a distância perpendicular entre duas superfícies principais do material (MALI; GROSSMANN; YAMASHITA, 2010) e é um parâmetro de determinação importante, pois influencia nas propriedades dos filmes (DAI *et al.*, 2015).

De acordo com a Tabela 1, as espessuras dos filmes diminuem de acordo com a adição da cutina. Comparando com a literatura onde os filmes de quitosana de Liu *et al.* (2014) variaram de 0,028 a 0,029 mm, e os de Peng & Li (2014) foram de 0,077 a 0,105 mm, as espessuras deste estudo se encontraram um pouco maior. No entanto, no estudo de Silva *et al.* (2019) os filmes de cutina com pectina variaram de 0,150 a 0,189 mm, sendo que o filme apenas de pectina teve espessura de 0,100 mm, sendo assim as espessuras dos filmes deste estudo se encontram dentro no esperado pela literatura. Essas diferenças podem ser explicadas pela diferenciação da quantidade de solução colocada nas placas de petri antes da secagem dos filmes.

Tabela 1: Espessura dos filmes em mm

Filmes	Espessura	Média	Desvio padrão
100% quitosana	0,130	0,133	0,014
	0,121		
	0,148		
75% quitosana / 25% cutina	0,102	0,113	0,010
	0,120		
	0,118		
50% quitosana/ 50% cutina	0,101	0,094	0,006
	0,092		
	0,089		

Fonte: A autora

Em relação a permeabilidade ao vapor de água (PVa) para os filmes 100% quitosana, os resultados foram os esperados, de acordo com Azeredo *et al.* (2016), já os outros filmes, devido ao acréscimo de cutina, não se encontram valores de referência na literatura, Tabela 2. Um dos filmes de formulação 50% quitosana / 50% cutina obteve uma diferença de permeabilidade muito grande em relação aos outros valores, isto pode ter sido um erro experimental na hora da pesagem dos potinhos.

Tabela 2: Permeabilidade ao vapor de água ( $(g\ mm\ m^{-2}\ h^{-1}\ KPa^{-1}) \times 10^{-4}$ )

Filmes	PVa	Média	Desvio padrão
100% quitosana	1,671	1,799	0,144
	1,770		
	1,955		
75% quitosana / 25% cutina	1,658	1,382	0,225
	1,350		
	0,977		
50% quitosana/ 50% cutina	1,796	3,055	2,478
	1,460		
	5,910		

Fonte: A autora

Segundo Barbosa *et al.* (2011) o conhecimento da permeabilidade ao vapor de água é fundamental para possíveis aplicações dos filmes em embalagens, porém não é uma propriedade restritiva. Um material muito permeável ao vapor de água poderá ser indicado para embalagens de vegetais frescos, enquanto um filme pouco permeável poderá ser indicado para produtos desidratados, por exemplo.

#### 4.3. Solubilidade dos filmes em água

A solubilidade dos filmes em água é uma importante propriedade, podendo ser utilizados como proteção para alimentos em que a atividade de água é alta ou até mesmo serem usados como filmes comestíveis (GONTARD *et al.*, 1994).

A maior solubilidade foi do filme com 50% quitosana e 50% cutina em sua composição, sendo de 59,16%, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Solubilidade dos filmes realizado em triplicata

Filmes	Massa inicial	Massa final	Solubilidade	Média	Desvio padrão
100% quitosana	0,0320	0,0205	35,9%	35,80%	0,0013
	0,0338	0,0217	35,8%		
	0,0314	0,0202	35,7%		
75% quitosana / 25% cutina	0,0414	0,0243	41,3%	40,87%	0,0064
	0,0289	0,0170	41,2%		
	0,0578	0,0346	40,1%		
50% quitosana/ 50% cutina	0,0449	0,0182	59,5%	59,16%	0,0156
	0,0261	0,0103	60,5%		
	0,0489	0,0208	57,5%		

Fonte: A autora

De acordo com a Tabela 3 é possível analisar que a solubilidade é diretamente proporcional ao aumento da adição da cutina. Isso pode ser explicado devido à baixa solubilidade da quitosana em água, como é explicado no estudo de Rinaudo, Milas e Desbrières (1997), onde a melhor solubilidade da quitosana foi em ácidos orgânicos, como os ácidos acético e fórmico. Segundo Ferreira & Ancelmo (2017) a quitosana quando entra em contato com as condições estomacais ácidas, se solubiliza formando um gel não digerível pelo organismo, que é então excretado juntamente com as fezes.

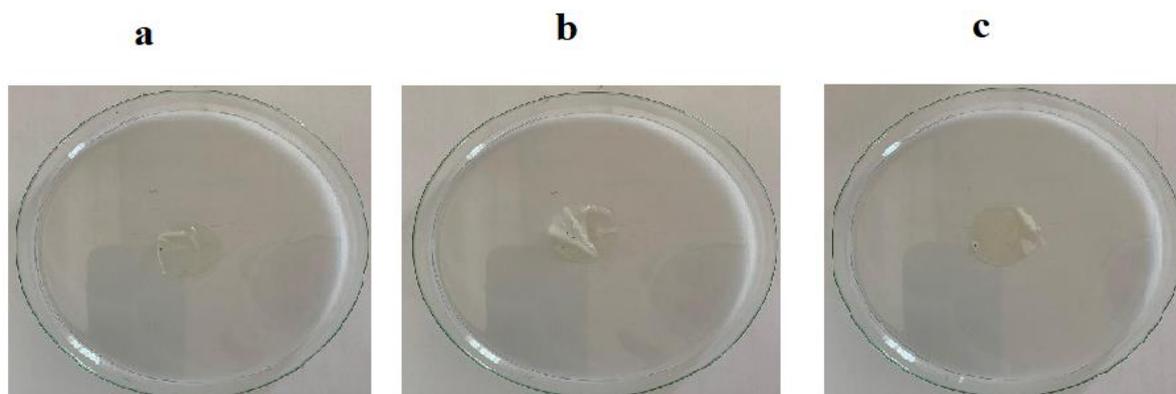
Os estudos de Assis & Leoni (2003) e de Fráguas *et al.* (2015) utilizam filmes de quitosana como filmes comestíveis em revestimentos de frutas, podendo serem utilizados em outros alimentos. E esse uso, como dito por Gontard *et al.* (1994), é possível devido a boa solubilidade da substância, sendo possível ser usado na alimentação sem nenhum dano à saúde, pelo contrário, Ferreira & Ancelmo (2017) afirmam que a quitosana tem sido muito estudada e até já utilizada como um suplemento capaz de inibir a absorção de gordura pelo organismo. Sendo a indigestibilidade no trato gastrointestinal superior, alta viscosidade, natureza polimérica

e baixa afinidade pela água no trato gastrointestinal inferior são fatores responsáveis pelo efeito hipocolesterolêmico da substância.

#### 4.4. Biodegradação dos filmes

Os filmes foram analisados segundo a sua biodegradabilidade em solo coletado em Bela Vista de Goiás (S 17° 07.706' e WO 48° 42.008'), com umidade de 20% a 30% e com um pH de 4,27. Antes de serem colocados na terra, os filmes foram fotografados, como mostrado na Figura 7. Os filmes foram enterrados abertos, para que obtivesse o melhor e maior contato com a terra e deixados longe da luz.

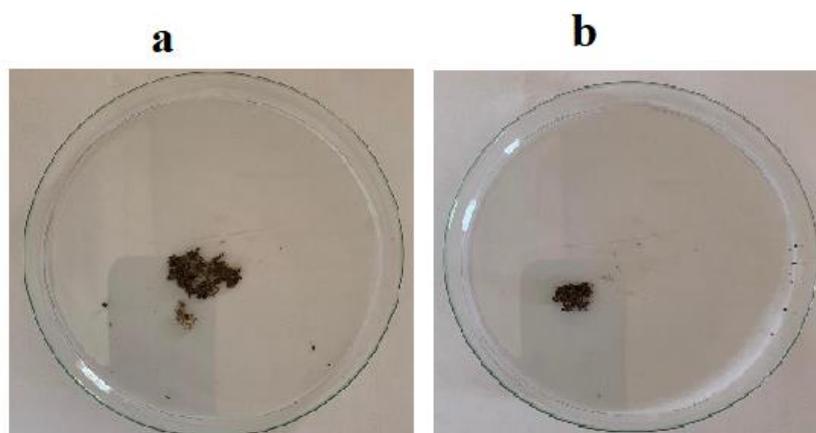
Figura 7: Filmes (a) 100% quitosana (b) 25% cutina/75% quitosana (c) 100% quitosana antes da análise de biodegradação



Fonte: A autora

Logo na primeira semana observaram-se mudanças nos filmes, como apresentado na Figura 8. Ao se passar o pincel, não foi possível a retirada total da terra, sendo que esta ficou bem aderida aos filmes, ficando difícil a sua total remoção. O filme com 50% das substâncias em sua formulação (c) já se desfazia ao toque do pincel, não sendo possível fazer uma boa visualização por imagens.

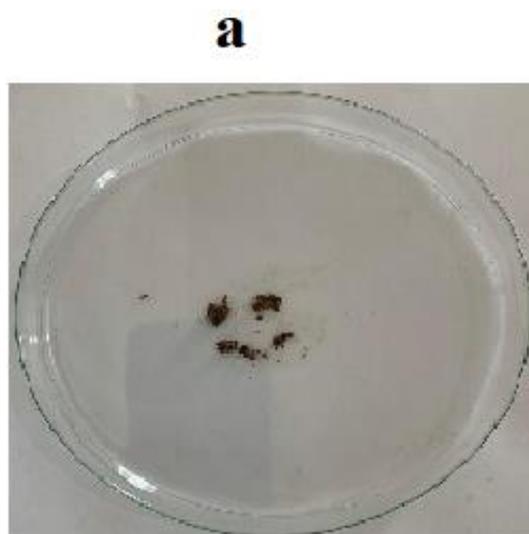
Figura 8: Filmes (a) 100% quitosana (b) 25% cutina/75% quitosana após 1 semana enterrados em terra



Fonte: A autora

Na segunda semana de experimento, o filme (b) que possui em sua formulação 75% de quitosana e 20% de cutina, tinha sido completamente degradado, não sendo possível encontrar nenhum resquício do filme entre a terra. Já o filme (a) de 100% quitosana, possuía vários fragmentos entre a terra, como apresentado na Figura 9. Quando se passava o pincel, verificava uma boa aderência da terra ao filme, não conseguindo limpar totalmente o filme para a fotografia.

Figura 9: Filmes (a) 100% quitosana após 2 semanas enterrado em terra



Fonte: A autora

Na terceira semana do experimento, o filme de 100% quitosana foi completamente degradado, não sendo encontrado nenhuma partícula do filme por entre a terra.

De acordo com os resultados do presente estudo, o filme com maior percentual de cutina se degradou mais rapidamente (se degradando na 1ª semana de experimento), do que o que continha uma menor concentração de cutina (que se degradou completamente na 2ª semana), e na terceira semana obtivemos a degradação total do filme de 100% quitosana. Todos os filmes se degradaram totalmente num tempo máximo de 21 dias, um período bem inferior quando comparado aos plásticos convencionais (como: PET, PE, PS, etc), que podem demorar centenas de anos para a total degradação (MANO, 1991).

Não há na literatura estudos da biodegradabilidade de filmes de cutina e de quitosana em terra, porém há estudos de filmes de quitosana em outros ambientes. O estudo de Rinaudo, Milas e Desbrières (1997) demonstra que a quitosana há uma melhor degradabilidade em ambientes ácidos e este resultado também pode ser percebido nos estudos de Primo (2015) e Dotto (2010). Neste estudo, a terra estava em um pH ácido, o que pode ter contribuído para uma degradação mais rápida do filme.

Os polímeros convencionais, de uma forma geral derivados do petróleo, não são biodegradáveis por apresentarem ligações covalentes entre carbonos, de alta energia e também devido ao tamanho extenso da cadeia molecular, o que impede os microorganismos de atuarem ou os torna incapazes de proceder à metabolização, por isso, esses materiais ficam acumulados no ambiente, causando vários impactos ambientais (MANO, 1991). Sendo assim, os filmes elaborados neste estudo apresentam vantagem ambiental, pela maior facilidade em serem degradados no ambiente.

Os biofilmes obtidos neste presente estudo se comparados com os biofilmes já encontrados na literatura como de Fernandes *et al.* (2019), em que seu filme de amido de *S. lycocarpum* e glicerol se degradaram totalmente em 180 dias, um prazo muito maior do que o filme do presente estudo. Já no estudo da biodegradação de filmes feitos a partir da queratina de penas de frango, de Toniazzo *et al.* (2005), obteve uma degradação total em 62 dias, observando que o aumento da concentração de glicerol acelerou a degradação dos biofilmes.

Sendo assim, de acordo com Fernandes *et al.* (2019), filmes com alta solubilidade e de rápida degradação podem ser uma alternativa para a aplicação dos mesmos na cobertura de sementes agrícolas que necessitem de rápida germinação. Esta característica os filmes analisados apresentaram, principalmente pelo seu caráter biodegradável onde se decomuseram totalmente num período de 21 dias.

Outra alternativa de acordo com Fernandes *et al.* (2019) e Barbosa *et al.* (2011), é a utilização dos biofilmes como filmes comestíveis, sendo que sua utilização na alimentação já tem sido estudado pela área médica. Conforme Damian *et al.* (2005), duas propriedades estudadas pela comunidade científica é a sua capacidade de auxiliar na redução de peso e a redução de níveis de colesterol LDL, sem que altere significativamente os níveis do colesterol HDL e outros nutrientes essenciais.

## 5. CONCLUSÃO

A crescente preocupação ambiental, tem se estimulado a busca por recursos renováveis que possam substituir os derivados de petróleo e conseqüentemente diminuir os impactos causados pelo seu descarte inadequado, por esse motivo os filmes elaborados de fonte renováveis, como cutina e quitosana, apresentam-se favorável, por formarem um material biodegradável, em curto prazo, se comparados aos plásticos convencionais.

Os filmes de cutina e quitosana tiveram suas propriedades, espessuras, permeabilidade ao vapor de água, solubilidade e biodegradação influenciadas pela concentração de cutina, sendo o de menor espessura (0,89 mm), o com maior permeabilidade ao vapor de água ( $5,910 (g\ mm\ m^{-2}\ h^{-1}\ KPa^{-1}) \times 10^{-4}$ ), o mais solúvel (61%) e o que se degradou mais rapidamente (7 dias) foi o com maior percentual de cutina (50% quitosana/50% cutina).

Filmes com alta solubilidade podem ser uma alternativa agrícola em sementes e como filmes comestíveis. E filmes com alta permeabilidade ao vapor de água pode ser como embalagens de vegetais frescos. Esses resultados apresentam a capacidade de utilização de filmes elaborados com quitosana e cutina, principalmente pelo seu caráter biodegradável comprovado neste estudo, onde os filmes se decompuseram totalmente em 21 dias.

À vista disso, sugere-se futuros estudos na avaliação da utilização de cutina e quitosana na formulação de biofilmes com adição de outros materiais que tenham o potencial de melhorar as propriedades físico e química do filme.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Desperdício e destruição na era dos plásticos. **Página 22**, n.102, p.8, 2016.
- ALMEIDA, D. M.; WOICIECHOWSKI, A. L.; WOSIACKI, G.; PRESTES, R. A.; PINHEIRO, L. A. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formados por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. **Polímeros**, v. 23, n. 4, p. 538-546, 2013.
- ALMEIDA, É. V. R. de. **Valorização da celulose de sisal: uso na preparação de acetatos e de filmes de acetatos de celulose/celulose e quitosana/celulose**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- ANDRADE, M. M. M.; TAPIA, D. R. B. Filmes biodegradáveis: incorporação de microfibras e nanofibras de celulose obtidas de fontes vegetais. 2016.
- ANDREANI, L. Propriedades térmicas, mecânicas e estabilidade de filmes de pectina cítrica e poli (4-estirenosulfonato de sódio). 2005.
- ASSIS, O. B.G.; LEONI, A. M. Filmes comestíveis de quitosana. **Revista Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento**, v. 30, p. 33-38, 2003.
- ASSIS, O. B.G.; SILVA, V. L. da. Caracterização estrutural e da capacidade de absorção de água em filmes finos de quitosana processados em diversas concentrações. **Polímeros**, v. 13, n. 4, p. 223-228, 2003.
- ASTM (*American Society for Testing and Materials*) 1995. E96-95 - Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials. *Annual Book of ASTM Standards*, Philadelphia.
- ASTM G160-98 - “Standart practice for evaluating microbial susceptibility of nonmetallic materials by laboratory soil burial”. Philadelphia, 1998.
- AZEREDO, H. M. C.; MORRUGARES-CARMONA, R.; WELLNER, N.; CROSS, K.; BAJKA, B.; WALDRON, K.W. Development of pectin films with pomegranate juice and citric acid. **Food chemistry**, v. 198, p. 101-106, 2016.
- AZEREDO, H. M. C.; MOURA, M. R. de; MATTOSO, L. H. C.; AVENA-BUSTILOS, R. J.; MCHUGH, T. H. Propriedades mecânicas e de barreira de filmes nanocompósitos de

quitosana e celulose microcristalina. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS-CBECiMat, 18., 2008, Porto de Galinhas, BA. Anais...[S. l.: sn], 2008. 1 CD-ROM., 2008.

AZEVEDO, V. V. C.; CHAVES, S. A.; BEZERRA, D. C.; LIA – FOOK, M. V.; COSTA, A. C. F. M. Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista eletrônica de Materiais e processos**, v. 2, n. 3, p. 27-34, 2007.

BARBOSA, H. R.; ASCHERI, D.P.R.; ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P. Permeabilidade, estabilidade e funcionalidade de filmes biodegradáveis de amido de caroço de jaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Revista Agrotecnologia*, 2(1):73–88, 2011.

BEHRENS, M. das D. D.; NETTO-FERREIRA, J. C. Fotoquímica de alfa, alfa-dimetilvalerofenona adsorvida em celulose microcristalina. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 5-10, 2006.

CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Anatomia vegetal. **UFV, Brasil**, 2006.

CIGOGNINI, I.; MONTANARI, A.; DE LA TORRE CARRERAS, R.; CARDOSO BERNET, M. G. Extraction method of a polyester polymer or cutin from the wasted tomato peels and polyester polymer so extracted. Patent WO 2015028299 A1. 2015.

COELHO, K. D. **Secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) em camada delgada: avaliação das características físico-químicas**. 2010. Dissertação de Mestrado.

DAI, L.; QIU, C.; XIONG, L.; SUN, Q. Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. *food chemistry*, 174(1): 82–8, 2015.

DAMIAN, C.; BEIRÃO, L. H.; FRANCISCO, A. de; SANTO, M. L. P. E.; TEIXEIRA, E. Quitosana: um amino polissacarídeo com características funcionais. **Alim. Nutr.**, A raraquera, v. 16, n. 2, p. 195-205, abr./jun. 2005.

DOTTO, G. L. **Adsorção de corantes alimentícios pelo biopolímero quitosana**. 2010. Dissertação de Mestrado.

EMBRAPA. Cultivo de tomate para industrialização. **Sistema de Produção, 2003.**

**Disponível em:** <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/cultivares.Htm>.

Acesso em: 26 de março de 2020.

FERNANDES, L. L. Produção e caracterização de membranas de quitosana e quitosana com sulfato de condroitina para aplicações biomédicas. **Projeto de graduação, 2009.**

FERNANDES, A. dos S.; CARDOSO, J. C. de O.; GOMES, J. N.; ASCHERI, D. P. R. Elaboração e Caracterização de Filmes Biodegradáveis de Amido de *Solanum lycocarpum* St. Hill e Glicerol.

FERRARI, A. A. **Caracterização química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empregando análise por ativação neutrônica instrumental.** 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERREIRA, J.; ANCELMO, G. C. **Aplicações nutricionais da quitosana: uma breve revisão.** 2017

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A. de; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J. de; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. de. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Food Science and Technology**, v. 30, n. 4, p. 858-869, 2010.

FICH, E. A.; SEGERSON, N. A.; ROSE, J. K. C. The plant polyester cutin: biosynthesis, structure, and biological roles. **Annual review of plant biology**, v. 67, p. 207-233, 2016.

FLAUZINO NETO, W. P.; SILVÉRIO, H. A.; DANTAS, N. O.; PASQUINI, D. Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from agro-industrial residue - soy hulls. **Industrial Crops and Products**, Inglaterra, v. 42, n. 1, p. 480-488, mar. 2013.

FRÁGUAS, R. M.; SIMÃO, A. A.; FARIA, P. V.; QUEIROZ, E. de R.; JUNIOR, Ê. N. de O.; ABREU, C. M. P. Preparo e caracterização de filmes comestíveis de quitosana. **Polímeros**, v. 25, n. SPE, p. 48-53, 2015.

FRANÇA, B. H. C. Dossiê técnico: cultivo e processamento do tomate. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. 2007. 36p. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br/>>. Acesso em: 17/03/2020

GONÇALVES, L. M. N. **Preparação e caracterização de celulose a partir do pseudocaule da bananeira por hidrólise ácida**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/155351>. Acesso em: 16 de abril de 2020.

GONTARD, N. DUCHEZ, C., CUQ, J.L, GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties. **International journal of food science & technology**, v. 29, n. 1, p. 39-50, 1994.

GONTARD, N., DUCHEZ, C., CUQ, J.-L., GUILBERT, S. (1994). Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapour permeability and other physical properties.

International Journal of Food Science & Technology, 29(1), 39–50. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb02045.x

IBGE. Levantamento Sistemático da produção Agrícola: Estatística da produção agrícola. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro, p.1-95, 2019.

JESUS, L. S. de. PRODUÇÃO DE BIOFILMES À PARTIR DO MESOCARPO EXTERNO DO PEQUI (Caryocar brasiliense Camb). 2017.

LARANJEIRA, Mauro; FÁVERE, Valfredo T. de. Quitosana: biopolímero funcional com potencial industrial biomédico. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 672-678, 2009.

LIMA, I. S.; LAZARIN, A. M.; AIROLDI, C.. Favorable chitosan/cellulose film combinations for copper removal from aqueous solutions. **International journal of biological macromolecules**, v. 36, n. 1-2, p. 79-83, 2005.

LIU, M.; ZHOU, Y.; ZHANG, Y.; YU, C.; CAO, S. Physicochemical, mechanical and thermal properties of chitosan films with and without sorbitol. International Journal of Biological Macromolecules, 70, 340-346, 2014.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.06.039>. PMID:24984024.

LÓPEZ-CASADO, G., MATAS, A. J., DOMÍNGUEZ, E., CUARTERO, J., HEREDIA, A. Biomechanics of isolated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit cuticles: The role of the cutin matrix and polysaccharides. Journal of Experimental Botany, v. 58, p. 3876-3883, 2007.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(1):137–156, 2010.

MANO, Eloisa Biasotto. **Polímeros como materiais de engenharia**. Editora Blucher, 1991.

MANRICH, A.; MARTINS, B. H. de S.; SILVA, V. M. da; OTONI, C. G.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Produção de nanocompósito de cutina extraída de resíduo de maçã e nanocristais de celulose. In: **Embrapa Instrumentação-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA-EMBRAPA SÃO CARLOS, 10., 2018, São Carlos, SP. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação: Embrapa Pecuária Sudeste, 2018. p. 78. Editores técnicos: Daniel Souza Corrêa, Elaine Cristina Paris, Maria Alice Martins, Paulino Ribeiro Villas Boas, Wilson Tadeu Lopes da Silva.(Embrapa Instrumentação. Documentos, 68)., 2018.

MATTOSO, A. L.; SILVA, V. M.; MANRICH, A.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Caracterização de filmes de cutina de tomate produzidos com diferentes solventes orgânicos. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos, SP. Ciência, inovação e mercado: anais. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2019. SIAGRO 2019.

MCHUGH, T. H.; KROCHTA, J. M. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, n. 4, p. 841-845, 1994.

MEHER, L. C.; SAGAR, D. V.; NAIK, S. N. Technical aspects of biodiesel production by transesterification—a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 10, n. 3, p. 248-268, 2006.

MONTERREY, E. S.; SOBRAL, P. J. do A. Caracterização de propriedades mecânicas e óticas de biofilmes a base de proteínas miofibrilares de tilápia do nilo usando uma metodologia de superfície-resposta. **Food Science and Technology**, v. 19, n. 2, p. 294-301, 1999.

MOREIRA, A. C. O.; VIANA, A. R.; BRUCKMANN, F. S.; MORTARI, S. R.; KRAUSE, L. M; F.; RHODEN, C. R. B. **Efeito biotóxico da celulose microcristalina magnética frente à linhagem NB4 de leucemia promielocítica aguda**. 59º Congresso Brasileiro de Química, 2019. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2019/trabalhos/11/1216-27702.html>>. Acesso em: 01 de maio de 2020.

MORGADO, D. L. **Biocompósitos a partir de celulose de linter: filmes de acetatos de celulose/celulose e quitosana/celulose**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MORGADO, D. L.; FROLLINI, E.; COMA, V. Filmes de quitosana e celulose de linter obtidos a partir de solução aquosa de hidróxido de sódio/tiouréia. In: **Anais do 9o Congresso Brasileiro de polímeros**. 2007.

MORITZ, Bettina; TRAMONTE, Vera Lúcia Cardoso. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 265-273, 2006.

MUNHOZ, K. **Estudo da cinética de degradação da cor, ácido ascórbico e consistência ao longo da cadeia de processamento industrial de polpa concentrada de tomate**. 99 f. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2016.

OCEAN CONSERVANCY. Study estimates that a cargo ship's Worth of plastics by weight will enter aquatic ecosystems every day by 2030 under current reduction commitments. Washington, D. C., 18 de setembro de 2020. Disponível em: <<https://oceanconservancy.org/news/study-estimates-cargo-ships-worth-plastics-weight-will-enter-aquatic-ecosystems-every-day-2030-current-reduction-commitments/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

OLIVEIRA, R. L. de. Preparação e caracterização de derivados celulósicos obtidos a partir da celulose bacteriana e obtenção de filmes para aplicações óticas. 2013.

OLIVEIRA, T. Í. S.; ZEA-REDONDO, L.; MOATES, G. K.; WELLNER, N.; CROSS, K.; WALDRON, K. W.; AZEREDO, H. M. C. Pomegranate peel pectin films as affected by montmorillonite. **Food chemistry**, v. 198, p. 107-112, 2016.

PASQUALOTO, K. F. M.; FUNCK, J. A. B.; SILVA, F. E. B. da; KRATZ, C. de P.. Utilização de probitos como instrumento estatístico simples à avaliação da distribuição de tamanho de partículas de dois tipos de celulose microcristalina. **Rev Bras Farm**, v. 86, p. 31-34, 2005.

PENG, Y.; LI, Y. Combined effects of two kinds of essential oils on physical, mechanical and structural properties of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 36, 287-293, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.013>

PEREDA, M.; DUFRESNE, A.; ARANGUREN, M. I.; MARCOVICH, N. E. Polyelectrolyte films based on chitosan/olive oil and reinforced with cellulose nanocrystals. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 1018-1026, 2014.

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

PRIMO, J. de O. **Estudo visando à obtenção de micropartículas e géis de quitosana para liberação controlada de substâncias bioativas**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RAMIRES, E. C.; JUNIOR, J. D. M.; GARDRAT, C.; CASTELLAN, A.; FROLLINI, E. Biocompósitos de matriz glioxal-fenol reforçada com celulose microcristalina. **Polímeros**, v. 20, n. 2, p. 126-133, 2010.

RINAUDO, M.; MILAS, M.; DESBRIÈRES, J. Characterization and solution properties of chitosan and chitosan derivatives. In: *Biopolymers Utilizing Nature's Advanced Materials*. Symposium at the Fifth Chemical Congress of North America, Cancun: American Chemical Society. Nov, 1997.

ROMA, L. P. **Composição química e morfologia das ceras cuticulares foliares de diferentes espécies de Simaba Aubl. sensu stricto e Homalolepis Turcz.(Simaroubaceae)**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SANTOS, A. N. dos; SILVA, Ê. F. de F.; SILVA, G. F. da; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R.. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 576-585, 2017.

SANTOS, F. A. dos; TAVARES, M. I. B. Preparo e caracterização de filmes obtidos a partir de poli (ácido láctico) e celulose microcristalina. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 23, n. 2, p. 229-235, 2013.

SANTOS, F. A.; TAVARES, M. I. B. Development of biopolymer/celulose/silica nanostructured Hybrid materials and their characterization by NMR relaxometry. *Polymer Testing*, v. 47, p. 92-100, 2015.

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, Claudionor Oliveira; SANTOS, Gilbertânia Mendonça; SILVA, Lucicleide Neves. A degradação ambiental causada pelo descarte inadequado das embalagens plásticas: estudo de caso. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental–REGET**, v. 13, n. 13, p. 2683-2689, 2013.

SILVA, H. S. R.; DOS SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 776-785, 2006.

SILVA, L. C. da. **Resíduos industriais de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*): caracterização química e otimização do processo de extração de licopeno**. UNICAMP – SP, 2017.

SILVA, V. M.; MANRICH, A.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Extração e caracterização de cutina a partir de resíduos da agroindústria-reação enzimática. In: **Embrapa Instrumentação-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA-EMBRAPA SÃO CARLOS, 11., 2019, São Carlos, SP. Anais... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste: Embrapa Instrumentação, 2019. Editores técnicos: Alexandre Berndt, Ana Rita de Araujo Nogueira, Lea Chapaval, Marcelo Mattos Cavallari, Manuel Antonio Chagas Jacinto., 2019.

SILVA, V. M.; MANRICH, A.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Utilização de resíduos da indústria de suco de maçã para a produção de filmes resistentes à umidade. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos, SP. Ciência, inovação e mercado: anais. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2019. SIAGRO 2019.

SIQUEIRA, R. F. de; GOMES, R.C.; RODRIGUES, P.H.M.; FUKUSHIMA, R.S.; LORENZO, C.L.F.; GOBESSO, A.A.O. Uso da cutina na estimativa da digestibilidade aparente de dietas para equinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 6, p. 1373-1381, 2009.

SOUZA, V. C. de. **Nanocristais de celulose como fase de reforço para filmes de quitosana: obtenção, caracterização e aplicação**. 2015.

TEIXEIRA, J. G. **Revisão: Potencial dos Resíduos Alimentícios da Indústria Processadora de Tomate e seus Possíveis Aproveitamentos**. IFG – GO, 2017.

TONIAZZO, T.; BOLDT, J.; MOORE, G. R. P.; LAURINDO, J. B., PEZZIN, A. P. T. Degradação em solo de biofilmes obtidos a partir da queratina de penas de frangos.

WORLD WIDE FUND. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. WWF – Brazil, 2019. Disponível em: < <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>>. Acesso em: 01 de abril de 2020.

WPTC (World Processing Tomato Council). **World production estimate as of 11 March 2020**. Avignon, France.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 - CEPE  
ANEXO I  
APÊNDICE ao TCC

Termo de Autorização de Produção Acadêmica

O(A) estudante Nathália Morcatti do curso de Engenharia de Alimentos, matrícula 2016.1.0029.0322-6, telefone: (62) 99804-0910, e-mail nathaliamorcatti@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Produção e caracterização de filme de cutina com quitosana a partir de resíduos do tomate, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificados Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de dezembro de 2020.

Assinatura do(a) autor(a): Nathália Morcatti

Nome completo do(a) autor(a): Nathália Morcatti

Assinatura do(a) professor(a)-orientador(a): 

Nome completo do(a) professor(a)-orientador(a): 