



Projeto

Mestrado em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar

***Desenvolvimento de Filmes Comestíveis com Base  
em Algas Marinhas para Salmão Congelado***

**Sónia Patrícia Eustáquio Marques**

Peniche, Junho de 2019





Projeto

Mestrado em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar

***Desenvolvimento de Filmes Comestíveis com Base  
em Algas Marinhas para Salmão Congelado***

**Sónia Patrícia Eustáquio Marques**

Dissertação de Mestrado realizada sob a orientação dos Doutores Susana Filipa Jesus Silva e Marco Filipe Loureiro Lemos, Professores da Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar do Instituto Politécnico de Leiria.

Peniche, *Junho* de 2019

Título: Desenvolvimento de Filmes Comestíveis com Base em Algas Marinhas para Salmão  
Congelado

Copyright © Sónia Patrícia Eustáquio Marques  
Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – Peniche Instituto Politécnico de Leiria  
2019

A Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar e o Instituto Politécnico de Leiria têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

This dissertation was developed and financed in the framework of the European Project Algae-to-Market Lab IdeAs – Adding value to marine invasive seaweeds of the Iberian northwest, supported by EASME – Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises, belonging to the European Commission.



*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Dedicatória

---

Dedico este trabalho á minha Família e amigos que sempre me apoiaram nesta fase da minha vida e principalmente ao meu filho que viu o seu primeiro ano de vida ser assoberbado por este trabalho, prometo compensar-te por todo o tempo que não consegui dedicar-te neste período!

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Agradecimentos

---

À minha orientadora Doutora Susana Silva da Escola Superior de Tecnologia do Mar do IPL o meu obrigado pela orientação ao longo de todo o trabalho pela sua disponibilidade e pelos conhecimentos que me transmitiu, ao meu orientador Doutor Marco Lemos pela orientação e ajuda na escrita deste trabalho e pela orientação na investigação laboratorial.

À Mestre Ana Luísa Augusto o meu muito obrigado pela orientação no trabalho laboratorial e na escrita da dissertação, como também pelo seu apoio, ajuda, paciência, dedicação, compreensão, e pelos conhecimentos que me transmitiu. A todos os professores do mestrado que fizeram parte do meu percurso académico e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do mesmo.

Um muito obrigado à minha família, por estarem sempre comigo por me proporcionarem o apoio em todos os projetos a que me proponho ao longo da vida, pelo constante apoio e compreensão e pelo encorajamento incondicional para prosseguir os meus sonhos.

À minha mãe que sempre me apoiou nestes desafios da minha vida, e que nesta fase me deu um apoio ainda maior cuidando do meu filho para que eu conseguisse terminar este projeto o meu eterno agradecimento.

Ao meu namorado, Joaquim Cunha, pelo amor, partilha, companheirismo, agradeço a compreensão nesta fase das nossas vidas. E claro, ao meu querido filho, Lourenço, que veio dar uma nova alegria à minha vida, espero poder compensá-lo das horas de brincadeira que lhe devo.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

Atualmente o desenvolvimento de embalagens alimentares funcionais é uma área em crescimento. Esta estratégia pode envolver a inclusão de atmosfera protetora, sensores com indicação de qualidade ou a liberação controlada de substâncias bioativas e tem como objetivo a conservação dos alimentos, a garantia da segurança alimentar dos consumidores e a diminuição do desperdício alimentar. A indústria alimentar é atualmente a principal produtora de embalagens de plástico sintético, um dos principais e mais persistentes contaminantes ambientais.

Na perspectiva de conciliar uma resposta a estes dois desafios o principal objetivo deste trabalho foi a avaliação da potencialidade de filmes de alginato enriquecidos com extrato de alga, (*Sargassum muticum* (5%) e de *Grateloupia turuturu* (5%)) na substituição dos filmes de plástico (LLDPE) atualmente utilizadas na individualização de filetes de pescado ultracongelado. Neste estudo foram aplicadas extratos etanólicos produzidos na proporção 1:10 m/v (alga desidratada: solvente) à temperatura ambiente durante 20 minutos, com um rendimento de extração de 1,77% para a extração de *Sargassum muticum* e de 1,39% para a extração de *Grateloupia turuturu*.

Os filmes foram aplicados em filetes de Salmão (*Salmo Salar*), que foram pré-congelados a -45°C antes da aplicação e depois da aplicação foram de novo sujeitos a congelação a -45°C, após o processo de congelação os filetes foram armazenados em camaras industriais a uma temperatura de -18°C durante 6 meses. O pescado foi caracterizado em termos de humidade, pH e atividade da água que fornecem indicação de alguns processos de deterioração que podem ocorrer durante o armazenamento, foi também caracterizado em termos de cor, aspetos texturais e nos parâmetros de “drip loss”, “water holding capacity”, “thawing loss” e “cooking loss” que nos dão indicação das características do pescado quando utilizado pelo consumidor. Foi avaliada também a influência da aplicação dos filmes na peroxidação lipídica, gordura total e ácidos gordos.

Os filmes desenvolvidos mostram ter a capacidade de prevenir a queimadura pelo gelo no pescado, apresentando resultados de cor com menores valores de L\* ou seja menos esbranquiçado e maiores valores de a\* apresentando uma coloração mais avermelha. Também os resultados de atividade água são superiores no pescado conservado com filme de alginato com extrato de alga, sendo 0,96 – *Sargassum muticum* e 0,95 para *Grateloupia*

*turuturu*, muito semelhantes ao pescado fresco, também alguns aspetos texturais apresentam resultados semelhantes ao pescado fresco quando conservados com filmes de alginato com extrato de algas.

Palavras-chave: Filmes comestíveis, alginato, extrato de alga, Salmão

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

---

Currently the development of functional food packaging is a growing area. This strategy may involve the inclusion of protective atmosphere, sensors with indication of quality or the controlled release of bioactive substances with the aim of food preservation, ensuring food safety for consumers and reducing food waste. The food industry is currently the leading producer of synthetic plastic packaging, one of the main and most persistent environmental contaminants.

In the perspective of reconciling a response to these two challenges, the main objective of this work was to evaluate the potentiality of alginate films enriched with seaweed extract (*Sargassum muticum* (5%) and *Grateloupia turuturu* (5%)) to replace the currently plastic (LLDPE) used for the individualization of deep-frozen fish fillets. In this study, ethanolic extracts produced at a ratio of 1:10 m / v (dehydrated algae: solvent) were mixed at room temperature during 20 minutes, with an extraction yield of 1.77% for extraction of *Sargassum muticum* and 1.39% for the extraction of *Grateloupia turuturu*.

Films were applied to Salmon fillets (*Salmo Salar*), which were pre-frozen at -45 ° C prior to application and after application were again frozen at -45 ° C, after the freezing process the fillets were stored in industrial chambers at a temperature of -18 ° C for 6 months. The fish were characterized in terms of moisture, pH and water activity which provide indication of some deterioration processes that may occur during storage, was also characterized the filets in terms of color, texture, drip loss, water holding capacity, thawing loss and cooking loss. The influence of the application of the films on lipid peroxidation, total fat and fatty acids was also evaluated.

The films developed show the ability to prevent freezer burn in the fish, presenting color results with lower L \* values or less whiteness and higher values of a \* showing a redness coloration. Also, the results of water activity are higher in the alginate film with seaweed extract, being 0.96 - *Sargassum muticum* and 0.95 for *Grateloupia turuturu*, very similar to fresh fish, also some textured aspects present similar results to fish fresh when preserved with alginate films with seaweed extract.

**Keywords:** Edibel films , Alginate, Seaweed extract, Salmon

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de figuras

---

**Figura 1.** Representação da variação de temperatura no processo de congelação

**Figura 2.** Produção de material plástico no mundo

**Figura 3.** Espécies de macroalgas em estudo. a) *Sargassum muticum*; b) *Grateloupia turuturu*

**Figura 4.** Delineamento experimental

**Figura 5.** Pescado descongelado após 6 meses de conservação

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de tabelas

---

**Tabela 1.** Representação dos métodos de conservação de pescado mais utilizados

**Tabela 2.** Composição nutricional das algas *Sargassum muticum* e *Grateloupia turuturu*

**Tabela 3.** Formulação dos filmes edíveis em estudo

**Tabela 4.** Resultado de cor e transparência dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turuturu* (ALG) e plástico comercial (P).

**Tabela 5.** Resultados de humidade, atividade da água e solubilidade dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turuturu* (ALG) e plástico comercial (P).

**Tabela 6.** Resistência à tração (TS, mPa), percentagem de alongamento (%) e espessura (mm) dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turutu* (ALG) e plástico comercial (P).

**Tabela 7.** Resultados do teste de biodegradabilidade, comparação do tempo 0 e tempo 10 dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turutu* (ALG) e plástico comercial (P)

**Tabela 8.** Resultados dos testes de humidade, pH e atividade da água do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P).

**Tabela 9.** Resultados dos testes de textura do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P).

**Tabela 10.** Resultados da determinação de gordura e peroxidação lipídica (LPO) e ácidos gordos Saturados, monoinsaturados e polinsaturados do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P).

**Tabela 11.** Resultados dos ácidos gordos presentes no pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P).

**Tabela 12.** Resultados do  $\Delta E$  entre o pescado fresco e o pescado depois de armazenamento e resultados da cor do pescado fresco (ST0) armazenado com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *S.muticum* (SALS), com filme de alginato com *G. turutu* (SALG) e com plástico comercial (P).

**Tabela 13.** Resultados dos testes de capacidade de “Water holding capacity”-WHC, “Thawing loss”-(TL), “Drip loss” ( DL) e “Cooking loss” (CL) do pescado com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *S.muticum* (ALS), com filme de alginato com *G. turutu* (ALG) e com plástico comercial (P)

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de siglas

---

- ALS- Filme de Alginato com 5% de extrato de Sargassum muticum
- ALG- Filme de Alginato com 5% de extrato de Grateloupia turuturu
- AL- Filme de Alginato
- ATP- Adenosina Trifosfato
- CL- Cooking Loss
- DL- Drip Loss
- DMA- Dimetilamina
- DPPH- 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
- EFSA- European Food Safety Authority
- FA- Formaldeído
- FAO- Food and Agriculture Organization
- FDA- Food and Drug Administration
- INE- Instituto Nacional de Estatística
- OTMA- óxido de trimetilamina
- P- Plástico comercial
- SALS- Salmão com filme de Alginato com 5% de extrato de Sargassum muticum
- SALG- Salmão com filme de Alginato com 5% de extrato de Grateloupia turuturu
- SAL- Salmão com filme de alginato
- TBA- Ácido Tiobarbitúrico
- TCA- Ácido tricloroacético
- TL- Thawing Loss
- TMA- Trimetilamina
- TS- Tensil Strength
- WHC- Water holding Capacity

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

---



Algae-to-MARket Lab IdeAs

Adding value to  
invasive seaweeds of the  
Iberian northwest

	<b>III</b>
<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XIV</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>XIX</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>XXI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>3.1. PRODUTOS DA PESCA</b>	<b>4</b>
<b>3.2. MECANISMOS DE CONSERVAÇÃO DO PESCADO</b>	<b>5</b>
<b>3.3. CONGELAÇÃO DE PESCADO</b>	<b>6</b>

<b>3.3.1. EFEITO DA CONGELAÇÃO NO PESCADO</b>	<b>8</b>
<b>3.3.1.1. QUEIMADURA PELO GELO</b>	<b>9</b>
<b>3.3.1.2. OXIDAÇÃO LIPÍDICA</b>	<b>10</b>
<b>3.3.1.3. TEXTURA</b>	<b>11</b>
<b>3.3.1.4. ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS</b>	<b>12</b>
<b>3.3.1.5. ALTERAÇÕES SENSORIAIS</b>	<b>13</b>
<b>3.4. EMBALAGENS UTILIZADAS PARA PRODUTOS ALIMENTARES</b>	<b>13</b>
<b>3.4.1. FILMES ALIMENTARES DE ORIGEM NATURAL</b>	<b>16</b>
<b>3.4.2. MACROALGAS COMESTÍVEIS</b>	<b>17</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
<b>4.1. OBTENÇÃO DE EXTRATO DAS ALGAS</b>	<b>20</b>
<b>4.2. PREPARAÇÃO DE FILMES EDÍVEIS DE ALGINATO</b>	<b>21</b>
<b>4.3. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES</b>	<b>22</b>
<b>4.3.1. AVALIAÇÃO DA COR</b>	<b>22</b>
<b>4.3.2. AVALIAÇÃO DA HUMIDADE</b>	<b>22</b>
<b>4.3.3. AVALIAÇÃO DA SOLUBILIDADE</b>	<b>22</b>
<b>4.3.4. AVALIAÇÃO DA ESPESSURA</b>	<b>23</b>
<b>4.3.5. TESTE DE ELASTICIDADE</b>	<b>23</b>

<b>4.3.6. AVALIAÇÃO DA TRANSPARÊNCIA DOS FILMES</b>	<b>24</b>
<b>4.3.7. TESTE DE BIODEGRADABILIDADE</b>	<b>24</b>
<b>4.4. APLICAÇÃO DO FILME NO PESCADO</b>	<b>24</b>
<b>4.4.1. PREPARAÇÃO DO PESCADO</b>	<b>24</b>
<b>4.4.2. CONDIÇÕES DE REFRIGERAÇÃO E ARMAZENAMENTO</b>	<b>25</b>
<b>4.5. AVALIAÇÃO DO PESCADO</b>	<b>25</b>
<b>4.5.1. AVALIAÇÃO DO PESO</b>	<b>25</b>
<b>4.5.2. AVALIAÇÃO DA COR</b>	<b>26</b>
<b>4.5.3. AVALIAÇÃO DA HUMIDADE</b>	<b>26</b>
<b>4.5.4. AVALIAÇÃO DO PH</b>	<b>26</b>
<b>4.5.5. ATIVIDADE DA ÁGUA (<math>A_w</math>)</b>	<b>26</b>
<b>4.5.6. AVALIAÇÃO DA TEXTURA</b>	<b>26</b>
<b>4.5.7. AVALIAÇÃO DA PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA</b>	<b>27</b>
<b>4.5.8. DETERMINAÇÃO DE GORDURA E ÁCIDOS GORDOS</b>	<b>27</b>
<b>4.5.9. “WATER HOLDING CAPACITY”</b>	<b>28</b>
<b>4.5.10. “DRIP LOSS” E “THAWING LOSS”</b>	<b>28</b>
<b>4.5.11. “COOKING LOSS”</b>	<b>29</b>
<b>4.6. DESENHO EXPERIMENTAL</b>	<b>30</b>

<b>4.7. TRATAMENTO ESTATÍSTICO</b>	<b>31</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>32</b>
<b>5.1. SELEÇÃO DE EXTRATOS ETANÓLICOS</b>	<b>32</b>
<b>5.2. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1. COR E TRANSPARÊNCIA</b>	<b>32</b>
<b>5.2.2. HUMIDADE, ATIVIDADE DA ÁGUA E SOLUBILIDADE</b>	<b>34</b>
<b>5.2.3. PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FILMES E ESPESSURA</b>	<b>35</b>
<b>5.2.4. BIODEGRADABILIDADE</b>	<b>36</b>
<b>5.3. CARACTERIZAÇÃO DO PESCADO</b>	<b>38</b>
<b>5.3.1. HUMIDADE, PH E ATIVIDADE DA ÁGUA</b>	<b>38</b>
<b>5.3.2. TEXTURA DO PESCADO</b>	<b>39</b>
<b>5.3.3. PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E PERFIL DE ÁCIDOS GORDOS</b>	<b>40</b>
<b>5.3.4. PARÂMETROS DE COR</b>	<b>43</b>
<b>5.3.5. “WATER HOLDING CAPACITY” (WHC), “THAWING LOSS” (TL) “DRIP LOSS” (DL) E “COOKING LOSS” (CL)</b>	<b>45</b>
<b>6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>49</b>





# 1. Introdução

---

Portugal é um dos maiores consumidores de peixe do mundo registando um consumo médio *per capita* que ultrapassa os 60 kg por ano, um valor que se encontra significativamente acima do valor médio anual nos restantes países do mundo (19,2 Kg por ano). Segundo a FAO a produção pesqueira e de aquacultura tem aumentado significativamente nas últimas décadas, acompanhando o aumento do consumo de pescado *per capita* a nível mundial que passou de 9,9 kg em 1960 para 19,2 kg em 2012 (FAO, 2014).

A produção mundial de pesca por captura em 2014 foi de 93,4 milhões de toneladas (FAO, 2016). A percentagem da produção pesqueira mundial utilizada para consumo direto aumentou consideravelmente nas últimas décadas, passando de 67% na década de 1960 para 87% em 2014. Para além de ser uma fonte de proteínas de alta qualidade e fácil digestão, o pescado é também rico em todos os aminoácidos indispensáveis, fornecendo gorduras essenciais (exemplo ácidos gordos ómega 3 de cadeia longa), vitaminas e minerais, apresentando assim benefícios na proteção contra doenças cardíacas, sendo essencial para o correto desenvolvimento do sistema nervoso central de crianças e fetos (FAO, 2016).

Uma porção de 150g de peixe fornece cerca de 50-60% da dose diária de proteína recomendada para um adulto. Em 2013 o peixe representava cerca de 17% do consumo total de proteína de origem animal a nível mundial e 6,5% do total de proteína consumida (FAO, 2016).

Sendo um produto de extrema importância na alimentação mundial e essencial à boa nutrição da população em geral a sua conservação e a manutenção da sua qualidade organoléptica e nutricional é atualmente um grande desafio para todos os envolvidos na captura/ produção, transformação e distribuição desta fonte essencial de proteína e ácidos gordos.

A congelação é uma das formas mais eficazes de conservação do pescado e a mais utilizada na conservação dos alimentos, nomeadamente do pescado. No entanto existem alguns processos de deterioração que podem ocorrer durante a conservação a baixas temperaturas, (Rodriguez-Turienzo, Cobos, & Diaz, 2012) que representa um enorme desafio no desenvolvimento de tecnologia e processos que permitam retardar essa deterioração.

O pescado pode ser classificado em quatro grupos relativamente ao seu teor em gordura (APN, 2016): magro <2 % gordura; baixo teor de gordura (2-4% gordura); teor médio de gordura (4-8% gordura); e alto teor em gordura (>8 % gordura). No caso do pescado com alto teor em gorduras é muito importante definir parâmetros de conservação que desacelerem significativamente a degradação destas moléculas.

A congelação tem no entanto efeitos indesejáveis na matriz alimentar, como a perda de água, a queimadura pelo gelo, alterações de textura, entre outros. Estas consequências do processo de congelação podem ser minimizadas através da utilização de embalagens que permitam a manutenção das características do produto ao longo do tempo. A embalagem tem um papel importante na manutenção das características do pescado e é também uma ferramenta de apresentação do produto ao consumidor.

Este consumo alimentar é atualmente indissociável do recurso a materiais de embalagem, maioritariamente plástico. A produção de plástico na Europa aumentou de 58 milhões de toneladas em 2015 para 60 milhões de toneladas em 2016 (PlasticsEurope, 2016). O consumo excessivo de plástico constitui um problema para o meio ambiente, devido à quantidade utilizada em várias áreas na indústria e comércio e à sua reduzida taxa de degradação existe atualmente uma grande quantidade de plásticos e microplásticos dispersos pela natureza, sendo este um motivo de preocupação crescente da comunidade científica e público em geral.

## 2. Objetivos

---

No presente trabalho o principal objetivo foi o desenvolvimento de uma embalagem alimentar comestível e biodegradável para a conservação e individualização de filetes de salmão ultra congelado.

Surgiram assim os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver filmes comestíveis com incorporação de extratos das macroalgas *Sargassum muticum* e *Grateloupia turuturu*;
- b) Estudar as propriedades mecânicas dos filmes desenvolvidos;
- c) Conservar salmão, a baixas temperaturas em contexto industrial, utilizando os filmes desenvolvidos como embalagem alimentar;
- d) Validar e avaliar a influência dos filmes desenvolvidos nas características do pescado após 6 meses de conservação a baixas temperaturas.

Com o desenvolvimento de um filme natural e biodegradável enriquecido com extrato de algas, pretende-se melhorar as características do pescado congelado no que diz respeito à conservação das suas características, contribuindo para a redução dos fenómenos de deterioração do pescado e para o alargamento do prazo de validade mantendo as características e os atributos de qualidade. Por outro lado, esta nova embalagem será também um contributo para a sustentabilidade da indústria de transformação de pescado, visto que a indústria alimentar é um dos sectores com maior impacto no uso de embalagens.

Os filmes serão aplicados em salmão (*Salmo Salar*) por ser um peixe de consumo generalizado na nossa sociedade e pelas suas características e riqueza em termos de gordura e de ácidos gordos, estas características tornam o salmão suscetível de deterioração dos ácidos gordos durante o armazenamento congelado, nomeadamente em processos de peroxidação lipídica.

## 3. Revisão de Literatura

---

### 3.1. Produtos da Pesca

---

De acordo com o Regulamento (CE) 853/2004 do Parlamento e Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004, entende-se por “Produto da Pesca” “todos os animais marinhos ou de água doce (com exceção dos moluscos bivalves, equinodermes, tunicados e gastrópodes marinhos vivos e de todos os mamíferos, répteis e rãs), selvagens ou de cultura, incluindo todas as formas, partes e produtos comestíveis desses animais.”. De acordo com a Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos, no ano 2015 a produção do ramo da pesca e aquicultura decresceu 3,4% em valor, tendo-se observado uma diminuição de 5,2% em volume e um aumento de 2,0% em preço. A produção, pela indústria transformadora da pesca e aquicultura em 2016 (informação mais recente disponível), de “congelados”, “secos e salgados” e “preparações e conservas” foi de 231 mil toneladas, tendo o total das vendas representado 92% da produção nacional (91% em 2015) (INE, 2018)(Vinet & Zhedanov, 2011).

Em Portugal a prática da atividade pesqueira é beneficiada pela sua localização geográfica, pela sua longa fronteira oceânica e pela existência de uma grande variedade de espécies nas suas águas. Todos estes fatores contribuem para que o sector das pescas esteja muito desenvolvido (Bernardo, L. 2017).

Os produtos alimentares são bens básicos e indispensáveis, devendo diferenciar-se pelo seu tipo, classe e especialmente pela sua qualidade. A embalagem de produtos alimentares tem vários objetivos: acondicionar o alimento, fornecer informação sobre o produto, facilitar o transporte e armazenamento, proteger o produto da poluição e ambiente envolvente, sendo que a embalagem pode ter também impacto psicológico sobre o consumidor através da forma como apresenta o produto (Rojas, et al. 2019).

Também a forma de conservação do pescado tem um importante papel na garantia da segurança alimentar dos consumidores e na manutenção das suas características.

## 3.2. Mecanismos de Conservação do Pescado

---

O prazo de validade é definido como o período máximo de tempo que um produto alimentar contido na sua embalagem original e mantendo as condições de armazenamento, mantém as condições aceitáveis para consumo (de la Caba et al., 2019).

O pescado pode ser consumido fresco ou pode ser submetido a processamento de modo a aumentar o seu prazo de validade (e.g. salga, congelação, refrigeração, fumagem, transformação em conserva, etc. (Esteves et.al. 2016; Sampels, 2015).

Produtos da pesca processados são normalmente embalados e mantidos a baixas temperaturas em embalagens de policloreto de vinilo (PVC), material com elevada permeabilidade ao vapor de água e baixa permeabilidade ao oxigénio (Augusto, A., et al., 2016).

Na Tabela 1 estão representados os principais métodos de conservação aplicados ao pescado.

**Tabela 1.** Representação dos métodos de conservação de pescado mais utilizados- (Adaptado de Vaz-Pires, 2006)

<b>Métodos de conservação</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Tradicionais</b>	Secagem, fumagem, salga
<b>Uso frio</b>	Refrigeração, super-.arrefecimento, congelação
<b>Uso Calor</b>	Cozedura, pasteurização, apertização
<b>Uso de radiações</b>	Irradiação, radiações UV, microondas
<b>Uso de substâncias conservantes</b>	Aditivos, antibióticos (hoje em dia proibidos)
<b>Uso de armazenamento especial</b>	Sob vácuo, atmosfera modificada, armazenamento

A escolha do método de conservação utilizado em cada alimento é muito influenciada pelo próprio alimento que se pretende conservar e o tipo de processos químicos e biológicos que ocorrem no alimento durante a sua deterioração. Os microrganismos são a causa

principal da deterioração dos alimentos, sendo que os métodos de conservação podem ter diferentes efeitos sobre os microrganismos (Vaz-Pires, P. 2006), tais como:

- Redução da taxa de crescimento dos microrganismos (e.g., salga, refrigeração, armazenamento especial, congelação e liofilização)
- Inativação de microrganismos (e.g., apertização e irradiação)

A durabilidade do produto alimentar é influenciada pelo método de conservação aplicado. Existem métodos que tipicamente conduzem a produtos de curta duração como por exemplo a refrigeração e fumagem; ou métodos conducentes a produtos de média duração como a salga, secagem e armazenamento especial; e ainda os métodos de longa duração como a congelação, pasteurização e apertização (Vaz-Pires, P. 2006).

Hoje em dia a maior parte do pescado após a sua captura é transportado congelado ou refrigerado até às fábricas onde é processado. A forma como este arrefecimento é feito assim como as condições de descongelamento e armazenamento são determinantes na qualidade do produto final (Sampels, 2015).

A congelação é um dos processos que permite o controlo das características microbiológicas e químicas. O período de conservação é elevado e o custo é relativamente baixo comparativamente com outros métodos de conservação e embalagem (Sampels, 2015; Kaale et al., 2011) No entanto, alguns atributos do pescado como cor, textura e sabor podem sofrer alteração durante a conservação do pescado congelado (Xu & Sun, 2017).

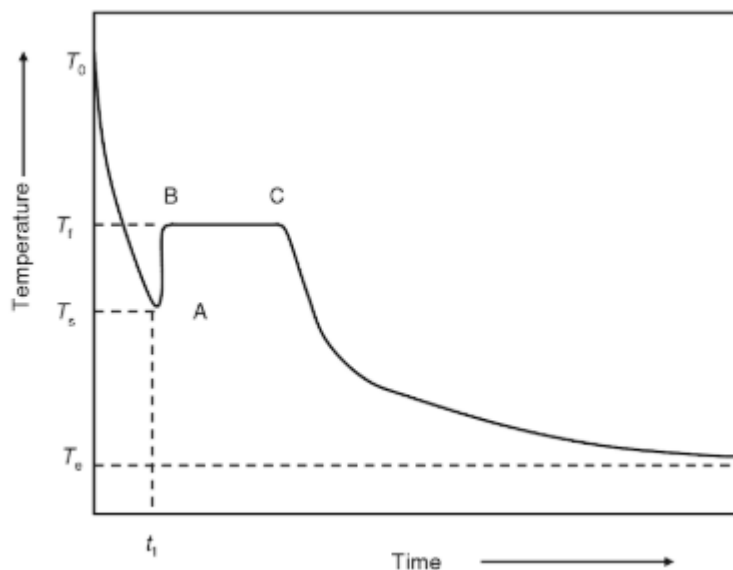
### **3.3. Congelação de Pescado**

---

A congelação é uma técnica muito utilizada na preservação do pescado devido à sua capacidade de inibição da atividade enzimática e da sua ação em retardar e inibir o crescimento de microrganismos.

O peixe é constituído na sua maioria por água (60-80%) e o processo de congelação converte a maior parte da água em gelo (FAO,1994). A congelação de alimentos inicia-se quando o alimento é colocado em contacto com um meio frio, que pode ser solido, líquido ou gasoso. A curva de congelação de um produto alimentar apresenta três etapas distintas

(Fig.1): um pré-arrefecimento do produto durante o qual a temperatura desce rapidamente até ao seu ponto de congelação; a fase de transição caracterizada pela remoção do calor latente de cristalização (nesta fase cerca de 55% da água está solidificada e verifica-se que a temperatura se mantém constante; a superfície do pescado arrefece mais rapidamente que o interior porque o calor no interior do alimento terá de atingir a superfície por condução); e finalmente arrefecimento do produto até a temperatura final de armazenamento (estágio de conservação)(Kiani & Sun, 2011; FAO,1994; Evans,J.A. 2008) .



**Figura 1-** Representação da variação de temperatura no processo de congelação (Retirado de Evans,J.A. 2008)

Na figura 1 pode-se observar a variação da temperatura durante o processo de congelação, onde  $T_0$  é a temperatura inicial do produto,  $T_f$  é a temperatura inicial de congelação e  $T_s$  representa a temperatura onde o produto teve um sobreaquecimento, antes de aumentar a temperatura até à temperatura de congelação onde se manteve por algum tempo entre B e C. Durante este período dá-se a transferência de calor latente da água presente no produto. Os primeiros cristais de gelo são formados na transferência de A-B, há depois a formação de mais cristais de gelo durante a estabilização da temperatura até atingir a temperatura do meio onde está inserida -  $T_c$ . À medida que a água solidifica e se transforma em cristais de gelo, a água existente no pescado ainda não congelada passa a ter maior concentração de sais e outros compostos e a transição para o estado sólido não se dá

exatamente aos 0°C como acontece na água pura. Com o aumento da temperatura a quantidade de água em estado líquido no músculo vai diminuindo; no entanto em temperaturas tão baixas como -30°C verifica-se ainda a existência de alguma água em estado líquido (FAO,1994).

O tamanho e localização dos cristais de gelo são um dos fatores mais importantes para garantir a qualidade do pescado em termos de textura ( Alizadeh et al., 2007). A formação de cristais é influenciada pelo método utilizado para congelação, sendo os principais métodos (Abu-Raya, Mara et al., 2000):

- Congelação por ar forçado;
- Congelação por contacto (em placas);
- Congelação por salmoura ou imersão;
- Congelação por ar estático

A congelação é um método eficaz de conservação, no entanto apresenta algumas desvantagens, como a destruição de estruturas celulares através de cristais de gelo. Estas alterações podem ser minimizadas através de um rigoroso controlo de temperatura durante armazenamento e transporte, o que exige equipamentos dispendiosos.

Considerando as desvantagens associadas à congelação do pescado, de seguida são apresentados os principais mecanismos que levam à diminuição da qualidade do pescado congelado.

### **3.3.1. Efeito da congelação no pescado**

---

A congelação é um método geral de conservação usado para controlar ou diminuir as alterações bioquímicas no pescado. Às temperaturas de armazenamento congelado os processos químicos, bioquímicos e físicos que conduzem a mudanças irreversíveis na matriz alimentar ainda ocorrerão, mas a um ritmo mais lento (Sathivel, et.al., 2007).As principais alterações responsáveis pela degradação da qualidade em produtos congelados são: alterações ao nível da desnaturação das proteínas, da capacidade de retenção de água (WHC), aumento da perda de água na descongelação (TL) e oxidação dos lípidos acontecem no pescado durante o seu armazenamento congelado e afetam a sua qualidade, as alterações no ATP são maioritariamente causadas por microrganismos e enzimas (Li et al., 2019; Kaale et

al., 2011). A deterioração durante o armazenamento congelado é inevitável e, para obter resultados satisfatórios, o peixe para congelação deve ser de boa qualidade.

As características do pescado cozinhado são influenciadas pela espécie do pescado, o grau de envelhecimento *post mortem*, pelo processamento e pelas condições de crescimento (selvagem ou de aquacultura). Uma vez que a cozedura produz mudanças importantes nos componentes musculares (água, fibras musculares, tecido conjuntivo e tecido adiposo), as características destas estruturas, antes de serem cozinhadas, tem grande influência no resultado (Ofstad et al 1996b).

Nos produtos da pesca congelados as alterações autolíticas são muito importantes. Após a morte e após a redução do ATP, proporcionam-se condições para que ocorra autólise dos tecidos, onde ocorre a quebra de proteínas e lípidos devido à ação de enzimas proteolíticas e lipídicas nos tecidos (Vala, M. 2016; Abreu, L. 2014). Nos produtos da pesca o óxido trimetilamina (OTMA) pode encontrar-se a diferentes concentrações, e surge pela decomposição das trimetilaminas (TMA) por ação de enzimas, no pescado congelado este processo é inibido (Abreu, L. 2014).



As enzimas autolíticas atuam até  $-20^\circ\text{C}$  ou a temperaturas ainda mais baixas, mas obviamente a sua ação a uma temperatura mais elevada é muito mais rápida (Abreu, L. 2014).

### 3.3.1.1. Queimadura pelo Gelo

---

A queimadura pelo gelo é um problema que afeta significativamente a cor, textura e conseqüentemente as propriedades organoléticas dos alimentos congelados (Schmidt & Lee, 2009). Durante o armazenamento congelado ou a frio, os produtos da pesca podem desenvolver secagem e desidratação da superfície, o que pode levar à queimadura pelo gelo, e conseqüentemente à perda de qualidade devido à oxidação ou rancidez.

A sublimação do gelo é o fator chave no processo de formação da queimadura pelo gelo, uma vez que a humidade superficial diminui através da mudança de fase do gelo para a fase gasosa devido aos baixos teores de humidade do ambiente das câmaras de armazenamento. Este processo decorre enquanto se verificar diferença de pressão entre o ar e a superfície do alimento. Se as moléculas de água dentro dos alimentos continuarem a sua

transferência para a superfície, o gelo continuará a acumular-se na superfície e será transferido para o ar pela sublimação. Como resultado deste fenómeno algumas zonas do pescado, de humidade reduzida, apresentam uma superfície desidratada opaca. Uma desidratação excessiva pode também favorecer as alterações oxidativas na superfície do produto alimentar (Xu & Sun, 2017; Schmidt & Lee, 2009).

Pode-se estabelecer que a queimadura pelo gelo acontece quando não existe uma barreira adequada entre o pescado e o meio envolvente. Isto acontece quando a embalagem não protege adequadamente o produto do contacto com o ambiente exterior ou quando não foram tomadas medidas para evitar a trocas gasosas com o meio.

De modo a reduzir algumas destas alterações negativas, a indústria utiliza várias técnicas que permitem uma proteção efetiva do pescado. A vidragem é uma das técnicas mais utilizadas, caracterizando-se pelos baixos custos associados à sua aplicação relativamente à eficácia da sua aplicação (Jacobsen & Fossan, 2001). A vidragem consiste na aplicação de uma camada protetora de gelo formada à superfície do pescado, pulverizando-o ou mergulhando em água ou numa solução de salmoura (Rocha, A. 2013).

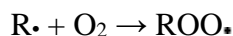
### 3.3.1.2. Oxidação Lipídica

---

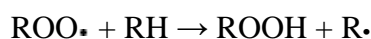
A peroxidação lipídica acontece através da introdução de um grupo funcional contendo dois átomos de oxigénio, num ácido gordo insaturado com um radical de cadeia livre (Wheatley, R., 2000).

O processo de oxidação ocorre em três fases distintas:

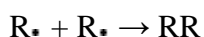
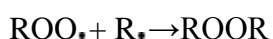
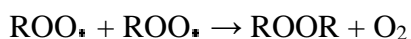
*1. Iniciação:* perda do radical de hidrogénio (H), do ácido gordo insaturado (RH) quando reage com o oxigénio (O<sub>2</sub>) para formar o radical peróxido (ROO•)



*2. Propagação:* Neste processo, o radical peróxido reage com os outros ácidos gordos insaturados para formar hidroperóxidos (ROOH).



*3. Finalização:* O processo de oxidação termina quando dois radicais peróxido reagem para produzir um composto sem radicais (ROOR ou RR).



A oxidação lipídica é influenciada por diversos fatores como a composição em ácidos gordos, teor e atividade de pró e antioxidantes, temperatura de conservação, pressão, tamanho da superfície de contacto com o oxigénio, atividade da água e a frescura do pescado no momento da congelação. No processo de congelação pode haver libertação das enzimas lípases e fosfolípases que ficam ativas e iniciam a degradação dos substratos que se encontram no meio devido à rutura celular ocorrida na formação de cristais de gelo (Rocha, 2013). A avaliação do grau de oxidação da fração lipídica é assim um indicador do grau de deterioração do produto e pode ser utilizado para estimar o seu prazo de validade e as alterações organoléticas que este processo pode ter introduzido no produto (Vala, M.2016).

Os ácidos gordos polinsaturados presentes no salmão são particularmente sensíveis aos danos causados pelas espécies reativas de oxigênio e a oxidação lipídica tem sido relatada como envolvida na degradação destes alimentos. (Socrier et al., 2019)

### 3.3.1.3. Textura

---

A textura é também um parâmetro que pode ser avaliado pelo consumidor tanto no produto antes de cozinhado como após cozinhado. A textura pode ser definida pelo conjunto de propriedades estruturais, mecânicas e de superfície de um alimento percebidos pelos sentidos ou por meios mecânicos. É uma propriedade que pode ser avaliada por métodos sensoriais (diretamente pelo consumidor) ou instrumentalmente com recurso a um texturómetro (Vala, M. 2016).

O *rigor mortis* influencia a textura do pescado através do seu efeito nas propriedades das proteínas e conseqüentemente nos atributos texturais do músculo. O processo de congelação pode influenciar significativamente os atributos texturais de pescado. Esta influência, maioritariamente associada a desnaturação proteica, é mais significativa no pescado magro (com teor de proteína superior). O armazenamento congelado de pescado conduz tipicamente a um aumento da dureza do produto (Rocha, A 2013).

### 3.3.1.4. Alterações Microbiológicas

---

Após a captura, o pescado é colonizado por microrganismos naturais e patogénicos, na maioria influenciado pelo local onde foi capturado. Alguns fatores podem influenciar a contaminação por bactérias patogénicas como, a presença de esgotos e escoamento de águas pluviais no meio aquático ( Esteves et,al. 2016), o nível de poluição das águas onde foi capturado e os procedimentos de manuseamento a que é sujeito após captura.

De acordo com (Huss, H.H., et, al. 2003) as bactérias patogénicas detetadas em pescado e produtos da pesca podem ser divididas em três grupos de acordo com a sua origem:

- Naturalmente presentes no habitat da espécie;
- Naturalmente presentes no ambiente;
- Os de origem humana.

Devido ao seu elevado teor de água e riqueza nutricional, o peixe constitui um excelente meio para o desenvolvimento/proliferação de microrganismos (Esteves et,al. 2016). Desde a captura até ao processamento o peixe está em contacto com superfícies potencialmente contaminadas, é manipulado por operadores e equipamentos, é armazenado e lavado. Durante estes processos, a contaminação por microrganismos pode acontecer através da água, operadores dos equipamentos ou por procedimentos de limpeza inadequados (Svanevik, et, al. 2015).

A deterioração caracteriza-se por um conjunto simultâneo de reações autolíticas e microbiológicas num animal imediatamente após a sua morte, os agentes biológicos, químicos e físicos que estão na origem da deterioração do pescado podem causar doenças relacionadas com o seu consumo. Segundo Soares, et, al. 2013, o crescimento microbiano não representa um problema nos produtos congelados, a temperatura mínima a que crescem algumas estirpes de microrganismos é de -5°C, sendo que a esta temperatura pode haver desenvolvimento de *Vibrio spp.* e *Cladosporium cladosporioides* e a temperaturas inferiores não há desenvolvimento.

### **3.3.1.5. Alterações Sensoriais**

---

As alterações sensoriais são aquelas que podem ser percebidas pelos órgãos dos sentidos humanos, e muitas vezes são a consequência das alterações químicas e físicas que estão a ocorrer no pescado (Ribeiro, A. 2012).

Em termos sensoriais as principais alterações são cheiro e o aspeto do pescado que demonstram que se iniciou o processo de deterioração. O odor caracteriza-se por “cheiro a peixe”, ou seja, a amónia e a alguns compostos sulfídricos, e com o passar do tempo adquire o cheiro a ranço, a textura altera-se significativamente e a cor da pele e mucosas torna-se opaca e decolorada (Ribeiro, A. 2012; Huss, H. H. 1995).

## **3.4. Embalagens Utilizadas para Produtos Alimentares**

---

Uma vez sujeito a congelação, e considerando a possível degradação das características físico-químicas do pescado, existe a necessidade de utilizar embalagens que permitam diminuir ou atenuar de alguma maneira essa degradação. O objetivo da embalagem dos produtos alimentares é proteger o alimento das condições ambientais, atuando essencialmente como uma barreira física à luz, oxigénio, humidade e contaminação microbológica (Esteves, et, al. 2016).

Segundo Wikström et al., 2014 as embalagens devem proteger o seu conteúdo (alimentos) de ser desperdiçado no seu trajeto do campo ao garfo. A embalagem deve facilitar o uso conveniente durante todo o trajeto do alimento desde a produção, transporte, transformação e consumidor final. O design das embalagens pode ter influência no desperdício de alimentos, e estes dois fatores são dinâmicos e influenciados por conjuntos complexos de mudanças nos padrões de consumo, estruturas e tendências da indústria e dos consumidores.

Existem três categorias de embalagens: passivas, ativas e inteligentes.

As embalagens passivas são aquelas que não tem qualquer ação sobre o produto alimentar e desempenham apenas as funções protetoras de barreira física durante o manuseamento e armazenamento.

As embalagens ativas são embalagens que atuam na manutenção da qualidade do produto alimentar que contêm, segundo o Regulamento (CE) 1935/2004, materiais e objetos que se destinam a prolongar o tempo de conservação dos alimentos ou a manter ou melhorar o estado dos alimentos embalados. São concebidas de forma a incorporar deliberadamente componentes que libertem substâncias para os alimentos embalados ou o ambiente que os envolve ou a absorver tais substâncias desses alimentos e do ambiente que os envolve.

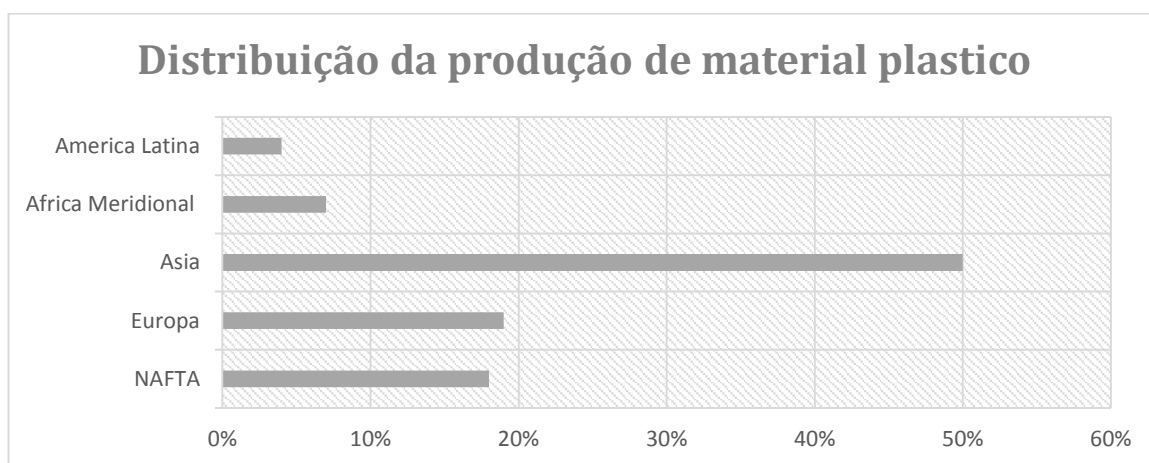
São uma das tecnologias mais dinâmicas usadas na conservação de alimentos através da introdução de compostos ativos na embalagem, estes compostos são usados para desacelerar ou parar o desenvolvimento microbiano, enzimático e oxidativo, para minimizar contaminações, perda de peso e perda das características de cor. A introdução destes agentes na embalagem permite melhorar e controlar durante longos períodos os produtos alimentares sem ter uma ação direta no processo de produção dos alimentos. O aumento de interesse nas embalagens ativas está relacionada com o aumento da população e consequente necessidade crescente de alimentos e minimização do desperdício alimentar (Ahmed et al., 2017; Oliveira Filho et al., 2019), mas também pela vontade do consumidor de saber mais sobre os processos de conservação e estar mais atento às formas de conservação. Em suma, embalagens ativas formam um sistema onde o produto, a embalagem e o ambiente, interagem de forma conjunta para estender o prazo de validade, melhorar as condições de embalagem ou atingir características que não poderiam ser obtidas de outra forma (Poyatos-Racionero et al. 2018).

De acordo com o Regulamento (CE) 1935/2004 embalagens inteligentes são os materiais e objetos que controlam o estado dos alimentos embalados ou do ambiente que envolve os alimentos. Embalagens inteligentes são boas ferramentas para aumentar e melhorar a comunicação durante a cadeia de distribuição dos produtos alimentares até ao consumidor final através de métodos de comunicação inovadores como etiquetas de radiofrequência, indicadores de tempo e temperatura, sensores de integridade e indicadores de frescura (Poyatos-Racionero et al., 2018). Embalagens inteligentes e ativas não são exclusivas e podem ser utilizadas em conjunto melhorando a embalagem dos produtos alimentares (Vanderroost et al., 2014).

Atualmente são utilizados vários tipos de embalagem, no entanto devido às características da congelação nem todos os materiais são adequados, sendo os plásticos de origem sintética os mais utilizados.

Na Figura 2 é possível observar os maiores produtores de plástico a nível mundial, sendo a Ásia, nomeadamente a China, os maiores produtores de plástico.

Segundo a Plastics Europe, 39,9% do plástico produzido na Europa é utilizado para embalagens. Em 2016, 27,1 milhões de toneladas de resíduos de plástico foram recolhidos pelo sistema oficial de recolha para ser tratado, e pela primeira vez, foi reciclada uma maior quantidade de plástico do que a que foi colocada em aterro (PlasticsEurope, 2016).



**Figura 2** – Produção de material plástico no mundo- Adaptado de Plastics Europe 2016

A preocupação com o meio ambiente é cada vez maior e o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis é uma necessidade.

Embalagens biodegradáveis e ativas são consideradas uma parte muito importante na investigação e desenvolvimento na indústria de embalagens (Balti et al., 2017). Nesse sentido têm-se desenvolvido inúmeras pesquisas de materiais amigos do ambiente e sustentáveis, nomeadamente nos chamados filmes edíveis e biodegradáveis produzidos a partir de biopolímeros para substituir plásticos à base de petroquímicos (Yang et al., 2018).

As embalagens produzidas e disponibilizadas de forma sustentável e podem aumentar o prazo de validade dos produtos alimentares prevenindo o desperdício devido a contaminações microbiológicas ou deterioração oxidativa e ser uma solução para minimizar o impacto negativo dos plásticos no ambiente (Balti et al., 2017), estes polímeros preservam propriedades e funções interessantes e podem mantendo os alimentos em boas condições durante mais tempo (Yang et al., 2018).

### 3.4.1. Filmes Alimentares de Origem Natural

---

Vários estudos atuais têm como foco o uso de ingredientes naturais para melhorar a qualidade e estender a vida útil dos alimentos e atender à preferência dos consumidores por alimentos mais seguros e naturais, a fim de evitar o uso de conservantes sintéticos (Sathivel, et al., 2007).

Os revestimentos comestíveis são definidos como uma camada fina que é normalmente aplicada na superfície do alimento e podem ser consumidos com o alimento. Por sua vez os filmes edíveis podem ser utilizados como embalagem primária e tem funções de preservação dos alimentos nomeadamente nas trocas de oxigénio, humidade e solutos com a envolvente e podem ser ou não consumidos em conjunto com o alimento (Hassan et al., 2018).

O alginato é conhecido como biopolímero na componente de filme ou revestimento devido às suas únicas e bem estudadas propriedades coloidais, que incluem espessante, estabilizante, formação de filmes, formação de gel e agente estabilizador de emulsões (Pinheiro et al., 2010).

O alginato é um polissacarídeo aniónico extraído de algas castanhas, sendo responsável pela flexibilidade destas algas. É um polímero composto por monómeros de ácido glicurónico e ácido manurónico de forma linear (Chen et al., 2018). Devido às suas capacidades de viscosidade e adesividade os polímeros de alginato são amplamente usados na indústria alimentar e farmacêutica (Chen et al., 2018). Os filmes à base deste biopolímero podem ajudar a manter a boa qualidade e prolongar o prazo de validade dos alimentos, aumentando a barreira à água, evitando a contaminação microbiana, mantendo o sabor, reduzindo o grau de distorção/contração e retardando a oxidação das gorduras (Jiang, 2013).

Este polímero está autorizado para uso na indústria alimentar pela Food and Drug Administration (FDA) e pela EFSA na Europa, onde está registado com o número E-401. A propriedade mais importante deste polímero é a sua capacidade de formar géis através da sua conjugação com catiões bivalentes (George & Abraham, 2006).

A permeabilidade de um filme comestível ao oxigénio é um dos fatores-chave que limitam o prazo de validade de produtos embalados ou revestidos. Durante o armazenamento congelado, a oxidação lipídica pode ocorrer originando alterações na cor e sabor do pescado. É muito importante limitar a transferência oxigênio do ambiente de armazenamento para o

pescado. Pesquisas sobre a extensão da vida de prateleira de pescado através da utilização de revestimentos comestíveis têm sido limitadas até o momento (Sathivel et al., 2007).

Neste tipo de filmes à base de polissacáridos e proteínas utiliza-se muitas vezes agentes plastificantes como o glicerol para aumentar a flexibilidade e tornar os filmes mais fáceis de manusear, o que resulta também numa redução da permeabilidade ao oxigénio (Jiang, 2013).

### **3.4.2. Macroalgas Comestíveis**

---

Nos países asiáticos como o Japão, China e Coreia existe a tradição de incluir na alimentação as macroalgas, sendo as mais consumidas as macroalgas castanhas e vermelhas (Denis et al., 2010). As macroalgas são conhecidas como uma fonte rica em compostos bioativos, vitaminas, minerais, ácidos gordos polinsaturados e compostos antioxidantes, sendo um alimento com baixo nível calórico. As macroalgas são consumidas maioritariamente na alimentação de vegetarianos e vegans uma vez que também são fonte de proteína (Rajendran et al. 2016; Paz et al., 2019; Rodrigues et al., 2015).

No presente estudo foram utilizadas duas espécies de macroalgas comestíveis, uma vermelha, *Grateloupia turuturu*, e uma castanha, *Sargassum muticum* (Rodrigues et al., 2015).

O *Sargassum muticum* (Figura 3 a)) é uma alga castanha invasora do oceano Atlântico, e tem suscitado um interesse na sua utilização devido à importância dos seus compostos bioativos e ao seu potencial como matéria de valor acrescentado com potenciais aplicações nas indústrias farmacêutica e alimentar (Casas et al., 2018). Esta alga é conhecida pela sua elevada quantidade de compostos fenólicos que lhe confere capacidades antioxidantes e protetoras da degradação dos alimentos. É esta capacidade protetora das algas que se pretende estudar aplicando os seus extratos em filmes edíveis.

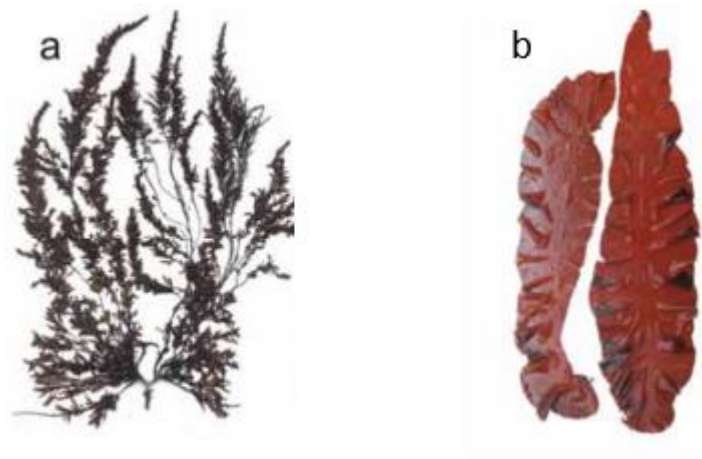
A *Grateloupia turuturu* (Figura 3 b)) é originária do oceano Pacífico no entanto, neste momento pode-se encontrar em várias regiões do mundo em águas temperadas e tropicais, é uma alga nativa do Japão e Coreia onde é amplamente utilizada na alimentação, estando classificada como uma alga amplamente invasora (Liu & Pang, 2010; Aguilar-Rosas et al., 2013).

Esta alga é rica em fibra alimentar (aproximadamente 60%) e proteína, o nível de lípidos é baixo como acontece com a maioria das algas utilizadas na alimentação (Paz et al., 2019).

Na tabela 2 está descrita a composição nutricional das duas algas em estudo.

**Tabela 2.** Composição nutricional das algas *Sargassum muticum* e *Grateloupia turuturu* (adaptado de Rodrigues et al., 2015)

<b>Parâmetros</b>	<b><i>G. turuturu</i></b>	<b><i>S. muticum</i></b>
% Humidade (g/100g alga seca)	11,68±0,05	9,64±0,08
% Proteína total (g/100g alga seca)	22,5±0,3	16,9±0,2
% Hidratos carbono (g/100g alga seca)	43,2	49,3
% Lípidos (g/100g alga seca)	2,2±0,1	1,45±0,07
Compostos fenólicos (µg catecol equiv/g alga seca)	208±8	499±32
% Matéria orgânica (g/100g alga seca)	67,80±0,06	67,41±0,02
Cálcio (mg/10g porção)	26,5	91,8
Potássio (mg/10g porção)	162,8	575,6
Magnésio (mg/10g porção)	69,5	150,4
Fósforo (mg/10g porção)	28,1	22,8
Ferro (mg/10g porção)	0,50	1,9
Zinco (mg/10g porção)	0,69	0,25
Cobre (mg/10g porção)	0,03	0,05
Manganês (mg/10g porção)	0,25	0,11



**Figura 3.** Espécies de macroalgas em estudo. a) *Sargassum muticum*; b) *Grateloupia turuturu*

## 4. Material e Métodos

---

### 4.1. Obtenção de Extrato das Algas

---

A alga *Sargassum muticum* foi recolhida na Praia Norte, Viana do Castelo (Portugal) e a alga *Grateloupia turuturu* foi recolhida na Praia da Aguda, Arcozelo (Portugal). Ambas foram recolhidas durante a maré-baixa na zona intertidal.

Os parâmetros de extração foram selecionados com base na caracterização dos extratos das algas, realizada no âmbito do projeto europeu AMALIA – Algae-to-MARket Lab IdeAs, tendo sido selecionadas condições de extração que apresentaram os melhores resultados em termos de atividade antioxidante (através da avaliação da capacidade de redução do radical DPPH)(não publicado).

Para a obtenção dos extratos das algas adaptou-se a metodologia de Karnjana et al., 2019. Os extratos foram obtidos a partir de alga anteriormente seca a 25°C e com recurso a um solvente polar. Foram misturados 20g de alga finamente triturada com 200mL de etanol (Aga, Lisboa, Portugal), sendo esta suspensão sujeita a agitação durante 20 minutos protegida da luz e à temperatura ambiente (20+/-2°C). Posteriormente efetuou-se filtração da solução (filtro Whatman nº 4) e posterior evaporação a vácuo à temperatura de 30°C em rotavapor IKA HB10- VWR.

O rendimento das extrações etanólicas dos extratos de *G. turuturu* e *S. muticum* foi determinado através da seguinte equação.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso inicial de alga seca (g)}}{\text{Peso final de extrato seco (g)}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

## 4.2. Preparação de Filmes Edíveis de Alginato

---

Foram preparadas 3 formulações de filmes (Tabela 3): filme de alginato (AL), filme de alginato com extrato de *Sargassum muticum* (ALS) e filme de alginato com extrato de *Grateloupia turuturu* (ALG). A todos os filmes foi adicionado glicerol como agente plastificante.

**Tabela 3-** Formulação dos filmes edíveis em estudo.

<b>Filme</b>	<b>Alginato</b>	<b>Extrato alga</b>	<b>Glicerol</b>
Filme de alginato (AL)	1%	-	1%
Filme de alginato c/ <i>Sargassum muticum</i> (ALS)	1%	0,5%	1%
Filme de alginato c/ <i>Grateloupia turuturu</i> (ALG)	1%	0,5%	1%

Para a preparação da solução AL, dissolveu-se 1,0 g de alginato de sódio (Alfa Aesar, Karlsruhe, Alemanha) em 100 mL de água destilada a 75°C, deixando-se em agitação cerca de 45 minutos. Após completa dissolução do alginato de sódio, a solução foi arrefecida à temperatura ambiente até aos 45°C para posterior adição de 813 µL de glicerol (Scharlau, Sentmenat, Espanha) seguida de homogeneização durante 15 minutos. Foi então transferido para uma placa de vidro de diâmetro 15 cm, um volume correspondente a uma densidade de superfície de sólidos de 90 g.m<sup>-2</sup>. A preparação das soluções formadoras de filme de alginato com incorporação do extrato de *G. turuturu* e de *S. muticum* foram realizadas do mesmo modo que a anterior, com a exceção de que antes da adição do alginato de sódio se fez a dissolução de 0,5 g do extrato.

## 4.3. Caracterização dos Filmes

---

### 4.3.1. Avaliação da Cor

---

A cor foi determinada através de medição com colorímetro (Konica Minolta- Chroma Meter CR400). O equipamento foi calibrado utilizando uma placa branca padrão e os resultados das leituras foram avaliados pelo sistema CIELab, tendo sido registados os valores de L\*, a\* e b\*. Foram realizadas leituras em 6 pontos diferentes de cada filme.

Determinou-se o  $\Delta E$  para avaliar a variação de cor dos filmes com extrato de alga em relação ao filme de alginato, foi determinado também o Croma para cada uma das amostras, usando as seguintes fórmulas:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})} \quad (\text{Eq. 2})$$

### 4.3.2. Avaliação da Humidade

---

A humidade dos filmes foi determinada em pedaços de filme de aproximadamente 0,3g que foram secos em estufa a 105°C durante 24h (método adaptado de (Ganesan et al., 2018).

A humidade dos filmes foi calculada através da seguinte fórmula:

$$\% \text{ Humidade} = \left( \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

### 4.3.3. Avaliação da Solubilidade

---

A solubilidade dos filmes foi determinada através do método adaptado de (Mohammadi et al., 2018) Para a determinação da solubilidade dos filmes foram pesados pedaços de filme de aproximadamente 0,3g, secos em estufa a 105°C durante 24h para determinar o seu peso seco ( $W_0$ ). Os pedaços de filmes secos foram depois colocados em 40ml de água destilada e agitados durante 1 minuto e deixados a 4°C durante 24h, após 24h foram agitados novamente durante 1 minuto e filtrado através papel de filtro, o papel de filtro

foi colocado em estufa a 105°C durante 24h para determinar o seu peso seco ( $W_f$ ), a solubilidade foi determinada através da seguinte fórmula:

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{W_0 - W_f}{W_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

#### 4.3.4. Avaliação da Espessura

---

A espessura dos filmes foi determinada utilizando um paquímetro digital, com precisão de 0,001mm através da medição em 3 pontos diferentes de cada amostra de filme, sendo que foram efetuadas leituras em 6 pedaços de filme diferentes para cada tipo de amostra.

#### 4.3.5. Teste de Elasticidade

---

O teste de elasticidade foi efetuado utilizando o texturómetro TA.XT plus (Stable Microsystems, UK) a partir do software TEE32, método adaptado de Yang et al. (2018), usando um pedaço de filme de 4x1,5cm. A distância entre as garras foi de 2cm sendo a velocidade de afastamento usada de 0,5 mm/s. Os testes foram efetuados em triplicado, os gráficos foram tratados de forma a obter a curva de rutura. Através dos dados obtidos na curva de rotura foi calculada a resistência à tração e a distensão.

Foi calculada a resistência à tração TS (Tensil Strength) através da equação 6. Esta caracteriza-se pela força máxima efetuada para rotura do filme ( $F_{max}$ ) a dividir pela área do filme (A). Foi também calculada a percentagem de alongamento ou distensão (%E) que se caracteriza pelo comprimento máximo da amostra antes da rutura, onde L representa o comprimento inicial do pedaço de filme e  $L_0$  representa o comprimento final do pedaço de filme equação 7.

$$TS = \frac{F_{max}}{A} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\%E = \frac{L}{L_0} \times 100 \quad (\text{Eq. 6})$$

### **4.3.6. Avaliação da Transparência dos Filmes**

---

As propriedades de transparência à luz foram determinadas utilizando um método adaptado de (Ganesan et al., 2018) utilizando o valor de transparência (T). Os testes foram realizados em triplicado para cada tipo de filme. Foram colocados pedaços de amostra retangulares diretamente dentro da célula do espectrofotômetro e foi lida a absorvância na gama do UV/Vis a 550nm (A<sub>550</sub>), a transparência foi calculada usando o valor de absorvância acordo com a equação abaixo:

$$T = \frac{A_{550}}{x} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde A<sub>550</sub> corresponde á leitura da absorvância da amostra e o x corresponde à espessura do filme (mm). Assim um maior valor de T indica um menor grau de transparência.

### **4.3.7. Teste de Biodegradabilidade**

---

A biodegradabilidade dos filmes em análise foi testada em solo através do método adaptado de Piñeros-Hernandez et al. (2017).

A biodegradabilidade dos filmes foi avaliada colocando solo com humidade relativa de 49% num tabuleiro de plástico de 30x19cm com altura aproximada de 5cm e onde foram colocados pedaços de filme de 2x2 cm a uma profundidade de 2cm no solo, entre uma rede com porosidade de 1mm. O tabuleiro foi mantido à temperatura ambiente. Duas vezes ao dia o solo foi humedecido com água, ao longo de 10 dias. O nível de biodegradabilidade foi registado visualmente e através de fotografias.

## **4.4. Aplicação do filme no Pescado**

---

### **4.4.1. Preparação do Pescado**

---

Foi utilizado salmão fresco de aquacultura (Noruega), o pescado foi capturado 4 dias antes de ser utilizado, tendo sido armazenado a uma temperatura de 0-2°C na empresa onde foi comprado. O salmão foi cortado em filetes de 2x2x2cm com peso semelhante entre si (10,92

$\pm 2,02\text{g}$ ), e foi sujeito a congelação a  $-45^{\circ}\text{C}$  durante 30 minutos, em ambiente industrial, na indústria de pescado Francisco Baratizo, LDA (Peniche, Portugal).

#### **4.4.2. Condições de Refrigeração e Armazenamento**

---

Após a primeira congelação do salmão, foram aplicados 4 tipos de filmes diferentes:

- (AL)- filme de alginato;
- (ALS)- filme de alginato com extrato de *Sargassum muticum*;
- (ALG)- filme de alginato com extrato de *Grateloupia turuturu*;
- (P)- plástico comercial- LLDPE, adquirido em grande superfície comercial.

O pescado foi sujeito a um novo processo de congelação a  $-45^{\circ}\text{C}$  e armazenado a durante 6 meses a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  de acordo com as recomendações do Decreto-lei 34/2004, em câmaras industriais.

### **4.5. Avaliação do Pescado**

---

Após o período de congelação/armazenamento, o pescado foi retirado da câmara e descongelado nas mesmas condições para todos os testes efetuados.

O processo de descongelação consistiu na retirada do pescado do congelador e colocação no frigorífico em cima de uma rede com recolha de líquido drenado com uma temperatura aproximada de  $4^{\circ}\text{C}$  durante 15 horas.

#### **4.5.1. Avaliação do Peso**

---

Todos os filetes foram pesados antes de serem congelados, tentando que o peso fosse homogéneo em todo os filites, tendo sido o seu peso registado.

### **4.5.2. Avaliação da Cor**

---

Foram tiradas fotografias às diferentes amostras e estas foram tratadas através do programa de tratamento de imagem – Image J, determinando os valores de R, G e B utilizando o sistema RGB. Foi efetuada a avaliação da variação da cor após o tempo de armazenamento congelado, tendo sido efetuadas medições com o produto congelado e produto descongelado sem revestimento.

As coordenadas do sistema RGB foram transformadas em valores do sistema CIELAB -  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , utilizando um programa informático.

Determinou-se o  $\Delta E$  para avaliação da variação de cor nos filetes de pescado com extrato de algas em relação ao pescado embalado com plástico tradicional, tendo sido também determinado o Croma para cada uma das amostras.

### **4.5.3. Avaliação da Humidade**

---

A humidade foi determinada em triplicado recorrendo a um analisador de humidade automático (Mettler Toledo HB43 Halogen, Suíça), a uma temperatura de 120°C em porções de pescado de aproximadamente 1,5g. Foram efetuadas medições de humidade no pescado antes da congelação e após descongelação sem o revestimento.

### **4.5.4. Avaliação do pH**

---

Foi determinado o pH do pescado através de potenciómetro Lab pH meter inoLab PH 7110, o pH foi determinado no pescado fresco e no pescado descongelado sem revestimento.

### **4.5.5. Atividade da água ( $A_w$ )**

---

Foi determinada atividade da água no pescado através de equipamento Rotronic HP23-HygroPalm, esta determinação foi efetuada em triplicado no pescado fresco e no pescado descongelado sem revestimento.

### **4.5.6. Avaliação da Textura**

---

A firmeza e a adesividade do pescado foram medidas através de um método adaptado de Augusto, A. (2013). Foi determinada a força necessária para compressão da amostra em 1cm de profundidade com velocidade de penetração de 2mm/s, utilizando uma sonda

esférica de 1cm de diâmetro. Esta determinação foi efetuada no pescado fresco e no pescado descongelado sem revestimento.

A firmeza foi definida como a área total da curva de compressão (N.s) e a de adesividade como a área de pico negativo associada à subida da sonda.

#### **4.5.7. Avaliação da Peroxidação lipídica**

---

A peroxidação lipídica foi determinada através do procedimento adaptado de (Silva et al., 2017).

Pesaram-se 500mg de amostra e adicionou-se 1 mL de tampão K-fosfato pH 7,4 a 0,1M, e homogeneizou-se num homogeneizador mecânico durante 1 minuto, tendo depois centrifugando-se a 10000g durante 20 minutos e 4°C. Ao sobrenadante adicionou-se 150µL de TCA 12% frio, agitou-se no vortex de seguida adicionou-se 500 µL de TBA 0,73% e colocaram-se os tubos a 100°C durante 60 minutos. Efetuaram-se também 3 brancos, nos quais se adicionou tampão em vez de amostra.

Deixaram-se os tubos a arrefecer no escuro durante 5 minutos, tendo centrifugando-se de seguida durante 5 minutos a 11000g (25°C). Transferiu-se o sobrenadante para uma microplaca tendo o cuidado de proteger da luz e leu-se a absorvância a 535nm.

#### **4.5.8. Determinação de Gordura e Ácidos Gordos**

---

Os ácidos gordos totais foram determinados através do procedimento adaptado de Bligh and Dyer (1959). Pesaram-se 5,00 g de amostra e adicionou-se 15 mL de solução metanol/clorofórmio (proporção 2:1). Agitou-se no vortex por 5 minutos e após a agitação adicionou-se 4 mL de solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) e agitou-se por 1 minuto. De seguida adicionou-se 5 mL de água Mili-Q e 5 mL de clorofórmio e agitou-se novamente durante 2 minutos. Centrifugou-se a amostra durante 10 minutos a 4830g a 4°C.

Pesaram-se balões periformes e efetuaram-se colunas de filtração em pontas P5000 usando um pouco de algodão e sulfato de sódio anidro. Rejeitou-se o sobrenadante (fase aquosa) e faz-se passar pela coluna filtrando para dentro dos balões periformes a fase orgânica. Após transferência e filtração de toda a fase orgânica, procedeu-se à evaporação a

40°C em evaporador rotativo, deixou-se arrefecer e pesaram-se os balões periformes. A gordura total determinou-se através da fórmula:

$$Gordura\ Total = \frac{(P_{final} - P_{inicial})}{P_{amostra}} \times 100 \quad (Eq.8)$$

De seguida, pesou-se 300mg da gordura recolhida no passo anterior para um tubo de vidro e adicionou-se 25 µL de uma solução padrão (C19:0/C21:0) com concentração 10g/mL e 5 mL de solução de cloreto de acetilo:metanol (1:20). Agitou-se no vortex durante 1 minuto e de seguida colocaram-se os tubos em banho a 80°C durante 1h. Após isso deixaram-se arrefecer, adicionou-se 1mL de água Mili-Q e 2 mL de n-heptano/n-hexano, agitou-se 1 minuto e centrifugou-se durante 1 minuto a 1500g. Após centrifugação retirou-se 1 mL da fase orgânica e adicionou-se 50-100 µL de n-heptano/n-hexano e transferiu-se para vial para análise por cromatografia gasosa.

#### **4.5.9. “Water Holding Capacity”**

---

A capacidade de retenção da água (WHC- Water Holding Capacity) foi determinada numa amostra de pescado triturado e homogeneizado num processador (cerca de 5g). A quantidade de pescado foi pesada e colocada em dois papéis de filtro, sendo estes posteriormente centrifugados a 13400 rpm à temperatura ambiente durante 10 minutos. Depois disso a amostra foi cuidadosamente retirada do papel de filtro e pesada novamente.

A WHC é calculada como a percentagem entre a diferença de pesos antes e depois da centrifugação (Kaale et al., 2014).

$$WHC = \frac{(\text{peso pescado descongelado (g)} - \text{peso pescado após centrifugação (g)})}{\text{peso do pescado após centrifugação (g)}} \times 100 \quad (Eq.9)$$

#### **4.5.10. “Drip Loss” e “Thawing Loss”**

---

A “thawing loss” dos filetes descongelados foi determinada através da pesagem dos filetes antes e depois da descongelação, a descongelação foi efetuada durante 15h a 4°C e foi determinado usando a seguinte formula (Roiha et al., 2018):

$$\% \textit{Thawing Loss} = \frac{(\textit{peso filete congelado}(g) - \textit{peso filete descongelado}(g))}{\textit{peso do filete congelado}(g)} \times 100 \quad (\text{Eq.10})$$

Os filetes foram mantidos sobre uma grelha à temperatura de 4°C durante 6 dias e foram pesados no dia 0 e no dia 6 para avaliar o “drip loss” durante o armazenamento refrigerado, tendo-se a seguinte fórmula para esta determinação (Roiha et al., 2018):

$$\% \textit{Drip Loss} = \frac{(\textit{peso filete antes armazenamento}(g) - \textit{peso filete após armazenamento}(g))}{\textit{peso filete antes armazenamento}} \times 100 \quad (\text{Eq.11})$$

#### 4.5.11. “Cooking Loss”

---

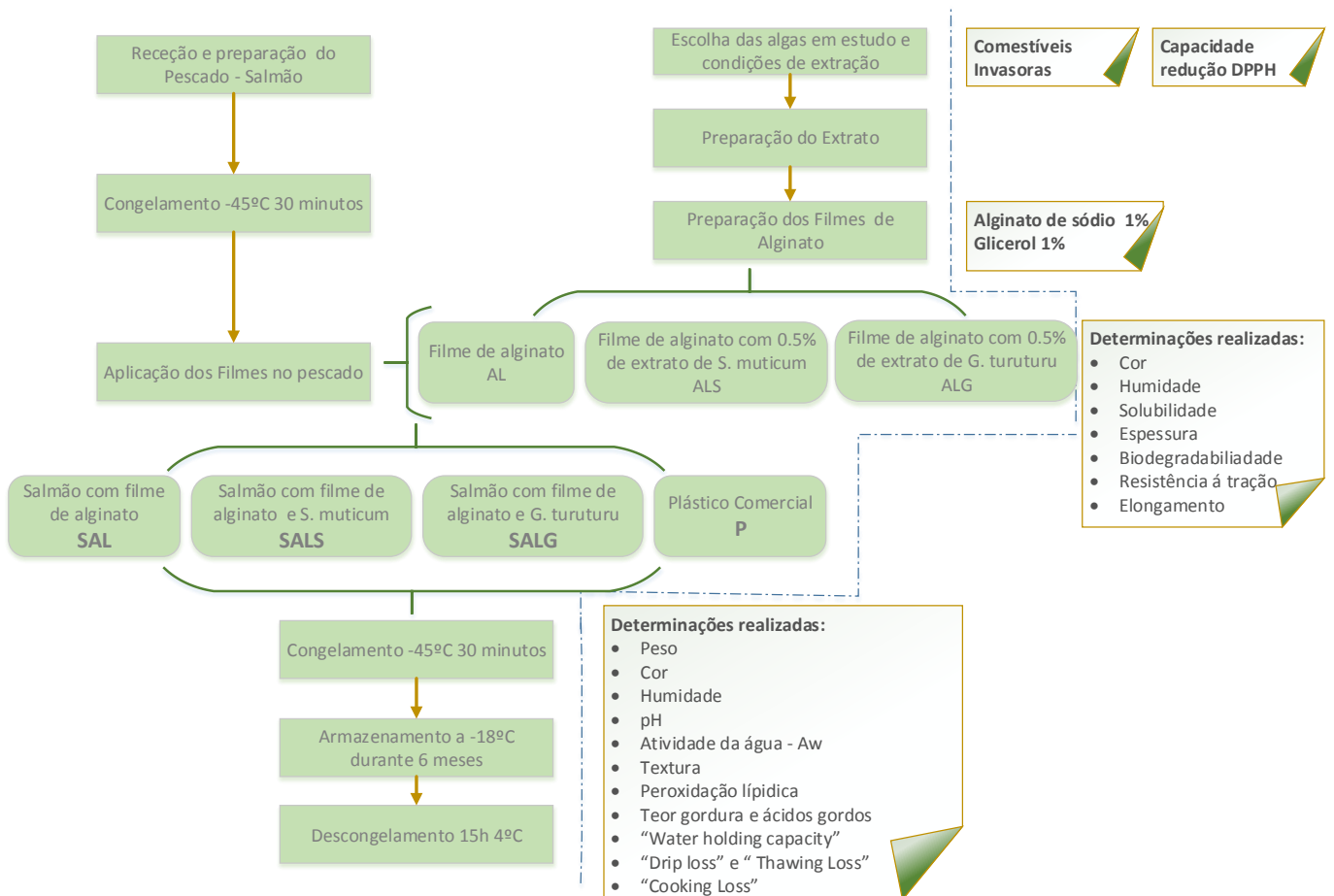
Para a determinação do “cooking loss“ pesaram-se os filetes antes de cozinhar. De seguida cozinham-se os filetes a vapor durante 5 minutos, após cozedura voltaram-se a pesar, determinando assim a perda de água durante a cozedura (Roiha et al., 2018).

O “cooking loss” foi determinado através da seguinte fórmula:

$$\textit{Cooking Loss} = \frac{(\textit{peso filete cru}(g) - \textit{peso filete cozinhado}(g))}{\textit{peso filete cru}(g)} \times 100 \quad (\text{Eq.12})$$

## 4.6. Desenho Experimental

O desenho experimental do trabalho desenvolvido encontra-se esquematizado na Figura 4.



**Figura4.** Delineamento Experimental

## 4.7. Tratamento Estatístico

---

O tratamento estatístico foi efetuado com recurso ao programa IBM® SPSS® Statistics versão 25. Os dados obtidos foram avaliados através do teste de análise de variância com 1 fator (ANOVA-1 fator), seguido pelo teste de Dunnett para comparações com o controlo, ou seguido pelo teste de LSD para comparações múltiplas. Para as condições indicadas nas figuras, os resultados representam as médias  $\pm$  desvio padrão da média. O teste de Levene foi usado para testar a homogeneidade de variância para todas as variáveis. Em todas as análises, as diferenças foram consideradas estatisticamente significativas ao nível de significância  $\alpha$  de 0,05.

## 5. Resultados e Discussão

---

### 5.1. Seleção de Extratos Etanólicos

---

Foram selecionadas as algas *Sargassum muticum* e *Grateloupia turuturu* tendo por base serem algas comestíveis e invasoras, e também pelas suas características reconhecidas e previamente estudadas de capacidade antioxidante - redução do DPPH - característica que pode ser interessante na prevenção da peroxidação dos lípidos durante o armazenamento do pescado. Tendo em conta estes pressupostos foram usadas as condições de extração que apresentaram maior capacidade de redução do DPPH em estudos a decorrer no projeto AMALIA no MARE -IPLeiria.

Foi também calculado o rendimento de extração dos 2 tipos de alga, sendo que se obteve o rendimento de 1,77% para a extração de *S. muticum* e de 1,39% para a extração de *G. turuturu*.

### 5.2. Caracterização dos Filmes

---

Os filmes desenvolvidos durante este estudo foram caracterizados em termos de: cor, transparência, humidade, solubilidade, propriedades mecânicas e biodegradabilidade.

#### 5.2.1. Cor e Transparência

---

Os parâmetros de cor e transparência dos filmes fornecem indicação relativamente ao aspeto visual do filme mas também quanto à sua capacidade de proteção do pescado da luminosidade, nomeadamente dos raios UV que podem provocar a peroxidação dos lípidos.

Os resultados de cor e transparência dos filmes encontram-se na Tabela 4, onde se verifica que relativamente à cor existem maiores variações ( $\Delta E$ ) no filme de alginato com extrato de *G. turuturu*.

Nos filmes no parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) e na gama do verde- vermelho ( $a^*$ ) os filmes de alginato e *G. turuturu* não apresentam diferenças entre eles.

O filme de *S. muticum* apresenta menor valor de  $a^*$  dando indicação de ser mais esverdeado, apresentando também menor valor de  $L^*$  sendo o filme mais escuro. Já o filme de alginato apresenta maior valor de  $L^*$  e de  $b^*$  sendo o mais claro e mais amarelado. O filme de *G. turuturu* apresenta uma tonalidade mais esverdeada ( $a^* -21,3$ ) comparado com o filme de alginato, no entanto não tanto como o *S. muticum*, que na gama dos amarelos-azuis apresenta uma tonalidade menos amarela que o filme de alginato. O plástico apresenta valores de  $b^*$  mais baixos indicando tonalidade azul.

Quanto às características de transparência, as amostras com extrato de algas apresentam diferenças significativas quando comparadas com o filme de alginato. No entanto, comparando o filme de *S. muticum* com o filme de plástico comercial este não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). A proteção do alimento utilizando filmes com cor leva à redução da oxidação lipídica provocada pela luz UV (Norajit, et al., 2010), uma vez que quanto maior a barreira à luz maior a proteção dos processos oxidativos dos lípidos presentes no pescado.

**Tabela 4.** Resultado de cor e transparência dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turuturu* (ALG) e plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao plástico; # ao alginato ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

Amostras	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E$	Transparência
ALS	20,7*# $\pm$ 1.22	6,6*# $\pm$ 1.2	-25,5*# $\pm$ 1.95	4,94	7,2# $\pm$ 0.20
ALG	42,6# $\pm$ 0.49	21,3 $\pm$ 22.9	-51,0*# $\pm$ 1.73	11,76	4,2*# $\pm$ 0.12
AL	45,1* $\pm$ 0.05	31,5* $\pm$ 0.48	-63,7* $\pm$ 0.06	1,85	1,53* $\pm$ 0.20
P	40,6# $\pm$ 1.1	43,7# $\pm$ 1.39	-76,3# $\pm$ 1.09	4,64	9,7# $\pm$ 0.47

## 5.2.2. Humidade, Atividade da água e Solubilidade

---

Os resultados de humidade, atividade da água e solubilidade estão representados na Tabela 5.

Relativamente à humidade e atividade da água, os filmes de alginato com extrato de *S. muticum* e os filmes apenas de alginato não apresentam diferenças entre eles. O filme com extrato de *G. turuturu* apresenta diferenças significativas comparado com o filme de alginato e com o filme com extrato de *S. muticum* ( $p < 0,05$ ), sendo que apresenta menor teor de humidade e conseqüentemente menor  $a_w$ .

A solubilidade é um parâmetro importante na caracterização de filmes edíveis principalmente quando se pretende criar um revestimento para um alimento com o objetivo de que estes sejam consumidos em conjunto (Gomaa, et.al 2018). Na determinação da solubilidade, os filmes de alginato em geral, apresentaram uma percentagem de solubilidade alta independentemente de serem ou não enriquecidos com extratos, o que seria de esperar visto o alginato ser um polímero hidrófilo. Segundo Norajit et al. (2010), foram reportados resultados semelhantes para a solubilidade dos filmes de alginato com extratos de ginseng. Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas quando comparados os filmes de alginato com extrato de *G. turuturu* e os filmes apenas de alginato ( $p < 0,05$ ). Os filmes de alginato com extrato de *S. muticum* apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente aos outros revestimentos em estudo sendo que apresenta um nível de solubilidade inferior aos restantes. Verificou-se que a adição de extrato diminui a solubilidade dos filmes de alginato principalmente o extrato de *S. muticum*, resultados semelhantes foram apresentados por Gomaa et al., 2018 em filmes de alginato.

**Tabela 5.** Resultados de umidade, atividade da água e solubilidade dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turuturu* (ALG) e plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao plástico; # ao alginato; t ao filme de alginato com *S.muticum* ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

Amostra	% Humidade	$a_w$	% Solubilidade
ALS	25,61* $\pm$ 1.67	0,45 $\pm$ 0,01	86,16*# $\pm$ 1,79
ALG	19,71*# $\pm$ 1.27	0,44*# $\pm$ 0,02	96,70* <sup>t</sup> $\pm$ 1,22
AL	29,92* $\pm$ 4.10	0,45* $\pm$ 0,02	97,47* <sup>t</sup> $\pm$ 0,27
P	0,79 <sup>#</sup> $\pm$ 0.26	0,57 $\pm$ 0,01	2,34 <sup>#t</sup> $\pm$ 0,26

### 5.2.3. Propriedades mecânicas dos Filmes e Espessura

Os resultados obtidos para a espessura dos filmes na Tabela 6 são bastante coerente sendo que o plástico apresenta uma espessura muito inferior aos filmes de alginato. Os filmes com extrato de alga e os filmes de alginato apresentam uma espessura muito semelhante. A espessura representa uma característica importante nas propriedades dos filmes uma vez que pode determinar a sua resistência e a facilidade de manuseamento. Norajit et al., (2010) reporta resultados de espessura muito semelhantes em filmes de alginato e filmes com extrato de ginseng.

As características mecânicas dos filmes são importantes principalmente na sua aplicabilidade a nível industrial, nomeadamente facilidade de manuseamento e aplicação, mas também na sua utilização expectável pelo consumidor após conservação.

Na tabela 6 estão apresentados os resultados dos testes mecânicos dos filmes. Os resultados demonstram que a adição de extrato de alga aos filmes de alginato não altera as suas características de alongamento. Como seria expectável o plástico apresenta valores de alongamento (%E) muito superior aos filmes de alginato, no entanto entre as amostras de filme de alginato com ou sem extrato de alga não existem diferenças significativas ( $p < 0,05$ ).

Relativamente aos resultados de resistência de tração (TS) (Tabela 6), estes mostram uma redução de 75% de resistência com a adição do extrato de *S. muticum* ao filme de

alginate. Por outro lado com a adição do extrato de *G. turuturu* verifica-se um aumento de resistência à tração. O filme de alginato com extrato de *G. turuturu* apresenta maior resistência à tração, ou seja, a força necessária para rasgar o filme é superior que nos outros filmes de alginato. No entanto os valores de alongamento são mais baixos que os do filme de alginato o que representa que a distância percorrida até à rutura é menor.

Entre as duas amostras com extrato de alga verificam-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) quanto à resistência de tração. Estes resultados mostram que dependendo das características dos extratos estas podem influenciar o tipo de ligações entre o alginato e o extrato ou mesmo as ligações no próprio filme de alginato.

**Tabela.6** Resistência à tração (TS, mPa), percentagem de alongamento (%) e espessura (mm) dos filmes de alginato (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turutu* (ALG) e plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao *S. muticum* ( $p < 0.05$ , 1-factor- ANOVA)

Amostra	Resistência Tração (TS) mPa	Elongamento (%E)	Espessura (mm)
ALS	5,99 <sup>#</sup> $\pm$ 3,11	35,64 <sup>#</sup> $\pm$ 13,83	0,11 <sup>#</sup> $\pm$ 0,03
ALG	13,12 <sup>t</sup> $\pm$ 10,04	38,00 <sup>#</sup> $\pm$ 10,04	0,09 <sup>#</sup> $\pm$ 0,02
AL	9,65 <sup>#</sup> $\pm$ 4,96	47,37 <sup>#</sup> $\pm$ 16,55	0,10 <sup>#</sup> $\pm$ 0,02
P	292,87* $\pm$ 57,56	126,15 <sup>#</sup> $\pm$ 32,74	0,03 $\pm$ 0,0

#### 5.2.4. Biodegradabilidade

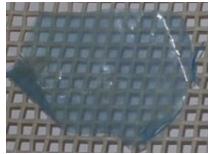

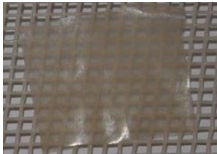



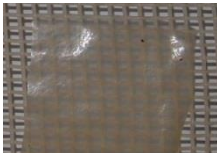





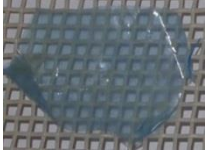





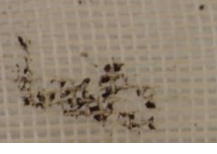



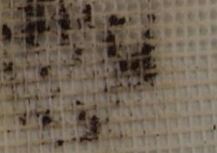

Verificamos que a biodegradabilidade dos filmes de alginato pode ser influenciada pela adição dos extratos das algas. A biodegradabilidade é um parâmetro importante que se pretende atingir com o uso de filmes de polímeros naturais, que poderá ser influenciada pela adição dos extratos de algas.

Na tabela 6 estão representados os resultados da biodegradabilidade dos filmes após 10 dias no solo.

Os resultados obtidos demonstram que os filmes com extrato de alga apresentam uma grande capacidade de biodegradação, o filme de alginato também apresenta uma capacidade de biodegradação considerável, apesar de aparentar ser um pouco mais lenta.

Piñeros-Hernandez et al., 2017 obteve resultados semelhantes na avaliação da biodegradabilidade dos filmes de amido com extrato de alecrim, em condições semelhantes.

**Tabela 7.** Resultados do teste de biodegradabilidade, comparação do tempo 0 e tempo 10 dos filmes de algianto (AL), com *Sargassum muticum* (ALS), com *Grateloupia turutu* (ALG) e plástico comercial (P)

Tempo	Plástico	ALS	ALG	AL
T0				
				
				
T10				
				
				

## 5.3. Caracterização do Pescado

---

O pescado foi sujeito a congelação sendo conservado pelo período de 6 meses em câmaras industriais a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ . Após esse período foi efetuada a sua avaliação por forma a verificar a influência do uso de filmes de alginato com adição de extratos de algas na sua conservação.

Os resultados dos testes efetuados são apresentados de seguida.

### 5.3.1. Humidade, pH e atividade da água

---

Os valores de humidade do pescado após 6 meses de armazenamento não apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente ao pescado fresco, apesar de se verificar uma tendência de descida do valor de humidade principalmente no pescado conservado em plástico comercial, que apresenta uma quebra de 14% de humidade relativamente ao pescado fresco Tabela 8.

Para os parâmetros de pH e humidade não se verificam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras conservadas com filmes de alginato com ou sem extrato de alga. Inclusive as amostras conservadas com filme de alginato com ou sem extrato de alga não apresentam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), em termos de humidade, relativamente ao salmão fresco, podendo o filme ter contribuído para a preservação da humidade do pescado durante o armazenamento.

Nos valores de pH o pescado tratado com filme enriquecidos com extrato de alga não apresentam diferenças significativas entre si ( $p < 0,05$ ), no entanto apresentam valores ligeiramente superiores comparados com o pescado conservado com filmes de alginato e plástico. A perda de água nos filmes com extrato de alga é 5% inferior relativamente à conservação com filme de alginato ou plástico industrial.

Relativamente á atividade da água o pescado armazenado com filme de alginato com *S. muticum* não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente ao pescado fresco, apresentando diferenças relativamente ao filme de alginato e ao plástico. O pescado armazenado com filme de alginato e com plástico apresentam valores de  $a_w$  inferiores ás restantes amostras.

**Tabela.8** Resultados dos testes de humidade, pH e atividade da água do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao *Salmão fresco* ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

Amostra	Humidade	%Variação de humidade	pH	aw
S T0	57,86 <sup>#</sup> $\pm$ 3,56		6,23 $\pm$ 0,06	0,97 <sup>#*</sup> $\pm$ 0,004
SALS	55,17 <sup>#</sup> $\pm$ 3,76	-4,64 $\pm$ 6,51	6,06 <sup>t</sup> $\pm$ 0,07	0,96 <sup>#*</sup> $\pm$ 0,001
SALG	52,34 $\pm$ 4,93	-9,54 $\pm$ 8,52	6,04 <sup>t</sup> $\pm$ 0,05	0,95 <sup>#*</sup> $\pm$ 0,005
SAL	54,08 $\pm$ 5,02	-6,53 $\pm$ 8,68	5,99 <sup>t</sup> $\pm$ 0,04	0,93 <sup>#t</sup> $\pm$ 0,01
SP	49,22 $\pm$ 3,93	-14,93 $\pm$ 5,86	6,01 <sup>t</sup> $\pm$ 0,04	0,94 <sup>#t</sup> $\pm$ 0,007

### 5.3.2. Textura do Pescado

A avaliação da textura do pescado em fresco e após armazenamento durante 6 meses com os diferentes filmes foi feita através de dois indicadores, a firmeza e a adesividade. Estes dois parâmetros são também indicadores de características sensoriais que podem influenciar a escolha dos consumidores (Tabela 9).

Os resultados demonstram um aumento da firmeza do pescado em todas as amostras após o armazenamento, não se verificando diferenças significativas relativamente ao tipo de filme aplicado ( $p < 0,05$ ). Avaliando os resultados obtidos pode verificar-se que existe um ligeiro aumento da firmeza nas amostras conservada com filme com extrato de *S. muticum*, verificam-se os mesmos resultados num estudo de Aubourg et al., 2013, comparando o pescado fresco com o pescado após conservação congelado.

Quanto à adesividade também se verificou um aumento da adesividade após o armazenamento para a maioria das amostras, sendo que a amostra SALG não apresenta diferença significativa ( $p < 0,05$ ) relativamente ao salmão fresco. As restantes amostras apresentam diferenças em relação ao salmão fresco.

**Tabela.9** Resultados dos testes de textura do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao *Salmão fresco* ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

<b>Amostra</b>	<b>Firmeza (N)</b>	<b>Adesividade (Ns-1)</b>
<b>S T0</b>	0,36 $\pm$ 0,13	0,24 $\pm$ 0,06
<b>SALS</b>	1,97 <sup>t</sup> $\pm$ 0,50	0,38 <sup>t</sup> $\pm$ 0,12
<b>SALG</b>	1,75 <sup>t</sup> $\pm$ 0,82	0,26 $\pm$ 0,15
<b>SAL</b>	1,54 <sup>t</sup> $\pm$ 0,42	0,33 <sup>t</sup> $\pm$ 0,09
<b>SP</b>	1,72 <sup>t</sup> $\pm$ 0,87	0,36 <sup>t</sup> $\pm$ 0,14

### 5.3.3. Peroxidação Lipídica e Perfil de Ácidos Gordos

Relativamente aos parâmetros de perda do valor nutricional do salmão, foram avaliados os níveis de peroxidação lipídica nas diferentes amostras assim como a avaliação da percentagem de gordura total e quantificação dos ácidos gordos característicos do salmão.

Os resultados obtidos neste ensaio demonstram não haver influência do filme no nível de peroxidação lipídica ao longo do tempo de armazenamento do salmão, o valor de peroxidação lipídica no salmão fresco é de 0,0007nmol. mg aumentando para valores na ordem de 0,0019 nmol.mg após a conservação.

Em termos de quantidade de matéria gorda total no pescado não se verificam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos vários filmes usados para conservar o pescado, no entanto verificam-se valores inferiores de gordura no pescado onde foi aplicado o plástico e o filme de alginato com extrato de *G. turuturu* (Tabela 10).

De acordo com Chaveiro (2012) o salmão é rico em gordura (22g/100g), tendo na sua constituição uma grande percentagem de ácidos gordos PUFA de cadeia longa com estrutura de ómega 3 ou ómega 6. No caso dos  $n3$  os mais abundantes são os eicosapentenoicos

(C20:5; EPA) e o ácido docosahexanoico (C22:6; DHA), quanto que no diz respeito aos PUFA *n6* os mais frequentes são o ácido linoleico (C18:2; LA) (Chaveiro, 2012).

Quanto aos ácidos-gordos mais importantes não se verificaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os diferentes filmes utilizados. No entanto, o filme de alginato com extrato de *G. turuturu* apresenta maior tendência de redução de alguns ácidos gordos, nomeadamente ALA (C8:3), EPA (C20:5), DHA (C22:6), *n3* e *n6*. O filme de alginato com *S. muticum* apresenta resultados superiores com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o ácido gordo (C20:4; ARA).

**Tabela.10** Resultados da determinação de gordura e peroxidação lipídica (LPO) e ácidos gordos Saturados, monoinsaturados e polinsaturados do pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao *Salmão fresco* ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

Amostra	LPO Nmol.mg ww	% Gordura total	Saturados (g/100g amostra)	Monoinsaturados (g/100g amostra)	Polinsaturados (g/100g amostra)
S T0	0,0007* # $\pm 5 \times 10^{-4}$	11,44 $\pm 4,65$	2,55 $\pm 0,94$	8,58 $\pm 3,65$	4,27 $\pm 1,87$
SALS	0,0016 <sup>t</sup> $\pm 4 \times 10^{-4}$	13,28 $\pm 6,12$	3,22 $\pm 1,51$	10,59 $\pm 5,62$	6,42 $\pm 2,76$
SALG	0,0019 <sup>#t</sup> $\pm 9 \times 10^{-4}$	8,56 $\pm 3,69$	1,90 <sup>P</sup> $\pm 0,65$	7,14 $\pm 3,34$	3,64 <sup>P</sup> $\pm 1,88$
SAL	0,0018 <sup>t</sup> $\pm 6 \times 10^{-4}$	11,60 $\pm 3,29$	2,59 $\pm 0,73$	7,75 $\pm 4,43$	4,08 $\pm 1,83$
SP	0,0015 <sup>t</sup> $\pm 5 \times 10^{-4}$	9,14 $\pm 3,03$	2,02 $\pm 0,66$	7,48 $\pm 2,54$	5,48 $\pm 1,48$

**Tabela.11** Resultados dos ácidos gordos presentes no pescado fresco (S T0), com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (ALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (ALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao *Salmão fresco*; p ao *S.muticum* ( $p < 0.05$ , 1-factor ANOVA)

Amostra	LA (g/100g amostra)	ALA (g/100g amostra)	EPA (g/100g amostra)	DHA (g/100g amostra)	ARA (g/100g amostra)	n3 (g/100g amostra)	n6 (g/100g amostra)	n6/ n3 (g/100g amostra)
<b>S T0</b>	1,68 $\pm 1,21$	0,94 $\pm 0,39$	0,37 $\pm 0,12$	0,59 $\pm 0,11$	0,05 <sup>P</sup> $\pm 0,02$	2,32 $\pm 0,75$	2,36 $\pm 0,87$	1,01 $\pm 0,17$
<b>SALS</b>	3,20 $\pm 1,24$	1,21 $\pm 0,42$	0,47 $\pm 0,09$	0,68 $\pm 0,09$	0,07 $\pm 0,03$	2,85 $\pm 1,08$	3,54 $\pm 1,68$	0,83 $\pm 0,08$
<b>SALG</b>	1,77 $\pm 1,26$	0,58 <sup>P</sup> $\pm 0,28$	0,30 <sup>P</sup> $\pm 0,09$	0,48 <sup>P</sup> $\pm 0,11$	0,03 <sup>P</sup> $\pm 0,02$	1,66 $\pm 0,66$	2,34 $\pm 0,84$	0,73 $\pm 0,18$
<b>SAL</b>	2,74 $\pm 1,54$	1,04 $\pm 0,58$	0,44 $\pm 0,17$	0,60 $\pm 0,18$	0,04 <sup>P</sup> $\pm 0,01$	2,51 $\pm 0,65$	2,96 $\pm 0,83$	0,85 $\pm 0,04$
<b>SP</b>	1,82 $\pm 0,76$	0,83 $\pm 0,28$	0,34 $\pm 0,14$	0,54 $\pm 0,14$	0,03 <sup>P</sup> $\pm 0,02$	2,06 $\pm 0,58$	2,42 $\pm 0,84$	0,87 $\pm 0,07$

### 5.3.4. Parâmetros de Cor

---

A cor do pescado foi analisada nas diferentes amostras de pescado após 6 meses de conservação, estas medições foram efetuadas no pescado após descongelação e estão apresentadas na Tabela 12.

No pescado descongelado verificou-se que as amostras conservadas com filme plástico e com filme de alginato se encontram mais esbranquiçadas relativamente às amostras conservadas com filme de alginato com extrato de alga, estando esta diferença representada nos valores de  $L^*$  que apresentam diferenças significativas relativamente às amostras armazenadas com filme de alginato com extrato de alga ( $p < 0,05$ ). Também na Figura 5 é perceptível que o pescado conservado com plástico industrial apresenta uma tonalidade mais esbranquiçada. Estes resultados dão indicação de queimadura pelo gelo, este fenómeno acontece quando o alimento é conservado sem embalagem ou quando a embalagem é ineficiente quanto á proteção da desidratação da superfície do alimento, provocando alterações de cor textura e sabor (Dalvi-Isfahan et al., 2019).

Quanto aos resultados de  $a^*$  também se verificou uma diminuição significativa ( $p < 0,05$ ) deste parâmetro nas amostras conservadas com plástico industrial e filme de alginato. O pescado conservado com filme de alginato com extrato de algas preserva uma cor muito mais avermelhada que o pescado conservado com plástico industrial. Relativamente ao filme de alginato com extrato de *G. turururu* não apresentou diferenças relativamente ao pescado fresco no parâmetro de  $a^*$ . Nos parâmetros de  $b^*$  também se verificam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ), em relação ao plástico industrial e ao pescado fresco, não se verificando diferenças em relação aos filmes de alginato com ou sem extrato de alga.

Aubourg et al., 2013 observou resultados semelhantes em estudo com pescado congelado relativamente ao aumento dos valores de  $L$  e diminuição dos valores de  $a^*$  durante a conservação.

**Tabela.12** Resultados do  $\Delta E$  entre o pescado fresco e o pescado depois de armazenamento e resultados da cor do pescado fresco (ST0) armazenado com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (SALS), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (SALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico; t ao Salmão fresco; p ao *S.muticum* ( $p < 0.05$ , 1-factor, ANOVA)

Amostra	L*	a*	b*	$\Delta E$
S T0	55,64 <sup>#</sup> $\pm$ 2,94	18,21 <sup>#</sup> $\pm$ 4,57	32,28 <sup>*#</sup> $\pm$ 4,55	
SALS	67,53 <sup>* # t</sup> $\pm$ 6,85	28,20 <sup>* # t</sup> $\pm$ 7,04	65,32 <sup>t</sup> $\pm$ 4,28	10,48
SALG	68,83 <sup># t</sup> $\pm$ 11,51	24,12 <sup>#</sup> $\pm$ 11,16	63,06 <sup># t</sup> $\pm$ 5,40	9,99
SAL	75,57 <sup>t</sup> $\pm$ 6,22	17,86 <sup>#</sup> $\pm$ 10,44	62,72 <sup># t</sup> $\pm$ 6,00	10,00
SP	79,84 <sup>t</sup> $\pm$ 8,88	6,93 <sup>* t</sup> $\pm$ 5,27	45,88 <sup>* t</sup> $\pm$ 8,86	7,28



**Figura 5.** Pescado descongelado após 6 meses de conservação com filme de alginato (1), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (2), com filme de alginato com *Grateloupia turutu* (3) e com plástico comercial (4).

### 5.3.5. “Water Holding Capacity” (WHC), “Thawing Loss” (TL) “Drip Loss” (DL) e “Cooking Loss” (CL)

---

Na Tabela 13 estão os resultados dos testes de retenção da água (WHC), perda de água no descongelamento (TL, DL) e na cozedura (CL). Estes parâmetros dão indicação das características sensoriais do pescado quando adquirido pelo consumidor final, caracterizando as principais questões de perda de qualidade detetadas no consumo do pescado desde o seu descongelamento até á cozedura.

O DL representa a perda de água devida à desnaturação das proteínas e destruição de algumas estruturas celulares durante o processo de congelação, ou seja, quando existe a formação de cristais de gelo no interior das células durante o processo de congelação, os danos provocados nas células por estes cristais, vão revelar-se no processo de descongelação, através de um maior nível de perda de água pelas células (Li et al., 2019).

Pode verificar-se que o DL do pescado apresenta um valor superior no pescado embalado em plástico, apesar das diferenças não serem significativas ( $p < 0,05$ ).

Quanto á perda de água durante a cozedura (CL) verificam-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de CL no pescado armazenado com filme de alginato com extrato de algas, apresentando **maior** perda de água comparativamente com o pescado armazenado com filme de alginato e também com plástico.

Não se verificaram diferenças quanto aos resultados de WHC e perda na descongelação (TL). Estes resultados mostram que a água que se perde durante a descongelação representará a água que se encontra na zona extracelular ou que se deslocou do interior da célula durante o processo de congelação (Soares et al., 2013).

**Tabela.13** Resultados dos testes de capacidade de “Water holding capacity”-WHC, “Thawing loss”-(TL), “Drip loss” (DL) e “Cooking loss” (CL) do pescado com filme de alginato (SAL), com filme de alginato com *Sargassum muticum* (SALG), com filme de alginato com *Grateloupia turuturu* (ALG) e com plástico comercial (P). Os valores correspondem às médias  $\pm$  desvio padrão. Diferenças estatisticamente significativas em relação \* ao alginato, # ao plástico

<b>Amostra</b>	<b>WHC</b>	<b>TL</b>	<b>DL</b>	<b>CL</b>
<b>SALS</b>	56,24 $\pm$ 1,94	4,41 $\pm$ 1,69	23,28 * $\pm$ 4,36	18,22*# $\pm$ 1,60
<b>SALG</b>	54,30 $\pm$ 6,63	5,07 $\pm$ 1,62	24,33 $\pm$ 18,11	17,16*# $\pm$ 1,39
<b>SAL</b>	49,04 $\pm$ 8,08	4,49 $\pm$ 0,7	26,25 $\pm$ 4,28	12,21 # $\pm$ 1,24
<b>SP</b>	54,78 $\pm$ 0,09	4,99 $\pm$ 1,63	29,67 $\pm$ 2,90	14,66 * $\pm$ 1,78

## 6. Conclusões e Perspetivas Futuras

---

Com os resultados deste estudo verifica-se que a adição de extratos de alga a filmes edíveis de polissacáridos pode alterar as suas características e que dependendo do tipo de alga utilizada para formar o extrato as características finais do filme também são diferentes. A biodegradabilidade é um fator muito importante nestes filmes e verifica-se que os filmes edíveis de alginato apresentam uma elevada biodegradabilidade sendo necessários poucos dias no ambiente para o filme desaparecer completamente.

O extrato de *Sargassum muticum* parece conferir aos filmes maior proteção contra as agressões do pescado pelos raios UV da luz pois apresentam menor transparência ou seja menor permeabilidade á luz. Também contribui para a menor solubilidade do filme, sendo que este filme apresentam também menor resistência à tração.

O extrato de *Grateloupia turuturu* confere aos filmes maior resistência à tração. Esta característica é visível no manuseamento do filme, pois este é mais seco e mais resistente que os filmes de alginato e com extrato de *S. muticum*. Estas características são comprovadas também pela baixa humidade e atividade da água relativamente ao filme de alginato.

Quanto á conservação do pescado podemos concluir que a aplicação de filmes edíveis de polissacáridos tem influência na qualidade do pescado congelado. Esta influência é notória nos parâmetros de cor (principalmente para os filmes com extratos de algas) e atributos texturais (principalmente para o pescado conservado com filme de alginato com extrato de *Grateloupia turuturu*). Também a perda de humidade durante a conservação do pescado é reduzida com a aplicação dos filmes edíveis de polissacáridos.

Quanto aos parâmetros de perda de água durante o uso expectável pelo consumidor, verificou-se que durante a descongelação o pescado congelado em plástico comercial apresenta maior perda de água. Esta característica verifica-se também após a cozedura, em que o pescado conservado em plástico apresentou uma maior percentagem de perda de água.

Com os resultados obtidos neste trabalho conclui-se que o uso deste tipo de filmes na conservação de alimentos tem potencial na preservação dos parâmetros de qualidade do pescado, principalmente nas características sensoriais, principalmente a cor, o pescado conservado com filmes de alginato com extrato de alga apresentam cores muito mais

semelhantes às cores do pescado fresco, dando indicação também da ação dos filmes na prevenção da queimadura pelo gelo.

O uso de filmes de alginato com extrato de algas pode ser uma excelente solução para o uso na indústria da transformação do pescado sendo um opção eficaz na substituição do plástico. O impacto da substituição de plásticos sintéticos por filmes biodegradáveis e sustentáveis seria enorme, mesmo que usado apenas numa em alguns produtos, visto que o maior consumo de plástico na europa é usado para as embalagens (39%) (Plasticseurope, 2016). O filme de alginato com extrato de *G. tururturu* apresenta características texturais muito interessantes que facilitam o seu manuseamento e aplicabilidade na indústria.

Como perspectivas futuras seria interessante aprofundar as interações químicas existentes entre o alginato de sódio e cada um dos extratos a fim de perceber melhor o seu comportamento e a sua influência nas características finais dos filmes

O estudo do impacto de diferentes concentrações de extrato no filme assim como diferentes concentrações de glicerol seriam interessantes de forma a avaliar qual a melhor relação alginato: extrato: glicerol que apresenta melhores resultados.

A simulação da quebra da cadeia de frio no armazenamento do Salmão congelado, que sabemos que podem acontecer durante o transporte ou após ser adquirido pelo consumidor, podia dar-nos indicação da proteção fornecida pelos filmes com extrato de alga na queimadura pelo gelo e na desnaturação das proteínas, que acontece com a formação de cristais de gelo.

Testes sensoriais em pescado cozinhado com e sem filme seriam também interessantes de realizar pois dar-nos-iam a real aceitação do consumidor quanto ao uso do filme em conjunto com o alimento, como também das características texturais e sensoriais dos diferentes produtos em teste.

Seria interessante efetuar testes para o uso deste tipo de filmes noutras matrizes alimentares, nomeadamente alimentos com baixa atividade da água e que utilizam para além da embalagem primária uma embalagem secundária.

# Bibliografia

---

Abreu, L. M. dos S. (2014). Avaliação de risco em empresa processamento de peixe congelado Ribapeixe - Comércio de Produtos Alimentares, Lda., Tese de Mestrado em tecnologia alimentar, Escola superior Agrária de Santarém

Abu-Raya, Mara; Pires, S. e Freitas, R; (2000). Trabalho de pesquisa sobre produção de Pescado Congelado; consultado em ([http://www.geocities.ws/rui\\_biologia/docs/pescadocongelado.htm](http://www.geocities.ws/rui_biologia/docs/pescadocongelado.htm)) em 07-04-2019

Aguilar-Rosas, L. E., Núñez-Cebrero, F., & Aguilar-Rosas, C. (2013). Introduced Marine Macroalgae in the Port of Ensenada, Baja California, Mexico: Biological Contamination. *Procedia Environmental Sciences*, 18, 836–843. <https://doi.org/10.1016/J.PROENV.2013.04.112>

Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Brody, A. L., Li, Z., Qazi, I. M., Pavase, T., Lv, L. (2017). A comprehensive review on the application of active packaging technologies to muscle foods. *Food Control*, 82, 163–178. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.009>

Alizadeh, E., Chapleau, N., de Lamballerie, M., & Le-Bail, A. (2007). Effect of different freezing processes on the microstructure of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2006.12.003>

Aubourg, S. P., Torres, J. A., Saraiva, J. A., Guerra-Rodríguez, E., & Vázquez, M. (2013). Effect of high-pressure treatments applied before freezing and frozen storage on the functional and sensory properties of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *LWT - Food Science and Technology*, 53(1), 100–106. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.01.028>

Associação Portuguesa de Nutricionistas, 2016, Pescar Saúde. Retirado de [https://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/E-book\\_pescado\\_Final\\_High.pdf](https://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/E-book_pescado_Final_High.pdf),. Consultado em 03-05-2018

Augusto, A. L. (2013). Desenvolvimento de revestimentos comestíveis para produtos de IV gama. Tese de Mestrado em Biotecnologia de recursos Marinhos. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar.

Augusto, A., Gil, M.M., Silva, S. F. J., (2016) Handbook of Seafood; Quality and Safety Maintenance and Applications; Nova publishers, New York, pp190-207

Balti, R., Mansour, M. Ben, Sayari, N., Yacoubi, L., Rabaoui, L., Brodu, N., & Massé, A. (2017). Development and characterization of bioactive edible films from spider crab (*Maja crispata*) chitosan incorporated with *Spirulina* extract. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.046>

Bernardo L., (2017). A percepção do consumidor face ao pescado de aquacultura; Tese de Mestrado em Gestão da qualidade e segurança alimentar. Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar.

Bligh, E. G., Dryer, W. J., A rapid method of total extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*. 1959, 37, 911-917.

Casas, M. P., Conde, E., Domínguez, H., & Moure, A. (2018). Ecofriendly extraction of bioactive fractions from *Sargassum muticum*. *Process Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2018.12.021>

Chaveiro, N. R. E. (2012). Bioacessibilidade de Ácidos Gordos em Salmão e Corvina de aquacultura, Tese de mestrado em engenharia Alimentar. Instituto de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa.

Chen, Y., Dou, W., Li, H., Shi, J., & Xu, Z. (2018). The alginate lyase from *Isoptericola halotolerans* CGMCC 5336 as a new tool for the production of alginate oligosaccharides with guluronic acid as reducing end. *Carbohydrate Research*, 470, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2018.06.005>

Dalvi-Isfahan, M., Jha, P. K., Tavakoli, J., Daraei-Garmakhany, A., Xanthakis, E., & Le-Bail, A. (2019). Review on identification, underlying mechanisms and evaluation of freezing damage. *Journal of Food Engineering*, 255, 50–60. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2019.03.011>

de la Caba, K., Guerrero, P., Trung, T. S., Cruz-Romero, M., Kerry, J. P., Fluhr, J., Maurer, M., Kruijssen, F., Albalat, A., Bunting, S., Burt, S., Little, D., Newton, R. (2019). From seafood waste to active seafood packaging: An emerging opportunity of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 208, 86–98. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.164>

Denis, C., Morançais, M., Li, M., Deniaud, E., Gaudin, P., Wielgosz-Collin, G., Barnathan, G., Jaouen, P., Fleurence, J. (2010). Study of the chemical composition of edible

red macroalgae *Grateloupia turuturu* from Brittany (France). *Food Chemistry*, 119(3), 913–917. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.07.047>

Esteves, E. Diler, A. Genç, İ.Y (2016). *Handbook of Seafood; Quality and Safety Maintenance and Applications*. Nova publishers, New York. pp 1-11

Evans, Judith A. (2008). *Frozen Food Science and Technology, Food Refrigeration and Process Engineering Research Center (FRPERC) University of Bristol, UK, Blackwell Publishing,*

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) (2016). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. Retirado de <http://www.fao.org/3/a-i5555s.pdf>. Consultado em 23-10-2018

Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO) (1994). ). *Freezing and refrigerated storage in fisheries*. Rome Retirado de <http://www.fao.org/3/V3630E/V3630E00.htm> Consultado em 23-10-2018

FAO. (2014). *The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and challenges*. Rome (Vol. 25, pp. 902–906).

Ganesan, A. R., Shanmugam, M., Palaniappan, S., & Rajauria, G. (2018). Development of edible film from *Acanthophora spicifera*: Structural, rheological and functional properties. *Food Bioscience*, 23(December), 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.009>

George, M., & Abraham, T. E. (2006). Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan — a review. *Journal of Controlled Release*, 114(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.JCONREL.2006.04.017>

Gomaa, M., Fawzy, M. A., Hifney, A. F., & Abdel-Gawad, K. M. (2018). Use of the brown seaweed *Sargassum latifolium* in the design of alginate-fucoidan based films with natural antioxidant properties and kinetic modeling of moisture sorption and polyphenolic release. *Food Hydrocolloids*, 82, 64–72. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2018.03.053>

Hassan, B., Chatha, S. A. S., Hussain, A. I., Zia, K. M., & Akhtar, N. (2018). Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 109, 1095–1107. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2017.11.097>

Huss, H. H. 1995 Chemical composition. In: Quality and quality changes in fresh fish (Eds. Huss, H. H.); FAO Fisheries Technical Paper N° 348, Roma, pp. 195.

Huss, H.H., Ababouch, L. and Gram, L. (2003). Assessment and Management of Seafood Safety and Quality. In FAO Fisheries Technical Paper 444 (Vol. 91, pp. 1–230). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-y4743e.pdf>

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2018). Estatística da Pesca 2017, Lisboa retirado de [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=320384843&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=320384843&PUBLICACOESmodo=2). Consultado em 05-06-2018

Jacobsen, S., & Fossan, K. M. (2001). Temporal variations in the glaze uptake on individually quick frozen prawns as monitored by the CODEX standard and the enthalpy method. *Journal of Food Engineering*. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00162-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00162-X)

Jiang, T. (2013). Effect of alginate coating on physicochemical and sensory qualities of button mushrooms (*Agaricus bisporus*) under a high oxygen modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 91–97. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.005>

Kaale, L. D., Eikevik, T. M., Rustad, T., & Kolsaker, K. (2011). Superchilling of food: A review. *Journal of Food Engineering*, 107(2), 141–146. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.06.004>

Kaale, L. D., Eikevik, T. M., Rustad, T., & Nordtvedt, T. S. (2014). Changes in water holding capacity and drip loss of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle during superchilled storage. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 528–535. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.10.021>

Karnjana, K., Soowannayan, C., & Wongprasert, K. (2019). Ethanolic extract of red seaweed *Gracilaria fisheri* and furanone eradicate *Vibrio harveyi* and *Vibrio parahaemolyticus* biofilms and ameliorate the bacterial infection in shrimp. *Fish & Shellfish Immunology*, 88, 91–101. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2019.01.058>

Kiani, H., & Sun, D. W. (2011). Water crystallization and its importance to freezing of foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>

Li, D., Qin, N., Zhang, L., Li, Q., Prinyawiwatkul, W., & Luo, Y. (2019). Degradation of adenosine triphosphate, water loss and textural changes in frozen common carp (*Cyprinus carpio*) fillets during storage at different temperatures. *International Journal of Refrigeration*, 98, 294–301. <https://doi.org/10.1016/J.IJREFRIG.2018.11.014>

Liu, F., & Pang, S. J. (2010). Stress tolerance and antioxidant enzymatic activities in the metabolisms of the reactive oxygen species in two intertidal red algae *Grateloupia turuturu* and *Palmaria palmata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 382(2), 82–87. <https://doi.org/10.1016/J.JEMBE.2009.11.005>

Mohammadi, R., Mohammadifar, M. A., Rouhi, M., Kariminejad, M., Mortazavian, A. M., Sadeghi, E., & Hasanvand, S. (2018). Physico-mechanical and structural properties of eggshell membrane gelatin- chitosan blend edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107(PartA), 406–412. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.003>

Norajit, K., Kim, K. M., & Ryu, G. H. (2010). Comparative studies on the characterization and antioxidant properties of biodegradable alginate films containing ginseng extract. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 377–384. <https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2010.01.015>

Oliveira Filho, J. G. de, Rodrigues, J. M., Valadares, A. C. F., Almeida, A. B. de, Lima, T. M. de, Takeuchi, K. P., Alves, C. C. F., Sousa, H. A. F. de, Silva, E. R. da, Dyszy, F. H., Egea, M. B. (2019). Active food packaging: Alginate films with cottonseed protein hydrolysates. *Food Hydrocolloids*. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2019.01.052>

Paz, S., Rubio, C., Frías, I., Gutiérrez, Á. J., González-Weller, D., Martín, V., Revert, C., Hardisson, A. (2019). Toxic metals (Al, Cd, Pb and Hg) in the most consumed edible seaweeds in Europe. *Chemosphere*, 218, 879–884. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2018.11.165>

Piñeros-Hernandez, D., Medina-Jaramillo, C., López-Córdoba, A., & Goyanes, S. (2017). Edible cassava starch films carrying rosemary antioxidant extracts for potential use as active food packaging. *Food Hydrocolloids*, 63, 488–495. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.09.034>

Pinheiro, A. C., Cerqueira, M. A., Souza, B. W. S., Martins, J. T., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2010). Utilização de revestimentos/filmes edíveis para aplicações

alimentares. Boletim Da Biotecnologia, Outubro, 18–29.  
<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2011.12.003>

PlasticsEurope. (2016). Plastics – The facts. Retirado de [https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics\\_the\\_facts\\_2017\\_FINAL\\_for\\_website\\_one\\_page.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf). Consultado em 05-03-2018

Poyatos-Racionero, E., Ros-Lis, J. V., Vivancos, J.-L., & Martínez-Máñez, R. (2018). Recent advances on intelligent packaging as tools to reduce food waste. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3398–3409. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.11.075>

Rajendran, P., Subramani, P. A., & Michael, D. (2016). Polysaccharides from marine macroalga, *Padina gymnospora* improve the nonspecific and specific immune responses of *Cyprinus carpio* and protect it from different pathogens. *Fish & Shellfish Immunology*, 58, 220–228. <https://doi.org/10.1016/J.FSI.2016.09.016>

Regulamento (EC) No. 1935/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 Outubro de 2004 relativo aos materiais e objectos destinados a entrar em contacto com os alimentos e que revoga as Directivas 80/590/CEE e 89/109/CEE

Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 que estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal

Ribeiro, A. (2012). Avaliação de pescado congelado no posto de inspeção fronteiriço do porto de Leixões. Tese de Mestrado em Inovação Alimentar. Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa - Porto

Rocha, A. (2013). Avaliação da Qualidade do Polvo Congelado. Tese de mestrado em Engenharia Alimentar, Instituto Politécnico de Beja .

Rodrigues, D., Freitas, A. C., Pereira, L., Rocha-Santos, T. A. P., Vasconcelos, M. W., Roriz, M., Rodríguez-Alcalá, L. M., Gomes, A. M.P., Duarte, A. C. (2015). Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.057>

Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., & Diaz, O. (2012). Effects of edible coatings based on ultrasound-treated whey proteins in quality attributes of frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 14, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.12.003>

Roiha, I. S., Tveit, G. M., Backi, C. J., Jónsson, Á., Karlsdóttir, M., & Lunestad, B. T. (2018). Effects of controlled thawing media temperatures on quality and safety of pre-rigor frozen Atlantic cod (*Gadus morhua*). *LWT - Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.030>

Rojas, A. R., Ospina, A. A., Vélez, P. R., & Flãrez, R. A. (2019). ¿What is the new about food packaging material? A bibliometric review during 1996–2016. *Trends in Food Science & Technology*. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.01.016>

Sampels, S. (2015). The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. *Trends in Food Science and Technology*, 44(2), 131–146. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.003>

Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J., & Prinyawiwatkul, W. (2007). The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorboscha*) fillets during frozen storage. *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.03.009>

Schmidt, S. J., & Lee, J. W. (2009). How does the freezer burn our food? *Journal of Food Science Education*, 8(2), 45–52. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4329.2009.00072.x>

Silva, C. O., Simões, T., Novais, S. C., Pimparel, I., Granada, L., Soares, A. M. V. M., Barata, C., Lemos, M. F. L. (2017). Fatty acid profile of the sea snail *Gibbula umbilicalis* as a biomarker for coastal metal pollution. *Science of The Total Environment*, 586, 542–550. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.02.015>

Soares, N. M., Mendes, T. S., & Vicente, A. A. (2013). Effect of chitosan-based solutions applied as edible coatings and water glazing on frozen salmon preservation - A pilot-scale study. *Journal of Food Engineering*, 119(2), 316–323. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.05.018>

Socrier, L., Quéro, A., Verdu, M., Song, Y., Molinié, R., Mathiron, D., Pilard, S., Mesnard, F., Morandat, S. (2019). Flax phenolic compounds as inhibitors of lipid oxidation: Elucidation of their mechanisms of action. *Food Chemistry*, 274(February 2018), 651–658. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.126>

Svanevik, C. S., Roiha, I. S., Levsen, A., & Lunestad, B. T. (2015). Microbiological assessment along the fish production chain of the Norwegian pelagic fisheries sector –

Results from a spot sampling programme. *Food Microbiology*, 51, 144–153.  
<https://doi.org/10.1016/J.FM.2015.05.016>

Vala, M. O. (2016). Aplicação de revestimentos edíveis à base de subprodutos da indústria do pescado na preservação de atum fresco. Tese de mestrado gestão da qualidade e segurança alimentar, Escola superior de Turismo e Tecnologia do Mar

Vanderroost, M., Ragaert, P., Devlieghere, F., & De Meulenaer, B. (2014). Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science & Technology*, 39(1), 47–62.  
<https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2014.06.009>

Vaz-Pires, P. (2006). Tecnologia Do Pescado, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar- Universidade do Porto. Retirado de [http://www.icbas.up.pt/~vazpires/pessoal\\_files/tecnologia\\_pescado\\_files/PPapontam2006.pdf](http://www.icbas.up.pt/~vazpires/pessoal_files/tecnologia_pescado_files/PPapontam2006.pdf). consultado em 10-09-2018

Wheatley, R. (2000). Some recent trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 19, 617–628

Wikström, F., Williams, H., Verghese, K., & Clune, S. (2014). The influence of packaging attributes on consumer behaviour in food-packaging life cycle assessment studies - a neglected topic. *Journal of Cleaner Production*, 73, 100–108.  
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2013.10.042>

Xu, J. L., & Sun, D. W. (2017). Identification de la brûlure de congélation sur la surface du saumon congelé en utilisant l'imagerie hyperspectrale et la vision par ordinateur combinée avec l'algorithme d'apprentissage automatique. *International Journal of Refrigeration*, 74, 149–162. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.10.014>

Yang, M., Shi, J., & Xia, Y. (2018). Effect of SiO<sub>2</sub>, PVA and glycerol concentrations on chemical and mechanical properties of alginate-based films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107, 2686–2694.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.162>

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## **Errata:**

Dissertação de Mestrado de Gestão da qualidade e Segurança Alimentar

Autor: Sónia Patrícia Eustáquio Marques

Título: Desenvolvimento de Filmes Comestíveis com Base em Algas Marinhas para Salmão Congelado

Agradeço que considerem as alterações listadas abaixo:

### **Página 38:**

Onde se lê: Relativamente á atividade da água o pescado armazenado com filme de alginato não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente ao pescado fresco, apresentando diferenças relativamente ao filme de alginato e ao plástico. O pescado armazenado com filme de alginato e com plástico apresentam valores de  $a_w$  inferiores ás restantes amostras.

Devia ler-se: Relativamente á atividade da água o pescado armazenado com filme de alginato **com *S. muticum*** não apresenta diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) relativamente ao pescado fresco, apresentando diferenças relativamente ao filme de alginato e ao plástico. O pescado armazenado com filme de alginato e com plástico apresentam valores de  $a_w$  inferiores ás restantes amostras.

### **Página 45:**

Onde se lê: Quanto á perda de água durante a cozedura (CL) verificam-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de CL no pescado armazenado com filme de alginato com extrato de algas, apresentando menor perda de água comparativamente com o pescado armazenado com filme de alginato e também com plástico.

Devia ler-se: Quanto á perda de água durante a cozedura (CL) verificam-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) de CL no pescado armazenado com filme de alginato com extrato de algas, apresentando **maior** perda de água comparativamente com o pescado armazenado com filme de alginato e também com plástico.

**Pagina 40:**

Onde se lê: Em termos de quantidade de matéria gorda total no pescado não se verificam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos vários filmes usados para conservar o pescado, no entanto verificam-se valores inferiores de gordura no pescado onde foi aplicado o filme de alginato e o filme de alginato com extrato de *G. turuturu* (Tabela 10).

Devia ler-se:: Em termos de quantidade de matéria gorda total no pescado não se verificam diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) em relação aos vários filmes usados para conservar o pescado, no entanto verificam-se valores inferiores de gordura no pescado onde foi aplicado o **plástico** e o filme de alginato com extrato de *G. turuturu* (Tabela 10).

**Pagina 41:**

Onde se lê:

<b>Amostra</b>	<b>LPO Nmol.mg ww</b>	<b>% Gordura total</b>	<b>Saturados (g/100g amostra)</b>	<b>Monoinsaturados (g/100g amostra)</b>	<b>Polinsaturados (g/100g amostra)</b>
<b>S T0</b>	0,0007* # $\pm 5 \times 10^{-4}$	11,44 $\pm 4,65$	2,55 $\pm 0,94$	8,58 $\pm 3,65$	4,27 $\pm 1,87$
<b>SALS</b>	0,0016 <sup>t</sup> $\pm 4 \times 10^{-4}$	13,28 $\pm 6,12$	3,22 $\pm 1,51$	10,59 $\pm 5,62$	6,42 $\pm 2,76$
<b>SALG</b>	0,0019 <sup>#t</sup> $\pm 9 \times 10^{-4}$	8,56 $\pm 3,69$	1,90 <sup>P</sup> $\pm 0,65$	7,14 $\pm 3,34$	3,64 <sup>P</sup> $\pm 1,88$
<b>SAL</b>	0,0018 <sup>t</sup> $\pm 6 \times 10^{-4}$	9,14 $\pm 3,03$	2,59 $\pm 0,73$	7,75 $\pm 4,43$	4,08 $\pm 1,83$
<b>SP</b>	0,0015 <sup>t</sup> $\pm 5 \times 10^{-4}$	11,60 $\pm 3,29$	2,02 $\pm 0,66$	7,48 $\pm 2,54$	5,48 $\pm 1,48$

Devia ler-se:

<b>Amostra</b>	<b>LPO Nmol.mg ww</b>	<b>% Gordura total</b>	<b>Saturados (g/100g amostra)</b>	<b>Monoinsaturados (g/100g amostra)</b>	<b>Polinsaturados (g/100g amostra)</b>
<b>S T0</b>	0,0007* # $\pm 5 \times 10^{-4}$	11,44 $\pm 4,65$	2,55 $\pm 0,94$	8,58 $\pm 3,65$	4,27 $\pm 1,87$
<b>SALS</b>	0,0016 <sup>t</sup> $\pm 4 \times 10^{-4}$	13,28 $\pm 6,12$	3,22 $\pm 1,51$	10,59 $\pm 5,62$	6,42 $\pm 2,76$
<b>SALG</b>	0,0019 <sup>#t</sup> $\pm 9 \times 10^{-4}$	8,56 $\pm 3,69$	1,90 <sup>P</sup> $\pm 0,65$	7,14 $\pm 3,34$	3,64 <sup>P</sup> $\pm 1,88$
<b>SAL</b>	0,0018 <sup>t</sup> $\pm 6 \times 10^{-4}$	<b>11,60 <math>\pm 3,29</math></b>	2,59 $\pm 0,73$	7,75 $\pm 4,43$	4,08 $\pm 1,83$
<b>SP</b>	0,0015 <sup>t</sup> $\pm 5 \times 10^{-4}$	<b>9,14 <math>\pm 3,03</math></b>	2,02 $\pm 0,66$	7,48 $\pm 2,54$	5,48 $\pm 1,48$