

# Desenvolvimento de análogos de peixe à base de proteína vegetal (*Plant-based seafood*)

Catarina Filipa Pedrosa Santos

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Departamento de Química e Bioquímica

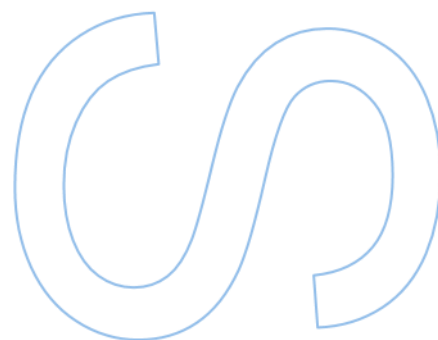
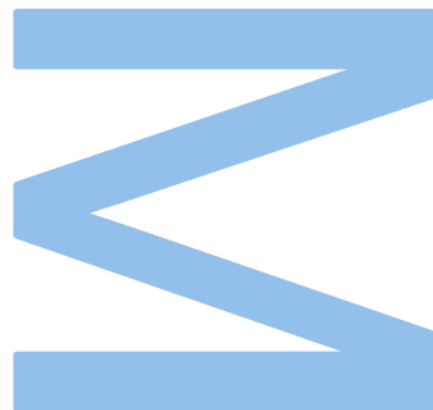
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e

Escola de Engenharia da Universidade do Minho

2024



Universidade do Minho



# Desenvolvimento de análogos de peixe à base de proteína vegetal (*Plant-based seafood*)

**Catarina Filipa Pedrosa Santos**

Relatório de estágio para obtenção do grau de Mestre em  
Tecnologia e Ciência Alimentar  
Departamento de Química e Bioquímica  
2024

**Orientador**

Prof. Doutor Paulo Vaz-Pires, Professor Catedrático,  
ICBAS - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, U.Porto

**Supervisor externo**

Eng.º Adriano Simões, Engenheiro de Processo, Qualidade e  
Segurança, New Foods Company



*“Don’t let your dreams just be dreams” – Kim Taehyung*

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço de coração à minha família. Sem a paciência e o amor incondicional de cada um de vocês, este trabalho não seria possível. Ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã que sempre acreditaram em mim e me incentivaram a lutar pelos meus objetivos. Vocês são a base de tudo o que conquistei até agora.

Ao meu Ruquinha, o meu maior amor e cúmplice, serás sempre a minha memória mais feliz. Carrego um bocadinho de ti em tudo o que faço.

Ao Francisco, por todo o carinho e companheirismo ao longo desta caminhada, o teu apoio foi fundamental.

À Bárbara, Mariana, Francisca e Érica, obrigada pela amizade, pelos “teas” e por todos os momentos partilhados, que encheram este percurso de alegria e o tornaram mais leve. Não teria sido o mesmo sem vocês, e que assim seja por muitos mais anos.

A todos os meus amigos, que me acompanharam nesta jornada e tornaram possível a sua concretização.

À New Foods Company e aos seus colaboradores, pela forma calorosa como me acolheram e ao Adriano por todo o conhecimento partilhado.

E por fim, agradeço aos meus professores e à instituição de ensino, em especial, ao Professor Doutor Paulo Vaz-Pires por toda a disponibilidade e orientação prestadas. É sem dúvida uma inspiração.

Este estágio representou uma etapa importante e desafiadora na minha vida e não teria sido possível sem o apoio e a colaboração de cada um de vocês.

# Resumo

Este relatório resulta do estágio curricular efetuado como parte integrante do Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, em conjunto com a Universidade do Minho, na empresa *New Foods Company*, localizada na Maia, no período de 8 de janeiro de 2024 a 8 de maio de 2024. A investigação e aplicação de conhecimentos sobre a produção de análogos de peixe através da extrusão húmida foram o principal objetivo. Este conhecimento foi posteriormente aplicado na otimização do processo.

Efetuar-se pesquisas sobre a constituição de um análogo de peixe. Analisou-se a influência de diferentes ingredientes presentes na formulação (proteínas e fibras de várias origens, aromas e corantes) no produto final. Melhoraram-se aspetos como a aparência, o sabor e a textura.

Foram também conduzidas pesquisas sobre o funcionamento de uma extrusora, de modo a compreender melhor o que ocorre na zona de alimentação, zona de mistura, zona de fusão e zona de arrefecimento adiante designada como *cooling die*. Alteraram-se variáveis como a temperatura de extrusão.

Após a exposição das conclusões obtidas, foram feitas propostas para resolver os problemas identificados com a alteração das diversas variáveis e, assim tornar o processo mais eficaz para garantir a qualidade do produto final.

Palavras-chave: extrusão, análogos de peixe, proteínas, cor, textura, salmão, atum

# Abstract

This report is the result of a curricular internship carried out as part of the master's degree in Technology and Food Science at the Faculty of Sciences of the University of Porto, in collaboration with the University of Minho, at the company New Foods Company, located in Maia, from January 8th, 2024, to May 8th, 2024. To investigate and apply knowledge about the production of fish analogues through wet extrusion, was the main objective. This knowledge was later used to optimize the process.

Research was conducted on the composition of a fish analogue. The influence of different ingredients in the formulation (proteins and fibres from various sources, flavours, and colorants) on the final product was analysed. Aspects such as appearance, taste, and texture were improved.

Research was also conducted on the operation of an extruder to understand better what happens in the feeding zone, mixing zone, melting zone, and cooling zone, referred to as the cooling die. Variables such as extrusion temperature were altered.

After presenting the conclusions obtained, proposals were made to address the problems identified with the alteration of various variables, making the process more effective to ensure the quality of the final product.

Keywords: extrusion, fish analogues, proteins, colour, texture, salmon, tuna

# Índice

|   |     |
|---|-----|
| Lista de Tabelas .....                      | v   |
| Lista de Figuras .....                      | vi  |
| Lista de Abreviaturas.....                  | vii |
| 1. Introdução.....                          | 1   |
| 1.1. New Foods Company .....                | 1   |
| 1.2. Importância do pescado .....           | 2   |
| 1.3. Pescas .....                           | 2   |
| 1.4. Aquacultura.....                       | 4   |
| 1.5. Sustentabilidade .....                 | 5   |
| 1.6. Alternativas alimentares .....         | 7   |
| 1.7. Produção atual da NFC .....            | 9   |
| 2. Objetivos.....                           | 12  |
| 3. Métodos.....                             | 13  |
| 3.1. Processo de Extrusão.....              | 16  |
| 3.2. Composição dos Análogos de Peixe ..... | 17  |
| 4. Resultados e Discussão.....              | 21  |
| 4.1. Linha de Produção da NFC .....         | 21  |
| 4.2. Otimização do Atum Vegetal .....       | 23  |
| 4.3. Otimização do Salmão Vegetal .....     | 25  |
| 4.4. Desafios Enfrentados .....             | 27  |
| 5. Conclusão.....                           | 29  |
| 6. Propostas Futuras .....                  | 30  |
| 7. Bibliografia.....                        | 31  |
| Anexo I.....                                | 35  |

## Lista de Tabelas

|                |    |
|----------------|----|
| Tabela 1 ..... | 10 |
| Tabela 2 ..... | 10 |
| Tabela 3 ..... | 11 |
| Tabela 4 ..... | 11 |

# Lista de Figuras

|                 |    |
|-----------------|----|
| Figura 1.....   | 4  |
| Figura 2.....   | 6  |
| Figura 3.....   | 6  |
| Figura 4.....   | 8  |
| Figura 5.....   | 9  |
| Figura 6.....   | 9  |
| Figura 7.....   | 9  |
| Figura 8.....   | 15 |
| Figura 9.....   | 17 |
| Figura 10 ..... | 17 |
| Figura 11 ..... | 35 |
| Figura 12 ..... | 22 |
| Figura 13 ..... | 24 |
| Figura 14 ..... | 25 |
| Figura 15 ..... | 25 |
| Figura 16 ..... | 26 |
| Figura 17 ..... | 27 |
| Figura 18 ..... | 28 |
| Figura 19 ..... | 28 |

## Lista de Abreviaturas

|     |   |
|-----|---|
| POM | PRODUTOS DE ORIGEM MARINHA                                      |
| NFC | NEW FOODS COMPANY   |
| PBS | PLANT-BASED SEAFOOD (PRODUTOS DE ORIGEM MARINHA À BASE VEGETAL) |
| PVT | PROTEÍNA VEGETAL TEXTURIZADA                                    |

# 1. Introdução

O pescado, proveniente tanto da pesca marítima como da aquacultura, destaca-se como uma fonte crucial de proteínas e nutrientes essenciais para a dieta humana e a sua importância transcende os limites da alimentação, uma vez que também desempenha um papel crucial na preservação dos ecossistemas aquáticos. A pesca e a aquacultura desempenham um papel fundamental na oferta global de alimentos, desencadeando uma série de impactos significativos em diversos setores. No entanto, o aumento da procura por produtos pesqueiros e a exploração excessiva de recursos têm levantado preocupações sobre a sustentabilidade deste setor.

É importante encontrar o equilíbrio entre a oferta de pescado e a conservação dos recursos marinhos para garantir que as gerações futuras também possam usufruir desses benefícios. Deste modo, a indústria alimentar tem vindo a desenvolver opções que não só atendam às necessidades nutricionais, mas também sejam ecologicamente responsáveis, os análogos de peixe, à base de proteínas vegetais. A procura por soluções inovadoras e sustentáveis é essencial para enfrentar os desafios crescentes e assegurar um equilíbrio entre as necessidades humanas e a conservação ambiental.

## 1.1. New Foods Company

A *New Foods Company* está localizada na cidade da Maia, no distrito do Porto, Portugal, e foi fundada em 2019, iniciando as suas operações em 2020. No presente, a *New Foods Company (NFC)* é uma *start-up* em ascensão, especializada em alternativas vegetais à carne e ao peixe, oferecendo diversas opções de alimentos. A missão da *NFC* concentra-se em satisfazer as expectativas dos consumidores que procuram substitutos de carne ou peixe, apresentando produtos que se assemelhem verdadeiramente ao original. A visão da empresa baseia-se em proporcionar opções variadas para diversos tipos de consumidores, como por exemplo, vegetarianos e *vegan*, promovendo assim um estilo de vida mais saudável e sustentável (*New Foods Company, s.d.*).

Esta empresa aposta na confeção de produtos com sabores neutros, permitindo aos seus clientes personalizarem as suas refeições com as especiarias desejadas. Esta opção proteica pode ser facilmente incorporada em diversas receitas, desde saladas e massas a pratos mais complexos. Assim, a característica distintiva dos produtos da *NFC* é a flexibilidade.

## 1.2. Importância do pescado

Este setor desempenha um papel crucial na segurança alimentar de comunidades em todo o mundo, proporcionando não apenas uma fonte de nutrição, mas também uma forma de sustento económico para milhões de pessoas.

Nos últimos 50 anos, o consumo global anual de produtos de origem marinha (POM) por pessoa aumentou mais do dobro, passando de quase 10 kg em 1960 para mais de 20 kg em 2014, ao que tudo indica, o consumo de POM irá atingir 21,4 kg em 2030, em comparação com os 20,2 kg em 2020. No entanto, a taxa média de crescimento anual do consumo por pessoa de POM diminuirá de 1,0% no período de 2010 a 2020 para 0,6% no período de 2020 a 2030 (FAO 2022a). As proteínas provenientes de POM representam um componente nutricional essencial em muitos países, especialmente nos quais os níveis totais de ingestão de proteínas são baixos. Em 2019, os POM forneceram a 3,3 mil milhões de pessoas pelo menos 20% da sua ingestão média de proteína animal, a nível mundial, cerca de 17% das proteínas de origem animal e 7% de todas as proteínas (FAO 2022b). Deste modo, as pescas e a aquacultura contribuem de forma vital para a segurança alimentar, sendo uma fonte direta de proteínas, micronutrientes e ácidos gordos indispensáveis, e também indiretamente através do emprego e renda para a aquisição de alimentos (Godfray *et al.* 2010; Garcia and Rosenberg 2010). Entende-se por produtos de origem marinha, peixes, crustáceos e moluscos e outros organismos marinhos que são consumidos como alimentos.

Cada vez mais se reconhece a importância do papel que o consumo de POM desempenha no combate à desnutrição (Bogard *et al.*, 2019). A nível mundial, com base nas tendências observadas e dados existentes em relação à oferta de POM, podemos concluir que estes contribuem com aproximadamente 17% da fonte de alimentos de origem animal consumidos, e esta percentagem é ainda mais elevada em determinados países (renda baixa e média) (FAO 2022b). Em 2019, Portugal foi o maior consumidor por pessoa, de pescado na União Europeia (59,9 kg por habitante) (EUROSTAT, 2022) e um dos maiores do mundo (EUMOFA, 2021).

## 1.3. Pescas

Ao longo dos séculos, a pesca tem sido uma atividade essencial para a subsistência das pessoas, fornecendo alimentos, meios de subsistência e uma conexão profunda com o meio ambiente aquático. No entanto, à medida que a população mundial aumenta, a procura por POM também aumenta. As capturas globais da pesca

aumentaram durante a década de 1990, atingindo mais de 90 milhões de toneladas em 1994, estabilizando posteriormente, o esperado é aumentar cerca de 6%, atingindo 96 milhões de toneladas em 2030 (FAO 2022c). Isto leva a preocupações sobre os ecossistemas marinhos, a sobrepesca, uma ameaça crescente à biodiversidade dos oceanos e ao bem-estar de comunidades que dependem da pesca, é o resultado da exploração desenfreada dos recursos pesqueiros. Para garantir a preservação dos recursos marinhos e o equilíbrio essencial dos ecossistemas aquáticos é fundamental explorar e promover práticas sustentáveis neste contexto.

Um dos grandes problemas atuais da pesca é a captura acessória (captura não intencional de espécies não-alvo, como golfinhos, tartarugas marinhas e aves marinhas) e os métodos de pesca que mais frequentemente resultam nesta captura são os palangres, a pesca de arrasto e o uso de redes de emalhar. Os palangres são um método de pesca comercial que tem como alvos principais o peixe-espada, o atum e o linguado, onde centenas ou milhares de anzóis com iscos são colocados em intervalos ao longo de uma única linha de pesca. Os anzóis são problemáticos para as tartarugas marinhas quando engolidos, resultando na maioria dos casos na sua morte, tubarões e atuns juvenis também são frequentemente pescados. Com a pesca de arrasto, os barcos arrastam grandes redes ao longo do fundo do mar, apanhando quase tudo no seu caminho. Podem danificar recifes de coral e, em profundidades rasas, apanhar tartarugas marinhas. As redes de emalhar são redes de malha que permitem que os peixes passem com a cabeça e as coberturas branquiais por um buraco na malha e, de seguida, fiquem presos quando tentam recuar, podem ter vários quilómetros de comprimento e até 30 metros de profundidade. A captura acessória ocorre porque estas redes também capturam tudo o que seja maior do que a malha da rede, incluindo peixes juvenis, tubarões, aves marinhas, tartarugas marinhas e cetáceos (baleias, golfinhos, botos). As redes são muito difíceis de ver, misturando-se perfeitamente com a água e difíceis para os cetáceos detetarem por ecolocalização, redes de emalhar que se perdem no mar raramente são recuperadas e podem continuar a capturar animais marinhos durante anos. Estima-se que mais de 300 000 pequenas baleias, golfinhos e botos morram por enredamento em redes de pesca a cada ano, tornando-se esta a maior causa de mortalidade para pequenos cetáceos (World Wildlife Fund, s.d.).

## 1.4. Aquacultura

A produção global da aquacultura aumentou mais do que o dobro durante a década de 1990, com um crescimento anual de 10%, diminuindo para 6% no período de 2000 a 2014. Em 2020, esta produção atingiu um recorde de 122,6 milhões de toneladas (FAO 2022c). Atualmente, a aquacultura enfrenta alguns desafios, sendo um deles, a perturbação do ecossistema marinho, por exemplo, os peixes pelágicos, normalmente utilizados como alimentos para animais, não só ameaçam o ecossistema marinho, mas também impedem indiretamente o crescimento da pesca de captura selvagem. Outro desafio é o uso de produtos químicos na aquacultura: antibióticos e pesticidas, que são frequentemente usados para gestão de doenças. Pode-se dizer que a aquacultura é capaz de gerar resíduos orgânicos e poluição, o que causa impactos negativos no ecossistema aquático e reduz a produtividade da mesma (Zhong *et al.* 2023).

Num contexto de sustentabilidade, a aquacultura surge como uma alternativa viável e sustentável para suprir a crescente procura por pescado. A criação controlada de organismos aquáticos permite uma produção mais eficiente e ambientalmente consciente, minimizando os impactos negativos na biodiversidade e nos ecossistemas marinhos. Pode-se observar os possíveis impactos ambientais da aquacultura na figura 1.

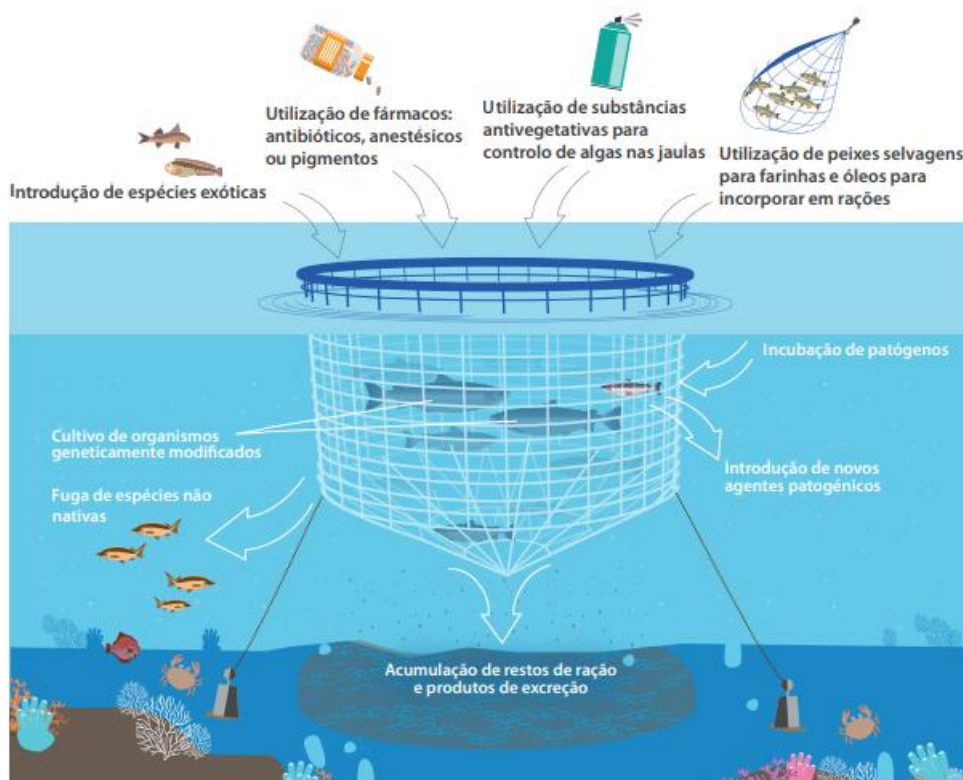


Figura 1 - Possíveis impactos ambientais da aquacultura (Fonte: Dinis *et al.* 1998).

## 1.5. Sustentabilidade

Devido às necessidades crescentes do mundo moderno num mundo em constante evolução, a sustentabilidade surge como uma resposta importante. É necessário repensar o nosso modo de vida, produção e consumo à medida que a população mundial aumenta juntamente com os desafios ambientais. A sustentabilidade não é apenas uma ideia relacionada ao meio ambiente, é também uma abordagem integral que visa equilibrar as bases económica, social e ambiental. A procura de práticas sustentáveis na economia leva à inovação, à eficiência de recursos e ao desenvolvimento de modelos de negócios responsáveis. A sustentabilidade social visa garantir que as gerações atuais e futuras vivam com equidade, inclusão e qualidade de vida. A preservação dos ecossistemas, a redução das emissões de carbono, o uso responsável dos recursos naturais e a promoção da biodiversidade são os principais objetivos da sustentabilidade ambiental. Posto isto, a sustentabilidade é essencial para minimizar os efeitos e construir um futuro mais resistente à medida que enfrentamos problemas como a degradação ambiental, escassez de recursos e alterações climáticas. As ações individuais e coletivas são essenciais para um mundo onde tudo está interligado.

De acordo com a ONU, a população mundial atual, atingiu os 8 mil milhões a 15 de novembro de 2022 e irá aumentar para aproximadamente 10 mil milhões até 2050 (Público e Lusa, 2023). Este aumento rápido da população irá resultar numa procura substancialmente maior por alimentos à escala global e um aumento na produção alimentar a partir de pescas sustentáveis é improvável (Garcia and Grainger 2005). Estima-se que 35,6% das reservas mundiais de peixe selvagem estão a ser exploradas além da sua capacidade sustentável de reprodução e regeneração da espécie, 57,3% totalmente exploradas e apenas 7,2% não estão a ser exploradas na sua capacidade máxima (FAO 2022b). Diversificar as preferências alimentares é importante, pois tem o potencial de reduzir a pressão sobre os ecossistemas marinhos, principalmente em Portugal, onde se confirmou através dos resultados observados da pegada ecológica e nas figuras 2 e 3, que Portugal é único na região do Mediterrâneo, uma vez que a sua pegada alimentar é impulsionada pelo consumo de peixe e marisco, enquanto a maioria dos outros países, o principal impulsionador é a carne (Murthy *et al.* 2023).

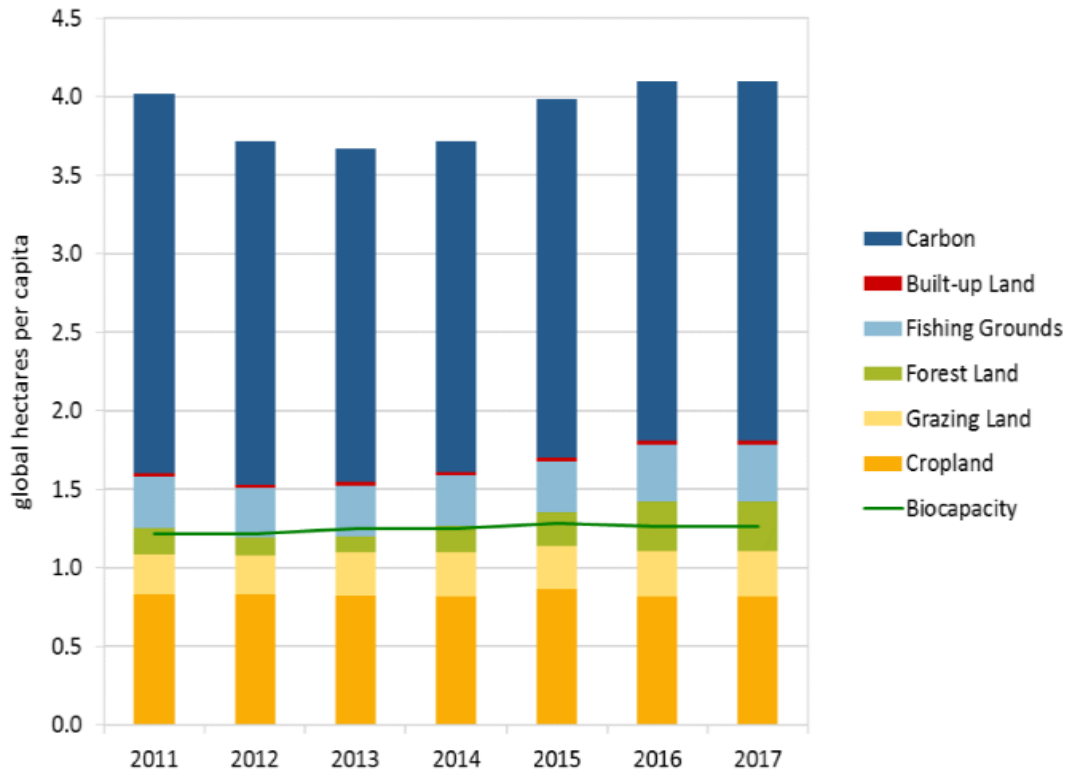


Figura 2 - Pegada ecológica por pessoa de acordo com o tipo de pegada (colunas coloridas) e a bio capacidade (linha verde-escuro) de Portugal entre 2011 e 2017 (Fonte: Murthy, 2023).

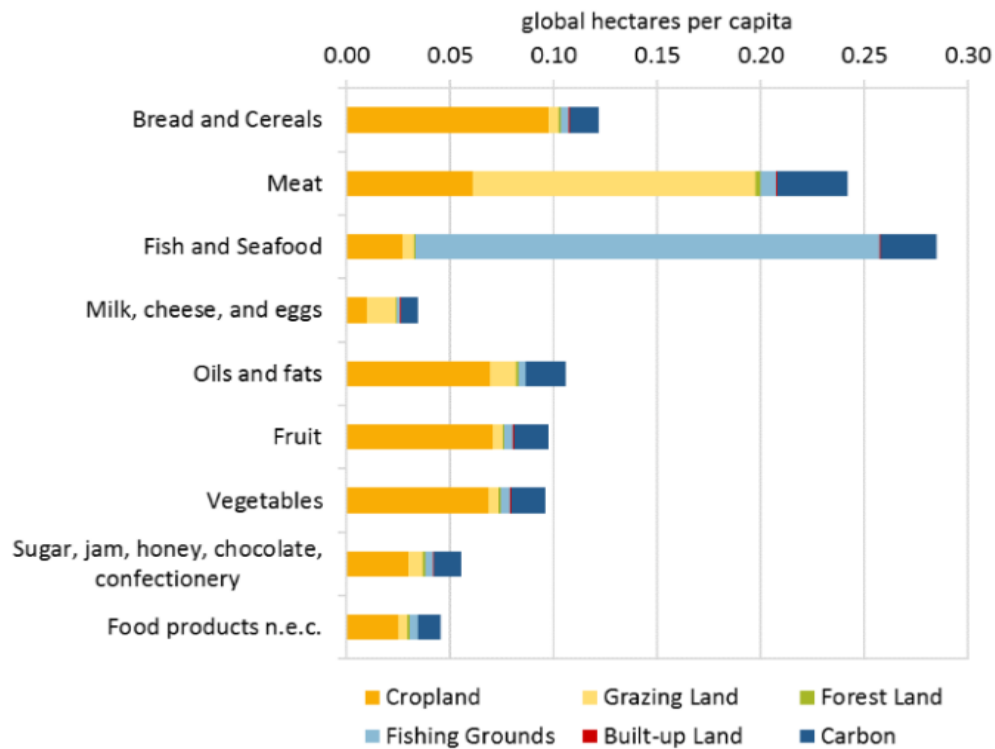


Figura 3 - Pegada ecológica por pessoa de vários alimentos de acordo com o tipo de pegada em Portugal em 2014 (Fonte: Murthy, 2023).

## 1.6. Alternativas alimentares

O mercado dos produtos alternativos ao peixe e à carne, à base de proteína vegetal, tem vindo a crescer ao longo dos anos (Boukid *et al.*, 2022). Principalmente os análogos de POM que mimetizam a sua estrutura, textura e propriedades sensoriais, constituem uma nova e crescente área inovadora no mundo dos análogos à base de proteína vegetal. As estratégias e técnicas aplicadas na produção dos análogos de carne podem inspirar a produção de análogos de peixe, com as devidas modificações e otimizações necessárias. Estas modificações derivam das diferenças entre a carne de peixe e a carne de mamíferos em termos de composição química, estrutura, textura e outras propriedades sensoriais. A composição química do produto final deve assemelhar-se ao máximo à do produto que se pretende imitar, para proporcionar ao consumidor uma composição nutricional semelhante ou até melhor. Além disso, a composição química deve permitir ou facilitar o processo de texturização e conferir as propriedades estruturais e sensoriais desejadas ao produto final, proporcionando uma experiência de consumo satisfatória (Boukid, 2021).

Foi na China, há mais de 2000 mil anos que os produtos proteicos vegetais tiveram origem através da produção de *tofu* (fermentado de soja coagulado e coalhado, que origina um bloco branco sólido). Posteriormente, o *tempeh* e o *seitan*, são produtos que aparecem no mercado. São considerados como alternativas à carne, mas não como substitutos da carne. Neste contexto, nasce a proteína vegetal texturizada (PVT), concebida por extrusão através de um processo de fusão da mistura de proteínas diversas, que atribui características idênticas às da carne (textura). Isto permitiu a produção de análogos de carne como por exemplo salsichas, hambúrgueres, *bacon* e carne picada (He *et al.*, 2020).

A extrusão húmida, também conhecida como *wet extrusion* utiliza níveis de humidade superiores a 40% (Akdogan, 1999). A extrusão húmida é um processo bastante versátil, que tem um custo relativamente baixo e elevada eficiência energética. Este processo exige um controlo na fase de arrefecimento após ocorrer a fusão dos ingredientes, de maneira a não ocorrer a evaporação da água existente no produto, uma vez que no *cooling die*, temperaturas muito altas no momento de arrefecimento provocam a perda da mesma no produto. Deste modo, o produto desfaz-se em pequenos fragmentos (Schmid *et al.*, 2022). É de salientar que extrusão e extrusão húmida são processos diferentes, dado à ausência ou presença de humidade, respetivamente.

Em Portugal, de acordo com o estudo “*The Green Revolution Portugal*”, verificou-se um aumento tanto no consumo de produtos de origem vegetal, como no número de *vegans*,

vegetarianos e flexitarianos, o que em 2021 revela ser perto de 9% da população, o que equivale a 760 mil portugueses (Lantern Papers, 2022). Para ajudar a entender melhor o consumo de *plant-based seafood (PBS)*, é importante ter uma noção do mercado do próprio peixe em si. Questões como a espécie de peixe mais comprada e quais os fatores que influenciam a sua compra são cruciais para a formulação de novos produtos. As figuras 4 e 5 permitem avaliar essas questões.

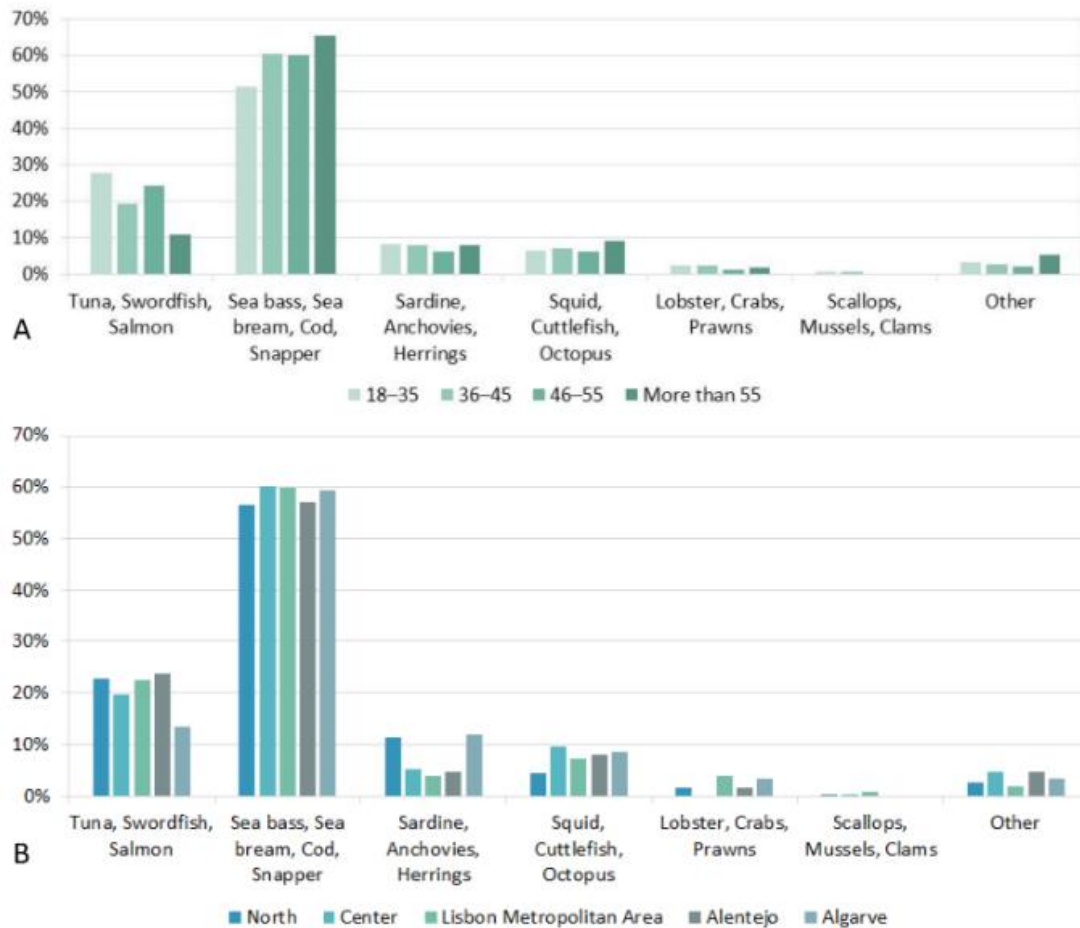


Figura 4 - Principais tipos de POM de acordo com (A) faixa etária e (B) local de residência (Fonte: Murthy, 2023).

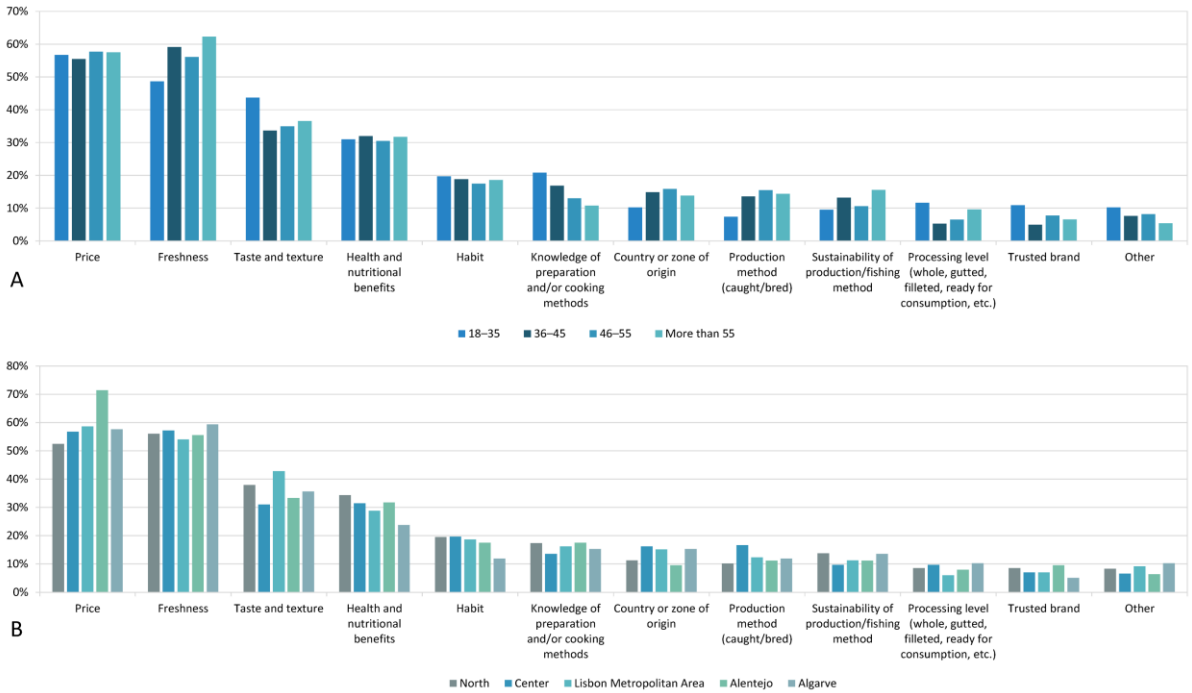


Figura 5 - Fatores importantes no momento da compra de POM de acordo com (A) idade e (B) local de residência (Fonte: Murthy, 2023).

### 1.7. Produção atual da NFC

A *New Foods Company* produz no momento dois tipos de análogos de peixe que apresentam cores e sabores distintos. A marca para a qual a NFC produz e comercializa análogos de peixe, nomeadamente salmão e atum, é a *Hooked Foods*. As embalagens comerciais destes produtos podem ser observadas nas figuras 6 e 7, respetivamente, de salmão e atum.

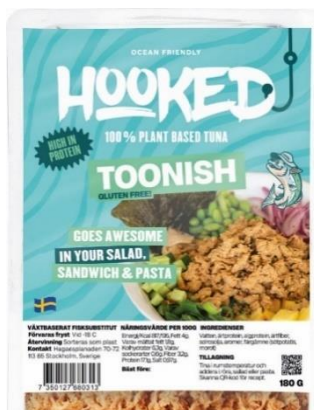


Figura 6 - Embalagem exemplo de substituto vegetal de atum.

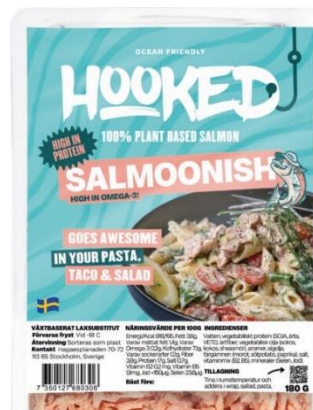


Figura 7 - Embalagem exemplo de substituto vegetal de salmão.

A declaração nutricional de um análogo de peixe de atum da NFC está representada na tabela 1, é relevante salientar que apresenta um valor proteico alto de 17,1 g, com 3,2 g de fibras numa porção de 100 g.

Tabela 1 - Declaração nutricional de um análogo de atum da NFC.

| <b>Composição nutricional/ (100 g)</b> |         |
|--|---------|
| <b>Valor Energético / (Kcal/KJ)</b>    | 195/817 |
| <b>Lípidos totais</b>                  | 4       |
| <b>Ácidos gordos saturados</b>         | 1,8     |
| <b>Hidratos de carbono</b>             | 6,3     |
| <b>Açúcares</b>                        | 0,6     |
| <b>Fibra</b>                           | 3,2     |
| <b>Proteínas</b>                       | 17,1    |
| <b>Sal</b>                             | 1       |

A declaração nutricional de 100 g de atum pode ser observada na tabela 2. O análogo de peixe de atum apresenta não só um valor superior de fibras, mas também valores calóricos de lípidos, hidratos de carbono e sal superiores ao do atum. Já o valor de proteína é inferior ao do atum. Ao equiparar a declaração nutricional da tabela 1 com a tabela 2, conclui-se que estes são produtos comparativamente idênticos a nível nutricional.

Tabela 2 - Declaração nutricional de 100 g de atum (Fonte: Calorias em atum (e factos nutricionais), s.d.)

| <b>Quantidade</b>      | <b>100 g</b>              |
|------------------------|---------------------------|
| <b>Por porção</b>      |                           |
| <b>Energia</b>         | <b>452 kj</b><br>108 kcal |
| <b>Carboidratos</b>    | <b>0g</b>                 |
| Açúcar                 | 0g                        |
| <b>Proteínas</b>       | <b>23,38g</b>             |
| <b>Gorduras</b>        | <b>0,95g</b>              |
| Gordura Saturada       | 0,235g                    |
| Gordura Monoinsaturada | 0,154g                    |
| Gordura Poliinsaturada | 0,284g                    |
| Colesterol             | 45mg                      |
| Fibras                 | 0g                        |
| Sódio                  | 37mg                      |
| Potássio               | 444mg                     |

A declaração nutricional de um análogo de peixe de salmão da NFC pode ser observada na tabela 3, é relevante salientar o alto valor proteico de 17 g, com 3,8 g de fibras numa porção de 100 g.

Tabela 3 - Declaração nutricional de um análogo de salmão da NFC.

| <b>Composição nutricional/ (100 g)</b> |         |
|--|---------|
| <b>Valor Energético / (Kcal/KJ)</b>    | 195/818 |
| <b>Lípidos totais</b>                  | 3,6     |
| <b>Ácidos gordos saturados</b>         | 1,4     |
| <b>Hidratos de carbono</b>             | 7,1     |
| <b>Açúcares</b>                        | 0,1     |
| <b>Fibra</b>                           | 3,8     |
| <b>Proteínas</b>                       | 17      |
| <b>Sal</b>                             | 0,7     |

A declaração nutricional de 100 g de salmão pode ser observada na tabela 4. O análogo de peixe de salmão tem um valor de fibras, hidratos de carbono e sal superior ao salmão e valores calóricos de lípidos e de proteína inferiores. Ao equiparar a declaração nutricional da tabela 3 com a tabela 4, é possível entender que estes são produtos comparativamente idênticos a nível nutricional.

Tabela 4 - Declaração nutricional de 100 g de salmão (Fonte: Calorias em atum (e fatos nutricionais), s.d.).

| <b>Quantidade</b>      | <b>100 g</b>              |
|------------------------|---------------------------|
| <b>Por porção</b>      |                           |
| <b>Energia</b>         | <b>611 kJ</b><br>146 kcal |
| <b>Carboidratos</b>    | <b>0g</b>                 |
| Açúcar                 | 0g                        |
| <b>Proteínas</b>       | <b>21,62g</b>             |
| <b>Gorduras</b>        | <b>5,93g</b>              |
| Gordura Saturada       | 1,26g                     |
| Gordura Monoinsaturada | 2,134g                    |
| Gordura Poliinsaturada | 1,992g                    |
| Colesterol             | 45mg                      |
| Fibras                 | 0g                        |
| Sódio                  | 46mg                      |
| Potássio               | 423mg                     |

## 2. Objetivos

Este trabalho teve como principal propósito acompanhar o funcionamento de uma fábrica de produção alimentar que produz análogos de peixe e de carne, assim como explorar e aplicar conhecimentos relacionados à fabricação de análogos de peixe à base de proteína vegetal, utilizando uma tecnologia relativamente recente em Portugal, a extrusão húmida. Inicialmente, procurou-se entender o contexto mundial em que nos encontramos e as suas implicações para a sustentabilidade ambiental.

Posteriormente, a pesquisa foi direcionada para uma análise aprofundada do processo de extrusão húmida, abrangendo os equipamentos necessários, o seu funcionamento e a composição dos análogos de peixe, incluindo proteínas, glúten, fibras, entre outros elementos. Assim como todas as etapas relativas ao funcionamento da empresa, desde o contacto com o cliente até à expedição do produto final, acompanhando todo o processo, em específico, da produção de atum e salmão vegan.

Outro dos objetivos foi o aprimoramento do produto e otimização do processo, tornando-o mais eficiente, visando aprimorar a estabilidade do processo e a qualidade dos análogos de peixe produzidos e reduzir o desperdício dos mesmos, tornando o processo mais sustentável. Por fim, foram examinadas as modificações implementadas e a sua contribuição para o aprimoramento dos produtos.

### 3. Métodos

Inicialmente, foram conduzidas análises detalhadas sobre o funcionamento da extrusora, abordando parâmetros cruciais como temperatura, pressão e velocidade de rotação dos fusos. Esta fase teve como objetivo identificar as variáveis que mais impactam a qualidade final dos análogos de peixe, permitindo compreender as nuances do processo de extrusão e como essas variáveis afetam características sensoriais e nutricionais. Paralelamente, trabalhou-se no processo de desenvolvimento do produto, desde a formulação inicial até à produção dos protótipos (produtos teste). A coleta de dados em todas as etapas garantiu uma melhor compreensão dos desafios e oportunidades, possibilitando intervenções estratégicas para melhorar a eficiência e a qualidade dos análogos de peixe. Com base nos dados coletados e no conhecimento aprofundado do funcionamento da extrusora, passa-se para a otimização de parâmetros-chave, tais como, ajustes na temperatura, pressão e velocidade de extrusão para garantir uma produção consistente e eficiente. A otimização destes parâmetros foi essencial para maximizar a qualidade do produto final e minimizar o desperdício durante o processo de fabricação.

A interação com os clientes desempenhou um papel crucial no desenvolvimento de produtos alinhados com as expectativas do mercado. Ao participar ativamente em reuniões com os clientes, de modo a entender as suas preferências, requisitos específicos e *feedbacks* sobre os produtos de teste apresentados. Esta abordagem centrada no cliente foi integrada no processo de otimização, garantindo que as melhorias feitas na extrusora estivessem alinhadas com as necessidades e desejos dos consumidores. Após a implementação das otimizações na extrusora e a integração do *feedback* dos clientes, foi realizada uma análise comparativa entre os produtos antes e depois das modificações. A avaliação dos resultados permitiu medir a eficácia das mudanças implementadas e fornecer *insights* valiosos para futuras alterações do processo. Desta forma, ao combinar a compreensão do funcionamento da extrusora com o acompanhamento do desenvolvimento do produto e a participação ativa nas interações com os clientes, foi possível uma análise constante que garantiu não apenas a eficiência operacional, mas também a satisfação do cliente e a produção sustentável de análogos de peixe de alta qualidade.

O processo de produção de análogos de peixe da empresa inicia-se com a receção de ingredientes onde se efetua uma inspeção visual dos ingredientes e das condições de armazenamento dos mesmos. De seguida, ocorre a receção da água proveniente da rede pública e a receção das embalagens, é efetuada uma inspeção visual das mesmas e das condições onde são armazenadas, assim como a verificação das fichas técnicas. Após o armazenamento em local seco e à temperatura ambiente dos ingredientes e embalagens, ocorre a pesagem dos diferentes ingredientes a utilizar no processo. Estes são posteriormente colocados no equipamento misturador que cria uma mistura homogénea. Ocorre o transporte por força de vácuo da receita para os silos da extrusora, onde fica armazenada. Estipulam-se os parâmetros desejados no painel de controlo da extrusora e dá-se início ao processo de extrusão através da entrada na extrusora das matérias-primas secas que chegam do silo de armazenamento e da água e óleos que chegam dos seus respetivos tanques de armazenamento. O produto segue para a zona de abatimento de temperatura onde ocorre um arrefecimento forçado. De seguida, ocorre a moldagem, que serve para manipular o produto através do corte do mesmo, dependendo do tipo de corte desejado são utilizadas diferentes lâminas. Ocorre um processo de aromatização/marinada, sendo depois pesado e embalado, manualmente ou em atmosfera modificada (MAP com dióxido de carbono e azoto) e rotulado (cuvetes). Procedo-se à passagem pelo detetor de metais para verificação de ausência de corpos metálicos (corresponde ao único ponto crítico de controlo (PCC) da linha). É importante a calibração do detetor de metais após a utilização do mesmo. Procedo-se então ao encartonamento (embalagem secundária das cuvetes no interior de caixas de cartão) e armazenamento do produto numa câmara de refrigeração/congelação, pronto para ser paletizado e expedido. Caso o produto não seja embalado no próprio dia ou expedido, segue primeiramente para um abatedor de temperatura que deixa o mesmo a 4 °C. De seguida vai para uma câmara com temperatura de refrigeração de 4 °C +/- 2 °C, segue para um armário de congelação a uma temperatura de -30 °C, após ser congelado só se inicia o processo de descongelação quando for necessário embalar o mesmo e o processo de embalagem como se fosse no próprio dia repete-se. O fluxograma correspondente a este processo pode ser observado na figura 8.

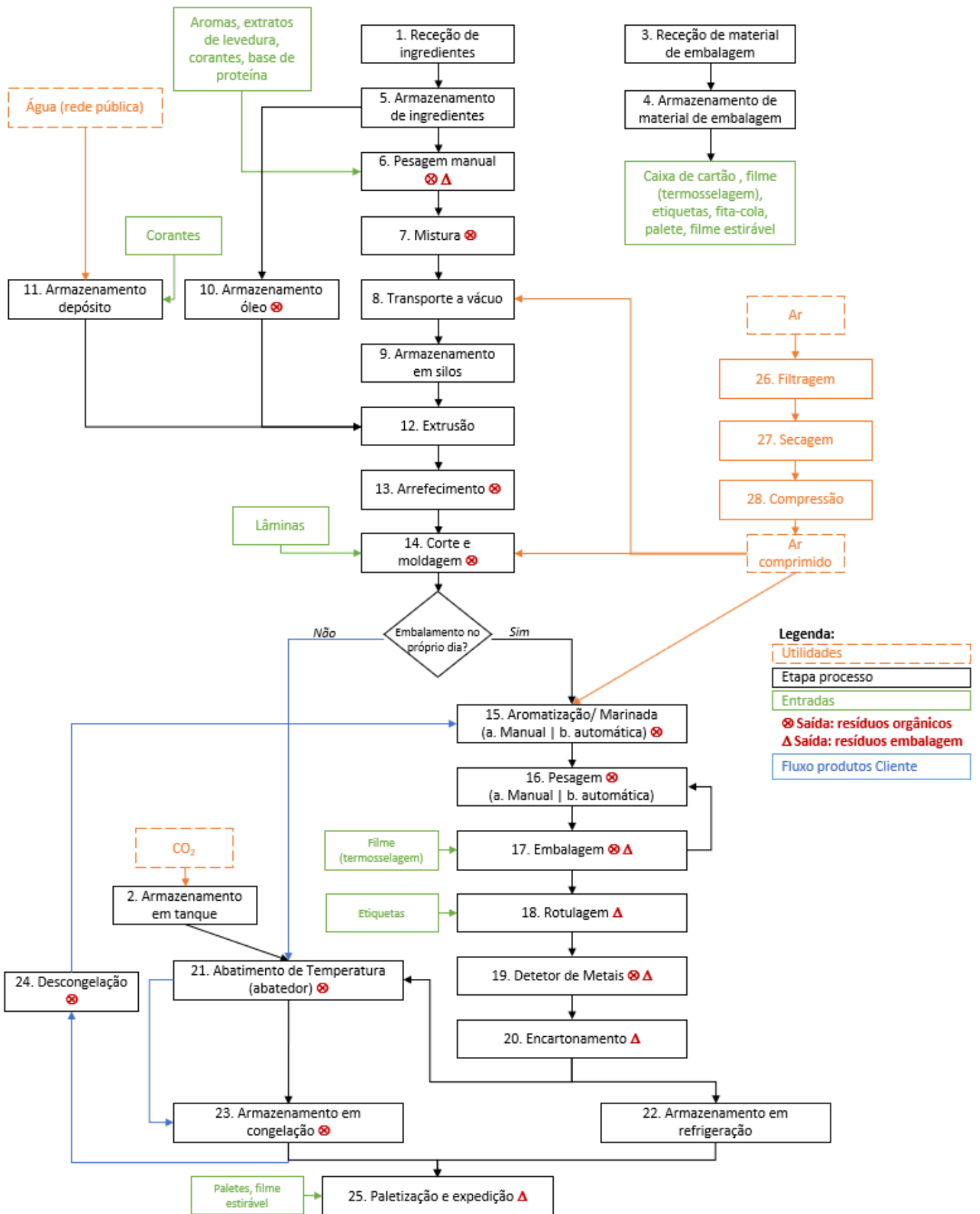


Figura 8 - Fluxograma análogos de peixe NFC.

### 3.1. Processo de Extrusão

Joseph Bramah inventou o processo de extrusão em 1797 para fazer tubos de chumbo. O uso de metais adicionais à extrusão começou no final do século XIX e início do século XX (Taber Extrusions, 2018). A produção de salsichas na Inglaterra em 1869 foi o primeiro exemplo de uso de uma extrusora na indústria alimentar (Riaz, 2000). A extrusão húmida (*wet extrusion*) foi registada pela primeira vez no Japão em 1989. Para esta experiência recorreu-se ao uso de soja sem gordura (DSF - *Defatted Soy Flour*) e foram testados vários fatores, como temperatura e pH e, assim entender como eles afetam a elasticidade da proteína da soja (Shurtleff and Aoyagi, 2020).

Na extrusão húmida ocorre a transformação de proteínas vegetais isoladas ou concentradas em produtos com muita fibra e ricos em água. Esta transformação exige que ocorra uma mistura mecânica a altas pressões e temperaturas que modifica a estrutura natural dos ingredientes. De seguida, ocorre uma agregação macro e microscópica da mesma (Schmid *et al.*, 2022). Após as elevadas temperaturas, passando pelo *cooling die*, ocorre uma queda acelerada de pressão no final do mesmo, havendo assim a evaporação de uma porção da água existente no produto.

É possível haver transferência de energia numa extrusora de duas maneiras diferentes, uma é gerada pela energia mecânica que advém da elevada rotação dos fusos, outra é gerada pela energia térmica, resultante do aquecimento das paredes da extrusora (Singh *et al.*, 2017).

A extrusora é constituída por sete partes que permitem que seja aquecida de forma independente. A uma temperatura média de 75 C°, a zona de alimentação das matérias-primas é onde ocorre a hidratação e compressão da matéria-seca. No final desta seção, a temperatura aumenta para uma média de 130 C°. Na zona de mistura, ocorre a mistura dos ingredientes, posteriormente, a uma temperatura média de 145 C°, na zona de fusão ocorre a plastificação das proteínas e rotura das suas ligações. Na zona de arrefecimento, ocorre um abatimento da temperatura forçado a cerca de 65 C°. Através da formação e alinhamento das fibras, esta fase de arrefecimento permite que o produto da extrusão seja estabilizado. Parâmetros como temperatura e pressão do processo de extrusão variam dependendo do tipo de produto a ser processado (Schmid *et al.*, 2022). Este procedimento pode ser resumido em quatro zonas, como se pode verificar na figura 9.

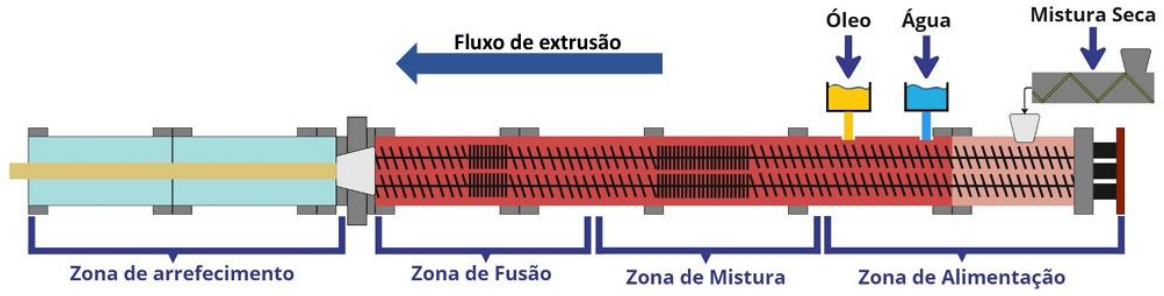


Figura 9 - Esquema de uma extrusora (Fonte: Roseiro, 2023).

Ao longo deste procedimento ocorre um processo essencial para qualquer análogo de peixe, o processo de texturização. As reações químicas existentes no mesmo podem ser observadas na figura 10 e formam alterações consideráveis na estrutura das proteínas, quer a nível funcional ou nutricional. A passagem da proteína no seu estado nativo pelos três estados, estado de desdobramento, de alinhamento e interligado, é obrigatória.



Figura 10 – Esquema do processo de texturização (Fonte: Ryu, 2020).

### 3.2. Composição dos Análogos de Peixe

Os análogos à base de plantas são principalmente constituídos a partir de proteínas vegetais, polissacarídeos e lípidos, mas também contêm outros ingredientes funcionais, tais como, corantes, aromatizantes, minerais, vitaminas e conservantes (Sha and Xiong, 2020). Ingredientes distintos revelam ter diferentes funções no decorrer do processo. As proteínas possuem um papel fundamental na formação da estrutura, enquanto as fibras

retêm a água no produto. A água e o óleo atuam como plastificante ou lubrificante, o sal é um potenciador de sabor e os aromas e corantes são responsáveis, respetivamente, pelo sabor e pela cor do produto final (Guy, 1994). A receita e as matérias-primas têm bastante influência na qualidade do produto final (Wild, 2016).

Assim, tendo duas receitas distintas para cada análogo de peixe obtêm-se diferentes produtos, conforme o resultado que se pretende obter. Para o substituto vegetal de atum temos como principais constituintes a proteína de ervilha, fibra de ervilha e *masking* para ervilha que entram no processo de extrusão húmida. Após este processo, o produto é submetido a uma marinada onde outros ingredientes, tais como, água, aroma de atum, sal e óleo são acrescentados, para aproximar o mais possível o produto final ao aspeto e sabor do atum verdadeiro. Já para o substituto vegetal de salmão, temos a proteína de soja, proteína de ervilha, *masking* para soja, proteína de trigo e corante laranja como ingredientes da extrusão e o aroma de salmão, sal, corante vermelho, vitamínicos e água como ingredientes para a marinada.

As proteínas à base de plantas são o ingrediente essencial e de maior custo no processo de extrusão húmida. As proteínas são compostas por cadeias de aminoácidos interligadas por ligações covalentes, desempenhando um papel funcional importante na qualidade dos alimentos (Singh *et al.*, 2017).

Ao escolher uma proteína deve ter-se em atenção os seus níveis de pureza e qualidade. Níveis mais elevados de pureza permitem obter um produto mais composto e resistente. Em relação à qualidade podemos dividi-la em dois índices, o índice de solubilidade em azoto e o índice de dispersão da proteína. Baixos níveis destes índices indicam uma menor qualidade e exigem uma maior energia mecânica para a texturização, resultando num produto de textura inferior e com uma coloração mais escura.

Em termos de estrutura, a retenção de água e óleo por parte das proteínas é um fator decisivo. A textura do produto final está relacionada com a quantidade de proteína presente nos ingredientes, maiores quantidades permitem obter texturas mais fortes e consistentes. O tamanho das partículas tem uma elevada importância em vários aspetos tais como, na distribuição da massa pela extrusora, na transferência de calor e na viscosidade do produto final. Partículas maiores dificultam a hidratação e mistura dos ingredientes, aumentando o tempo de texturização (Dinali *et al.*, 2024).

Produtos concentrados de proteína de soja apresentam altos níveis de proteína, sendo produzidos a partir de flocos desengordurados de soja. Uma vantagem desta proteína é a sua cor clara, que permite a criação de diferentes tipos de análogos com cores

distintas (Kyriakopoulou *et al.*, 2019). Uma outra proteína de leguminosas bastante utilizada é a proteína de ervilha. Esta é popular devido à sua alta adaptabilidade, valor nutricional, natureza hipoalergénica e propriedades funcionais, como a excelente capacidade de emulsificação, tornando-a ideal para o processamento de alimentos. Embora tenha muitas vantagens, a proteína de ervilha não é tão utilizada quanto a proteína de soja em análogos de peixe devido ao seu custo mais elevado. No entanto, a utilização de proteína de ervilha tem crescido na indústria alimentar global devido às suas diversas aplicações industriais, como a gelificação, ligação e formação de filmes (Yuliarti *et al.*, 2020). Por sua vez, a proteína de trigo também é uma excelente opção, dado ao seu sabor neutro e textura distinta.

Deste modo, as fibras cumprem várias funções em formulações alimentares. São usadas para melhorar a textura, resultando numa estrutura mais próxima do que se pretende imitar, fibrosa e agradável ao mastigar. As fibras auxiliam a reter a água, o que ajuda na suculência e coesão do produto. Além disso, as fibras dietéticas melhoram o valor nutricional do produto, conferem estabilidade e integridade, e podem melhorar a cor e sabor após o processo de extrusão (Ryu, 2020).

A aprovação dos análogos de peixe pelos consumidores depende do sabor e aroma do produto. Sendo assim, um dos maiores desafios é simular o seu sabor e aroma, já que os produtos de proteínas vegetais têm sabores e odores difíceis de remover. As proteínas vegetais ligam-se a compostos voláteis e não voláteis que transportam sabor, exigindo a adição de diferentes compostos para alterar o sabor original (Wang *et al.*, 2022). Deste modo, destaca-se a importância da utilização de aromas e *maskings* (mascarantes) para melhorar sensorialmente o produto final e aproximá-lo às notas sensoriais do peixe.

Já o sal, normalmente constitui entre 1% a 1,5% da formulação do produto e dissolve-se na água ao longo do processo, tendo pouco impacto nas variáveis do mesmo (Guy, 1994). A perceção do nível de sal difere de pessoa para pessoa e é afetada por diversas variáveis. A dopamina, associada a mecanismos de motivação e prazer é libertada através do sódio. Este é empregue como potenciador de sabor, dando ao produto um sabor mais autêntico e salino. (Rysová and Šmídová, 2021).

A cor também é uma particularidade importante na aceitação do consumidor. Os corantes tornam-se relevantes porque os ingredientes vegetais, como as proteínas, têm cores que não se assemelham às do peixe. As temperaturas utilizadas na extrusão dificultam a coloração do produto, uma vez que apenas corantes termicamente estáveis são aptos para manter a sua função a altas temperaturas (Kyriakopoulou *et al.*, 2019).

A adição de óleos é essencial para realçar o sabor dos análogos de peixe. Recorre-se ao uso de diversos tipos e quantidades de óleos para melhorar a textura do produto (Zahari *et al.*, 2022). Deste modo, aproxima-se ao máximo o produto final das características sensoriais do peixe.

Por outro lado, a água é um agente plastificante dos polímeros existentes nas proteínas, promovendo assim a dissipação de energia mecânica. A qualidade da água afeta o processo, sendo que para a obtenção de melhores resultados, é aconselhável que se encontre no seu estado mais puro possível, com vestígios mínimos de minerais (Guy, 1994). A água lubrifica a extrusora e, com o aumento do seu conteúdo, a temperatura e pressão diminuem, reduzindo a fricção entre o material de extrusão e a extrusora (Lin *et al.*, 2002).

Pode ainda referir-se que os análogos à base de plantas podem ter níveis mais baixos de ácidos gordos ómega-3, que existem em abundância no peixe selvagem (Kazir and Livney, 2021). Os substitutos de POM são enriquecidos com micronutrientes como ácidos gordos ómega-3 e vitaminas (A, B e D) para garantir paridade nutricional com os POM tradicionais (Boukid *et al.*, 2022).

## 4. Resultados e Discussão

Ao longo deste trabalho foi possível acompanhar o processo de formulação de novos produtos, onde foi possível contribuir não só para a produção dos mesmos, mas também, entrar em contacto com os clientes e compreender as preferências do consumidor, para poder corresponder às exigências do mercado, através de pesquisas dirigidas e identificação de tendências e de um planeamento estratégico. Foi permitido combinar capacidades técnicas com a aplicação prática dos conhecimentos adquiridos e participar ativamente no processo de formulação e testes de protótipos, permitindo identificar ajustes necessários, o que garantiu a obtenção de produtos finais com sabor, textura e características sensoriais, de encontro às expectativas do público-alvo. A otimização dos processos, aliada à manutenção rigorosa dos padrões de qualidade, permitiu uma maior eficiência operacional e uma produção consistente de análogos de peixe de alta qualidade. Foi um ponto crucial avaliar a aceitação e a preferência dos produtos desenvolvidos. Deste modo, os análogos de peixe produzidos à base de proteína vegetal não corresponderam apenas às exigências técnicas, mas também refletiram um compromisso sólido com a inovação, sustentabilidade e satisfação do consumidor. Todo este processo fortaleceu a compreensão prática destes conceitos e a capacidade de trabalhar em equipa numa empresa em crescimento, contribuindo assim para a preparação e entrada no mercado de trabalho.

### 4.1. Linha de Produção da NFC

No decorrer do estágio foram efetuadas algumas alterações na extrusora com o objetivo de otimizar o produto final, nomeadamente o atum vegetal e o salmão vegetal. Estas modificações melhoraram a eficiência do processo, a qualidade do produto e a consistência da produção.

Primeiramente, foram introduzidas melhorias nos elementos de aquecimento e controle de temperatura da extrusora. Ao instalar novos sensores de temperatura e controladores avançados, foi possível obter um controle térmico mais rigoroso durante o processo de extrusão. Este ajuste permitiu uma melhor gestão da temperatura ao longo de todo o processo, o que resulta numa texturização mais consistente das proteínas vegetais. A manutenção de uma temperatura estável e otimizada é crucial para garantir a qualidade do produto final, prevenindo variações indesejadas na textura e na cor.

Além disso, a configuração dos fusos da extrusora foi redesenhada. Os fusos representam um papel de elevada importância no processo de extrusão, uma vez que

o potencial de transferência de calor depende deles. A temperatura exigida para fundir as matérias-primas está associada com o rácio comprimento-diâmetro dos fusos (Schmid *et al.*, 2022). A nova configuração inclui fusos segmentados que podem ser ajustados, proporcionando uma maior flexibilidade no processamento de diferentes tipos de proteínas vegetais e outras matérias-primas. Esta alteração possibilita uma melhor mistura e plastificação dos ingredientes, otimizando a textura e a coesão do produto final. A rotação dos fusos também permite a autolimpeza dos mesmos uma vez que as secções que os compõem, em conjunto com o sentido de rotação, evitam a acumulação e depósito dos ingredientes e a manutenção da máquina, aumentando a eficiência da produção. Podemos observar esta nova planta dos fusos da extrusora na figura 11 respetivamente presente no anexo I.

Ao otimizar os processos de aquecimento e mistura foi possível melhorar a qualidade do produto final, tornando-o mais semelhante ao peixe tradicional em termos de textura e aparência. Além disso, estas melhorias também aumentaram a eficiência do processo de produção, dando origem a um melhor aproveitamento das matérias-primas. Nas figuras 12a e 12b, podemos observar um esquema representativo da linha de produção da NFC, relativo à da zona de extrusão e embalagem, respetivamente.

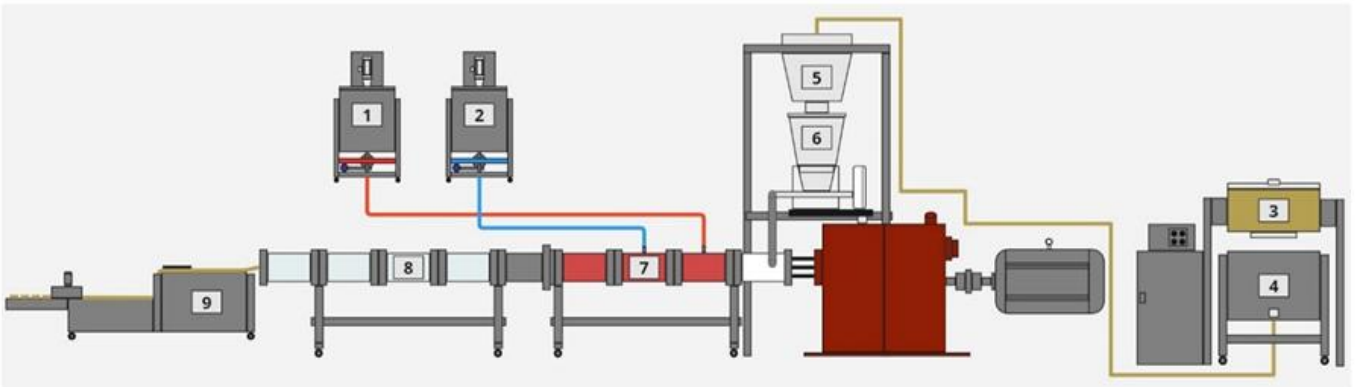


Figura 12a - Esquema representativo da linha de extrusão da NFC (Roseiro, 2023).

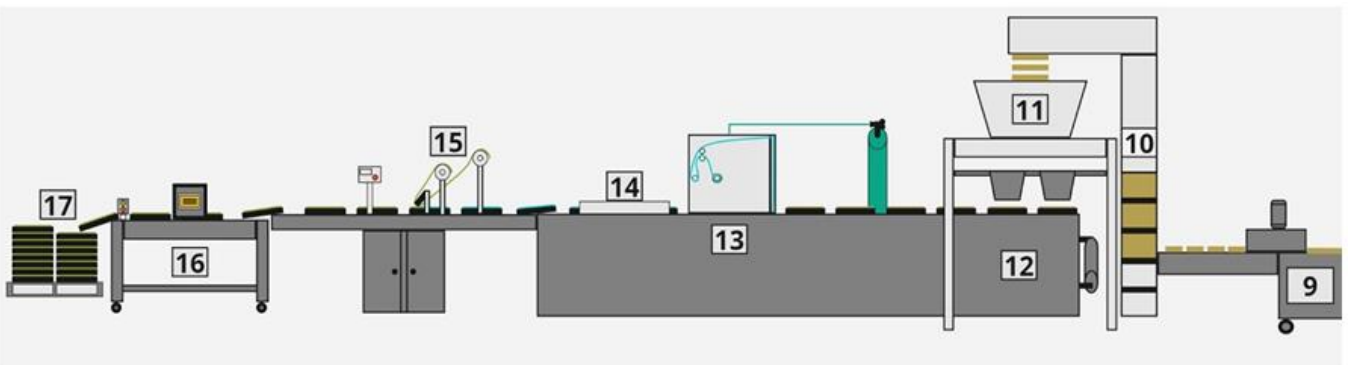


Figura 12b - Esquema representativo da linha de embalagem da NFC (Roseiro, 2023).

Legenda das figuras 12a e 12b:

- 1 - Depósito e injetores de óleo;
- 2 - Depósito e injetores de água;
- 3 - Misturadora;
- 4 - Estação de transporte;
- 5 - Silo de armazenamento;
- 6 - Alimentador dos fusos;
- 7 - Extrusora;
- 8 - *Cooling Die*;
- 9 - Unidade de corte;
- 10 - Tapete elevatório;
- 11 - Pesadora;
- 12 - Distribuição do produto;
- 13 - Embalagem em MAP (*Modified Atmosphere Packing*);
- 14 - Máquina de corte de embalagens;
- 15 - Etiquetadora;
- 16 - Detetor de metais;
- 17 - Palete.

## 4.2. Otimização do Atum Vegetal

A extrusão é um processo bastante complexo, uma vez que é necessário definir, controlar e adaptar diferentes variáveis do mesmo. Variáveis intrínsecas ao processo e à formulação do produto podem impactar positivamente ou negativamente o produto final, sendo então necessário o seu controlo efetivo. Por exemplo, a alteração da velocidade dos fusos modifica o tempo que o produto permanece na extrusora, assim como no *cooling die*, e altera as pressões de processamento. Os caudais das matérias-primas, da água e do óleo e as temperaturas de fusão na extrusora e de arrefecimento no *cooling die* são variáveis do processo igualmente importantes com elevado impacto

nas características finais do produto. O tipo e qualidade das matérias-primas utilizadas também define a qualidade final do produto.

No caso da produção de atum vegetal o principal problema em questão era a instabilidade do processo e o facto de existir bastante desperdício. As principais alterações foram relativamente às temperaturas da extrusora, à fibra de ervilha que se utilizava e à ordem de determinados passos do processo. Inicialmente recorria-se à utilização de temperaturas mais altas a meio da extrusora, como se pode verificar nos setores 3 e 4 da figura 13. A fibra de ervilha utilizada tinha baixa solubilidade, o que afetava a sua mistura e consequentemente o produto final. Sendo que, o produto após a extrusão e o corte ia diretamente para a congelação lenta e, só depois se procedia à marinada e à embalagem do mesmo.



Figura 13 - Setup de temperaturas iniciais para atum vegetal.

Deste modo, procedeu-se à utilização de temperaturas mais elevadas no final da extrusora, como se pode observar nos setores 6 e 7 da figura 14, que se revelou ser mais benéfica, uma vez que a configuração dos fusos permite desintegrar a proteína de ervilha na parte final. Alterou-se a fibra de ervilha utilizada por uma mais solúvel e após a extrusão e o corte o produto passou a sofrer um processo de congelação rápida, de modo a evitar a formação de cristais no produto, sendo depois marinado e embalado. Por fim, foi possível obter um processo mais estável e com menor desperdício. Pode-se concluir também, através da figura 15, que não só ocorreram melhorias no processo, mas consequentemente no produto a nível de textura e aparência.

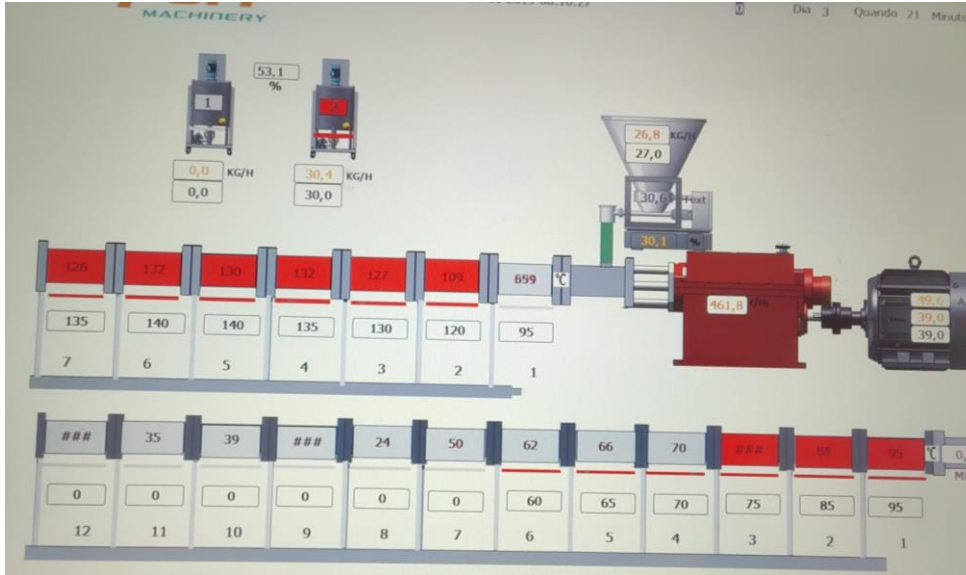


Figura 14 - Setup de temperaturas atuais para atum vegetal.



Figura 15 - À esquerda, atum vegetal antes das alterações efetuadas; à direita, atum vegetal após alterações.

### 4.3. Otimização do Salmão Vegetal

A importância da aparência do produto, num mercado onde o aspeto dos alimentos desempenha um papel significativo na perceção da qualidade e na decisão de compra é um aspeto que não deve ser desvalorizado. Garantir que um análogo de salmão se assemelhe ao máximo ao produto original é fundamental. A cor, a textura e a apresentação do análogo devem aproximar-se o mais possível ao salmão real para que os consumidores o considerem uma alternativa viável e atraente.

A principal questão em relação ao salmão vegetal era o seu aspeto, que à saída da extrusora, apesar de ter uma textura aceitável não apresentava parecenças ao salmão real, revelando uma coloração excessivamente laranja. Assim, as principais modificações que se efetuaram foram a nível de ingredientes.

Inicialmente, recorria-se à utilização de um corante laranja na água da mistura da extrusão. Após a extrusão e o corte, o produto sofria uma congelação lenta e posteriormente passava para o processo de marinada e embalagem. Na marinada era utilizado um corante vermelho.

Deste modo, retirou-se o corante laranja que era colocado na água para a mistura da extrusão e adicionou-se à mistura seca óxido de ferro (tem uma coloração vermelha) em pequenas quantidades e um agente branqueador de forma a tornar o vermelho mais rosado e próximo da cor do salmão real. Após a extrusão e o corte o produto passou a sofrer um processo de congelação rápida e, assim evitar a formação de cristais no produto, sendo depois marinado e embalado. Por fim, retirou-se o corante vermelho do processo da marinada. Obtendo assim, um produto mais semelhante ao salmão real, como se pode confirmar na figura 16. Na figura 17 podemos observar o *setup* de temperatura utilizado, que se manteve o mesmo após as alterações efetuadas.



Figura 16 - À esquerda, salmão vegetal antes das alterações; à direita, salmão vegetal após alterações.

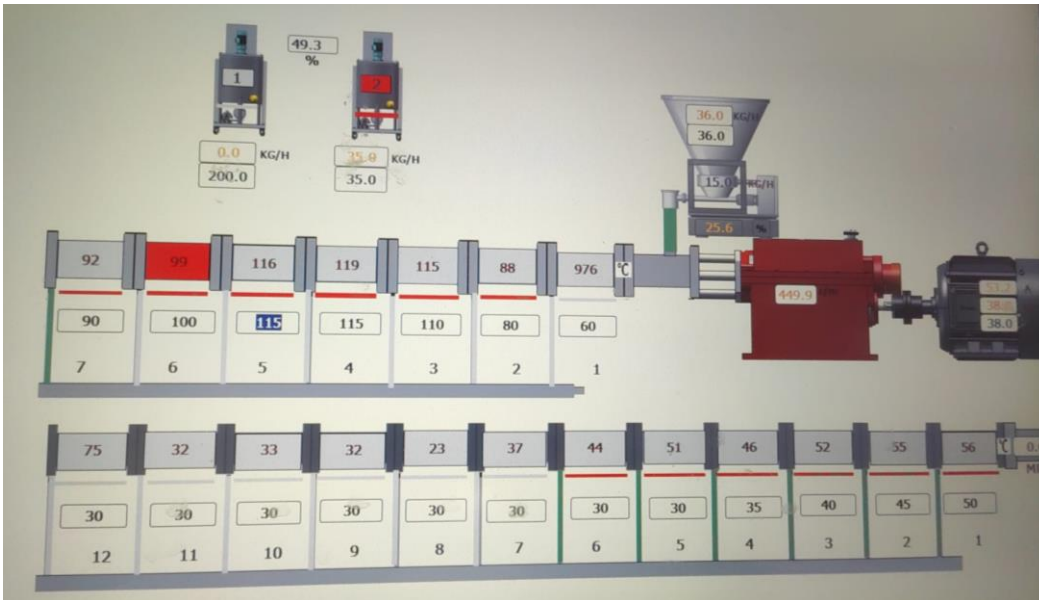


Figura 17 - Setup de temperaturas para salmão vegetal.

#### 4.4. Desafios Enfrentados

Durante o estágio surgiram vários desafios que proporcionaram valiosas oportunidades de aprendizagem e crescimento. Entre os obstáculos mais significativos, destacam-se o entupimento recorrente da extrusora, a necessidade de realizar as marinadas manualmente e a dependência de efetuar uma pesagem e embalagem manuais.

O entupimento da extrusora representou um problema crítico na linha de produção, uma vez que obrigava à paragem da mesma e à abertura do *cooling die* para limpeza. O que retirava tempo de produção e aumentava os custos operacionais. É possível observar na figura 18, o que são os primeiros indicativos de que a extrusora irá entupir. Dado à elevada pressão e ao facto de não ter local por onde sair, o produto acaba por ser expelido pelas laterais do *cooling die* o que representa desperdício. A acumulação de produto excessivamente cozido no *cooling die*, devido às altas temperaturas da extrusora e do *cooling die*, leva ao entupimento e impede o fluxo normal do produto.

Outro desafio significativo foi a necessidade de realizar as marinadas manualmente, como se pode observar na figura 19. Este processo, fundamental para garantir o sabor e a uniformidade do produto, exige bastante tempo e esforço considerável por parte dos trabalhadores. A execução manual das marinadas leva a variações na sua aplicação, levando a inconsistências no sabor e na qualidade do produto final, assim como, maior suscetibilidade à contaminação por microrganismos e uma menor produtividade.

Por fim, a pesagem e a embalagem manuais representaram outro desafio na linha de produção. Este processo, vital para garantir a precisão e a integridade do produto final, era realizado manualmente, dando origem a variações no peso das embalagens e a um maior risco de contaminação. O trabalho manual aumentou não só a probabilidade de erros humanos como também reduziu a velocidade da produção.



Figura 18 - Entupimento da extrusora.



Figura 19 - Exemplo de uma marinada na NFC.

## 5. Conclusão

Durante o período do estágio curricular, parte integrante do plano de estudos do mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar, todas as atividades propostas foram cumpridas com entusiasmo e comprometimento. Este estágio proporcionou a oportunidade de explorar e empregar competências relativas à produção de análogos de peixe através da extrusão húmida. Assim como, observar de perto e monitorar o funcionamento de uma extrusora à escala industrial.

Primeiramente, ao efetuar uma pesquisa bibliográfica foi possível entender o impacto dos produtos análogos ao peixe na alimentação e na economia global e, conseqüentemente a sua importância. Ao longo deste estágio analisou-se a fundo todas as etapas exigidas para o bom funcionamento de uma empresa de produção de análogos de peixe e de carne à base de proteína vegetal e procurou-se entender os processos que transformam ingredientes naturais em produtos inovadores e sustentáveis. Esta experiência em contexto empresarial permitiu aumentar não só conhecimentos técnicos, mas também aprofundar a percepção de uma ligação entre a indústria alimentar, a sustentabilidade e a crescente procura por alternativas conscientes. Ao acompanhar cada etapa do processo, desde a seleção cuidadosa dos ingredientes até à embalagem e expedição dos análogos de peixe, foi possível obter uma visão abrangente dos desafios e oportunidades que permeiam a produção alimentar atual. A consciência sobre a importância da transição para alternativas à base de proteína vegetal tornou-se ainda mais evidente ao testemunhar o compromisso da fábrica em reduzir a pegada ecológica, ao minimizar o impacto ambiental sem comprometer a excelência do produto final.

Em modo de síntese, foi possível aprimorar o produto final e aumentar a produtividade da empresa. Ao conjugar o conhecimento adquirido através das sessões de discussão criativa que ocorriam na empresa com a equipa, a pesquisa bibliográfica e as modificações aplicadas no processo, obtiveram-se benefícios significativos para a melhoria do produto e a eficiência do processo.

## 6. Propostas Futuras

Com o intuito de fortalecer a competitividade e a constante inovação que são fundamentais para o desenvolvimento de uma empresa, no decorrer do estágio foram coletadas várias propostas, para serem aplicadas futuramente, tanto na formulação do produto, como na segurança alimentar e eficiência processual.

Algumas propostas para melhorar a formulação do produto incluem a substituição de alergénios como a soja e o glúten por ingredientes que não o sejam. Isto pode ser feito ao recorrer a farinha de inseto como uma base proteica, assim como à adição de vitaminas, como a vitamina D, que estão geralmente relacionadas à ingestão de peixe. Deste modo a composição nutricional dos análogos assemelha-se à do peixe.

A nível de eficiência processual, ao utilizar a temperaturas altas no decorrer do processo, os microrganismos que advêm das matérias-primas são eliminados. No entanto, um pH próximo da neutralidade e uma atividade de água elevada, fazem com que este seja um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos que possam resultar de contaminações cruzadas ao manusear e embalar o produto. Assim, é essencial garantir a conformidade com as boas práticas de higiene e segurança.

Deste modo, foram facultados exemplos distintos de possibilidades de aprimoramento, nomeadamente, no que diz respeito ao estudo do impacto das marinadas, que são efetuadas manualmente, futuramente poderiam passar a ser efetuadas num tambor de maceração de modo a diminuir o risco de contaminação e aumentar a produtividade, uma vez que se tornaria um processo mais rápido e regular. Assim como o processo de embalagem, que ao ser efetuado manualmente, é propício à proliferação de microrganismos, não sendo o método mais seguro num contexto de segurança alimentar. Posto isto, era benéfico arranjar outro mecanismo para o mesmo, diferente do que era utilizado previamente ao manual, uma vez que este gerava bastante desperdício e a pesagem obrigava a ajustes frequentes.

## 7. Bibliografia

Akdogan, H. (1999). High Moisture Food Extrusion. *International Journal of Food Science and Technology*. 34, 195-207. <https://doi/10.1046/j.1365-2621.1999.00256.x>.

Bogard, J. R., Farmery, A. K., Little, D. C., Fulton, E. A. and Cook, M. (2019). Will Fish be Part of Future Healthy and Sustainable Diets? *The Lancet - Planetary Health*. 3, 154-196. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30018-X](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30018-X).

Boukid, F. (2021). Plant-based Meat Analogues: From Niche to Mainstream. *European Food Research and Technology*. 247, 297-308. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03630-9>.

Boukid, F., Baune, M. C., Gagaoua, M. and Castellari, M. (2022). Seafood Alternatives: Assessing the Nutritional Profile of Products Sold in the Global Market. *European food research and technology*. 248, 1777-1786. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-04004-z>.

Calorias em atum (e factos nutricionais) (s.d.). Fat Secret Portugal. <https://www.fatsecret.pt/calorias-nutrição/genérico/atum>.

Dinali, M., Liyanage, R., Silva, M., Newman, L., Adhikari, B., Wijesekara, I., and Chandrapala, J. (2024). Fibrous Structure in Plant-based Meat: High-Moisture Extrusion Factors and Sensory Attributes in Production and Storage. *Food Reviews International*. 1–29. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2309593>.

Dinis, M. T. e Rocha, R. M. (2021). *Introdução à Aquacultura*. Lidel.

Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries (2021). The EU Fish Market 2021 Edition is Now Online. *Oceans and Fisheries*. [https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/news/eu-fish-market-2021-edition-now-online-2021-11-22\\_en](https://oceans-and-fisheries.ec.europa.eu/news/eu-fish-market-2021-edition-now-online-2021-11-22_en).

EUROSTAT (2022). Catches in All Fishing Regions. *Fisheries*. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/fish\\_ca\\_main](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/fish_ca_main).

FAO (2022a). The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. *Food and Agriculture Organization*. Part 4 - Emerging Issues and Outlooks. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

FAO (2022b). The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. *Food and Agriculture Organization*. Part 1 - World Review. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

FAO (2022c). The State of World Fisheries and Aquaculture. Towards Blue Transformation. *Food and Agriculture Organization*. Key messages. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>.

Garcia, S. M. and Grainjer, R. J. R. (2005). Gloom and Doom? The Future of Marine Capture Fisheries. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B - Biological Sciences*. 360, 21-46. <http://doi.org/10.1098/rstb.2004.1580>.

Garcia, S. M. and Rosenberg, A. A. (2010). Food Security and Marine Capture Fisheries: Characteristics, Trends, Drivers, and Future Perspectives. *Philosophical Transactions of the Royal Society, B - Biological Sciences*. 365, 2869–2880. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0171>.

Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M. and Toulmin, C. (2010). Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. *Science*. 327, 812-818. <http://doi.org/10.1126/science.1185383>.

Guy, R. C. E. (1994). Raw Materials for Extrusion Cooking Processes. In Frame, N. D. (Ed.), *The Technology of Extrusion Cooking* (pp. 52-72). Springer. Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2135-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2135-8_2).

He, J., Evans, N. M., Liu, H. and Shao, S. (2020). A Review of Research on Plant-based Meat Alternatives: Driving Forces, History, Manufacturing and Consumer Attitudes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 19, 2639-2656. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12610>.

Kazir, M. and Livney, Y.D. (2021). Plant-based Seafood Analogs. *Molecules*. 26, 1559. <https://doi.org/10.3390/molecules26061559>.

Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., and Van der Goot, A. J. (2019). Plant-based Meat Analogues. *Sustainable Meat Production and Processing*. 103-126. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814874-7.00006-7>.

Lantern Papers (2022). The Green Revolution Portugal. *Lantern*. <https://www.lantern.es/lanternpapers-eng/the-green-revolution-portugal>.

Lin, S., Huff, H. E., and Hsieh, F. (2002). Extrusion Process Parameters, Sensory Characteristics, and Structural Properties of a High Moisture Soy Protein Meat Analog. *Journal of Food Science*. 67, 1066–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09454.x>.

Murthy, A., Galli, A., Madeira, C. and Pires, S. M. (2023). Consumer Attitudes Towards Fish and Seafood in Portugal: Opportunities for Footprint Reduction. *Sustainability*. 15, 1363. <https://doi.org/10.3390/su15021363>.

New Foods Company (s.d.). Learn More About New Foods. *New Foods*. <https://newfoods.pt/>.

Público e Lusa (2023). População Mundial Cresce 75 Milhões em 2023 e Supera 8 Mil Milhões de Pessoas em Janeiro. *Público*. <https://www.publico.pt/2023/12/29/azul/noticia/populacao-mundial-cresce-75-milhoes-2023-supera-8-mil-milhoes-pessoas-janeiro-2075146>.

Riaz, M. N. (2000). *Extruders in Food Applications* (1<sup>a</sup> ed.). CRC Press. Boca Raton, USA. <https://doi.org/10.1201/9781482278859>.

Roseiro, A. S. (2023). *Desenvolvimento de Análogos de Carne à Base de Proteína Vegetal por Extrusão Húmida*. Universidade Católica Portuguesa. Relatório de Estágio.

Rysová, J., and Šmídová, Z. (2021). Effect of Salt Content Reduction on Food Processing Technology. *Foods*. 10, 2237. [10.3390/foods10092237](https://doi.org/10.3390/foods10092237).

Ryu, Gi-Hyung (2020). Extrusion Cooking of High-Moisture Meat Analogues. In Ganjyal, G. M. (Ed.), *Extrusion Cooking* (pp. 205-224). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815360-4.00007-9>.

Schmid, E. M., Farahnaky, A., Adhikari, B., and Torley, P. J. (2022). High Moisture Extrusion Cooking of Meat Analogues: A Review of Mechanisms of Protein Texturization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 21, 4573-4609. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13030>.

Sha, L. and Xiong, Y. L. (2020). Plant Protein-Based Alternatives of Reconstructed Meat: Science, Technology, and Challenges. *Trends in Food Science & Technology*. 102, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.022>.

Shurtleff, W. and Aoyagi, A. (2020). History of Extrusion Cooking and Extruders (1938-2020). *Extensively Annotated Bibliography and Sourcebook*. Soyinfo Center. Lafayette, USA.

Singh, B., Sharma, C. and Sharma, S. (2017). Fundamentals of Extrusion Processing. In Nanda, V. and Sharma, S. (Eds.), *Novel Food Processing Technologies* (pp. 1-46). New India Publishing Company. New Delhi, India.

Taber Extrusions (2018). A Brief History of Aluminum Extrusions and How They Will Shape the Future. *Taber Extrusions*. <https://taberextrusions.com/a-brief-history-of-aluminum-extrusions/>.

Wang, Y., Tuccillo, F., Lampi, A. M., Knaapila, A., Pulkkinen, M., Kariluoto, S., Coda, R., Edelmann, M., Jouppila, K., Sandell, M., Piironen, V., and Katina, K. (2022). Flavor Challenges in Extruded Plant-based Meat Alternatives: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 21, 2898-2929. 10.1111/1541-4337.12964.

Wild, F. (2016). Manufacture of Meat Analogues Through High Moisture Extrusion. In Smithers, G. (Ed.), *Reference Module in Food Science* (pp. 1-9). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03281-9>.

World Wildlife Fund (s.d.). Bycatch. *WWF*. <https://www.worldwildlife.org/threats/bycatch>.

Yuliarti, O., Kovich, T. J. K. and Yi, N. J. (2020). Structuring the Meat Analogue by Using Plant-based Derived Composites. *Journal of Food Engineering*. 288, 110-138. 10.1016/j.jfoodeng.2020.110138.

Zahari, I., Östbring, K., Purhagen, J. K. and Rayner, M. (2022). Plant-based Meat Analogues from Alternative Protein: A Systematic Literature Review. *Foods*. 11, 2870. <https://doi.org/10.3390/foods11182870>.

Zhong, C., Feng, Y., and Xu, Y. (2023). Production of Fish Analogues from Plant Proteins: Potential Strategies, Challenges and Outlook. *Foods*. 12, 614. <https://doi.org/10.3390/foods12030614>.

# Anexo I

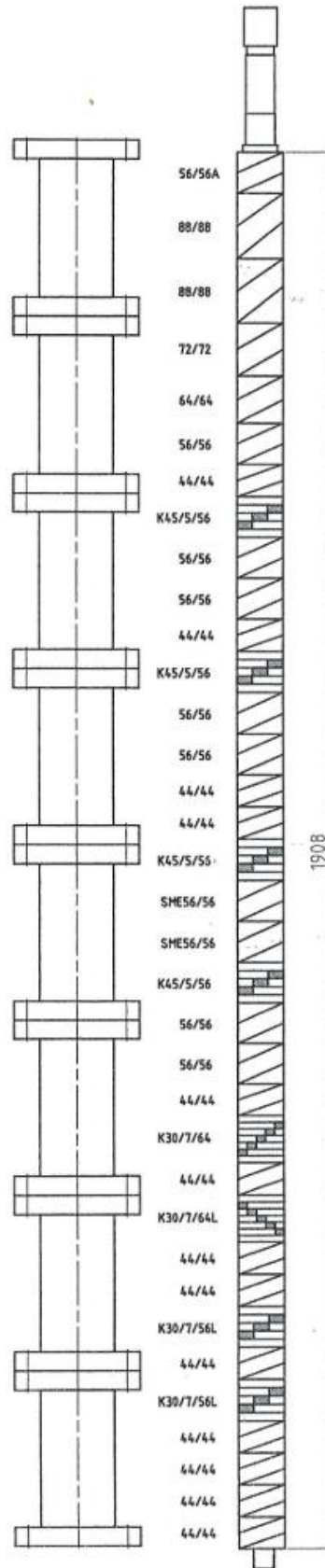


Figura 11 - Nova planta dos fusos da extrusora.