

Investigação da influência do binómio tempo/temperatura na qualidade de cefalópodes congelados

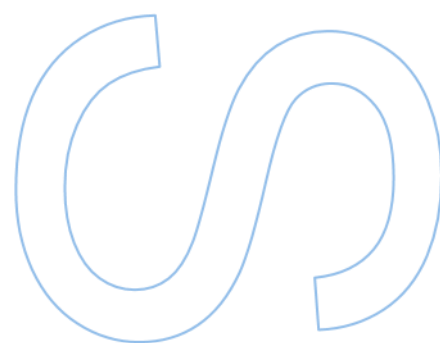
João Miguel Meneses Pereira da Silva

Mestrado em Tecnologia e Ciência Alimentar

Departamento de Química e Bioquímica

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e Universidade do
Minho

2025/2026



Investigação da influência do binómio tempo/temperatura na qualidade de cefalópodes congelados

João Miguel Meneses Pereira da Silva

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em
Tecnologia e Ciência Alimentar

Departamento de Química e Bioquímica
2025/2026

Orientador

Paulo Vaz-Pires, Professor Catedrático, Instituto de Ciências
Biomédicas de Abel Salazar

Coorientador

Marco Ferreira, Diretor do Departamento da Qualidade,
Brasmar



Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer à minha família, que por todos os altos e baixos nunca deixou de me amar incondicionalmente, que sempre fizeram de tudo para me proporcionar as melhores oportunidades, que me guiaram no melhor caminho sem esquecer as minhas escolhas, e que eu estarei sempre eternamente agradecido de ter.

Aos Pinocos, a segunda família que nunca imaginei ter a sorte que tenho por os ter, que sempre estiveram lá para mim, e que sei que posso contar com, independentemente do tempo que passe. São o tipo de amizade que eu espero que toda a gente possa a experienciar pelo menos uma vez nas nossas suas vidas. Só fico agradecido de poder ter crescido ao lado deles, e de presenciar as fontes de inspiração que são hoje, cada um à sua maneira única. Não seria quem sou hoje sem eles, e espero um dia poder ser metade dos homens e mulheres que eles são.

Aos besties de mestrado, que garantiram que esta etapa da minha vida se tornasse infinitamente melhor, por quem estou agradecido de poder partilhar momentos incríveis assim como aflições académicas. Sem dúvida alguma a melhor surpresa que o mestrado me trouxe, e eu só espero poder aproveitá-la por muitos mais anos. Falei anteriormente de experienciarmos um certo tipo especial de amizade pelo menos uma vez nas nossas vidas, só nunca me achei tão sortudo por ter direito a experienciá-la outra vez.

Quero agradecer ainda à Equipa da Qualidade da Brasmar, por me ter proporcionado um excelente ambiente de trabalho, momentos de grande profissionalismo assim como de diversão, e por fazerem com que trabalhar na Brasmar seja um enorme prazer.

Por fim, mas nunca por último, quero agradecer à minha princesa, a que me mostrou um amor maior do que eu alguma vez achei possível, que sempre me apoiou de todas as maneiras possível, o meu pilar de suporte e motivação para ser sempre a melhor versão de mim próprio. Ela é a minha maior felicidade e acho que não faz ideia o quanto ela realmente significa para mim. Orgulho me de quem sou hoje graças a ela, tanto de um ponto de vista pessoal como profissional.

Resumo

A importância dos cefalópodes no comércio global é reconhecida mundialmente, juntamente com a importância destes na alimentação típica de vários países. De entre os cefalópodes, o polvo mantém uma das maiores influências na alimentação mundial, especialmente em dietas Mediterrânicas. Dado este facto, não é surpreendente que os maiores exportadores europeus sejam países como a Espanha e a Itália, assim como Portugal. Não só é dos maiores exportadores europeus de polvo, como dos maiores consumidores também. Isto significa que a indústria alimentar necessita conseguir acompanhar as exigências dos consumidores, o que se reflete numa necessidade de aprimorar sempre que possível os processamentos industriais em vigor. A Brasmar é exatamente uma das empresas pertencentes à indústria alimentar destinada ao comércio de pescado, englobando o comércio de cefalópodes entre outros, sendo o polvo um dos produtos estrela. Surgiu assim o interesse em estudar o processamento em vigor na fábrica de modo a descobrir como se poderia melhorar a eficiência deste. Foram então realizados vários testes com o objetivo inicial de analisar e perceber de que forma as várias etapas do processamento influenciam a textura e qualidade do produto, e posteriormente de que maneira podem ser alteradas de forma a otimizar o processamento. Verificou-se assim, que seria possível diminuir o tempo de descongelação do produto e obter rendimentos finais que apontam para um processamento igualmente eficaz.

Palavras-chave: Cefalópodes congelados, Polvo (*Octopus vulgaris*), Descongelação, Rendimento, Textura.

Abstract

The importance of cephalopods in global trade is recognized worldwide, as is their significance in the traditional cuisines of various countries. Among cephalopods, octopus has one of the greatest influences on global diets, especially in Mediterranean cuisine. Given this fact, it is not surprising that the largest European producers are countries such as Spain and Italy, as well as Portugal. Portugal is not only one of Europe's largest exporters of octopus but also one of its largest consumers. This means that the food industry must keep pace with consumer demands, which translates into a need to improve existing industrial processing methods whenever possible. Brasmar is precisely one of the companies in the food industry dedicated to the seafood trade, including cephalopods, among others, with octopus being one of its flagship products. This led to an interest in studying the current processing methods at the plant to determine how their efficiency could be improved. Several tests were then conducted with the initial goal of analyzing and understanding how the various stages of processing influence the product's texture and quality, and subsequently, how these stages could be modified to optimize the processing. It was thus found that it would be possible to reduce the product's thawing time and achieve final yields that indicate equally effective processing.

Keywords: Frozen cephalopods, Octopus (*Octopus vulgaris*), Thawing, Yield, Texture.

Índice

Índice	3
Lista de tabelas	7
Lista de abreviaturas	11
1. Introdução	12
1.1. Mercado global	12
1.2. Brasmar	15
1.3. Cefalópodes	17
2. Materiais	21
3. Métodos	24
3.1. Descongelação	24
3.2. Tanques de tratamento	25
3.3. Sala de aditivos	26
3.4. Cuvetização e congelação	27
3.5. Planeamento	29
4. Resultados e Discussão	34
5. Conclusão	62

Lista de tabelas

Tabela 1	35
Tabela 2	38
Tabela 3	38
Tabela 4	38
Tabela 5	39
Tabela 6	40
Tabela 7	40
Tabela 8	40
Tabela 9	40
Tabela 10	43
Tabela 11	43
Tabela 12	43
Tabela 13	44
Tabela 14	47
Tabela 15	48
Tabela 16	49
Tabela 17	50
Tabela 18	50
Tabela 19	51
Tabela 20	52
Tabela 21	52
Tabela 22	53
Tabela 23	53
Tabela 24	53

Tabela 25	54
Tabela 26	54
Tabela 27	55
Tabela 28	55
Tabela 29	56
Tabela 30	56
Tabela 31	56
Tabela 32	57
Tabela 33	57
Tabela 34	57
Tabela 35	61

Lista de figuras

Figura 1 - Importação europeia de polvo por tipo de produto (em equivalência a 1000 toneladas de pescado inteiro): polvo congelado (azul); polvo vivo, fresco ou refrigerado (amarelo), e outros tipos (verde). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, 2020).	13
Figura 2 - Principais países importadores de polvo congelado (em equivalência a 1000 toneladas de pescado inteiro). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, s.d.b).....	14
Figura 3 - Consumo de polvo aparente em Portugal, em 2018 (volume em toneladas equivalentes ao peso vivo). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, s.d.c).....	14
Figura 4 - Diagrama esquemático de um tentáculo de polvo, demonstrando a disposição tridimensional das fibras musculares e fibras do conjuntivo. AN, cordão nervoso axial; AR, artéria; CM, camada muscular circunferencial; CT, tecido conjuntivo; DCT, tecido conjuntivo dermal; EP, epiderme; IN, nervo intramuscular; LM, fibras musculares longitudinais; OME, camada muscular oblíqua externa; OMI, camada muscular oblíqua interna; OMM, camada muscular mediana oblíqua; SU, ventosa; TM, fibras musculares transversais; TR, trabéculas; V, veia. (Fonte: Kier, 1988).....	19
Figura 5 - Diagrama esquemático do pedúnculo do tentáculo esquerdo de lula. AN, cordão nervoso axial; AR, artéria; CM, camada muscular circunferencial; DCT, tecido conjuntivo dermal; EP, epiderme; HM, músculo helicoidal; IN, nervo intramuscular; LM, fibras musculares longitudinais; SLM, músculo longitudinal superficial; TM, fibras musculares transversais; TR, trabéculas dos músculos transversais; TV, veia superficial do tentáculo. (Fonte: Kier, 1982). ...	20
Figura 6 - Diagrama do arranjo das fibras musculares (não à escala) do manto de lula (e choco), mostrando as fibras circulares (C) constituídas por fibras da zona interna (I), externa (O) e central (Cz), assim como as fibras radiais (R). Também é mostrado o plano de secção (S) feito pelo vibrátomo. (Fonte: Rogers, 1997).	21
Figura 7 - Zona 27, Atlântico Nordeste (Fonte: Comissão Europeia, 2026).....	22
Figura 8 - Zona 34 Atlântico Centro-Este (Fonte: Comissão Europeia, 2026).	22
Figura 9 - Zona 51 Oceânico Índico Oeste (Fonte: Comissão Europeia, 2026).	23
Figura 10 - Fluxograma demonstrando o processamento dos cefalópodes.....	24

Figura 11 - Exemplo da colocação da fita-cola colorida, com número de tiras centrais variado (1, 2 e 3 tiras), para identificação das diferentes caixas contendo produto para teste	30
Figura 12 - Exemplo da colocação da identificação em dois indivíduos-teste, após amaciamento, num cesto higienizado.	31
Figura 13 - Exemplo do fio de pesca utilizado para prender os indivíduos-teste, atado a uma estrutura externa do descongelador.	32
Figura 14 - Variação de temperatura do polvo I durante o amaciamento prolongado no T1.	36
Figura 15 - Variação de temperatura do polvo II durante o amaciamento prolongado no T1.	37
Figura 16 - Variação de temperatura do polvo III durante o amaciamento prolongado no T1.	37
Figura 17 - Variação da temperatura do polvo relativo ao DL 2 dentro do túnel de congelação no TC1.	42
Figura 18 - Variação da temperatura do polvo relativo ao DL 4 dentro do túnel de congelação no TC1.	42
Figura 19 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 2 no PC1.	46
Figura 20 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 4 no PC1.	46
Figura 21 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 9 no PC1.	47
Figura 22 - Variação de temperatura do polvo relativo ao DL 2 durante a descongelação no PC1.	48
Figura 23 - Variação de temperatura do polvo relativo ao DL 4 durante a descongelação no PC1.	49
Figura 24 - Pesagem do polvo posteriormente identificado com fita-cola amarela após a descongelação.	60
Figura 25 - Pesagem do polvo posteriormente identificado com fita-cola cinza após a descongelação.	61

Lista de abreviaturas

DL – *Data Logger*

FAO – *Food and Agriculture Organization*

g – Grama

mg – Miligrama

OP – Ordem de Produção

UE – União Europeia

1. Introdução

1.1. Mercado global

O comércio global de cefalópodes é um setor multibilionário que engloba a pesca e produção de mais de dez espécies de cefalópodes comercialmente interessantes. Deste modo, é um foco importante, parcialmente ou na sua totalidade, da subsistência e sustento económico de milhares de comunidades costeiras globalmente.

A importância de cefalópodes como recurso ecológico e económico, assim como social e cultural, é reconhecida largamente, porém encontra-se ainda limitada na sua descrição em pesquisas científicas relativas à sua extensão e magnitude. Até hoje não existem sistemas de regulamentação e monitorização que permitem a análise da rastreabilidade do comércio global de cefalópodes a um nível internacional (Ospina-Alvarez et al., 2022).

De entre os cefalópodes, o polvo tem, sem dúvida, uma grande importância e impacto na alimentação em todo o mundo. Embora o mercado de polvo na Europa demonstre estabilidade, conta apenas para cerca de 1 a 2% do consumo total de pescado. No entanto, esta mesma estabilidade no consumo de polvo pode oferecer oportunidades aos exportadores, dado que a importação europeia é regularmente acompanhada por relações e parcerias de negócios duradouras, auxiliado pelo facto que uma procura estável promove o incentivo de cooperação com contratos a longo prazo, o desenvolvimento de marcas e investimentos em *storytelling* (CBI, 2020).

O polvo é, maioritariamente, um importante componente das dietas na região Mediterrânica, como é observável na culinária tradicional portuguesa que utiliza, por exemplo, polvo na sua composição, como em pratos de polvo cozido ou assado com batatas a murro e azeite com alho e ervas. Assim, países como a Itália e a Espanha (9161 e 6799 toneladas respetivamente) são os países com a maior taxa de produção na União Europeia que, juntamente com Portugal (6236 toneladas), Grécia (3190 toneladas) e França (2314 toneladas), constituem mais de 95% da produção de polvo na UE, o que torna estes países bastante familiarizados com este animal (CBI, 2020).

A produção total da União Europeia demonstrou valores entre as 28 000 toneladas (em 2017) e as 32 000 toneladas (em 2016) nos últimos 5 anos, sendo que *Octopus vulgaris* demonstrou ser a espécie com maior importância (CBI, 2020).

Posteriormente, em 2019, verificou-se que, nos valores globais de importação de polvo, 30% do volume foi importado de países Europeus (57 000 toneladas), sendo que a maior parte desta importação foi produzida pelos principais exportadores europeus, a Espanha e Portugal, com valores de, respetivamente, 38 000 toneladas e 7000 toneladas. Estes valores, conjuntos, correspondem a 79% do volume total da importação de países europeus (CBI, 2020).

Juntamente com a Itália, estes países correspondem aos três maiores países com oferta de oportunidades de exportação direcionada a países em desenvolvimento, sendo que estes mesmos três países são responsáveis por mais de 80% do consumo europeu total de polvo (CBI, 2020).

A Itália mostra-se na liderança no que toca ao consumo de polvo, enquanto a Espanha, ainda que seja o maior importador de polvo, também reexporta uma grande parte (CBI, 2020).

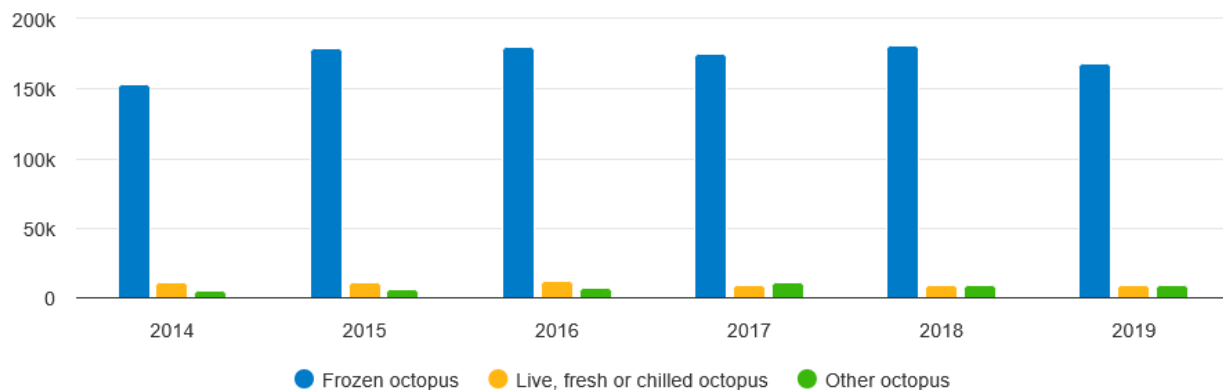


Figura 1 - Importação europeia de polvo por tipo de produto (em equivalência a 1000 toneladas de pescado inteiro): polvo congelado (azul); polvo vivo, fresco ou refrigerado (amarelo), e outros tipos (verde). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, 2020).

Suportando ainda estes factos, a Espanha demonstrou participar em 41% nas importações totais da União Europeia em 2019, percentagem essa correspondente a 69 000 toneladas de polvo congelado. Já a Itália participou em 34% das importações, correspondente a 56 000 toneladas e, completando o trio de maior importação europeia, Portugal importou cerca de 12% do volume total de importações, o que corresponde a 20 000 toneladas nesse mesmo ano. Outros

importadores de significância terão sido a Grécia, que importou 7000 toneladas, a França, com 4000 toneladas, e a Alemanha, com uma importação de 3000 toneladas (CBI, 2020).

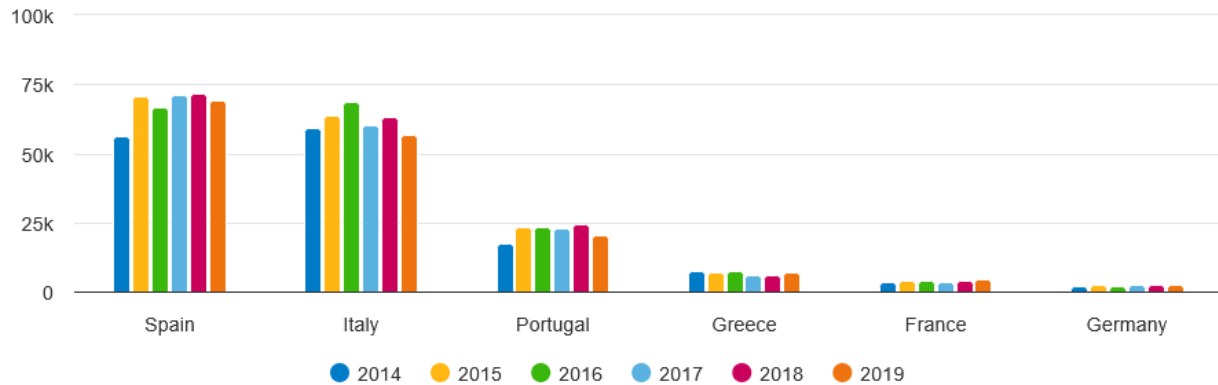


Figura 2 - Principais países importadores de polvo congelado (em equivalência a 1000 toneladas de pescado inteiro). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, s.d.b).

Em concordância com os valores demonstrados na tabela acima, é possível concluir que Portugal se estabelece como terceiro lugar nos países mais influentes no consumo de polvo, com as capturas domésticas atingindo as 6236 toneladas que, juntamente com um volume de importações de 26 416 toneladas, culminou num volume de stock de 32 652 toneladas em 2018 (CBI, 2020).

Neste volume, perto de metade foi reexportado, maioritariamente para a Espanha (10 439 toneladas), Estados Unidos da América (1840 toneladas) e Itália (1567 toneladas) (CBI, 2020).

	Catches	Import	Supply	Export	Apparent consumption
Portugal	6,236	26,416	32,652	15,992	16,660

Figura 3 - Consumo de polvo aparente em Portugal, em 2018 (volume em toneladas equivalentes ao peso vivo). Fonte: Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI, s.d.c).

1.2. Brasmar

A Brasmar é uma empresa pertencente à indústria alimentar, destinada ao comércio de pescado. A empresa deu início às suas operações em 2001, em menor escala, como parte da “Brasmar Group”. Atualmente participa na Vigent Group, a qual incorpora várias marcas internacionais para além da Brasmar, como a La Balinesa (fumados e carpaccios refrigerados) e a Foncasal (cefalópodes cozidos, saladas e pratos cozinhados) em Espanha, ou a Brødr Aarseth (bacalhau salgado verde e seco) na Noruega.

A Brasmar Group é incorporada por 3 unidades de produção, sendo que a Unidade 1 está situada na Trofa, no concelho de Guidões, a Unidade 2 em Vila Nova de Famalicão, na freguesia de Vilarinho das Cambas, e a Unidade 3 está localizada na Gafanha da Nazaré, pertencente ao concelho de Ílhavo.

A Unidade 1, onde foram realizados os testes experimentais, está equipada para atingir uma produção de 2200 t/mês. Destas, 1200 serão referentes a pescado e marisco, 500 serão polvo e as restantes 500 t são referentes a bacalhau. Esta unidade tem como função o processamento e embalagem do pescado, bacalhau demolido, cefalópodes, marisco, crustáceos, assim como a formulação de preparados como a mariscada.

Neste sentido, a Unidade 1 está também devidamente preparada para realizar a receção de polvo fresco, o qual será posteriormente eviscerado antes de seguir o percurso de processamento e embalagem.

Já a Unidade 2 apenas produz 150 t/mês, sendo 100 t bacalhau salgado e 50 t bacalhau salgado verde, o que culmina na sua função de processamento (secagem e corte) e embalagem de apenas bacalhau e espécies da mesma família (Gadidae).

Por fim, a Unidade 3 possui uma capacidade de produção de 500 t/mês, sendo que 200 t correspondem a bacalhau salgado seco, 250 t a bacalhau salgado verde e 50 t em bacalhau ao ponto de sal, sendo uma das mais antigas secas de bacalhau na cidade da Gafanha da Nazaré. Estas instalações estão equipadas para a realização de descongelação, corte, salga, secagem, descamação e embalagem.

A matéria-prima rececionada na Brasmar é proveniente de fornecedores de diversas origens, todos estes qualificados e avaliados com base nos requisitos legais, assim como requisitos de qualidades impostos pela Brasmar. É uma entidade certificada pelas normas de certificação

International Food Standard (IFS), assim como as normas de certificação Halal e certificação do Sistema de Gestão Ambiental e Segurança no Trabalho, pelas normas ISO 14001:2015 e ISO 45001:2015.

De modo a garantir que os parâmetros legais são cumpridos, é feito um controlo na receção do produto, tendo em conta diversos parâmetros metrológicos, como a aparência do produto, documentação adequada, e condições de transporte apropriadas ao produto a ser transportado.

Em conformidade com estes parâmetros é avaliado, por exemplo, o calibre do produto, o teor de sal e humidade no caso de bacalhau, ou a temperatura.

Exemplos da avaliação da aparência seriam a cor e o odor, assim como a presença de parasitas e/ou outros perigos físicos.

Já na verificação da documentação, é feito um registo contendo a ordem de compra, o lote, o nome científico do produto, a zona de captura e arte de pesca, a data e hora da receção, o fornecedor e os certificados, entre outras informações relevantes.

Relativamente às condições do transporte do produto, é verificado o estado de higienização do armazenamento do veículo, o acondicionamento da carga, a integridade das paletes ou tinas, a presença de gelo nas tinas caso se trate do transporte de bacalhau escalado e de cefalópodes), assim como a temperatura do contentor.

A manutenção contínua, assim como o consequente controlo da cadeia de frio, são fundamentais na garantia da segurança e qualidade alimentar, sendo a base do sucesso do setor dos congelados. Deste modo, a Brasmar certifica-se que as temperaturas necessárias para esta manutenção são controladas e registadas desde o transporte até à expedição, tendo que estar compreendidas dentro dos valores estipulados na lei ET nº 02/2019, 2019. Os intervalos de temperatura, como estipulados na lei, são:

- 0 a 4°C para bacalhau salgado verde;
- 0 a 7°C para bacalhau salgado seco;
- 1 a 4°C para bacalhau escalado;
- -1 a 4°C para polvo (gelo fundente);
- Igual ou inferior a -18°C para produtos congelados.

Os produtos da gama Brasmar apresentam uma variedade de mais de 200 espécies de pescado, as quais sofrem diferentes tipos de corte dependendo da espécie, e são comercializadas em diferentes tipos de embalagem. Desta mesma forma, os diferentes processos realizados na Brasmar, aplicados na mesma matéria-prima, darão origem a produtos finais diferentes.

Durante o estágio curricular, pretendeu-se avaliar os processos colocados em ação para tratamento e processamento dos cefalópodes comercializados pela Brasmar, nomeadamente polvo, lula, choco e pota, assim como as suas diversas opções de venda, como por exemplo, polvo inteiro ou apenas 2 tentáculos.

No âmbito do tema a abordar durante este estágio curricular e na realização do respetivo relatório, serão desenvolvidos testes que permitem obter dados de controlo e experimentais sobre a influência do binómio tempo-temperatura na textura dos cefalópodes. Deste modo, pretendeu-se aprimorar ou até alterar certos processos em vigor na fábrica, de modo a obter uma melhor textura no produto final.

Este relatório demonstra um foco em polvo, não só por este ser o principal cefalópode na comercialização da Brasmar, como por terem ocorrido constrangimentos de tempo que não possibilitaram a realização de testes nos restantes cefalópodes comercializados.

1.3. Cefalópodes

Os alimentos são sistemas complexos. Materiais biológicos são matérias estruturadas hierarquicamente em todas as escalas desde moléculas até tecidos, formando as estruturas que refletem e ditam as características biológicas do organismo, assim como a função dos tecidos. Estas mesmas estruturas vão ser um fator influenciador na textura e, consequentemente, a sensação do alimento na boca, assim como a presença de compostos de sabor e aroma, que são similarmente determinados pela função biológica (Schmidt & Mouritsen, 2022).

Os peixes, tal como animais terrestres, movimentam-se maioritariamente através de músculo estriado; no entanto, verifica-se fundamentalmente o contrário em moluscos, como por exemplo os bivalves, os quais possuem uma concha externa à qual os seus músculos estão unidos, que operam sob contração unidirecional. Observam-se diferenças funcionais ainda mais distintas nos

cefalópodes, dado que estes não possuem uma estrutura esquelética ou esta é muito rudimentar, o que origina uma necessidade dos seus músculos terem uma organização diferente (Schmidt & Mouritsen, 2022).

Cefalópodes coleóides como polvo, lula, pota e choco são notórios por terem a capacidade de se deslocar através de movimentos facilitados por mecanismos de musculatura hidrostática, o que lhes confere uma textura “difícil” no sentido alimentar. As diferentes orientações das fibras musculares são o fator que lhes confere a sua constituição hidrostática. É importante denotar ainda que a distribuição do tecido conjuntivo, assim como a disposição das fibras musculares e, conseqüentemente, o tipo de locomoção variam entre espécies de cefalópodes, o que leva à necessidade de haver processamento adaptado a cada espécie e não de forma generalizada (Schmidt & Mouritsen, 2022).

Outro fator sugerido ter grande importância na resistência e maior mastigação em cefalópodes é o seu alto teor em colagénio *cross-linked* que cobre as fibras musculares, o que significa que este tipo de colagénio não solubiliza facilmente quando exposto a temperaturas baixas ou moderadas (Schmidt & Mouritsen, 2022).

Esta arquitetura biológica é então muitas vezes responsável pela perceção que cefalópodes são duros e requerem mais mastigação em relação aos músculos de outros animais, especialmente se não forem processados corretamente. Tanto a dureza como a elasticidade da textura dos cefalópodes são um fator decisivo, dado que a textura mostra-se como a característica mais valiosa na aceitabilidade nos cefalópodes pelo consumidor (Gokoglu et al., 2017), assim como um dos maiores constrangimentos industriais. Têm sido realizados vários estudos com o intuito de investigar e perceber como diferentes métodos de processamento auxiliam a diminuição da dureza do músculo de cefalópodes, especialmente na área da culinária. Estes estudos focam-se no carácter mecânico, como na análise da textura, e físico-químico, como as propriedades termodinâmicas e a influência na degeneração proteica, assim como análises químicas para determinação de compostos de sabor e aromáticos (Schmidt & Mouritsen, 2022).

Assim, os factores que mais influência têm na textura de cefalópodes são a congelação, o escaldamento e a cozedura (Reyes et al., 2015).

As seguintes figuras demonstram as diferenças fisiológicas entre cefalópodes, como a disposição e orientação das fibras musculares, reforçando novamente a necessidade de especializar o processamento de cefalópodes.

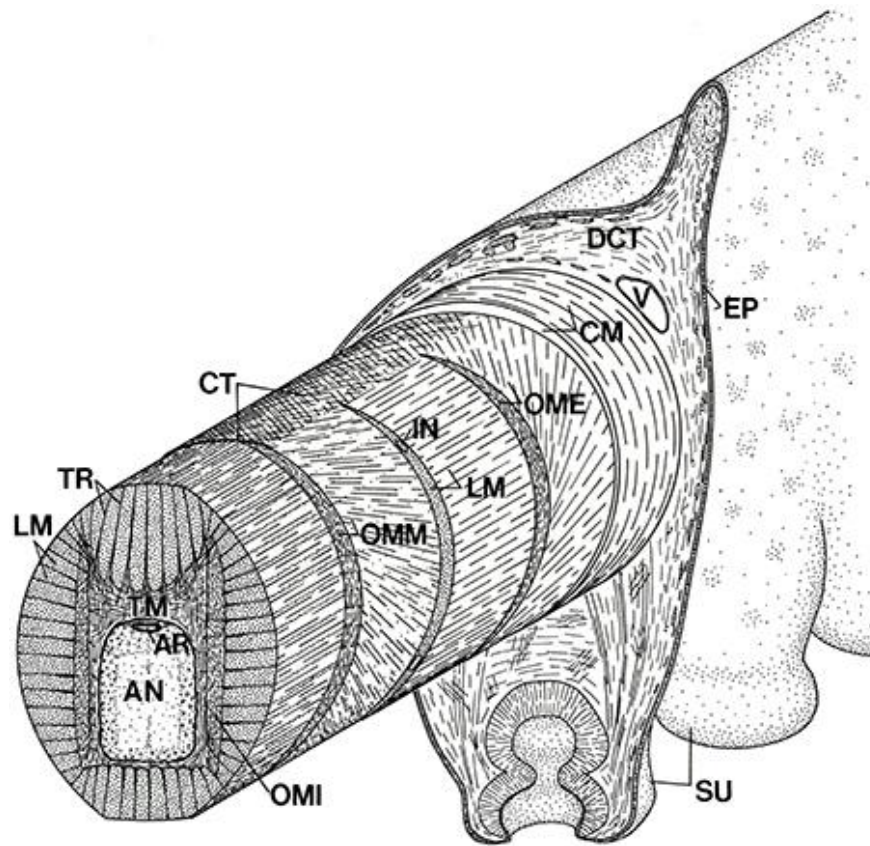


Figura 4 - Diagrama esquemático de um tentáculo de polvo, demonstrando a disposição tridimensional das fibras musculares e fibras do conjuntivo. AN, cordão nervoso axial; AR, artéria; CM, camada muscular circunferencial; CT, tecido conjuntivo; DCT, tecido conjuntivo dermal; EP, epiderme; IN, nervo intramuscular; LM, fibras musculares longitudinais; OME, camada muscular oblíqua externa; OMI, camada muscular oblíqua interna; OMM, camada muscular mediana oblíqua; SU, ventosa; TM, fibras musculares transversais; TR, trabéculas; V, veia. (Fonte: Kier, 1988).

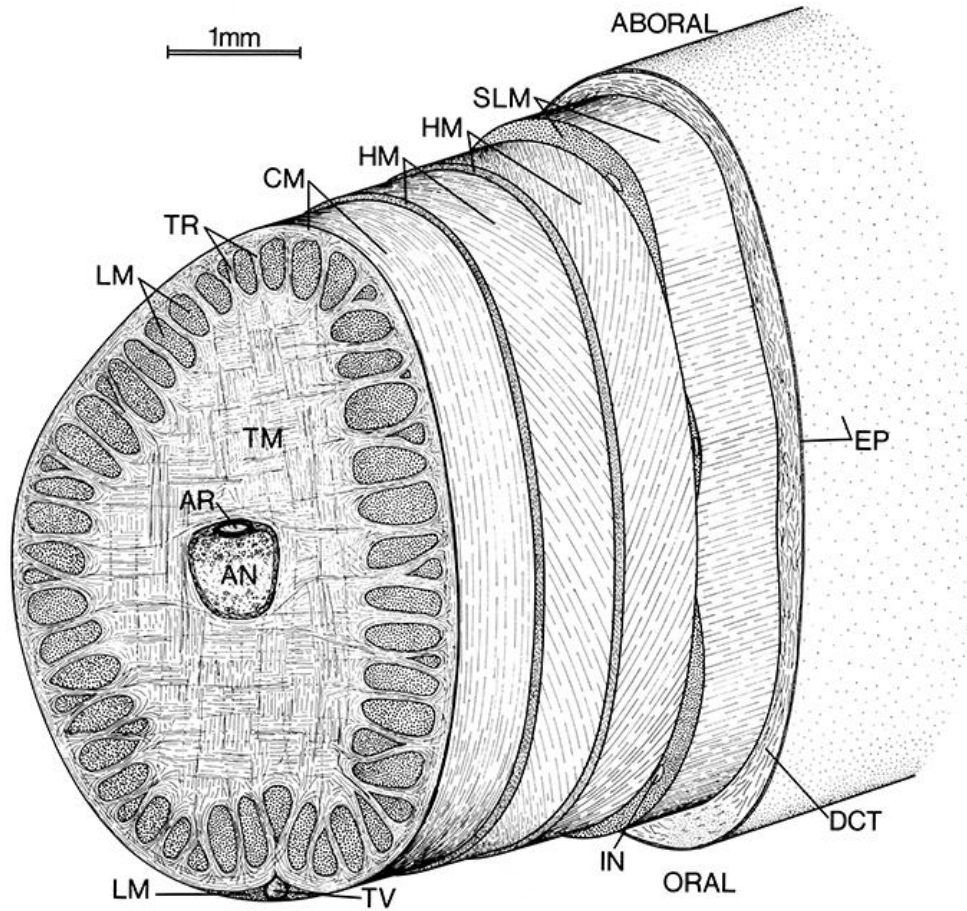


Figura 5 - Diagrama esquemático do pedúnculo do tentáculo esquerdo de Lula. AN, cordão nervoso axial; AR, artéria; CM, camada muscular circunferencial; DCT, tecido conjuntivo dermal; EP, epiderme; HM, músculo helicoidal; IN, nervo intramuscular; LM, fibras musculares longitudinais; SLM, músculo longitudinal superficial; TM, fibras musculares transversais; TR, trabéculas dos músculos transversais; TV, veia superficial do tentáculo. (Fonte: Kier, 1982).

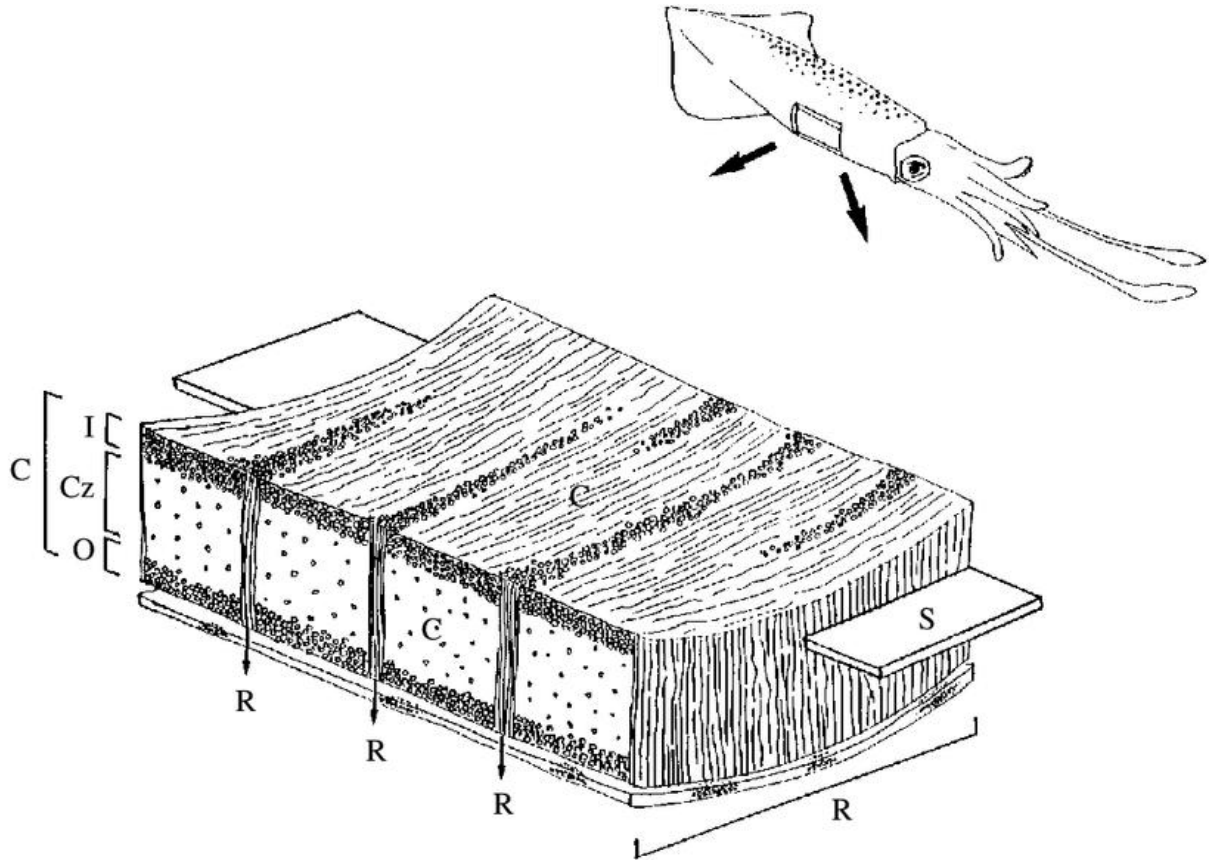


Figura 6 - Diagrama do arranjo das fibras musculares (não à escala) do manto de lula (e choco), mostrando as fibras circulares (C) constituídas por fibras da zona interna (I), externa (O) e central (Cz), assim como as fibras radiais (R). Também é mostrado o plano de secção (S) feito pelo vibrátomo. (Fonte: Rogers, 1997).

2. Materiais

Para consistência dos resultados, assim como resultados mais realistas e apelativos, foi concluído que os testes em polvo deveriam ser realizados em *Octopus vulgaris*, com indivíduos pertencentes a OP (ordens de produção) com zona de captura no Atlântico Nordeste (FAO 27), observável na figura 7, e/ou do Atlântico Centro-Este (FAO 34), observável na figura 8, dado que estes indivíduos são dos mais comercializados pela Brasmar, e possuem uma textura mais tenra e mastigação mais fácil, comparativamente a, por exemplo, indivíduos capturados na zona do Oceano Índico Oeste (FAO 51), observável na figura 9, que possuem uma textura mais rígida e

são muito menos comercializados pela empresa, pelo que não se realizaram testes nestes indivíduos.

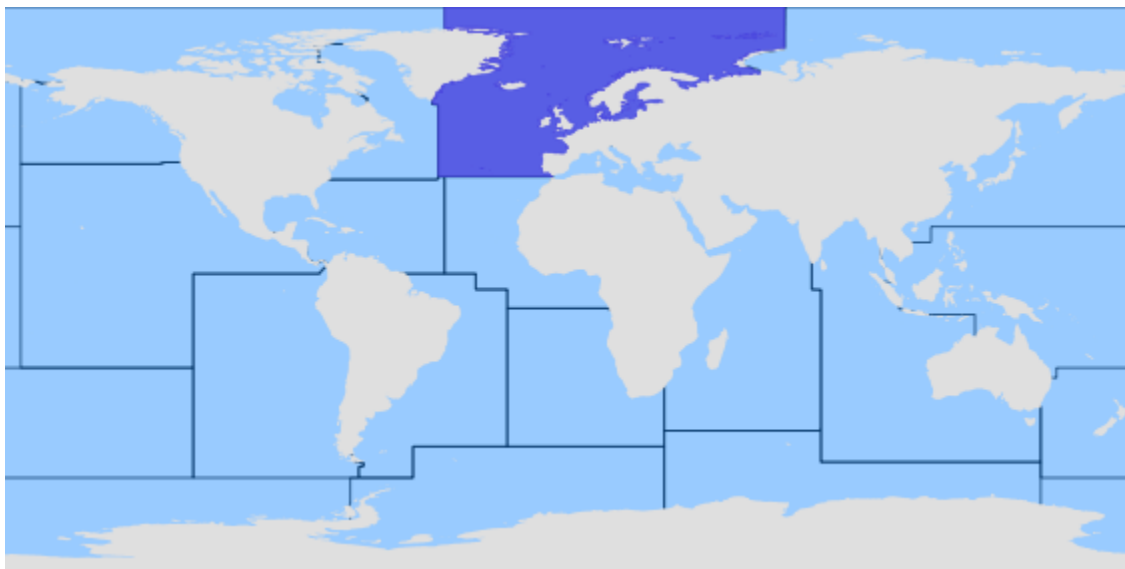


Figura 7 - Zona 27, Atlântico Nordeste (Fonte: Comissão Europeia, 2026).

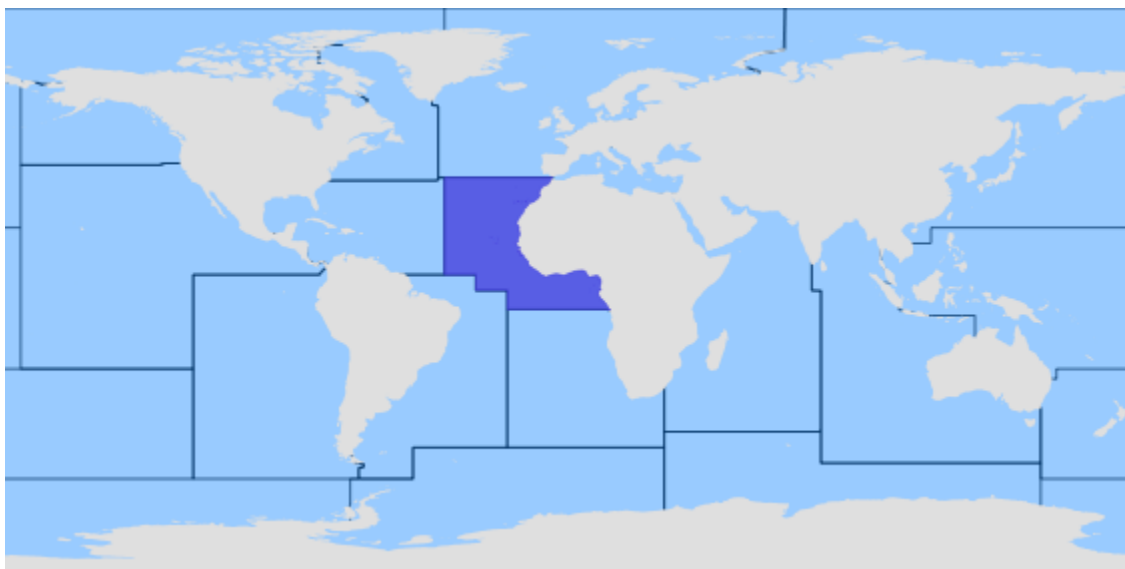


Figura 8 - Zona 34 Atlântico Centro-Este (Fonte: Comissão Europeia, 2026).

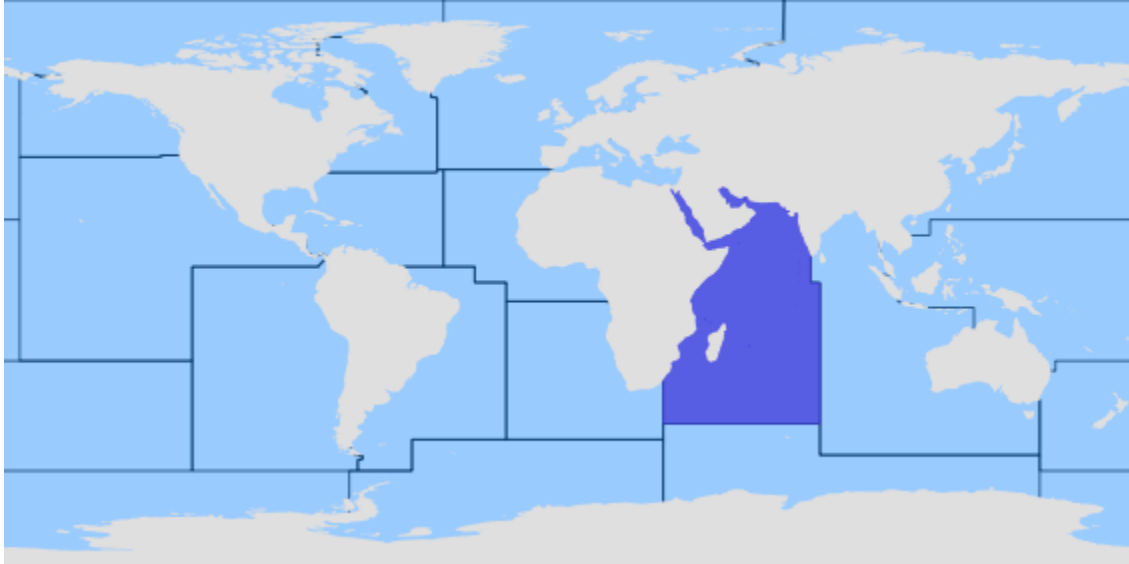


Figura 9 - Zona 51 Oceânico Índico Oeste (Fonte: Comissão Europeia, 2026).

Para além da zona de captura, seleccionaram-se indivíduos de calibres maiores dado que estes demonstrariam resultados mais interessantes e impactantes do que os calibres menores, dado que calibres maiores serão capazes de uma maior absorção dos aditivos durante o tratamento e, consequentemente, uma maior retenção de água.

3. Métodos

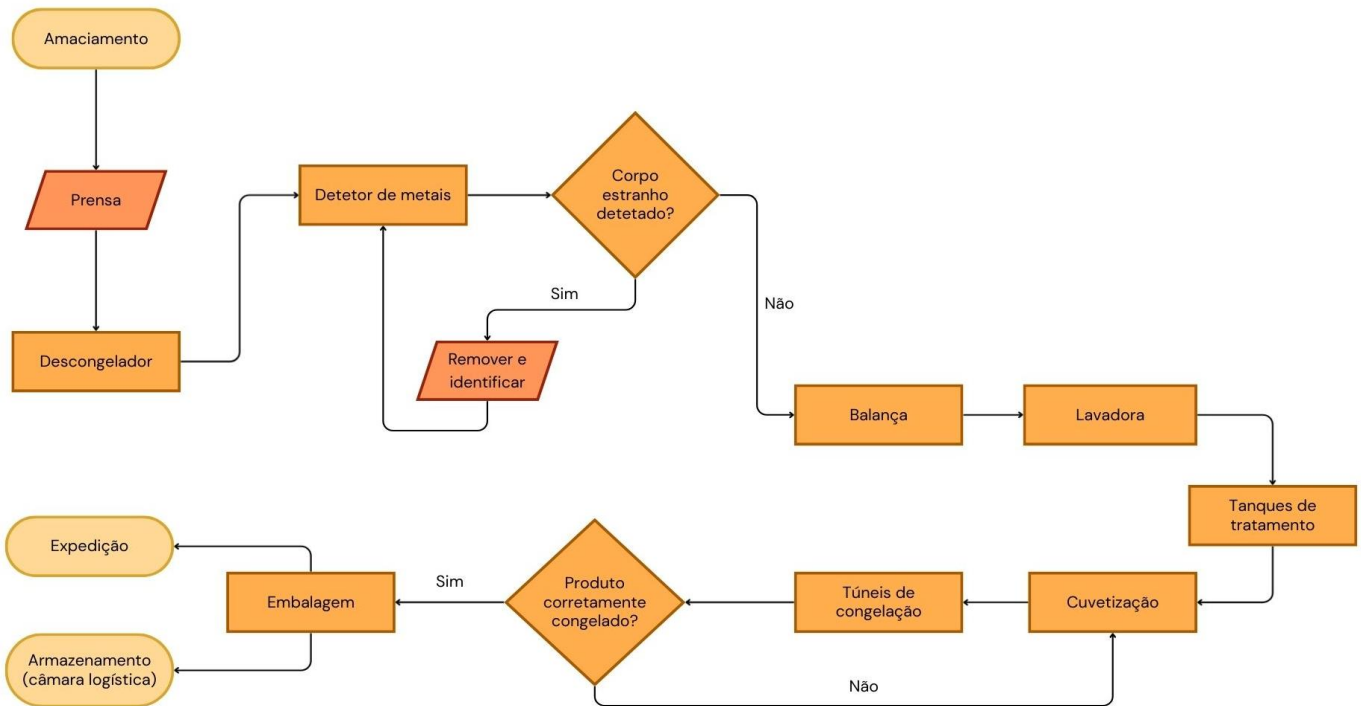


Figura 10 - Fluxograma demonstrando o processamento dos cefalópodes.

3.1. Descongelação

Inicialmente realizaram-se testes para obter os dados de controlo relativo a cada espécie de cefalópodes estudados. Para tal, foi acompanhado todo o percurso de tratamento realizado pelos cefalópodes, desde o amaciamento, descongelação, tratamento, congelação e embalagem.

No amaciamento o produto permanece cerca de 24 h na sala de descongelação, a qual se encontra a uma temperatura entre 9 - 12°C, de forma a amaciar os tecidos dos cefalópodes e começar a separar cada indivíduo dentro do bloco (composto por vários indivíduos), para permitir o envio posterior para os descongeladores onde, eventualmente, se separam completamente. Embora haja um aumento da temperatura do produto, este não atinge temperaturas que promovam a descongelação (dado que seria necessário atingir temperaturas positivas) nem o

crescimento bacteriano durante o amaciamento. Houve inclusive testes previamente realizados onde o produto atingiu temperaturas entre -11°C e -7°C durante o amaciamento.

Na zona de descongelação, o produto é levado até 1 de 2 descongeladores, onde irá permanecer, dependendo do calibre do produto em tratamento, durante aproximadamente 30-45 minutos. Durante este período, o produto estará submerso em água com uma temperatura por volta dos 12°C (máximo 14°C), onde sofrerá a ação de pás que movimentam a água, assim como o produto submerso nesta, não só auxiliando na descongelação, mas também promovendo novamente o amaciamento do músculo.

Terminado o processo de descongelação, o produto é novamente transportado através do sistema de tapetes, passando por um detetor de metais capaz de automaticamente separar indivíduos que apresentem corpos estranhos do resto do produto, onde posteriormente serão verificados manualmente por colaboradores, que irão identificar e retirar quaisquer corpos estranhos do produto, que serão registados pelo Departamento da Qualidade, sendo devidamente notificado o fornecedor ou, caso seja de origem interna, serão tomadas medidas e sensibilização dos colaboradores para que o mesmo não aconteça de novo.

Após a passagem pelo detetor de metais, o sistema de tapetes irá depositar o produto numa balança de grandes dimensões, capaz de pesar e isolar as quantidades de produto desejadas para serem enviadas para cada tanque de tratamento, que são transferidas para uma lavadora e posteriormente enviadas, através do sistema de tapetes, para os tanques de tratamento que se localizam numa sala refrigerada (a uma temperatura de 4°C) diretamente acima da área de descongelação.

3.2. Tanques de tratamento

Na sala de tratamento, o produto é então depositado arbitrariamente num determinado tanque, através de um painel de controlo, onde é também possível verificar o peso da carga presente no tanque assim como a temperatura do tanque, entre os 3 e os 6°C .

O produto permanece então nestes tanques durante, geralmente, entre 72 a 96 horas, dependendo, novamente, do calibre do produto, dado que quanto maior for o calibre do produto, maior o tempo de tratamento que será necessário para o produto em questão. No entanto, de um modo geral, é comum os tanques operarem em ciclos de 96 h.

Após a conclusão do tempo de tratamento, o produto é mantido nos tanques até a ordem de baixa ser emitida no painel de controlo pelo chefe de turno responsável da cuvetização. O produto é então transferido para as linhas de cuvetização através de tubagem instalada para este efeito, com mecanismos de porta que permitem desviar o produto entre as duas linhas manualmente. A saída do produto para cuvetização é determinada com base na quantidade de produto em espera, assim como o produto em processo de cuvetização e congelação. Cada ordem de baixa contém apenas produto do mesmo calibre e ordem de produção.

3.3. Sala de aditivos

A sala de aditivos localiza-se diretamente acima da sala de tratamento dos cefalópodes, que estão ligadas através de um sistema de tubagem que leva os aditivos até aos tanques de tratamento. Nesta sala, num dos cantos, há 2 misturadores, de maneira a disponibilizar o restante espaço livre para armazenamento dos aditivos, agrupando as paletes por tipo de aditivo e identificando devidamente, por exemplo, com um folheto informativo na parede adjacente à zona designada para cada aditivo.

Dispõe ainda de uma zona provida de uma balança para pesagem de aditivos com auxílio de um copo medidor, de forma a garantir a quantidade correta de cada aditivo na fórmula a ser usada. Nesta balança são pesados os aditivos retentores de humidade e o sal. Estes retentores são compostos por citrato de sódio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$) e citrato de potássio ($\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$), os quais funcionam como reguladores de acidez e antioxidantes. Tanto o citrato de sódio (E-331) como o citrato de potássio (E-332) são responsáveis por estabilizar as proteínas miofibrilares. Isto porque, estas proteínas têm uma tendência a agregarem-se e, consequentemente, separarem-se parcialmente da água que as hidrata. Caso estas ligações entre proteínas se tornem permanentes, há uma perda de solubilidade e capacidade de reidratação, o que origina uma diminuição na retenção de água. É importante mencionar que um dos retentores é usado apenas para pota, enquanto que o outro retentor é usado nos restantes cefalópodes, visto que a pota apresenta uma textura mais resistente que os outros cefalópodes logo irá ter uma difusão dos aditivos para os músculos mais lenta, o que leva a uma maior dificuldade a absorver os aditivos. Assim, o retentor usado na pota, embora possua a mesma composição que o retentor para os restantes cefalópodes, foi formulado de maneira a ter uma melhor difusão em densidades mais altas de fibras musculares.

Nesta mesma zona encontra-se o painel de controlo da sala de aditivos, onde é possível verificar o estado de operação de cada misturador, assim como fazer o seu controlo, como dar início à mistura ou o envio da fórmula de aditivos completa para os tanques de tratamento através da tubagem mencionada anteriormente.

Do lado esquerdo da balança estão instalados 2 tanques contendo um aditivo líquido bacteriostático, composto por ácido cítrico (E-330) e citrato de sódio (E-331), assim como peróxido de hidrogénio, o que lhe confere características bactericidas, dadas as qualidades antissépticas do peróxido.

Estes tanques estão ligados por um tubo cada um aos misturadores de maneira que a sua adição à mistura de aditivos seja feita remotamente através do painel de controlo presente na sala, o que a torna mais fácil e não tenha que ser feita manualmente. É recomendada a utilização do bacteriostático com os retentores de humidades.

3.4. Cuvetização e congelação

A secção de cuvetização é, atualmente, composta por duas linhas, cada uma com destino a um respetivo túnel de congelação, os quais utilizam amoníaco como composto refrigerante, nunca entrando em contacto com o produto, para refrigerar os túneis e, conseqüentemente, congelar os indivíduos cuvetizados, de modo a promover a sua conservação. As linhas são compostas por várias estações de trabalho, em ambos os lados da linha, as quais dispõem de uma mesa de trabalho de aço inoxidável equipada com uma balança para peso do produto, assim como uma mangueira para a devida limpeza da estação de trabalho.

Nas linhas de cuvetização e congelação, o produto é então processado de maneira a estar pronto para embalagem, armazenamento e, por fim, exportação. Os cefalópodes que terminaram o processo de tratamento são então enviados para um tanque de receção nas linhas de cuvetização, através do sistema de tubagem mencionado anteriormente, sendo a ordem de baixa introduzida no painel de controlo pelo/a chefe de turno, de maneira a manter a eficiência e a não sobrecarregar as linhas.

Todo o percurso de cuvetização e congelação é auxiliado por sistemas de tapetes. O primeiro conjunto de tapetes tem como função transportar o produto desde o tanque de receção até às

linhas de cuvetização, onde permanecem numa superfície de aço inoxidável situada diretamente em baixo do sistema de tapete que levará o produto para os túneis de congelação.

Os operários transferem manualmente o produto para a estação de trabalho onde, usando uma cuvette de tamanho apropriado para o calibre em processamento, e tarando o peso da mesma, realiza-se a pesagem de cada indivíduo/peça de maneira a confirmar que se encontram dentro dos padrões de pesos estipulados para cada calibre e para a respetiva ordem de produção.

Estes diversos tamanhos e formatos de cuvetes são designados por PMS (Produto Material Subsidiário) e estão organizados por uma identificação numérica a seguir à sigla. Os colaboradores poderão confirmar quais PMS usar relativamente a cada calibre através de um folheto informativo disponível em todas as estações de trabalho.

Os colaboradores colocam o produto na cuvette numa posição pré-definida e, sendo confirmado que o produto se encontra dentro dos parâmetros de peso definidos, a cuvette com o produto é colocada no sistema de tapete que leva o produto para os túneis de congelação.

Já no túnel de congelação, o produto permanecerá dentro deste durante um intervalo de tempo de, geralmente, 140 ou 150 minutos. A duração do processo de congelação definida para a OP em processamento é também ditada pelo calibre do produto, de forma que haja uma congelação completa, ou seja, que todo o produto atinja pelo menos a temperatura de -18°C . No fim deste período de tempo, o produto congelado é transportado para fora do túnel ainda pelo mesmo sistema de tapetes, e será visualmente inspecionado por um colaborador para garantir que o produto foi corretamente congelado e detetar qualquer outro defeito. Nesta saída encontra-se um pequeno sistema de cascata água que cobre o produto, de modo a auxiliar a formação de gelo superficial, podendo conferir uma vidragem ao produto, vidragem esta que não atinge as percentagens necessárias para servir de proteção ao produto. Apenas uma das marcas de polvo congelado irá ter uma vidragem completa, até um máximo de 10%.

Outras marcas podem ainda requerer a colocação de gelo na cuvette antes da colocação do produto para uma maior refrigeração.

O produto segue então pelo mesmo sistema de tapetes passando por uma zona em espiral onde ambas as linhas de tapetes convergem e descem até um detetor de metais, sendo novamente inspecionados visualmente por colaboradores que removem os produtos que não foram corretamente congelados para refazerem o processo de cuvetização.

Caso o produto se encontre conforme, este segue para a linha de embalagem, onde é devidamente embalado e etiquetado.

3.5. Planeamento

Os testes experimentais foram realizados no âmbito do tema escolhido para o estágio curricular. Deste modo, pretendeu-se realizar análises e, conseqüentemente, testes experimentais nos vários patamares do processamento de cefalópodes, como o amaciamento, a descongelação, o tratamento e a congelação e armazenamento.

Os resultados obtidos nestes testes foram então importantes para determinar a respetiva influência das etapas do processamento sobre o produto, nomeadamente a temperatura que este atinge e de que forma esta influencia a eficácia da etapa seguinte, e os impactos que estas têm na textura final dos cefalópodes, assim como de que maneira se poderá melhorar estas etapas através de alterações ao binómio tempo-temperatura, como por exemplo uma diminuição na descongelação, de forma a que se mantenha ou aumente a eficácia da aditivação no tratamento e, conseqüentemente, a qualidade do produto final, melhorando assim a eficiência de todo o processamento, obtendo produtos melhores ou com a mesma qualidade num menor intervalo de tempo.

Assim, os testes foram realizados de forma linear no sentido do processamento, começando por estudar a etapa de amaciamento. Para tal, serão usados *data loggers* calibrados para medir as variações de temperatura, com intervalos de 1 minuto, durante 1 dia. Estes serão colocados assim que as paletes com produto em questão forem transferidas para a sala de descongelação para amaciamento, garantindo assim a coincidência entre os horários de descongelação dos testes e do produto normal.

De maneira a obter uma medição correta da temperatura dos indivíduos selecionados para os testes, é necessário utilizar uma broca manual para perfurar o produto ligeiramente, de forma a ser possível inserir o *data logger* no produto, obtendo assim uma medição mais próxima da temperatura central do produto, e uma variação de acordo com a variação real de temperatura do produto na palete.

A colocação imprópria dos *data loggers* torna os dados inválidos dado que, numa única palete, é possível observar diferenças de temperatura entre os indivíduos mais abaixo e os produtos

mais acima, assim como diferenças entre o centro e as bordas da paleta. Assim, a colocação dos *data loggers*, por exemplo, no centro da paleta, não mediria uma temperatura correspondente ao indivíduo selecionado, ainda que fosse colocado à mesma altura deste.

Após a colocação correta dos *data loggers* no produto, voltam-se a fechar as caixas onde se encontra o produto, desta vez com fita-cola colorida, de modo a distinguir estas caixas do restante produto pertencente à mesma ordem de produção. Coloca-se ainda um determinado número de tiras de fita-cola colorida em cada caixa (como demonstrado na figura 11), de modo a distinguir as caixas de teste entre si.



Figura 11 - Exemplo da colocação da fita-cola colorida, com número de tiras centrais variado (1, 2 e 3 tiras), para identificação das diferentes caixas contendo produto para teste.

Terminado o período de amaciamento, os indivíduos serão então removidos das embalagens através do auxílio de uma prensa, que aplica uma pequena força sobre a caixa, de maneira a ajudar a separar os indivíduos congelados.

O mesmo é feito nos indivíduos para teste, sendo aplicado uma força ligeira extra por parte dos colaboradores, de maneira a colocar os indivíduos na sua posição alongada natural. Esta força

e alongamento extra dos cefalópodes serve para facilitar a colocação de braçadeiras de identificação na zona entre os tentáculos e os olhos do indivíduo. Os indivíduos são então transferidos para um cesto higienizado para pesagem e, posteriormente, colocação da identificação.

As braçadeiras são compostas por *clips* de metal detetável, atadas inicialmente aos indivíduos com fio de *nylon* monofilamento, nos quais estão demarcados vários números de forma a atribuir um número a cada indivíduo. Posteriormente concluiu-se que seria mais viável a utilização de *zip ties* (como demonstrado na figura 12), estes também constituídos por metal detetável, prevenindo o rompimento do fio de pesca e a perda da identificação do indivíduo.



Figura 12 - Exemplo da colocação da identificação em dois indivíduos-teste, após amaciamento, num cesto higienizado.

Após a devida identificação dos indivíduos, estes são transferidos para um dos descongeladores da sala de tratamento. Concluiu-se que a utilização do descongelador 2 será a melhor opção, por facilidade de acesso, assim como para não perturbar o funcionamento normal do processamento e o trabalho dos colaboradores.

Ambos os indivíduos serão presos com fio de pesca à estrutura externa do descongelador (como na figura 13), de maneira a facilitar a recolha destes após os 15 minutos de descongelação estipulados para teste, sem haver a necessidade de terminar o processo para o resto do produto em descongelação, permitindo a continuação regular deste processo.

A colocação dos indivíduos é feita em diferentes pontos do descongelador, de forma a determinar se haverá variações na eficiência de descongelação ao longo do equipamento, assim como junto aos vários jatos de água de maneira a simular o mais realisticamente possível os efeitos da circulação de água no indivíduo. De acordo com esta simulação, os indivíduos são atados de forma a ter folga suficiente para que possam chegar até às pás rotativas no centro do descongelador, garantindo assim que possam ainda beneficiar dos efeitos de *tumbling* (forma de amaciar o músculo através das forças mecânicas exercidas pelas pás rotatórias sobre o produto) a que o produto normal é sujeito.



Figura 13 - Exemplo do fio de pesca utilizado para prender os indivíduos-teste, atado a uma estrutura externa do descongelador.

É ainda medida a temperatura dos indivíduos através de um termómetro digital adequado (termopar) para a medição de temperatura em produtos alimentares, num intervalo de 5 em 5 minutos.

Ao fim do período de 15 minutos de descongelação, é cortado o fio de pesca que mantém os indivíduos presos ao exterior dos tanques de descongelação com o auxílio de utensílios de corte verificados e usados diariamente pelos colaboradores, sendo assim possível retirar os indivíduos do descongelador. Estes são imediatamente pesados, para evitar qualquer influência do tempo fora do processamento normal, como sofrerem uma descongelação passiva durante um maior período de tempo do que aquele que tipicamente acontece quando o produto é transportado do descongelador até os tanques de tratamento pelo sistema de tapetes.

Concluída a pesagem, os indivíduos são transportados para tanques de tratamento escolhidos previamente em concordância com os tanques de tratamento que estão a ser cheios na hora do teste, tendo em conta o calibre e a OP dos indivíduos-teste, de maneira que os indivíduos sejam sujeitos ao mesmo tempo de tratamento que o produto regular e às mesmas quantidades de aditivos (baseadas nos calibres do produto do respetivo tanque a ser cheio).

Estes indivíduos permanecerão nos tanques de tratamento durante o período regular de tratamento, em conformidade com o calibre, e serão pesados em intervalos iguais de tempo (por exemplo de 12 em 12 horas) de forma a obter uma medição gradual da evolução do peso do produto teste.

Assim que o período de tratamento esteja concluído, os indivíduos-teste são enviados juntamente com o resto do produto nos tanques em questão para as linhas da cuvetização. Estes são posteriormente identificados pelos colaboradores das linhas e postos de parte para serem pesados antes de serem enviados para os túneis de congelação da mesma forma que o produto normal. Estes indivíduos serão então colocados em cuvetes de maneira que a sua identificação esteja visível, e seguirão para a congelação. É verificado qual o tempo de congelação nos túneis que está em vigor no momento, para ser feita a recolha dos indivíduos assim que termine, sendo posteriormente guardados em armazenamento refrigerado, onde permanecerão durante vários dias, de forma a simular o tempo de armazenamento desde o seu envio até o momento de compra pelo consumidor.

Durante este armazenamento, são feitas pesagens diárias de forma a obter uma evolução do peso e observar que influência as temperaturas baixas do armazenamento poderão ter sobre o produto e como afetam a sua textura e qualidade.

Finalizando o período de armazenamento, será feita uma última pesagem com o produto teste congelado (que corresponderá ao Peso Líquido do produto teste), e avança-se para a etapa de

perda de peso em cozedura. Para este efeito, em conjunto com a pesagem realizada anteriormente, os indivíduos-teste são pesados após a remoção do gelo (que corresponde ao Peso Líquido Escorrido, não ocorrendo descongelação), pesados novamente após a descongelação, a qual é realizada num recipiente utilizado para esse efeito, e após a cozedura do cefalópode.

Já a cozedura é feita da mesma forma que no produto normal que é cozido para verificações e validações de lotes. Inicia-se por ferver um pouco de água num recipiente de aço inoxidável disponível no laboratório do departamento da Qualidade. Aquando da fervura da água, o cefalópode será colocado no recipiente e cozerá durante 30 minutos em placa elétrica na potência máxima com o recipiente destapado, ao fim do qual se coloca tampa e deixa-se em repouso por mais 30 minutos.

Após o registo das pesagens, será possível determinar a percentagem de perda de peso, a qual não deverá ultrapassar os 60-65%, dependendo do cliente.

Com a conclusão da perda de peso, será então possível determinar quais os processos em que a temperatura e o tempo terão maior influência em, assim como determinar que investigação e alterações poderão ser feitas para aumentar a eficiência e eficácia dos processos já existentes na fábrica.

4. Resultados e Discussão

4.1. Teste 1 e 2

Inicialmente realizaram-se dois testes (Teste 1 e Teste 2, T1 e T2 respetivamente) com o objetivo de observar a evolução da temperatura do produto e, consequentemente, dos indivíduos-teste durante diferentes etapas do processamento regular de forma a obter dados. Para este fim, foi utilizado um termómetro digital próprio para uso em alimentos para observar a temperatura dos indivíduos-teste.

Ainda que tenham acontecido certos imprevistos que impediram o *flow* ininterrupto do produto ao longo do processamento, estes serviram para poder amaciar o produto até uma temperatura mais semelhante à temperatura regularmente atingida.

No teste 1, após o amaciamento, o produto foi colocado sobre a ação de uma prensa mecânica de modo que os indivíduos num bloco se soltem uns dos outros, no entanto, neste caso, não foi possível a separação completa manual sem danificar o produto, de maneira que, não foi possível fazer uma medição do peso dos indivíduos-teste nesta etapa após o amaciamento. Em seguida foram devidamente identificados com braçadeiras (com fio de pesca), como as mencionadas anteriormente, e lida a sua temperatura utilizando o termómetro digital, expressa na seguinte tabela:

Tabela 1 – Temperatura final de amaciamento de duração regular dos indivíduos-teste do T1.

Polvo	T fim do amaciamento (°C)
I	-21
II	-19.3
III	-19.8

Considerando certos imprevistos logísticos, assim como a temperatura do produto após o amaciamento, estendeu-se o amaciamento dos indivíduos-teste por aproximadamente 2 horas, tendo sido registada a sua temperatura a cada 15 minutos, até atingirem uma temperatura semelhante à temperatura que o produto normalmente atinge na descongelação. Este amaciamento prolongado está representado na seguinte tabela:

Tabela 2 – Variações de temperatura dos indivíduos-teste durante a extensão do amaciamento no T1.

Hora	I	II	III
12:37	-15	-14.7	-14.9
12:54	-13.4	-13	-13.6
13:09	-12.1	-12	-12.4
13:24	-10.9	-10.7	-11.4
13:39	-9.6	-9.6	-10.4
13:54	-8.8	-8.7	-9.9
14:09	-7.9	-8.7	-9.1

Os dados representados na tabela 2 permitem então obter os seguintes gráficos relativos à evolução da temperatura dos indivíduos-teste relativamente a este amaciamento:

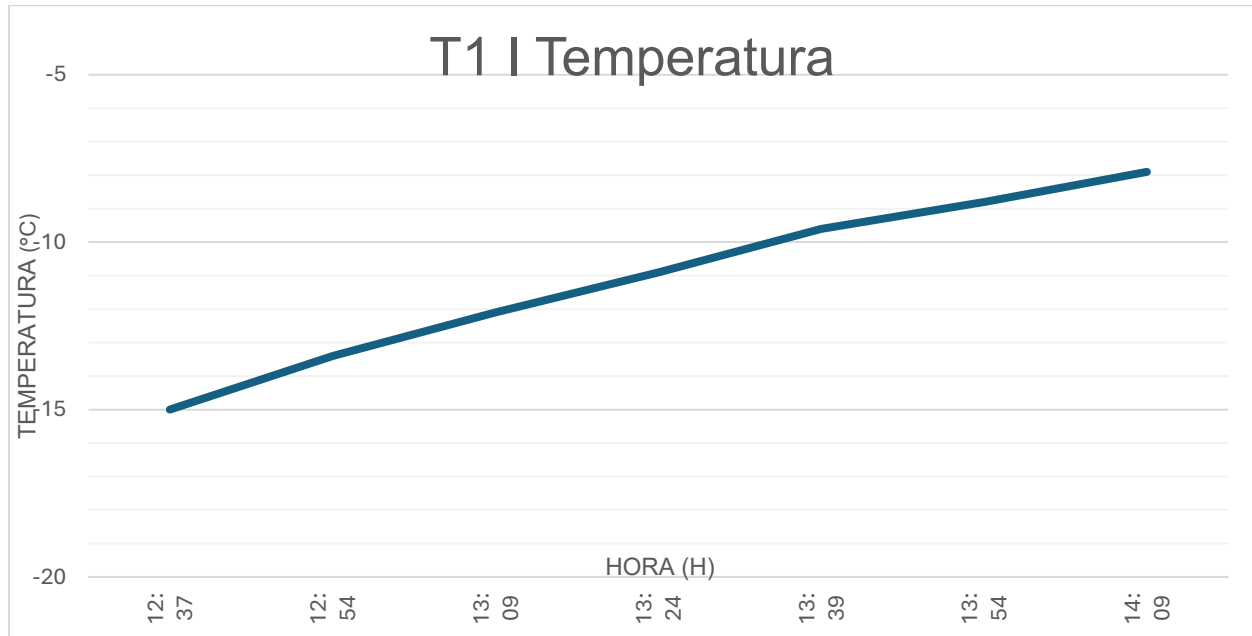


Figura 14 - Variação de temperatura do polvo I durante o amaciamento prolongado no T1.

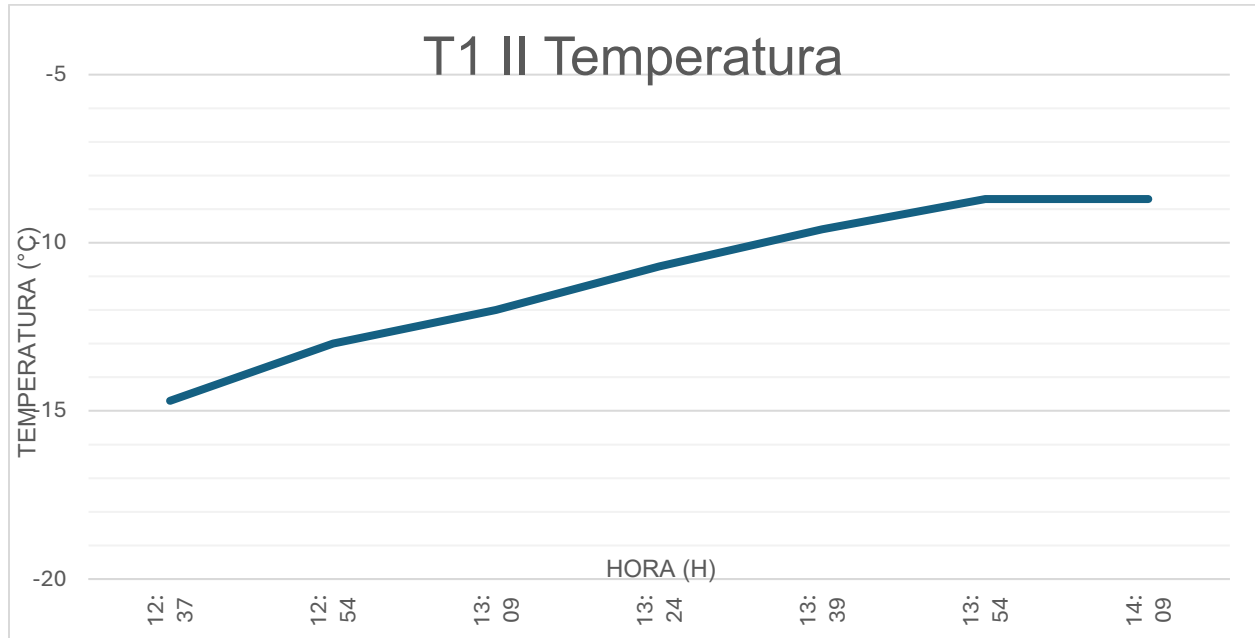


Figura 15 - Variação de temperatura do polvo II durante o amaciamento prolongado no T1.

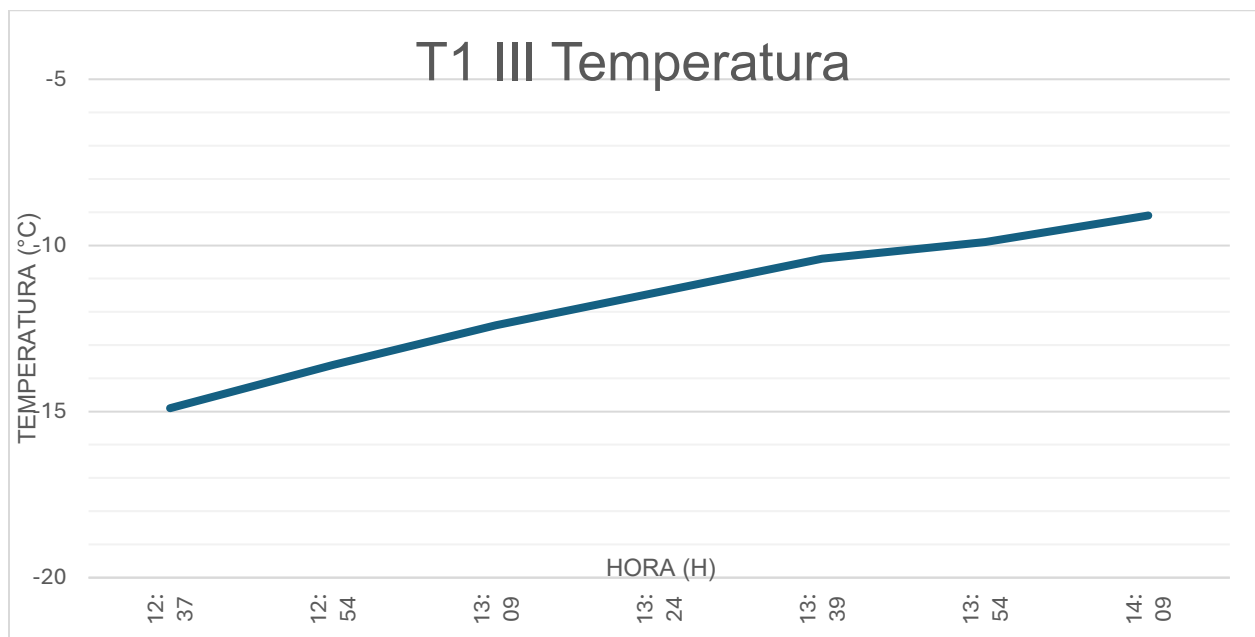


Figura 16 - Variação de temperatura do polvo III durante o amaciamento prolongado no T1.

Através da análise dos gráficos observa-se que a variação da temperatura é gradual, demonstrando assim que o amaciamento não é feito de forma rápida e não se verificam grandes variações de temperatura num curto espaço de tempo, o que diminuiria a qualidade do produto.

Terminado este amaciamento adicional, deu-se a entrada dos indivíduos-teste às 14h26 no descongelador, onde permaneceram durante 1 hora e 15 minutos, cerca de 25 minutos adicionais em relação aos tempos de descongelação regulares, devido à interrupção do transporte da OP em descongelamento para os tanques de tratamento, dado os imprevistos mencionados anteriormente. De forma a dar continuação ao teste, os indivíduos foram transportados manualmente para tanques com produto a começar a etapa de tratamento, com tempos de tratamento iguais aos que os indivíduos-teste deveriam seguir.

Terminada a descongelação, mediu-se novamente a temperatura, assim como se realizou a pesagem dos indivíduos, obtendo-se os seguintes dados:

Tabela 3 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste após a descongelação no T1, juntamente com a identificação do tanque de tratamento onde foram colocados e outras observações.

Polvo	Tanque	Temperatura (°C)	Peso (g)	Observação
I	-----			Identificação Perdida
II	2,13	16,8	2190	Tratamento Concluído
III	4,04	16,6	1978	Polvo Perdido

Como observado na tabela 3, não foi possível obter os dados relativos ao polvo I, dado que o fio de pesca que segurava a identificação rompeu. Não foi possível ainda continuar a observação dos resultados posteriores à descongelação do polvo III, visto que o fio de pesca que o mantinha preso ao exterior do tanque de tratamento, assim como o fio que prendia a sua identificação, romperam, não podendo ser sinalizado pelos colaboradores.

Assim, o polvo II terminou o processo de tratamento com os seguintes valores:

Tabela 4 – Temperatura e peso após o tratamento do polvo II no T1.

Polvo	Temperatura (°C)	Peso (g)
II	5,6	3050

A análise deste teste serviu para demonstrar que, ainda que se verifique um amaciamento menos completo dados certos constrangimentos industriais que regularmente acontecem na indústria, o rendimento durante o tratamento não seria afetado, algo positivo a ter em conta durante futuros testes.

Houve, no entanto, a perda de um dos polvos durante a descongelação devido à rutura do fio de pesca que o mantinha preso ao exterior do tanque de descongelação, o que permitia coletar momentaneamente os indivíduos-teste de entre o resto do produto em descongelação para fazer medições de temperatura assim como para separação e posterior colocação nos tanques do tratamento usando o mesmo fio de pesca para prender estes indivíduos-teste ao exterior dos tanques.

Ainda assim, foi possível obter os dados relativos à descongelação prolongada que se deu neste teste nos restantes indivíduos-teste, seguindo para o tratamento. Houve, novamente, a perda de outro indivíduo-teste durante o tratamento, no entanto ainda foi possível obter dados relativos ao tratamento através do indivíduo-teste restante, nomeadamente a temperatura no fim do tratamento, e o ganho de peso deste polvo (+860 g).

No teste 2 foi feita uma medição mais geral da temperatura ao longo de todo o percurso, de maneira que se obteve as temperaturas durante várias etapas do processamento, especificamente no fim do amaciamento e descongelação e tratamento), como demonstrado na seguinte tabela:

Tabela 5 – Temperatura final dos indivíduos-teste após cada etapa no T2 (a temperatura no tratamento apenas foi medida 24h após o começo desta).

	Temperatura (°C)			
Hora	IV	V	VI	Etapas
12:03	-3,4	-3,8	-3,4	Amaciamento
15:45	7,8	10,1	13,2	Descongelação
15:30	5,3	5,2	5,5	Tratamento (após 24h)

Verifica-se então que a maior variação de temperatura foi, justificávelmente, do amaciamento para a descongelação, a qual possui grande importância dado que um amaciamento incompleto irá influenciar a descongelação, o que por si irá influenciar a absorção dos aditivos durante o tratamento e, consequentemente, o rendimento final do produto.

Durante o tratamento, além da temperatura, foi também acompanhado a evolução do peso dos indivíduos, como demonstrado nas seguintes tabelas:

Tabela 6 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o tratamento no T2 (1ª linha relativa a 14/10/2025 e 2ª linha relativa a 15/10/2025).

	Peso (g)		
Hora	IV	V	VI
16:40	4419	2520	3025
16:00 (+24h)	4450	3100	3450

Tabela 7 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o tratamento no T2 (16/10/2025).

	Peso (g)		
Hora	IV	V	VI
16:00	5707	3440	4110

Tabela 8 – Medição da temperatura dos indivíduos-teste durante o tratamento no T2 (16/10/2025).

Temperatura (°C)		
IV	V	VI
4,7	5,9	3,5

Tabela 9 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o tratamento no T2 (17/10/2025).

Hora	Peso (g)		
	IV	V	VI
10:00	6025	3605	4465

Analisando este segundo teste verifica-se então que a medição da temperatura foi feita mais espaçadamente, ainda com o intuito de fortalecer os dados pretendidos no teste 1, de forma a poder analisar as temperaturas atingidas pelos indivíduos-teste, assim como o produto regular, após o término de cada etapa e, consequentemente, no início de cada etapa seguinte, assumindo um *flow* regular do produto.

Juntamente com a monitorização da temperatura, acompanhou-se ainda a evolução do peso de cada indivíduo, sendo possível obter o ganho de peso de cada um dos indivíduos-teste. Este ganho corresponde a 1606 g, 1085 g e 1440 g para os polvos IV, V e VI respetivamente.

Comparando assim, por exemplo, o polvo II do teste 1 ao polvo V do teste 2, que entraram em tratamento com pesos semelhantes, verifica-se um ganho de peso semelhante também, o que permite reforçar os dados obtidos até este ponto. Analisando ainda o aumento de peso dos polvos do teste 2 comparativamente entre si e entre o teste 1 verifica-se que os dados obtidos apontam para um maior aumento do peso durante o tratamento em calibres maiores, o que também foi tido em conta na determinação do produto a utilizar em futuros testes.

4.2. Teste de cuvetização

Dado o foco inicial nas etapas de amaciamento, descongelação e tratamento, o teste de cuvetização teve como propósito a obtenção de dados relativos à etapa de cuvetização que,

embora não tenha sido um dos alvos deste estágio, tem igual importância no processamento e comercialização do polvo congelado.

Para este efeito, foram colocados dois *data loggers*, um em cada indivíduo-teste, para monitorizar a variação de temperatura do produto dentro dos túneis de congelação, durante um período de congelação de 150 minutos. Os dados desta monitorização estão expressos nos seguintes gráficos:

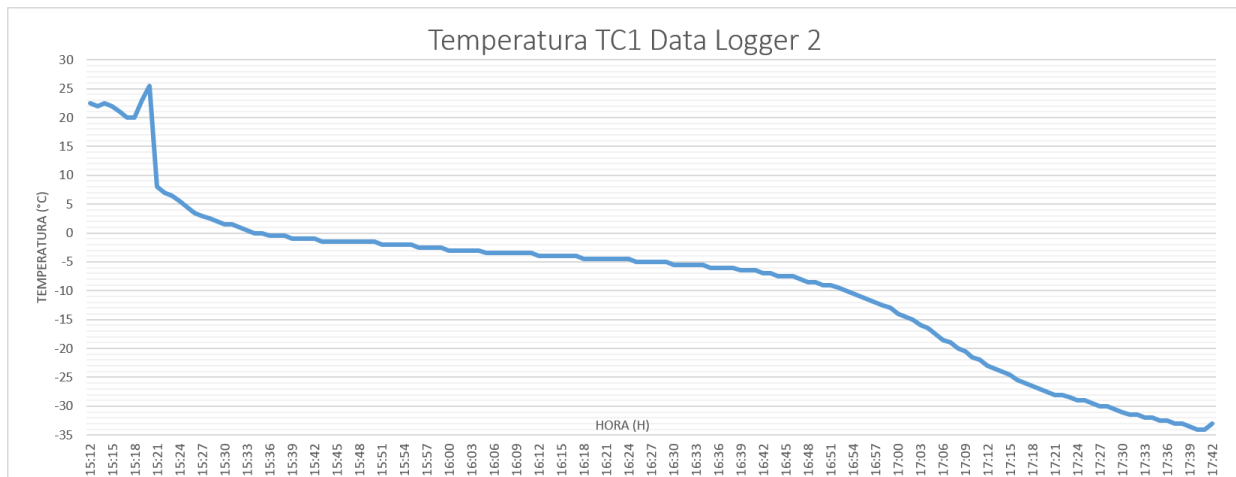


Figura 17 - Variação da temperatura do polvo relativo ao DL 2 dentro do túnel de congelação no TC1.

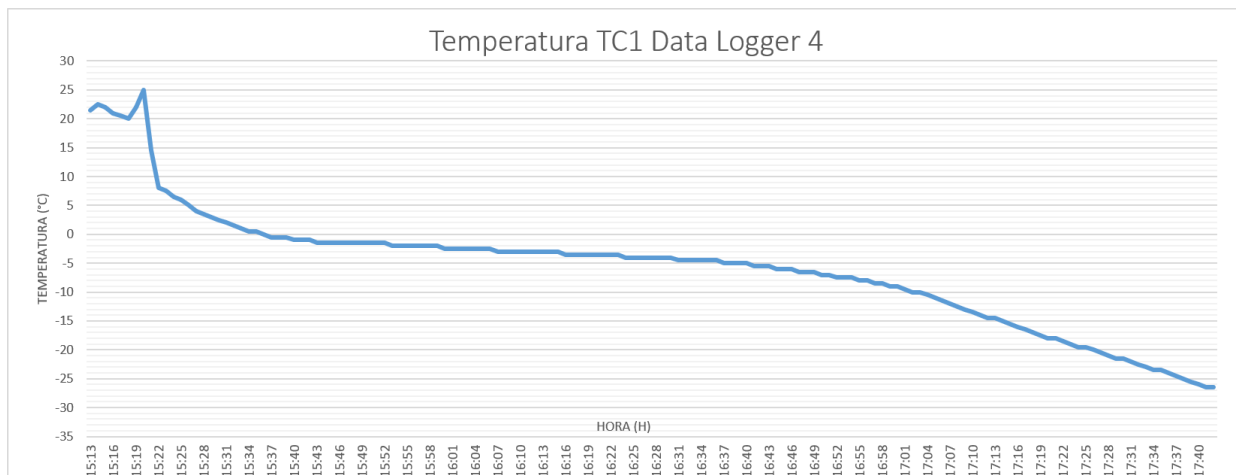


Figura 18 - Variação da temperatura do polvo relativo ao DL 4 dentro do túnel de congelação no TC1.

Foi também acompanhado a variação do peso dos indivíduos-teste nos quais foram colocados os *data loggers*, assim como num indivíduo-teste adicional. A pesagem dos indivíduos-teste foi feita antes da entrada no túnel de congelação e após a saída deste. Foi ainda acompanhada a variação do peso durante o armazenamento devidamente refrigerado ao longo de vários dias, representada na seguinte tabela e gráficos:

Tabela 10 – Pesagem dos indivíduos-teste antes e depois do túnel de congelação, e durante o armazenamento refrigerado no TC1.

Data	Hora	Peso (g)			
		I	II	III	
16/10/2025	15:25	2255	2475	2460	Entrada no túnel
16/10/2025	18:20	2202	2404	2406	Saída do túnel (+150min)
17/10/2025	16:00	2198	2396	2402	-0.004 -0.004 -0.004
21/10/2025	15:30	2198	2438	2446	+0.000 +0.042 +0.044
23/10/2025	15:30	2200	2390	2390	+0.002 -0.048 -0.056
27/10/2025	10:43	2196	2388	2396	-0.004 -0.002 +0.006
27/10/2025	15:36	2170	2362	2444	-0.026 -0.026 +0.048
28/10/2025	11:00	2198	2390	2398	+0.028 +0.028 -0.046
29/10/2025	15:00	2196	2390	2398	-0.002 -0.000 -0.000
30/10/2025	18:20	2196	2388	2398	-0.000 -0.002 -0.000
04/11/2025	15:35	2188	2384	2392	-0.008 -0.004 -0.006

Posteriormente foi realizada a perda de peso para estes indivíduos:

Tabela 11 – Perda de peso do polvo I no TC1.

Perda de Peso - I	Peso (g)
Descongelado	2005
Cozido	653

Tabela 12 – Perda de peso do polvo II no TC1.

Perda de Peso - II	Peso (g)
Congelado	2384
Descongelado	1994
Cozido	710

Tabela 13 – Perda de peso do polvo III no TC1.

Perda de Peso - III	Peso (g)
Congelado	2404
Descongelado	2010
Cozido	688

Em relação a este teste, como mencionado anteriormente, teve como objetivo obter dados relativos à variação de temperatura que o produto atinge durante o processo de cuvetização, dentro dos túneis de congelação e após esta congelação. Através da utilização dos *data loggers* foi possível obter então a variação da temperatura regularmente atingida pelo produto durante o programa de 150 minutos de congelação.

Foi posteriormente acompanhada a evolução do peso durante o armazenamento refrigerado, de forma a obter dados que permitissem simular o comportamento do produto final em armazenamento do cliente, antes de chegar ao consumidor final.

Os resultados obtidos sugerem então que, em condições normais, a perda de peso durante o armazenamento não será impactante, sendo que as diminuições de peso dos indivíduos acompanhados não chegam a exceder 100 g, indicando que os aditivos mantêm o efeito pretendido na retenção de humidade.

Foi ainda realizada a perda de peso para os 3 polvos acompanhados, de modo que os polvos I, II e III terminaram o processo, respetivamente, com 67%, 64% e 65% de perda de peso. Estes valores indicam que o polvo I não teve uma perda de peso dentro dos parâmetros aceitáveis, enquanto o polvo II e III, dependendo do cliente, poderão ter tido valores de perda de peso aceitáveis.

4.3. Teste de percurso completo 1

O teste 4, designado o Teste de Percurso Completo 1 (PC1), teve como objetivo, como o nome indica, de acompanhar os indivíduos-teste ao longo de todo o processamento.

Para este efeito, foram inicialmente programados 3 *data loggers* para monitorizarem as temperaturas de 3 indivíduos-teste ao longo do período de amaciamento. Estes indivíduos pertenciam a 3 blocos de produto diferentes e foram devidamente sinalizados com fita-cola colorida:

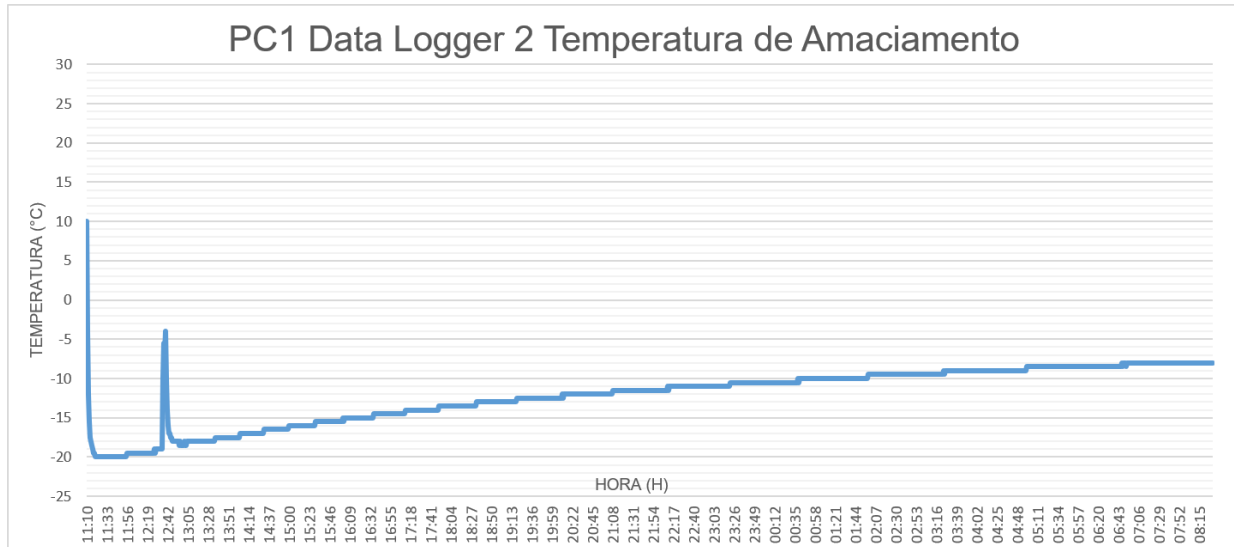


Figura 19 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 2 no PC1.

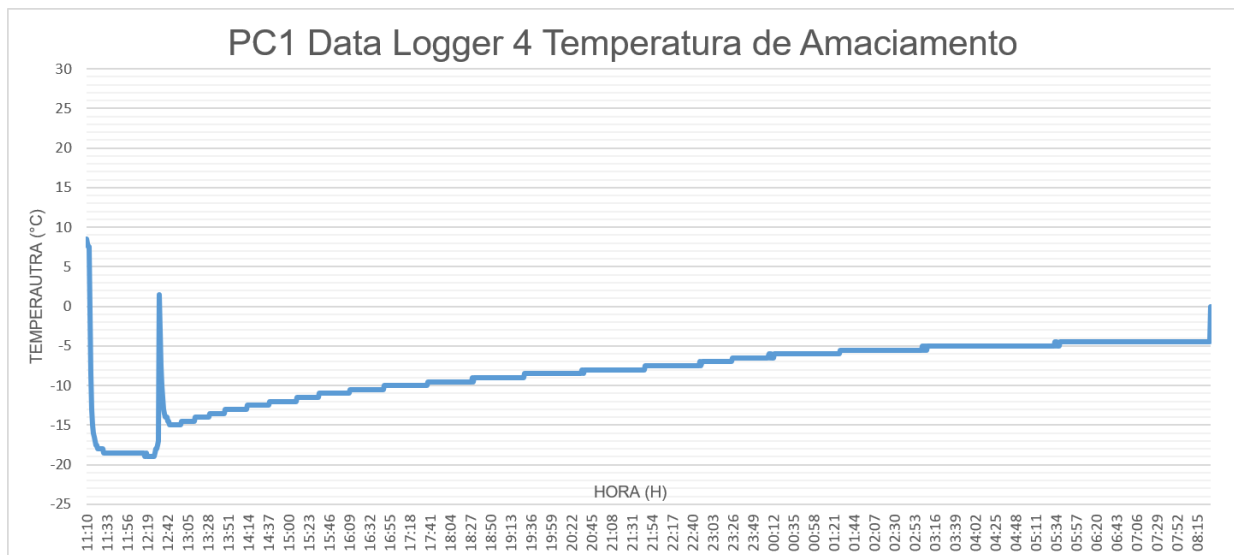


Figura 20 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 4 no PC1.

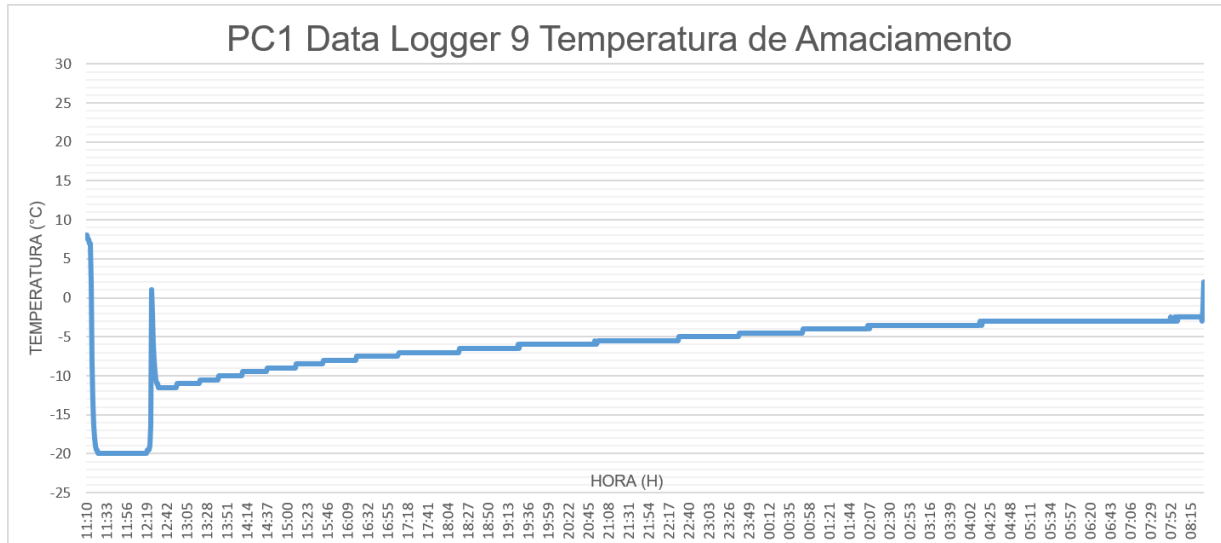


Figura 21 - Variação da temperatura do amaciamento do polvo relativo ao DL 9 no PC1.

É importante mencionar que, embora a monitorização da temperatura tenha começado às 11h10, os DL foram reposicionados de forma a obter uma leitura de temperatura mais correta, sendo que a evolução da temperatura deverá ser considerada a partir das 12h30.

Terminado o amaciamento, mediu-se a evolução da temperatura durante a descongelação utilizando novamente o termómetro digital. As temperaturas foram medidas a cada 5 minutos durante um período experimental de 25 minutos de descongelação. Denota-se, no entanto, que as diferenças de temperatura entre o fim do amaciamento e o início da descongelação possam ter a ver com inconsistências na profundidade e local das medições nos indivíduos-teste, facto este que foi tido em conta em futuras utilizações do termómetro digital:

Tabela 14 – Medições de temperatura dos indivíduos-teste durante a descongelação no PC1.

Hora	Temperatura (°C)	
20-10-2025	Data Logger 2	Data Logger 4
08:44	-5,7	-7,9
08:49	-4,7	-6,1
08:54	-3,8	-4,3
08:59	-2,4	-3,6
09:04	-0,8	-2,8
09:09	1,0	0,0

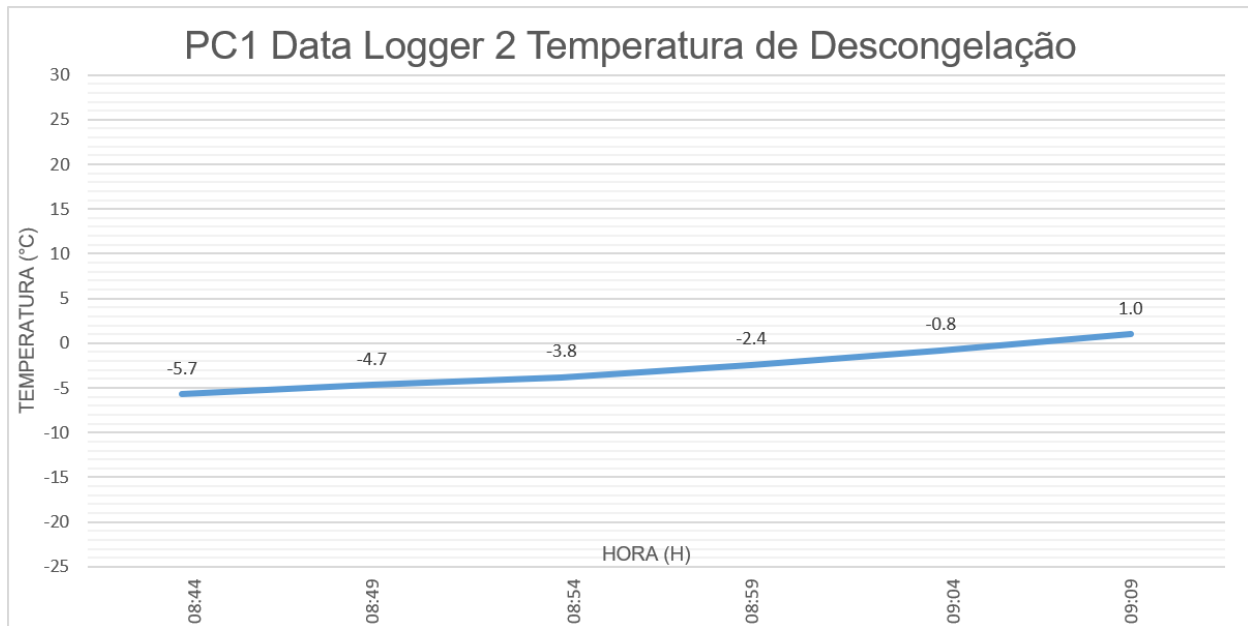


Figura 22 - Variação de temperatura do polvo relativo ao DL 2 durante a descongelação no PC1.

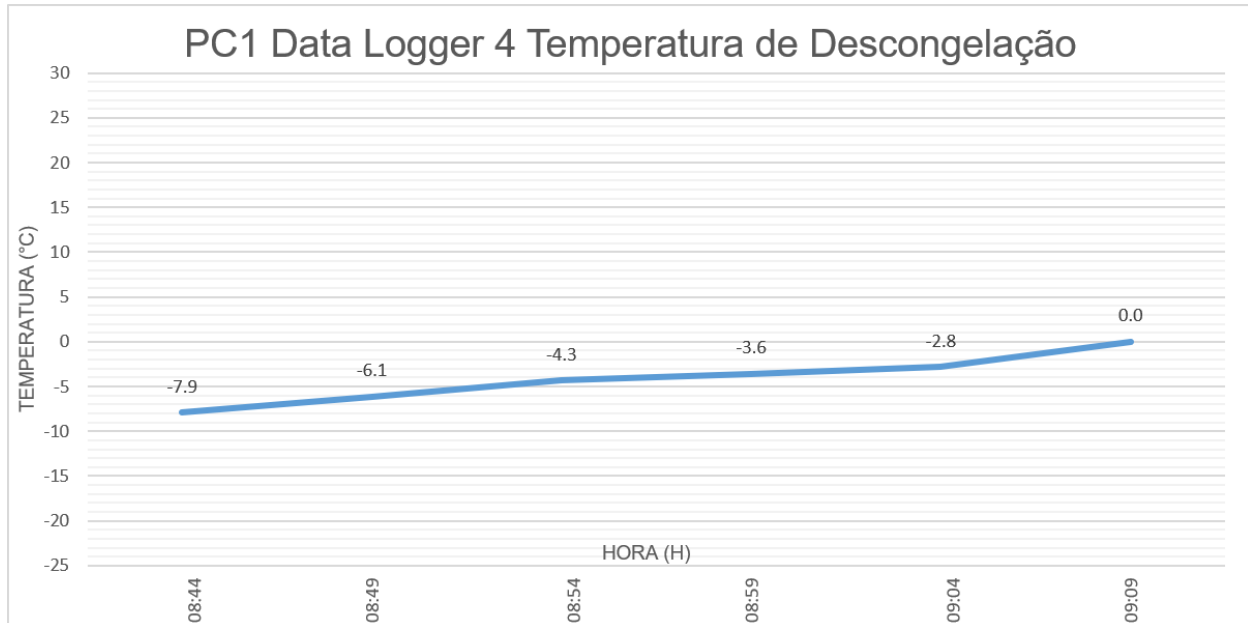


Figura 23 - Variação de temperatura do polvo relativo ao DL 4 durante a descongelação no PC1.

Não foram feitas medições para o polvo monitorizado pelo *data logger* 9 dado que este não foi identificado após a remoção do DL.

Terminada a descongelação, é possível imediatamente reconhecer as temperaturas de pós-descongelação substancialmente mais baixas que o produto regular devido à descongelação ter sido reduzida a cerca de metade do tempo regular.

Em seguida, os indivíduos-teste, identificados como IV e V para os *data loggers* 4 e 2 respetivamente, foram manualmente transportados e atados ao exterior dos tanques de tratamento com fio de pesca como em testes anteriores, e registados os tanques em questão. Os indivíduos-teste deram entrada no tratamento com os seguintes dados:

Tabela 15 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste antes do tratamento no PC1.

	Peso (g)	Temperatura (°C)
Data Logger 2	1600	1,2
Data Logger 4	1440	0,5

A evolução do peso dos indivíduos-teste foi acompanhada durante o tratamento:

Tabela 16 – Ganho de peso dos indivíduos-teste durante o tratamento no PC1.

	Hora	Peso (g)	
		IV	V
21/10/2025	09:30	1440	1600
21/10/2025	21:00	1370	1500
22/10/2025	09:40	1470	1490
22/10/2025	21:15	1650	1505
23/10/2025	09:30	1852	1694
23/10/2025	21:00	2005	1790

Verifica-se, no entanto, que no fim do tratamento houve um aumento de peso de 565 g por parte do polvo IV e de 190 g por parte do polvo V, previamente identificados com os DL 4 e 2 respetivamente. Repara-se assim que o polvo IV teve um aumento de peso mais interessante que o polvo V, embora o fio de pesca que prendia a identificação do polvo IV tenha rompido, de maneira que não foi possível avançar com este indivíduo-teste para a monitorização do peso após cuvetizar e durante o armazenamento.

Ainda assim, o resultado obtido no polvo IV aponta para um aumento de peso semelhante aos indivíduos de testes anteriores, face a um menor tempo de descongelação. Mais interessante ainda considerando que seria esperado que calibres menores tivessem um pior rendimento no tratamento.

Continuando o processamento, o polvo V deu entrada no túnel de congelação às 9h30 num programa de 120 minutos, com 30 minutos adicionais de pausa para os colaboradores às 10h.

Após ser cuvetizado, o indivíduo-teste foi então mantido em armazenamento refrigerado e regularmente pesado, demonstrando um ganho de peso peculiar, muito possivelmente devido a uma pesagem incorreta:

Tabela 17 – Pesagem do polvo V durante o armazenamento refrigerado no PC1.

Data	Tempo	Peso (g)
		V
24/10/2025	12:05	1940
27/10/2025	10:43	1954
27/10/2025	15:36	1998
28/10/2025	11:00	1954
29/10/2025	15:00	1954
30/10/2025	15:30	1956
04/11/2025	15:35	2004
06/11/2025	14:50	1954
07/11/2025	13:00	2001
10/11/2025	12:50	1962
11/11/2025	15:30	1974
13/11/2025	13:30	1973

Foi posteriormente feita a perda de peso para este indivíduo-teste, com um resultado de 64%, caindo novamente na possibilidade de ter uma perda de peso aceitável dependendo do cliente:

Tabela 18 – Perda de peso do polvo V no PC1.

Perda de Peso	Peso (g)
Congelado	2384
Descongelado	1994
Cozido	710

4.4. Teste de temperatura

Dado o aparente sucesso no teste PC1 relativamente ao rendimento no tratamento face a uma diminuição na descongelação, sendo este ponto o foco dos testes experimentais, decidiu-se realizar um teste para suportar e também obter uma comparação para estes dados. Assim, o teste de Temperatura (TEMP) serviu para acompanhar a temperatura de 2 indivíduos-teste ao longo de uma descongelação experimental de 15 minutos, de 5 em 5 minutos.

Deste modo foi utilizado o termómetro digital para fazer uma medição da temperatura de 2 indivíduos-teste, denominados TEMP-IV e TEMP-VI, ao longo destes 15 minutos experimentais, de 5 em 5 minutos. Foi utilizada fita-cola colorida à volta do sensor para demarcar uma determinada profundidade a inserir no polvo, assim como foi determinada uma zona comum em ambos os indivíduos-teste para a inserção do termómetro, garantindo assim uma maior consistência nas medições.

Tabela 19 – Variação da temperatura dos indivíduos-teste durante a descongelação no TEMP.

Hora	Temperatura (°C)	
	TEMP-IV	TEMP-VI
24-10-2025		
11:07	-5,5	-6,1
11:12	-5,3	-5,8
11:17	-5,2	---
11:22	-5	---

Os dados em falta relativos ao polvo TEMP-VI são relativos a ter havido um rompimento do fio de pesca que mantinha o indivíduo-teste preso ao exterior do tanque de descongelação, no entanto os dados obtidos parecem indicar que ambos os polvos tiveram uma variação gradual de temperatura semelhante.

O polvo TEMP-IV seguiu o processamento para os tanques de tratamento com um peso de 2825 g. Posteriormente terminou o tratamento com o seguinte peso, demonstrando um aumento de

peso de 1450 g, observando-se assim um rendimento de 51.32%, o qual se enquadra dentro do rendimento regular esperado:

Tabela 20 – Pesagem do polvo IV após o tratamento no TEMP.

IV	27-10-2025
	4275 g

Este indivíduo-teste foi então transportado para a linha de cuvetização, onde permaneceu no túnel de congelação durante 150 minutos, tendo sido posteriormente mantido em armazenamento refrigerado e acompanhadas as variações de peso, variações essas que indicam não ter havido uma alteração significativa no peso.:

Tabela 21 – Pesagem do polvo IV durante o armazenamento refrigerado no TEMP.

IV	Peso (g)	
15:34	4134	28-10-2025
15:00	4202	29-10-2025
15:30	4204	30-10-2025
15:35	4134	04-11-2025
15:15	----	06-11-2025

4.5. Testes de percurso completo 2

Considerando os dados positivos do teste TEMP, pretendeu-se realizar novamente testes de percurso completo para aumentar o número de amostras, reforçando novamente os dados obtidos, de maneira que se realizou o teste de Percurso Completo 2, seguindo outra vez uma descongelação de 15 minutos para 2 indivíduos-teste:

Tabela 22 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste antes da descongelação no PC2.

Hora	25-11-2025	
12:50	II	III
Temperatura (°C)	-4,4	-5,5
Peso (g)	1780	1660

Tabela 23 - Temperatura e peso dos indivíduos-teste depois da descongelação no PC2.

Hora	25-11-2025	
13:05	II	III
Temperatura (°C)	-2,7	-4,4
Peso (g)	1680	1565
Tanque	4,02	4,13

Os dados obtidos antes da descongelação demonstram temperaturas dentro do regular, enquanto os dados após a descongelação demonstram temperaturas mais baixas que o regular, o que por si seria esperado dada a descongelação reduzida. Após a descongelação, os indivíduos permaneceram em tratamento durante o tempo regular:

Tabela 24 – Pesagem dos indivíduos-teste após o tratamento no PC2.

II	28-11-2025
	2660 g
III	28-11-2025
	2570 g

Após o tratamento, verificou-se um aumento do peso do polvo PC2-II de 980 g e um aumento do peso do polvo PC2-III de 1005 g. Isto significa que o polvo PC2-II teve um rendimento de 58,33% e o polvo PC2-III teve um rendimento de 64.22%. Embora o rendimento do polvo PC2-III pareça abnormal, o rendimento do polvo PC2-II apresenta-se não só como semelhante ao regular, como acima do regular.

Foram posteriormente transportados para as linhas de cuvetização, onde permaneceram durante 140 minutos nos túneis de congelação:

Tabela 25 – Pesagem dos indivíduos-teste após a cuvetização no PC2.

II	Início - 12:45	Fim - 15:05
	2660 g	
III	Início - 14:40	Fim - 17:00
	2570 g	

Após a cuvetização foram transferidos para armazenamento refrigerado, onde foi feita a sua pesagem após 4 dias de armazenamento:

Tabela 26 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o armazenamento refrigerado no PC2.

II	02-12-2025
	2602 g
III	02-12-2025
	2518 g

Não houve alterações do peso de ambos os indivíduos-teste durante a cuvetização e o armazenamento, pelo que foi realizada a perda de peso para ambos os polvos, tendo sido rejeitada a perda de peso do polvo PC2-II com 70% e a do polvo PC2-III conclui-se condicionada por cliente com 64%:

Tabela 27 – Perda de peso do polvo II no PC2.

Perda de Peso	Peso (g)	
PL	2588	
PLE	2550	
Descongelado	2506	
Cozido	746	70%

Tabela 28 – Perda de peso do polvo III no PC2.

Perda de Peso	Peso (g)	
PL	2510	
PLE	2478	
Descongelado	2458	
Cozido	892	64%

4.6. Teste de percurso completo 3

Mantendo o objetivo da avaliação da viabilidade destes testes, assim como a sua repetibilidade, foi então realizado o teste PC3, onde se manteve os 15 minutos de descongelação. Os dados pré e pós-descongelação revelam que as temperaturas foram mantidas dentro do esperado novamente, e não houve alterações anormais no peso durante a descongelação:

Tabela 29 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste antes da descongelação no PC3.

Hora	15-12-2025	
13:08	IV	V
Temperatura (°C)	-3,1	-3,4
Peso (g)	2315	2350

Tabela 30 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste após a descongelação, assim como o tanque de tratamento onde foram colocados, no PC3.

Hora	15-12-2025	
13:23	IV	V
Temperatura (°C)	-2	-2,7
Peso (g)	2320	2355
Tanque	3,17	3,1

Estes indivíduos-teste seguiram então para tratamento, tendo terminado esta etapa com um ganho de peso de 1360 g para o polvo PC3-IV e 960 g para o polvo PC3-V, o que representa um rendimento de 58.62% e 40.76%. Embora o polvo PC3-V tenha tido um rendimento abaixo do regular, o polvo PC3-IV demonstrou um rendimento acima do produto regular:

Tabela 31 – Pesagem dos indivíduos-teste após o tratamento no PC3.

IV	18-12-2025
	3680 g
V	18-12-2025
	3315 g

Estes indivíduos-teste permaneceram durante 150 minutos no túnel de congelação, tendo sido posteriormente mantidos em armazenamento refrigerado e o seu peso acompanhado, o qual se demonstrou dentro do esperado, comparativamente aos testes anteriores:

Tabela 32 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o armazenamento refrigerado no PC3.

Data/Hora	IV	V
22-12-2025 15:45	3606 g	3270 g
23-12-2025 15:45	3604 g	3270 g

4.7. Teste em escala industrial 1

Considerando o aparente sucesso dos testes de percurso completo na otimização da descongelação, os últimos 2 testes tiveram como objetivo a replicação do processamento utilizado nos testes mas em escala industrial. Estes testes foram realizados num volume de produto correspondente à capacidade máxima de um tanque de tratamento no primeiro teste, e dois tanques de tratamento no segundo teste.

Desta forma, realizou-se um primeiro teste considerando um volume de produto correspondente ao à capacidade máxima de um tanque de tratamento, cerca de 500 a 600 kg. Dado o volume dos testes e o funcionamento regular da fábrica, realizou-se apenas uma pesagem no início do amaciamento e no fim do tratamento, e foram ainda acompanhados 2 polvos individualmente. A descongelação deste teste foi de 25 minutos, 10 minutos a mais que as descongelações dos últimos testes dados certos fatores não considerados anteriormente como a descongelação não uniforme entre os indivíduos-teste, ao longo do tanque de descongelação, ou seja, o primeiro polvo a entrar estará mais descongelado que o último. Foi também tido em conta o facto de não ter havido um amaciamento uniforme como esperado por todos os blocos na palete desta OP teste por não ter havido tempo suficiente devido a certos inconvenientes logísticos. Foram programados 2 DL para acompanhar as variações de temperatura durante o amaciamento, no entanto os dados dos DL foram perdidos:

Tabela 33 – Pesagem dos indivíduos-teste antes da descongelação no teste em escala industrial 1.

Data/Hora	16:39	
21/04/2026	Data Logger 2	Data Logger 3
Peso (g)	2980	3590

Tabela 34 – Temperatura e peso dos indivíduos-teste depois da descongelação no teste em escala industrial 1.

Data/Hora	17:04	
21/04/2026	Data Logger 2	Data Logger 3
Temperatura (°C)	0,3	-5
Peso (g)	2960	3625

Os indivíduos-teste acompanhados separadamente não tiveram alterações de peso anormais e seguiram para tratamento com temperaturas semelhantes aos testes anteriores.

O polvo respetivo ao DL 2 perdeu a sua identificação durante o tratamento pelo que não foi possível recolher este indivíduo após o tratamento.

Assim, o polvo respetivo ao DL 3 terminou o tratamento com um peso de 4170 g, ou seja um aumento de peso de 545 g, representando um rendimento muito fora do esperado. Já o volume total de produto deu entrada em tratamento com um peso de 490 kg e terminou o processo com um peso de 740 kg, ou seja, houve um ganho de peso de 250 kg ao longo do processamento, o que traduz um rendimento de 51%, estando assim dentro do que seria esperado de um volume semelhante com processamento regular, demonstrando que esta diminuição da descongelação para 25 minutos sugere não ter afetado a eficácia da aditivação.

4.8. Teste em escala industrial 2

No segundo teste em escala industrial foi considerado um volume de polvo total correspondente a 2 tanques de tratamento, ou seja, cerca de 1200 kg. Neste teste já foi possível obter-se um amaciamento uniforme por toda a paleta, pelo que se decidiu reduzir a

descongelação para 20 minutos, 5 minutos a menos comparativamente ao teste em escala industrial anterior.

Tal como no teste em escala industrial anterior, foram ainda acompanhados 2 indivíduos-teste de forma a obter pesagens mais individuais e específicas. Estes indivíduos foram identificados com fita-cola colorida, nomeadamente amarelo e cinza.



Figura 24 - Pesagem do polvo posteriormente identificado com fita-cola amarela após a descongelação



Figura 25 - Pesagem do polvo posteriormente identificado com fita-cola cinza após a descongelação.

Após a descongelação, estes indivíduos foram transferidos para os tanques de tratamento contendo o volume de produto teste, um indivíduo-teste por tanque. Estes indivíduos foram então regularmente pesados ao longo do tempo de tratamento (70h).

Tabela 35 – Pesagem dos indivíduos-teste durante o tratamento no teste em escala industrial 2.

Time	Peso (g)	
02/06/2026	Cinza	Amarelo
12:30	1370	1917
18:30	1669	2270
03/06/2026		
06:00	1739	2509
12:00	1855	2596
18:00	1920	2674
22:00	2052	2772
05/06/2026		
13:30	2125	2777

Passadas as 70h de tratamento, como constado na tabela 35, o indivíduo-teste identificado com fita-cola cinza concluiu esta etapa com um peso de 2125 g, representando um ganho de peso de 755 g e o indivíduo-teste identificado com fita-cola amarela terminou com um peso de 2777 g, representando um ganho de peso de 860 g. Estes ganhos traduzem um rendimento de 55.11% para o polvo cinza e 44.86% para o polvo amarelo. Embora tenha havido um rendimento não satisfatório por parte do polvo amarelo, o polvo cinza ultrapassou o rendimento esperado.

O volume total final da OP teste foi de 1845,17 kg, representando um ganho de peso de 645.17 kg ao longo do processamento, o que traduz um rendimento de 53.76%, o que corresponde a uma percentagem acima da esperada para um processamento normal, sugerindo que a redução do tempo da descongelação não só manteve, mas possivelmente melhorou a eficácia dos aditivos. Seria de grande interesse repetir estes testes para confirmar estes dados.

5. Conclusão

Relativamente aos testes individuais em polvo, embora tenha havido vários imprevistos, como o rompimento do fio da pesca que mantinha os indivíduos-teste seguros ao exterior dos tanques,

ou que mantinham a identificação do polvo presa a este, que mais tarde foi substituída pela utilização de braçadeiras, obtiveram-se resultados indicativos que poderia ser feita uma diminuição da descongelação, tornando o processamento mais rápido e eficiente, e ainda assim obter um rendimento dentro do que seria esperado (cerca de 50-52%, dependendo do calibre do produto) se o processamento fosse feito com uma descongelação regular (cerca de 45 minutos, novamente dependente do calibre).

Ainda que tenha havido certos indivíduos-teste cujos rendimentos apontem para o contrário, o quão longe estes rendimentos estão abaixo do regular pode muito provavelmente indicar que houve algo de errado durante o tratamento, como por exemplo, certos fatores terem feito com que não houvesse uma correta absorção dos aditivos durante o tratamento, culminando assim num rendimento muito baixo, fora do esperado. Estes indivíduos entraram em tratamento com temperaturas muito semelhantes às dos indivíduos pertencentes ao mesmo teste, pelo que parece improvável que uma descongelação incorreta/incompleta tenha sido a causa.

Verifica-se ainda nos testes de escala industrial, ou seja, quando se considera um volume total de polvo ao invés de polvos individuais que, mesmo havendo estes indivíduos-teste com rendimentos abaixo do esperado, a OP em si demonstrará um rendimento dentro do esperado ou até possivelmente acima face a um processamento bem-sucedido, sendo que este facto aponta novamente para a possibilidade dos indivíduos-teste serem casos isolados e não o resultado de uma descongelação ou tratamento incorreto/incompleto.

Foi posta a questão de os indivíduos-teste, por estarem seguros ao exterior dos tanques, não terem tanta movimentação na água de descongelação e de tratamento, e até mesmo sofrerem menos ação das pás dos tanques, o que influenciaria o seu rendimento. Esta questão sustentou o interesse na realização dos testes à escala industrial, que vieram a apontar que seria possível manter o rendimento esperado com uma menor descongelação.

Coloca-se ainda a questão de todos os indivíduos-teste nos quais se realizou cozedura para perda de peso terem demonstrado percentagens não aceitáveis ou condicionadas pelo cliente ao qual são destinados. Ainda assim, estes indivíduos-teste demonstraram manter a textura muito semelhante a, por exemplo, polvos que foram cozidos ao mesmo tempo para perdas de peso de rotina. Seria interessante realizar testes futuros que se focassem em perceber como melhor reduzir esta perda de peso na cozedura.

De um modo geral, os testes demonstraram-se bem-sucedidos no objetivo de demonstrar que seria possível diminuir a descongelação de modo a otimizar o processamento, o que indica que uma temperatura mais baixa após a descongelação e, conseqüentemente, antes do tratamento, não irá impactar o rendimento do produto, assim como a sua textura. Não foram feitas, no entanto, provas sensoriais apropriadas de forma a corretamente avaliar e comparar a textura final dos indivíduos-teste, sendo que esta apenas foi avaliada de um modo geral durante, por exemplo, o seu transporte entre etapas ou o manuseamento durante as perdas de peso. Seria interessante no futuro realizar testes que demonstrassem foco nestas análises sensoriais do produto final.

Considerando que estes resultados positivos apontam para a repetibilidade dos testes, assim como estes terem sido realizados à volta de calibres médio-grandes, os mais regularmente comercializados pela brasmar, dado que calibres mais pequenos não demonstram rendimentos de interesse, seria também interessante realizar testes de forma a perceber até que ponto seria possível diminuir a descongelação em cada calibre.

Seria ainda interessante realizar uma monitorização semelhante aos testes iniciais, mas em escala industrial, de forma a obter grupos de controlo para comparação com os testes realizados, assim como quaisquer futuros testes. Nestes testes, seria importante considerar os materiais a usar, como por exemplo, um possível substituto ao fio de pesca, ou até um procedimento diferente, de forma a evitar a perda de indivíduos.

6. Referências

CBI (2020). <https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/octopus/market-potential>

CBI (2020). European import of octopus by type of product (in 1,000 tonnes of whole fish equivalent) [Figura]. <https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/octopus/market-potential>

CBI (2020). Leading European import countries of frozen octopus (in 1,000 tonnes of whole fish equivalent) [Figura]. <https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/octopus/market-potential>

CBI (2020). Apparent consumption of octopus in Portugal, year 2018 (volume in tonnes live weight equivalent) [Figura]. <https://www.cbi.eu/market-information/fish-seafood/octopus/market-potential>

Comissão Europeia. (2026). Zona 27, Atlântico Nordeste [Figura]. https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_pt

Comissão Europeia. (2026). Zona 34 Atlântico Centro-Este [Figura]. https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_pt

Comissão Europeia. (2026). Zona 51 Oceânico Índico Oeste [Figura]. https://fish-commercial-names.ec.europa.eu/fish-names/fishing-areas_pt

Gökoğlu, N., Topuz, O. K., Gokoglu, M., & Tokay, F. G. (2017). Characterization of protein functionality and texture of tumbled squid, octopus and cuttlefish muscles. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de1f164c5aef494fda0bf6>

Kier, W. M. (2016a). Schematic diagram of the arm of Octopus showing the three-dimensional arrangement of muscle fibers and connective tissue fibers. *Frontiers*. <https://www.frontiersin.org/journals/cell-and-developmental-biology/articles/10.3389/fcell.2016.00010/full>

Kier, W. M. (2016b). Schematic diagram of left tentacular stalk of a loliginid squid. *Frontiers*. <https://www.frontiersin.org/journals/cell-and-developmental-biology/articles/10.3389/fcell.2016.00010/full>

Reyes, G. a. P., Nirchio, M., Bello, R. S., & Borderías, A. J. (2014). Effect of freezing and cooking on the texture and electrophoretic pattern of the proteins of octopus arms (*Octopus vulgaris*) | Efecto de la congelación y cocción sobre la textura y patrón electroforético de las proteínas de brazos de pulpo (*Octopus vulgaris*). *DIGITAL.CSIC (Spanish National Research Council (CSIC))*.

<http://hdl.handle.net/10261/109631>

Schmidt, C. V., & Mouritsen, O. G. (2022). Cephalopods as challenging and promising blue Foods: structure, taste, and culinary highlights and applications. *Foods*, 11(17), 2559.

<https://doi.org/10.3390/foods11172559>

Rogers, C., Nelson, L., Milligan, B. J., Brown, E. R. (1997). Diagram of the arrangement of muscle fibres (not to scale) in the squid (and cuttlefish) mantle, showing the circular (C) fibres consisting of inner (I), outer (O) and central zone (Cz) fibres and the radial (R) fibres. The plane of section (S) made by the vibratome slice is also shown. Research Gate.

https://www.researchgate.net/figure/Diagram-of-the-arrangement-of-muscle-fibres-not-to-scale-in-the-squid-and-cuttlefish_fig1_233832659