

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Alice Gomes da Silva

Validação das operações de arrefecimento e congelação

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Biológica
Ramo de Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho efetuado sob orientação da
Professora Doutora Lígia Rodrigues
e da
Engenheira Carla Faria

DECLARAÇÃO

Nome: Mariana Alice Gomes da Silva

Título da dissertação: Validação das operações de arrefecimento e congelação

Orientador(es): Professora Doutora Lígia Rodrigues; Engenheira Carla Faria

Ano de conclusão: 2015

Designação do Mestrado: Mestrado Integrado em Engenharia Biológica - Ramo de Tecnologia Química e Alimentar

1. É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, 27/10/2015

Assinatura:

AGRADECIMENTOS

Não podia terminar esta etapa importante na minha formação académica sem deixar o meu sincero agradecimento às pessoas que contribuíram para que isto fosse possível:

À professora Lígia pela disponibilidade, simpatia, preocupação e paciência demonstrada durante estes últimos meses e por todo o conhecimento e orientação transmitidos que me ajudou na realização desta tese.

Aos professores António Vicente, João Peixoto e José Maria Oliveira pela simpatia, disponibilidade e preocupação em proporcionar-me um local para realização do meu estágio.

À Engenheira Carla Faria pela orientação que me deu na realização do meu estágio, à Lurdes Rodrigues e à Márcia pela simpatia, disponibilidade e experiência partilhada. À Lídia, Lurdes e Raquel pela amabilidade e descontração que permitiram um ambiente agradável.

Aos colaboradores das várias unidades alimentares pela simpatia e resposta imediata a todas as minhas solicitações.

Aos meus colegas e amigos:

À Margarida pela grande amizade que construímos ao longo destes anos, pela partilha de opiniões e ideias, pelo apoio nos momentos menos bons e pela companhia na hora da farra, acreditando que será para sempre.

À Cristina, à Joana Macedo, à Juliana, à Cátia, ao Bruno e ao Rafael pela amizade, companheirismo e humor que partilharam comigo, com a esperança que tudo isto se perpetue.

E por último, aos meus pais, pela educação que me deram, pelos conhecimentos transmitidos, pela compreensão, amor e carinho e pelo esforço que fizeram para que mais uma etapa importante da minha vida fosse concluída com sucesso e à minha irmã pela amizade, rebeldia e espírito crítico que me mantem alerta para o futuro.

“A paciência e a perseverança têm o efeito mágico de fazer as dificuldades desaparecerem.”

Jonh Quincy Adams

RESUMO

Ao contrário do calor, a utilização do frio não elimina os microrganismos, apenas inibe o seu crescimento, por essa razão é que os alimentos devem estar o mínimo tempo possível na zona crítica de temperatura. Para que isso aconteça, recorre-se ao arrefecimento e congelação rápidos dos alimentos de maneira a retardar a deterioração e manter a qualidade.

O arrefecimento é uma operação unitária onde é reduzida a temperatura de um alimento para valores entre os 8 °C e os -1 °C. O processo de arrefecimento rápido dos alimentos é utilizado quando se verifica uma interrupção entre a confeção de uma refeição e o momento em que a mesma é servida. O processo de congelação é uma operação unitária na qual a temperatura de um alimento é reduzida abaixo do seu ponto de congelação.

Um abatedor de temperatura é um equipamento que permite, por arrefecimento ou congelação, baixar bruscamente a temperatura, de produtos cozinhados ou frescos, de forma a prolongar o seu tempo de vida e a manter a qualidade do alimento.

O objetivo principal deste trabalho foi a validação das operações de arrefecimento e congelação. Nesse sentido, foram acompanhados vários processos de arrefecimento e congelação nas unidades alimentares pertencentes aos SASUM que possuíam estes abatedores de temperatura. Para validar a eficiência dos processos/procedimentos implementados foi necessário recorrer ao registo de temperaturas no interior dos produtos e da câmara do abatedor durante a congelação ou arrefecimento de alimentos, e avaliar os procedimentos utilizados no manuseamento dos produtos. Fez-se a análise da evolução da curva da temperatura e de pontos relevantes da instrução de trabalho por forma a verificar se estes estavam ou não a ser cumpridos.

A principal conclusão deste trabalho é que não é possível validar a metodologia de arrefecimento e congelação nas condições atualmente implementadas uma vez que ainda existem falhas a nível do cumprimento da instrução de trabalho como, por exemplo, a não desinfeção da sonda, o incorreto acondicionamento dos produtos, a má programação dos abatedores, o fato de não se deixar os produtos atingir a temperatura imposta e de segurança, bem como possíveis pequenas avarias técnicas nos abatedores.

PALAVRAS-CHAVE

Microrganismos, Temperatura, Arrefecimento, Congelação, Abatedores de temperatura

ABSTRACT

Unlike the heat, the use of cold does not eliminate the microorganisms, only inhibits their growth, for that reason food must be exposed the minimum time possible to the critical temperature. To accomplish this, it is common to use the fast chilling and freezing of food enabling the delay of the deterioration and the maintenance of quality.

The chilling is the unitary operation in which the temperature of a food is reduced to temperatures between 8 °C and -1 °C. The fast chilling process of food is used when there is an interruption (a given period of time) between the confection of the meal and its serving. The freezing process is a unitary operation in which the temperature of a food is reduced below its freezing point.

A blast freezer is a device that allows, by chilling or freezing, the abrupt decrease of temperature of the cooked or fresh products, in order to prolong their lifetime and to maintain the food quality.

The main objective of this study was the validation of the chilling and freezing operations. So, several cooling and freezing processes in the food facilities owned by the SASUM that possess a blast freezer were monitored. To check if it was possible to validate the procedures referred, it was necessary to record temperatures inside the products and inside the blast freezers during freezing or chilling of food, and to evaluate the procedures used in the handling of the products. After obtaining the results, an analysis of the evolution of the temperature curves and of the relevant points on the work instructions were conducted in order to verify if these were indeed being met.

The main conclusion of the present work is that it is not possible to validate the chilling and freezing methodology under the actual conditions implemented because there are still flaws in the accomplishment of the work instruction, such as no disinfection of the probe, incorrect packaging of the product, wrong programming of the blast freezers, the fact that the product is not let to reach the imposed and security temperature, as well as possible minor technical faults in the blast freezers.

KEYWORDS:

Microorganisms, Temperature, Chilling, Freezing, Blast freezers

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xv
Lista de Abreviaturas	xvii
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do local de estágio	1
1.2. Objetivos do trabalho.....	2
2. Estado da arte	3
2.1. Segurança alimentar	3
2.2. Fatores que afetam a multiplicação de microrganismos	4
2.2.1. Fatores Intrínsecos	4
2.2.2. Fatores Extrínsecos.....	7
2.3. Refrigeração.....	8
2.3.1. Equipamentos	10
2.3.2. Efeito sobre os alimentos	11
2.4. Congelação	12
2.4.1. Equipamentos	15
2.4.2. Efeito sobre os alimentos	17
3. Materiais e Métodos.....	19
3.1. Material/Equipamentos utilizados	19
3.1.1. Thermochron.....	19
3.1.2. Abatedores	20
3.1.3. Tabuleiros, grelhas e sacos	23
3.2. Metodologia	24
4. Resultados e Discussão.....	27
4.1. Verificação de pontos da instrução de trabalho.....	28

4.2. Análise das curvas de temperatura dos diferentes testes realizados.....	36
5. Conclusões e sugestões de melhoria	51
Referências Bibliográficas	53
Anexos	55
Anexo I – Instrução de Trabalho (IT.20).....	55
Anexo II – Folha de Registos (IT.20-01)	61
Anexo III – Testes realizados com a colocação de um <i>thermochron</i> no produto e outro na câmara do abatedor.....	63
Anexo IV – Curvas de temperatura de produtos diferentes colocados no mesmo abatedor e no mesmo momento	73
Anexo V – Curvas de temperatura de processos diferentes (Ciclo ou Sonda) realizados em produtos iguais.....	75
Anexo VI – Curvas de temperatura do abatimento da temperatura de dois produtos diferentes em que num está colocado o <i>Thermochron</i> e no outro a sonda.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Curva de temperatura-tempo de um processo de congelação (Fellows, 2000).	13
Figura 2: Formação de gelo a diferentes temperaturas de congelação (Fellows, 2000).	14
Figura 3: Alteração da temperatura dos alimentos através da zona critica (Fellows, 2000).	15
Figura 4: ThermoChron e invólucro protetor.	19
Figura 5: Adaptador para conectar thermoChron com computador.	20
Figura 6: Fagor Visual Chill.	21
Figura 7: Abatedor Fagor ATM 102.	22
Figura 8: Abatedor Lainox.	22
Figura 9: Tabuleiro de aço inoxidável perfurado.	23
Figura 10: Tabuleiro de aço inoxidável retangular.	23
Figura 11: Tabuleiro de aço inoxidável quadrado.	24
Figura 12: Tabuleiro de plástico.	24
Figura 13: Recipientes utilizados num processo de congelação.	36
Figura 14: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de tranche de vitela estufada utilizando o método de funcionamento de sonda.	37
Figura 15: Curvas de temperatura do processo de congelação de bifes de peru com funcionamento por sonda.	38
Figura 16: Produtos acondicionados, prontos para o processo de congelação.	39
Figura 17: Curva de temperatura em função do tempo no processo de arrefecimento por sonda de arroz e batata no mesmo equipamento.	41
Figura 18: Curvas de temperatura de um processo de arrefecimento de creme de legumes em dois equipamentos diferentes.	43
Figura 19: Curva de temperatura-tempo do processo de arrefecimento de produtos iguais, Bacalhau com natas, no mesmo equipamento em momentos diferentes. Teste 25 – 21/07/2015; Teste 33 – 28/07/2015.	44
Figura 20: Curvas de temperatura relativas ao processo de congelação de Jarrete de vitela por ciclo e por sonda.	45
Figura 21: Curvas de temperatura registadas pelo thermoChron colocado no frango e pela sonda colocada em costeletas de porco.	47
Figura 22: Produtos que vão ser submetidos ao processo de congelação.	48

Figura 23: Interior do abatedor com produtos prontos a congelar.	49
Figura 24: Curva de temperatura do processo de congelação de Bifes de frango com o abatedor a funcionar por sonda.....	63
Figura 25: Curva de temperatura do processo de congelação de Feijoada com o abatedor a funcionar por sonda.....	63
Figura 26: Curva de temperatura do processo de congelação de Costeletas de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.....	64
Figura 27: Curva de temperatura do processo de congelação de Pá de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.	64
Figura 28: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco fatiado com o abatedor a funcionar por ciclo.....	65
Figura 29: Curva de temperatura do processo de congelação de jarrete de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.	65
Figura 30: Curva de temperatura do processo de congelação de fêveras de porco com o abatedor a funcionar por sonda.....	66
Figura 31: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de sopa de legumes com o abatedor a funcionar por sonda.	66
Figura 32: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco fatiado com o abatedor a funcionar por sonda.	67
Figura 33: Curva de temperatura do processo de congelação de entrecosto de porco com o abatedor a funcionar por sonda.	67
Figura 34: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de massa com o abatedor a funcionar por sonda.....	68
Figura 35: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de creme de legumes com o abatedor a funcionar por sonda.	68
Figura 36: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de arroz de ervilhas com o abatedor a funcionar por ciclo.....	69
Figura 37: Curva de temperatura do processo de perna de peru com o abatedor a funcionar por ciclo.	69
Figura 38: Curva de temperatura do processo de congelação de perna de porco com o abatedor a funcionar por sonda.....	70

Figura 39: Curva de temperatura do processo de congelação de costeletas de porco (fatiadas) com o abatedor a funcionar por sonda.....	70
Figura 40: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de bacalhau com natas com o abatedor a funcionar por sonda.	71
Figura 41: Curva de temperatura do processo de congelação de jarrete de vitela com o abatedor a funcionar por sonda.	71
Figura 42: Curva de temperatura do processo de congelação de bolonhesa de soja com o abatedor a funcionar por ciclo.	72
Figura 43: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de bacalhau com natas com o abatedor a funcionar por sonda.	72
Figura 44: Curvas de temperatura do processo de congelação de frango e tranche de vitelão no abatedor Fagor ATM 102 utilizando o funcionamento por sonda.	73
Figura 45: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de peixe “dourada” e feijão preto no abatedor Lainox utilizando o funcionamento por sonda.	73
Figura 46: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de lasanha vegetariana e creme de legumes no abatedor Fagor Visual Chill utilizando o funcionamento por sonda.	74
Figura 47: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de entrecosto de porco e salada de batata no abatedor Lainox utilizando o funcionamento por sonda.	74
Figura 48: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de arroz utilizando os dois métodos de funcionamento do abatedor.....	75
Figura 49: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco (fatiado) utilizando os dois métodos de funcionamento do abatedor.	75
Figura 50: Curvas de temperatura do processo de congelação de jarrete de vitela e costeleta de vitela com o thermochron e a sonda colocados em produtos distintos.	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Amplitude do valor de pH de alguns alimentos mais comuns.....	5
Tabela 2: Gamas de temperatura de crescimento dos vários grupos de microrganismos.....	8
Tabela 3: Vantagens e desvantagens de um sistema cook-chill	9
Tabela 4: Ponto de congelação e percentagem de água presente em diferentes tipos de alimentos.	14
Tabela 5: Identificação dos produtos usados nos testes realizados, o estado (fresco ou confeccionado) em que os mesmos foram submetidos ao processo de abatimento de temperatura (arrefecimento ou congelação) e a unidade alimentar onde foi realizado.	27
Tabela 6: Tipo de processo a que o produto foi sujeito e se respeitou as temperaturas mínimas de entrada (arrefecimento: ≥ 63 °C) e saída (arrefecimento: ≤ 3 °C; congelação: ≤ -15 °C) do abatador, impostas pela IT.....	29
Tabela 7: Compilação dos resultados de monitorização de pontos importantes da instrução de trabalho e verificação do seu cumprimento para processos de congelação.	33
Tabela 8: Compilação de pontos importantes da instrução de trabalho e verificação do cumprimento destes para processos de arrefecimento.	34

LISTA DE ABREVIATURAS

aw – atividade da água

CA – Cantina de Azurém

CG – Cantina de Gualtar

cm - centímetros

CO₂ – dióxido de carbono

CST – Cantina de Santa Tecla

Eh – potencial oxidação-redução

GG – Grill de Gualtar

h - hora

IT – Instrução de trabalho

mm – milímetro

ms - milisegundo

mV - milivolt

Obs. – Observações

RB – Rampa B

RP – Restaurante panorâmico

°C – grau Celsius

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento do local de estágio

O estágio foi realizado nos Serviços de Ação Social da Universidade do Minho (SASUM), mais especificamente nas várias unidades alimentares, pertencentes ao Departamento Alimentar da Universidade do Minho, que possuíam abatedores de temperatura.

Os SASUM são uma Unidade de Serviços da Universidade do Minho com autonomia administrativa e financeira. Os diversos departamentos pertencentes aos serviços de ação social são: o gabinete do administrador, o Departamento Administrativo e Financeiro, o Departamento Apoio Social, o Departamento Desportivo e Cultural e o Departamento Alimentar (DA) (SASUM, 2015).

Ao departamento alimentar pertencem todas as unidades alimentares, nos polos de Braga e Guimarães, cujo objetivo é servir a comunidade académica. O principal objetivo dos SASUM e do DA é proporcionar refeições de qualidade a preços inferiores aos das empresas privadas similares de maneira a que o grau de satisfação dos clientes seja elevado. Para que a qualidade dos produtos/ serviços seja mantida a um nível elevado é necessário seguir princípios rigorosos de segurança alimentar (SASUM, 2015).

As unidades alimentares estão divididas em 4 complexos alimentares em Braga, que inclui Gualtar, Santa Tecla e Congregados, e 1 complexo em Guimarães. Gualtar dispõe de 7 bares (CP1, CP2, CP3, Bar 4, Bar 5, Bar Grill Gualtar, Bar Professores) e um Restaurante Universitário onde está incorporado uma cantina, um grill, um bar e um restaurante. Em Santa Tecla, a comunidade académica pode usufruir de uma cantina e um bar, e nos Congregados de um Snack-bar que disponibiliza refeições subsidiadas ao almoço e jantar (SASUM, 2015).

No polo de Azurém existem 5 bares (Engenharia I, Engenharia II, Arquitetura e Bar do Auditório), um Restaurante Universitário (constituído por uma cantina, uma rampa de refeições não subsidiadas, um Grill e um bar de apoio) e um bar nas residências de Azurém (SASUM, 2015).

Para além da implementação de normas, na gestão das unidades alimentares, que permitem rigor na utilização dos bens, existe uma recorrente preocupação com questões de higiene e segurança alimentar. O departamento alimentar possui um contrato com uma entidade externa para prestar auxílio no que toca a Higiene e Segurança Alimentar. Este apoio contempla a

realização de uma auditoria mensal à várias unidades do Departamento, cobrindo todas as áreas de controlo alimentar incluindo a análise microbiológica de pratos confeccionados (SASUM, 2015).

Os SASUM possuem certificação a nível dos requisitos das Normas NP EN ISO 22000:2005 e ISO 9001:2008, nas unidades do Departamento Alimentar (SASUM, 2015).

1.2. Objetivos do trabalho

Este trabalho teve por objetivo principal a validação das operações de arrefecimento e congelação nas unidades alimentares pertencentes à Universidade do Minho que possuíam abatedores.

Para que esse objetivo seja alcançado é necessário ter em atenção alguns pontos importantes como a verificação dos processos de congelação e arrefecimento, condições impostas pela instrução de trabalho implementada e o cumprimento destas orientações, avaliação das características dos alimentos e a sua influência no tempo de congelação/arrefecimento, os parâmetros de validação e os procedimentos realizados pelos colaboradores.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Segurança alimentar

Numa política de segurança alimentar o principal objetivo é a proteção da saúde e dos interesses dos consumidores, de modo a proporcionar ao mesmo tempo um bom funcionamento do mercado. Para tal, a União Europeia estabeleceu e faz respeitar normas de controlo de higiene e segurança dos produtos alimentícios, de saúde e bem-estar dos animais e de prevenção dos riscos de contaminação por substâncias externas (União Europeia).

O número de refeições a servir em unidades alimentares de ensino são estimadas com base no histórico/estimativa do número de refeições em períodos similares. Esta situação pode originar a não utilização de todas as matérias-primas encomendadas e em *stock* ou à produção excessiva de refeições que acabam por não ser servidas. Por forma a respeitar as normas de segurança alimentar são utilizados abatedores de temperatura, equipamentos específicos para que a conservação dos alimentos seja efetuada da maneira mais correta possível.

O método de análise de perigos e controlo de pontos críticos ou HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*) é um sistema preventivo de controlo que visa a segurança alimentar. Surgiu nos anos 60 através de uma parceria entre a empresa *Pillsbury Corporation* (EUA), os laboratórios do exército dos EUA e da Agência Espacial Norte Americana (NASA – *National Aeronautics and Space Administration*) que tinham por objetivo produzir alimentos seguros para os cosmonautas do programa espacial americano. Só em 1973 é que foi publicado o primeiro documento detalhando a metodologia do Sistema HACCP – *Food Safety Through the Hazard Analysis and Critical Control Point System* (Mil-Homens, 2007).

Este método permite identificar e analisar os perigos associados às diferentes fases do processo de produção de um alimento, definir os meios necessários para o controlo desses perigos e garantir que esses meios são utilizados de forma eficaz (Mil-Homens, 2007). Os perigos a analisar podem ser físicos (ex: fragmentos de vidro, pedras, espinhas, cascas), químicos (ex: pesticidas, antibióticos, tintas) ou biológicos (ex: bactérias, vírus e parasitas patogénicos) (Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar).

De acordo com o *Codex Alimentarius* a implementação do sistema de HACCP é baseada em 7 princípios, os quais são aplicados a todas as fases de produção do alimento, desde a agricultura e a pecuária até ao manuseamento e utilização por parte dos consumidores e são eles (Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar):

Princípio 1 – Análise de Perigos

Princípio 2 – Determinação de Pontos Críticos de Controlo

Princípio 3 – Estabelecimento de Limites Críticos

Princípio 4 – Estabelecimento do Sistema de Monitorização

Princípio 5 – Estabelecimento de Ações Corretivas

Princípio 6 – Estabelecimento de procedimentos de Verificação

Princípio 7 – Documentação e registos

A análise é baseada numa árvore de decisão, analisando-se etapa a etapa para verificar quais são os PCC's (Pontos críticos de Controlo).

2.2. Fatores que afetam a multiplicação de microrganismos

A qualidade microbiológica dos alimentos é condicionada pela quantidade de microrganismos presentes inicialmente no processamento do alimento e após a multiplicação destes (Quali.pt).

Existem algumas características dos alimentos que podem afetar o crescimento dos microrganismos, designados de fatores intrínsecos e fatores extrínsecos. Estes fatores podem ser favoráveis ou impeditivos à multiplicação dos microrganismos e determinantes na sua velocidade de multiplicação (Quali.pt; Baptista & Venâncio, 2003).

As bactérias, em condições ótimas, apresentam uma elevada velocidade de multiplicação (em média 20 min), enquanto que as leveduras se multiplicam a uma velocidade bastante mais baixa (de 2 a 3 horas) (Quali.pt).

2.2.1. Fatores Intrínsecos

✓ pH

A redução do pH de um alimento contribui para a redução do desenvolvimento de microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003).

As condições ótimas de crescimento de cada grupo de microrganismos dependem dos níveis de acidez dos alimentos, ou seja (Quali.pt):

pH < 4.0 – Alimentos muito ácidos, há predominância de leveduras, bolores e bactérias acéticas.

4.0 < pH < 4.5 – Alimentos ácidos, predominância de leveduras oxidativas ou fermentativas e bolores (em aerobiose). Também pode haver a presença de bactérias esporogénicas¹ ou não esporogénicas.

pH > 4.5 – Alimentos com baixa acidez, favorável ao crescimento de bactérias em face do tempo de multiplicação curto (patogénicos, aeróbios ou anaeróbios, mesófilos ou termófilos)

Na Tabela 1 estão representadas as amplitudes do valor de pH para alguns alimentos.

Tabela 1: Amplitude do valor de pH de alguns alimentos mais comuns (Baptista & Venâncio, 2003)

Alimento	Amplitude de pH
Leite	4.9 - 5.9
Natas	6.5
Carne de vaca (picada)	5.1 – 6.2
Carne de vitela	6.0
Frango	6.2 – 6.4
Peixe (maioria)	6.6 – 6.8
Feijão	4.6 – 6.5
Batata	5.3 – 5.6

✓ Atividade da água (aw)

Cada tipo de microrganismo apresenta condições ótimas de aw para o crescimento, sendo que, a maioria das bactérias patogénicas encontram-se controladas a aw < 0.85 mesmo que, na maioria dos casos a produção de toxinas seja inibida a aw < 0.90 (Baptista & Venâncio, 2003).

O valor da atividade da água varia entre 0 e 1, dividindo os principais grupos de alimentos da seguinte forma (Quali.pt):

aw < 0.60: chocolate, bolachas, ovos, hortaliças e leite em pó;

0.60 < aw < 0.85: farinha, cereais, compotas e geleias, nozes;

0.85 < aw < 0.93: presunto fresco, leite condensado;

0.93 < aw < 0.98: carnes curadas enlatadas, fruta enlatada em alta concentração de açúcar;

aw ≥ 0.98: Carne e pescado frescos, fruta frescas, leite, enlatados em salmoura;

¹ Bactérias esporogénicas: podem 'viver' na forma de esporos

✓ Potencial oxidação-redução

Entende-se por potencial oxidação-redução (Eh) a capacidade de ganho ou perda de elétrons entre substâncias químicas que tem por unidade de medida o milivolt (mV). Pode-se dividir, quanto ao potencial oxidação-redução, a classificação dos microrganismos em: Aeróbios², microrganismos que crescem entre 500 mV e 300 mV; os que crescem entre 300 mV e -100 mV são classificados como Aeróbios Facultativos; Anaeróbios³, crescem entre 100 mV e menos de -250 mV e os Micro-aerófilos (Baptista & Venâncio, 2003).

A maioria dos bolores, leveduras oxidantes, as bactérias que deterioram alimentos (ex. *Pseudomonas*, *Acinetobacter*) e as bactérias patogênicas aeróbias (ex. *Bacillus cereus*, *Aeromonas hydrophila*) são microrganismos aeróbios (Gava, 1978).

✓ Nutrientes

A quantidade e o tipo de nutrientes que os microrganismos precisam para o seu desenvolvimento variam entre os diferentes microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003).

A maioria dos microrganismos patogênicos obtêm energia através do metabolismo de hidratos de carbono simples, normalmente designados como açúcares (ex. glucose). Bolores, leveduras e bactérias (ex. *Pseudomonas*) utilizam gorduras e os óleos como fonte de obtenção de energia (Baptista & Venâncio, 2003).

O azoto é obtido a partir de proteínas, peptídeos, nucleotídeos e aminoácidos mas para os microrganismos são efetivamente os aminoácidos que constituem a fonte mais importante de azoto, sendo também possível utiliza-los como fonte de energia (Baptista & Venâncio, 2003).

Os alimentos contêm uma quantidade de vitaminas necessária ao crescimento dos microrganismos, sendo as mais importantes as vitaminas do complexo B, a biotina e o ácido patogênico (Baptista & Venâncio, 2003).

Os sais minerais, como o sódio, potássio, magnésio, são indispensáveis para o desenvolvimento dos microrganismos, apesar de serem utilizados em pouca quantidade, uma vez que estes estão envolvidos nas reações enzimáticas (Baptista & Venâncio, 2003).

² Aeróbios: necessitam de oxigênio para se desenvolver

³ Anaeróbios: não necessitam de oxigênio para se desenvolverem

✓ **Substâncias antimicrobianas**

As substâncias antimicrobianas que os alimentos possuem de origem (ex. ovo – lisozima), conferem-lhes estabilidade acrescida. Estas também se podem formar durante os processos de transformação dos alimentos, tais como nos processos de fumagem, fermentativos e térmicos (Baptista & Venâncio, 2003).

✓ **Estrutura biológica**

Diversos alimentos, como por exemplo o ovo e a noz, possuem estruturas biológicas que, caso se mantenham intactas, os protegem da contaminação por parte dos microrganismos, incluindo os patogénicos (Baptista & Venâncio, 2003).

Alguns tipos de processamento dos alimentos podem ser favoráveis à rotura dessas estruturas e como provocam alteração do pH e da atividade da água, passam a ser criadas condições benéficas ao crescimento de microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003).

2.2.2. Fatores Extrínsecos

✓ **Temperatura**

As possíveis alterações que os alimentos possam sofrer, ocorrem numa gama de temperatura que varia entre os 70 °C e os -5 °C (Gava, 1978).

O nível de crescimento de cada microrganismo é determinado pela temperatura a que o alimento se encontra (Quali.pt; Baptista & Venâncio, 2003). Os microrganismos podem ser classificados como termófilos, mesófilos, psicrófilos e psicotróficos conforme o comportamento que apresentam para diferentes gamas de temperatura (Tabela 2) (Gava, 1978).

O grupo dos mesófilos é constituído maioritariamente por microrganismos patogénicos, sendo eles bactérias patogénicas e que deterioram o alimento, alguns bolores e leveduras (Baptista & Venâncio, 2003).

Quanto mais próximo o alimento estiver da temperatura ótima de crescimento do microrganismo mais acelerado é o seu crescimento (Baptista & Venâncio, 2003).

Tabela 2: Gamas de temperatura de crescimento dos vários grupos de microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003)

Grupo	Temperatura (°C)		
	Mínimo	Ótimo	Máximo
Termófilos	40 – 45	55 – 75	60 – 90
Mesófilos	5 – 15	30 – 45	35 – 47
Psicrófilos	-5 - +5	12 – 15	15 – 20
Psicotróficos	-5 - +5	25 - 30	30 – 35

✓ Humidade relativa

A atividade da água de um alimento é influenciada pela humidade relativa, ou seja, se um alimento que apresenta baixa atividade da água estiver armazenado num local com alta humidade relativa, a sua a_w vai aumentar, favorecendo a multiplicação de microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003; Gava, 1978).

A humidade relativa está também relacionada com a temperatura, o que significa que, quanto maior a temperatura de armazenagem, menor a humidade relativa e vice-versa (Baptista & Venâncio, 2003).

✓ Composição do meio

Para alguns microrganismos o dióxido de carbono (CO_2), o ozono e o oxigénio são gases tóxicos. A oxidação provocada pelo ozono e pelo oxigénio é bastante tóxica para bactérias anaeróbias, podendo no caso dos anaeróbios causar um efeito inibidor. No caso do dióxido de carbono, este apresenta maior eficiência para microrganismos anaeróbios (Baptista & Venâncio, 2003).

O gás mais utilizado para retardar a deterioração dos alimentos é o CO_2 , sendo bastante eficiente contra microrganismos psicotróficos. Uma concentração de 10% de CO_2 é capaz de reduzir em até 50% a contagem total de microrganismos (Baptista & Venâncio, 2003).

2.3. Refrigeração

O arrefecimento é uma operação unitária onde é reduzida a temperatura de um alimento para valores entre os 8 °C e os -1 °C. É utilizado para diminuir a taxa das alterações bioquímicas e microbiológicas, aumentando assim o tempo de prateleira de alimentos processados e frescos.

As mudanças a nível das características sensoriais e das propriedades nutricionais do alimento são pouco significativas (Fellows, 2000).

O processo de arrefecimento rápido dos alimentos é utilizado quando se verifica uma interrupção entre a confeção de uma refeição e o momento em que é servida. A este procedimento pode-se designar como *cook-chill*, ou seja, numa tradução literal, cozinhar-arrefecer (Azevedo, 2008).

O referencial mais utilizado para o arrefecimento de produtos é aquele no qual o produto sofre um pré-arrefecimento de 30 minutos e em seguida um arrefecimento de 90 minutos de maneira a que o alimento permaneça o mínimo de tempo possível na zona crítica (Azevedo, 2008). A zona crítica de temperatura ou zona de perigo é a gama de temperatura a que o alimento se encontra, entre 60 °C e 5 °C, onde o crescimento de microrganismos é máximo (Gava *et al.*, 2009).

Este sistema apresenta vantagens e desvantagens, as quais estão descritas na Tabela 3.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens de um sistema *cook-chill* (Gava *et al.*, 2009)

Vantagens	Desvantagens
Adequado aos vários tipos de restauração;	Práticas incorretas de regeneração;
Melhor gestão do tempo, concentrando a produção nos períodos mais convenientes;	Falta de conhecimento na utilização da tecnologia;
Melhoria da qualidade global devido a um maior cuidado na produção dos produtos e no cumprimento dos requisitos de higiene alimentar;	Tempo entre a produção e o consumo pode causar problemas a nível de segurança alimentar;
Possibilidade de aumentar a oferta mantendo a capacidade operacional de resposta;	Perda de alguns nutrientes, em especial vitaminas;

É essencial um controlo rigoroso da temperatura dos produtos durante o processo de arrefecimento, armazenamento e transporte de modo a evitar o risco de deterioração dos alimentos ou intoxicações alimentares (Fellows, 2000).

Pensava-se que as temperaturas de refrigeração impediavam o crescimento de bactérias patogénicas mas atualmente sabe-se que algumas espécies conseguem crescer em número considerável a estas temperaturas, ou causam intoxicação após ingestão por apresentarem um elevado grau de virulência mesmo em pequenas quantidades. *Aeromonas hydrophilia*,

Listeria spp, *Escherichia coli* e algumas estirpes de *Bacillus cereus* são alguns exemplos de agentes patogénicos (Fellows, 2000).

Para que a contaminação por microrganismos seja a menor possível é essencial o uso de boas práticas de fabrico durante a produção/manipulação de alimentos refrigerados (Fellows, 2000).

2.3.1. Equipamentos

Consoante o método utilizado para remover o calor, os equipamentos de refrigeração são divididos em duas categorias (Fellows, 2000):

- Refrigeradores mecânicos
- Sistemas criogénicos

É possível proceder a operações em contínuo e descontínuo em ambos os equipamentos. No entanto, a temperatura do produto deve baixar rapidamente de modo a permanecer o menor tempo possível na zona crítica (Fellows, 2000).

- Refrigeradores mecânicos

Um refrigerador mecânico é composto por quatro elementos fundamentais, nomeadamente um evaporador, um compressor, um condensador e uma válvula de expansão. Os componentes destes equipamentos são fabricados a partir de cobre que possui uma baixa condutividade térmica permitindo alta eficiência térmica e elevadas taxas de transferência de calor (Fellows, 2000).

Ao passar no evaporador a pressão reduzida, o líquido refrigerante evapora absorvendo o calor latente de vaporização arrefecendo o meio de congelação. De seguida, o refrigerante, já em estado gasoso, passa para o compressor onde aumenta de pressão. O vapor segue para o condensador onde é condensado devido à alta pressão que se mantém. Por fim, o líquido passa pela válvula de expansão onde a pressão é reduzida de modo a que o ciclo de refrigeração reinicie (Fellows, 2000).

O refrigerante utilizado neste tipo de equipamentos tem que corresponder a certos critérios como, apresentar um ponto de ebulição baixo e elevado calor latente de vaporização, ter um vapor denso que reduza a dimensão do compressor, baixa toxicidade e miscibilidade com óleo no compressor e ser não inflamável (Fellows, 2000).

- Refrigeração Criogénica

O fluido criogénico é um refrigerante que muda de fase através da absorção de calor latente para o arrefecimento dos alimentos. Este refrigerante pode ser CO₂ sólido ou líquido, ou azoto líquido como refrigerante. A remoção do calor latente da sublimação é feita utilizando CO₂ sólido enquanto que, para remover o calor latente da vaporização se utiliza CO₂ líquido e o azoto líquido (Fellows, 2000; James & James, 2002).

O CO₂ apresenta algumas características que tornam vantajosa a sua utilização, tais como, o seu ponto de ebulição e sublimação é mais elevados do que o do azoto o que provoca um efeito menos severo nos alimentos, e através da conversão de um sólido ou líquido para gás ocorre um aumento da entalpia (calor específico) (Fellows, 2000).

O CO₂ sólido pode ser usado sob forma de *pellets* de 'gelo-seco', ou o dióxido de carbono líquido pode ser injetado no ar de forma a produzir partículas finas de CO₂ sólido, 'neve carbónica', que rapidamente se sublima para gás (Fellows, 2000).

No caso do azoto líquido, este pode ser usado tanto em processos de congelação como refrigeração. O equipamento que utiliza este tipo de refrigerante deve ser feito de aço inoxidável, ter bom isolamento e possuir ventiladores centrífugos e um injetor de azoto líquido. O azoto líquido vaporiza de imediato e os ventiladores distribuem o gás frio pela câmara/cabine para que ocorra uma redução uniforme da temperatura do produto. É através de um microprocessador que são controlados os ciclos de tempo/temperatura pré-programados que um abatedor possui (Fellows, 2000).

Na refrigeração contínua, o alimento passa por um transportador a velocidade variável para um tambor cilíndrico inclinado e isolado. O alimento é seco com gás frio de azoto e com a ajuda do tambor que ao girar de forma lenta permite levantar o alimento (Fellows, 2000).

A refrigeração criogénica pode ter outras aplicações como, na produção de salsichas, onde o calor gerado é removido por CO₂ 'neve' durante a mistura e a redução de tamanho e na moagem criogénica onde o fluido criogénico permite reduzir os níveis de poeiras, prevenir explosões de pó e melhorar o rendimento das fábricas (Fellows, 2000).

2.3.2. Efeito sobre os alimentos

O efeito mais significativo que a refrigeração tem sobre as características sensoriais dos alimentos processados é o facto de estes endurecerem devido à solidificação de gorduras e óleos.

Muitas vezes, o tempo de prateleira do alimento é limitado pelas alterações físicas, químicas e bioquímicas que possam ocorrer durante o armazenamento refrigerado que levam à perda de qualidade deste em vez do crescimento de microrganismos. Estas alterações provocam, em alguns produtos, escurecimento enzimático, lipólise, deterioração da cor e do sabor (Fellows, 2000).

Em produtos *cook-chill* a oxidação lipídica é uma das principais causas da perda de qualidade, em particular em carnes cozidas ocorre o rápido desenvolvimento de sabor oxidado. Neste tipo de produtos as perdas nutricionais são insignificantes para tiamina, riboflavina e retinol, apresentando maior perda no caso da vitamina C. Isto tem origem nas diferenças de tempo de arrefecimento, temperaturas de armazenamento, oxidação e condições de reaquecimento do produto (Fellows, 2000).

2.4. Congelação

O processo de congelação é uma operação unitária na qual a temperatura de um alimento é reduzida abaixo do seu ponto de congelação. A atividade da água dos alimentos diminui devido à transformação de água em gelo e à concentração de solutos dissolvidos na água não congelada (Fellows, 2000).

A congelação comercial ocorre mais rapidamente do que a doméstica. Dependendo do tempo de congelação há formação de cristais de gelo de diferentes tamanhos, quanto mais tempo demorar o processo de congelação maior é a dimensão do cristal de gelo (Dias, 2007). Foi estabelecido pelo Instituto Internacional do Frio um valor de referência de 1 cm/h relativo à velocidade de formação de cristais de gelo no alimento, desde a sua superfície para o interior (Dias, 2007). Este processo estabiliza microbiologicamente os alimentos, assim como as baixas temperaturas, a reduzida atividade da água, e no caso de alguns alimentos, o pré-tratamento por branqueamento, permite a conservação dos alimentos e aumenta o período de tempo que estes podem estar armazenados (Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar; Fellows, 2000).

Caso a temperatura seja controlada no centro térmico do produto, e como o calor é removido, obtém-se uma curva característica como a representada na Figura 1.

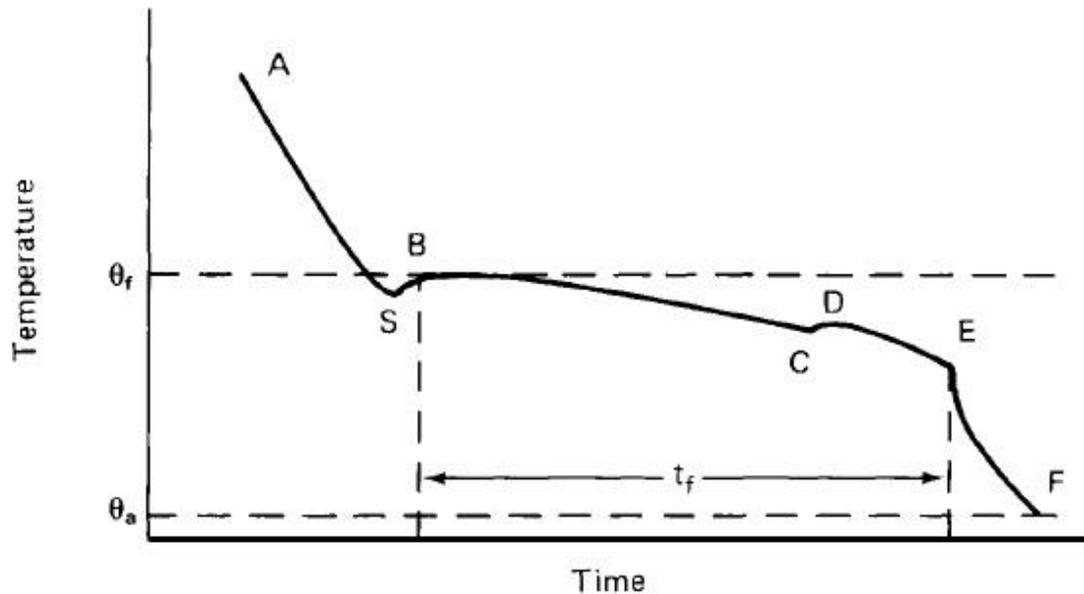


Figura 1: Curva de temperatura-tempo de um processo de congelamento (Fellows, 2000).

Essa curva está dividida em seis fases, sendo elas (Fellows, 2000):

AS: Os alimentos são arrefecidos abaixo do seu ponto de congelamento (θ_f) que é sempre inferior a $0\text{ }^\circ\text{C}$ como se pode verificar na Tabela 4 à exceção da água pura. No ponto S, apesar da temperatura estar abaixo do ponto de congelamento a água permanece no estado líquido. Fenómeno designado por *supercooling* que pode acontecer $10\text{ }^\circ\text{C}$ abaixo do ponto de congelamento.

SB: Ocorre uma subida acentuada da temperatura até ao ponto de congelamento, iniciando-se a formação de cristais de gelo e a libertação do calor latente da cristalização.

BC: O calor latente a ser removido é sob a forma de gelo, mantendo assim a temperatura praticamente constante. O aumento da concentração do soluto presente no líquido não congelado provoca uma diminuição gradual no ponto de congelamento e por isso, também ocorre uma descida de temperatura. Durante esta fase ocorre a formação da maior parte do gelo no alimento (Figura 2 e Figura 3).

CD: Como um dos solutos se encontra supersaturado ocorre a cristalização. O calor latente é libertado provocando um aumento de temperatura para a temperatura eutética⁴ do soluto.

⁴ Temperatura eutética: onde a água e o sal formam uma única fase.

DE: Continua a decorrer o processo de cristalização da água e dos solutos. A velocidade a que o calor é removido vai determinar o tempo total necessário para o processo, t_f (*freezing plateau*)

EF: A temperatura da mistura gelo-água desce para a temperatura a que se encontra o congelador.

À temperatura de um congelador comercial existe sempre uma quantidade de água que permanece por congelar, pois depende do tipo e composição do alimento e da temperatura de armazenamento (Fellows, 2000).

Tabela 4: Ponto de congelação e percentagem de água presente em diferentes tipos de alimentos (Fellows, 2000)

Alimento	Quantidade de Água presente (%)	Ponto de congelação (°C)
Vegetais	78-92	Entre -0.8 e -2.8
Frutas	87-95	Entre -0.9 e -2.7
Carne	55-70	Entre -1.7 e -2.2
Peixe	65-81	Entre -0.6 e -2.0
Leite	87	-0.5
Ovos	74	-0.5

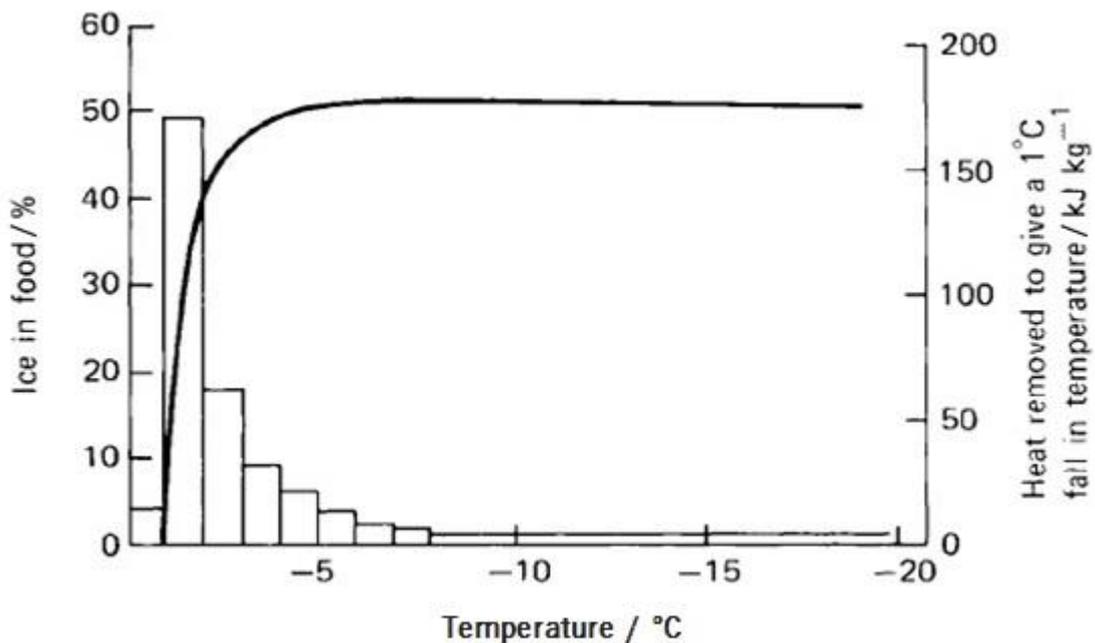


Figura 2: Formação de gelo a diferentes temperaturas de congelação (Fellows, 2000).

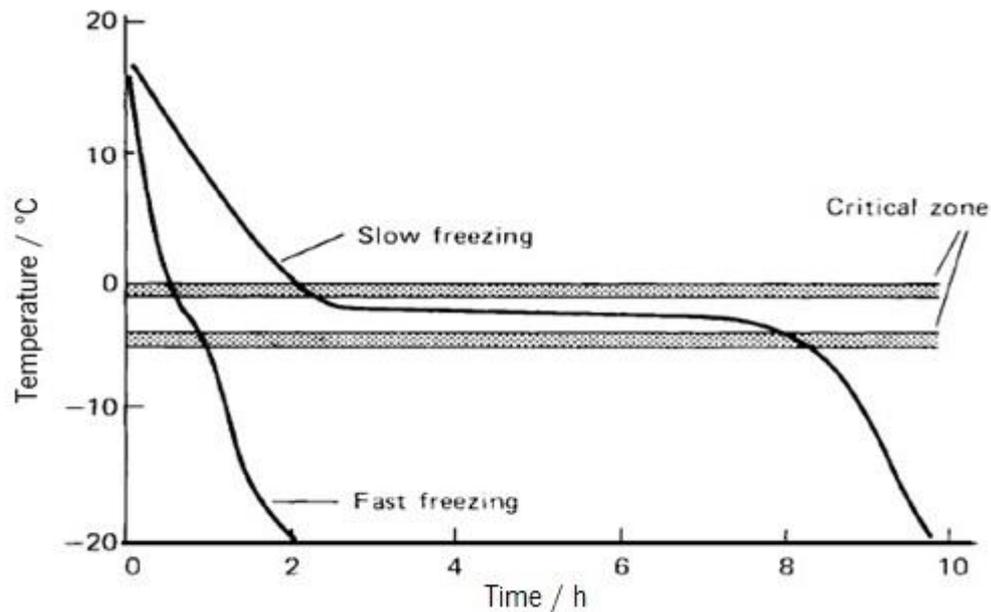


Figura 3: Alteração da temperatura dos alimentos através da zona crítica (Fellows, 2000).

2.4.1. Equipamentos

Na seleção dos equipamento de congelação é necessário ter em conta alguns aspetos, tais como, a taxa de congelação exigida, os requisitos de tamanho e forma de embalagem do alimento, operação em contínuo ou descontínuo, escala da produção, a gama de produtos que serão processados e o capital e os custos de operação. Estes equipamentos podem ser classificados da mesma maneira que os equipamentos de refrigeração, ou seja, refrigeradores mecânicos, que comprimem e evaporam o refrigerante num ciclo contínuo e que, para remover o calor dos alimentos, utilizam ar refrigerado, liquido refrigerado ou superficies refrigeradas ou congeladores criogénicos, que utilizam, em contacto direto com a comida, azoto líquido ou dióxido de carbono sólido ou líquido (Fellows, 2000).

- **Congeladores de ar refrigerado**

As arcas congeladoras e os túneis de congelação são alguns exemplos de congeladores que utilizam ar frio para congelar alimentos (Fellows, 2000).

Em arcas congeladoras, o alimento é congelado em modo estacionário com o ar a temperaturas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas, não são utilizadas para congelação comercial por apresentarem baixas taxas de congelação (3-72 h), resultando numa pobre economia do processo e perda de qualidade do produto. Os armazéns frigoríficos são utilizados para congelar carne de

carcaça e para armazenar alimentos que foram congelados através de outros métodos. De forma a uniformizar a distribuição da temperatura, o ar é distribuído através de ventiladores. Para além dos baixos coeficientes de transferência de calor estes armazéns frigoríficos apresentam outro problema que é a formação de gelo no chão, paredes e bobinas do evaporador devido à humidade do ar e à presença de produtos não embalados (Fellows, 2000).

No caso dos túneis de congelação, o ar é recirculado sobre o alimento a uma temperatura entre $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a uma velocidade de $1.5\text{-}6.0\text{ m s}^{-1}$. A elevada velocidade do ar reduz a espessura das películas que envolvem os alimentos, aumentando assim o coeficiente de transferência de calor de superfície (Fellows, 2000; James & James, 2002).

O fluxo de ar é paralelo ou perpendicular ao alimento e é conduzido de forma a passar uniformemente sobre todas as peças. A utilização deste tipo de equipamento é económico e bastante flexível, uma vez que podem ser congelados alimentos de diferentes tamanhos e formas (Fellows, 2000).

- **Congeladores de líquido refrigerado**

Em congeladores de imersão, os alimentos embalados são passados, sobre um transportador de rede submersa, através de um banho de refrigeração de propileno glicol, salmoura, glicerol ou solução de cloreto de cálcio. Ao contrário da congelação criogénica, o líquido não sofre mudança de fase (Fellows, 2000).

Este método apresenta elevadas taxas de transferência de calor e baixos custos de capital (Fellows, 2000).

- **Congeladores com superfície arrefecida**

Um exemplo de congeladores com superfícies arrefecidas são os congeladores de placa, constituídos por placas empilhadas vertical ou horizontalmente, através do qual o refrigerante é bombeado a uma temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. As operações de funcionamento podem ser em descontínuo, semi-contínuo ou contínuo (Fellows, 2000).

Este tipo de equipamento apresenta algumas vantagens e desvantagens. As vantagens são os custos baixos operacionais, pouca desidratação do produto, as elevadas taxas de transferência de calor. As desvantagens são o custo elevado custo capital e as restrições quanto à forma dos alimentos a congelar (Fellows, 2000).

- **Congeladores criogénicos**

São caracterizados pela mudança de fase do refrigerante. O fluido criogénico entra em contacto direto com os alimentos, removendo rapidamente o calor de todas as suas superfícies de forma a produzir coeficientes de transferência de calor, e conseqüentemente tornar a congelação mais rápida (Fellows, 2000; James & James, 2002).

As vantagens dos congeladores criogénicos relativamente aos sistemas mecânicos são o custo de capital mais baixo e a possibilidade de processar uma grande variedade de produtos, sem grandes alterações do sistema (Fellows, 2000).

Nos congeladores cujo refrigerante é o azoto líquido, os alimentos embalados e não embalados são transportados por uma correia perfurada, através de um túnel onde são congelados com o uso do refrigerante em estado líquido e gasoso. O azoto gasoso reduz o choque térmico nos alimentos e a recirculação nos ventiladores provoca um aumento das taxas de transferência de calor (Fellows, 2000).

Outras vantagens deste tipo de congeladores são: a pouca desidratação do produto, a congelação rápida, baixo consumo de energia, operação contínua simples e baixos custos de capital. A grande desvantagem é o custo elevado do refrigerante (Fellows, 2000).

O choque térmico elevado provocado pela imersão dos alimentos em azoto líquido pode danificar os produtos por causa das tensões internas criadas devido à elevada taxa de congelação (Fellows, 2000).

2.4.2. Efeito sobre os alimentos

Se efetuados corretamente, os processos de congelação e armazenamento provocam alterações pouco significativas nos pigmentos, aromas e componentes nutricionais importantes. No entanto, estes componentes minoritários podem ser perdidos durante a preparação ou deteriorarem-se no armazenamento congelado (Fellows, 2000).

Os danos causados pela congelação nos tecidos animais são diferentes dos causados nos tecidos vegetais. A estrutura fibrosa que a carne possui é mais flexível e por isso separa-se durante a congelação impedindo-a de se partir, sendo que a textura do alimento não é afetada. A estrutura celular das frutas e legumes ao ser mais rígida fica facilmente danificada pelos cristais de gelo. A dimensão dos danos depende do tamanho dos cristais e conseqüentemente, da taxa de transferência de calor (Fellows, 2000).

A congelação lenta provoca a formação de cristais de gelo de grandes dimensões em espaços intercelulares o que leva à deformação e rompimento das paredes celulares. Através do aumento da concentração de soluto as células ficam desidratadas e danificadas permanentemente. No caso do processo de congelação ser rápido, há formação de cristais de gelo pequenos nos espaços intercelulares, apresentando um risco reduzido de danos físicos na célula. Como os gradientes de pressão de vapor de água não são formados, a desidratação das células é mínima, não afetando a textura dos alimentos (Fellows, 2000; Iglo).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Material/Equipamentos utilizados

No decorrer deste trabalho foram utilizados diversos materiais/equipamentos, tais como abatedores, *thermochrons*, termómetros, grelhas, sacos e recipientes/tabuleiros.

Todos os equipamentos (termómetros, *thermochrons* e abatedores) utilizados são regularmente calibrados ou verificados. A calibração é feita, anualmente, por uma entidade externa que envia um relatório de calibração com os resultados e estes são validados conforme os critérios de aceitação internos. Os resultados possíveis são: rejeitar o equipamento porque o valor $|\text{erro} + \text{incerteza}|$ é superior ao critério interno definido; aceitar o erro do equipamento colocando-o junto do mesmo para ser considerado quando necessário; o equipamento não apresenta um valor de erro significativo, estando pronto a ser utilizado de imediato.

A verificação é feita com um equipamento calibrado e os resultados obtidos são: o equipamento é considerado conforme caso esteja de acordo com o critério imposto internamente, ou seja, $|\text{erro} + \text{incerteza}| \leq 2$; se $|\text{erro} + \text{incerteza}| > 2$ é requerido um pedido de manutenção do equipamento para avaliar se há necessidade de arranjo ou substituição.

Devido á implementação do sistema de gestão da qualidade é obrigatório a existência de um plano de calibração e de verificação.

3.1.1. Thermochron

Um *Thermochron*, representado na Figura 4, é um aparelho utilizado para o registo da temperatura. A gama de temperaturas que abrange e a capacidade de memória varia consoante o modelo e a frequência de registo. É bastante resistente a ambientes adversos, humidade, sujidade e choques mecânicos pois possui uma cápsula de aço inoxidável (Eclo).



Figura 4: *Thermochron* e invólucro protetor.

Este sensor é programado para registar a temperatura para qualquer intervalo de tempo e este registo pode iniciar a qualquer momento, através de um *software* específico designado de *Express Thermo*. Para ligar o *thermochron* com o computador é necessário utilizar um adaptador como o que se pode observar na Figura 5 (Eclo).



Figura 5: Adaptador para conectar *thermochron* com computador.

3.1.2. Abatedores

Um abatedor de temperatura é um equipamento que permite, por arrefecimento ou congelação, baixar bruscamente a temperatura, de produtos cozinhados ou frescos, de um nível para outro, de forma a garantir que as propriedades nutricionais, físicas e químicas ótimas dos alimentos não sofrem alteração prolongando o seu tempo de vida. Estes equipamentos têm como processos o arrefecimento ou congelação através da utilização de sonda ou de ciclo.

Os diferentes modelos de abatedores, a seguir descritos, podem arrefecer e congelar através dos métodos “soft” ou “hard”.

O método “soft” é utilizado para arrefecimento ou congelação de produtos delicados como, por exemplo, pescado, vegetais e pastelaria, e que apresentem uma espessura inferior a 20 mm.

No caso do método “hard”, é ideal para arrefecimento e congelação de peças grandes, produtos com elevado teor em gordas, com espessura superior a 20 mm e para produtos embalados a vácuo.

É recomendável que durante os processos de abatimento da temperatura, não se abra a porta do abatedor até à finalização do processo, os tabuleiros não estejam fechados, não se utilize tabuleiros ou caçarolas com mais de 65 mm de altura, não se sobreponha diretamente os produtos e se utilize recipientes de aço inoxidável ou alumínio (Fagor (a); Fagor (b)).

Em seguida, são referidas algumas características importantes de cada equipamento utilizado nas várias unidades alimentares da Universidade do Minho:

- Fagor ATM 102 e Fagor *visual chill*

Os abatedores da marca Fagor utilizados pelas unidades alimentares apresentam características e modo de funcionamento semelhante entre os vários modelos. Os processos de arrefecimento e congelação podem ocorrer em modo *soft* ou *hard*, e ao acabar o ciclo de abatimento passam a funcionar como um armário de refrigeração de modo a manter a temperatura dos alimentos refrigerados entre 2 °C e 4 °C e a dos congelados a -18 °C (Fagor (a); Fagor (b)).

A capacidade máxima dos equipamentos Fagor *Visual Chill* (Figura 6) e Fagor ATM 102 (Figura 7) é de 70 kg para arrefecimento e de 50 kg para congelação (Fagor (a); Fagor (b)).

O processo de arrefecimento de um produto confeccionado consiste em baixar a sua temperatura de 70 °C para 3 °C num período de 90 minutos, enquanto o processo de congelação consiste em baixar a temperatura de 70 °C para -18 °C em 240 minutos, quando o equipamento se encontra a funcionar por ciclo. No caso de se utilizar sonda, o processo de abatimento só termina quando a esta registar 3 °C no caso de arrefecimento e -18 °C para congelação (Fagor (a); Fagor (b)).



Figura 6: Fagor *Visual Chill*.



Figura 7: Abatedor Fagor ATM 102.

- Lainox

A capacidade máxima do equipamento da marca Lainox, representado na Figura 8, é de 16 kg para arrefecimento e de 25 kg para congelação (Departamento Alimentar, 2012).

Quando o abatedor funciona por ciclo, o objetivo é o abatimento da temperatura de 70 °C para 3 °C em 90 minutos no processo de arrefecimento e de 70 °C para -18 °C em 270 minutos na congelação. Para o funcionamento por sonda, o abatedor só termina o processo de abatimento quando a sonda registar 3 °C no caso de arrefecimento e -18 °C para congelação (Departamento Alimentar, 2012).



Figura 8: Abatedor Lainox.

3.1.3. Tabuleiros, grelhas e sacos

As grelhas são colocadas no abatedor com o objetivo de evitar colocar os produtos sobrepostos uns nos outros permitindo uma melhor distribuição destes pelo espaço disponível no abatedor. Neste trabalho, os sacos utilizados eram transparentes com as dimensões de 80x0.08 cm². Os diferentes tabuleiros utilizados foram de aço inoxidável e plástico como se pode observar na Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12.



Figura 9: Tabuleiro de aço inoxidável perfurado.



Figura 10: Tabuleiro de aço inoxidável retangular.



Figura 11: Tabuleiro de aço inoxidável quadrado.



Figura 12: Tabuleiro de plástico.

Os tabuleiros perfurados foram utilizados, por exemplo, no arrefecimento de massa de forma a circular melhor o ar e para escorrer o excesso de água que fica da sua cozedura.

3.2. Metodologia

Inicialmente foi realizada uma visita às várias unidades alimentares para conhecer o ambiente de trabalho e os colaboradores que auxiliaram a recolha de dados e a realização deste estágio. A instrução de trabalho (Anexo I) e os manuais dos abatedores foram disponibilizados para uma melhor compreensão dos procedimentos implementados. Foi adicionalmente providenciado vestuário adequado para permitir a circulação no interior das unidades de acordo com as normas de higiene e segurança alimentar implementadas nos SASUM.

Foram analisados diversos tipos de alimentos, nomeadamente carne, peixe, sopa, acompanhamento e refeições vegetarianas.

Os abatedores das várias unidades alimentares têm marcas/modelos diferentes, sendo eles, Lainox (Grill Gualtar e RP), Fagor ATM 102 (Cantina Gualtar, Sta. Tecla, Rampa B Grill e Cantina Azurém) e Fagor *visual chill* (Sta. Tecla). O produto pode ser arrefecido/congelado através de sonda ou ciclo. No caso de se utilizar a sonda, esta deve ser desinfetada com desinfetante H5⁵ antes de colocada no produto. Cada unidade alimentar que realiza estes processos de abatimento rápido de temperatura possui uma cópia da instrução de trabalho relativa à programação do abatedor, acondicionamento dos produtos e condições a que estes devem ser colocados e retirados do abatedor (Johnson Diversey, 2007).

A medição da temperatura no interior dos produtos ou no ambiente da câmara do abatedor foi realizada utilizando *Thermochrons* previamente desinfetados, de forma a reduzir o risco de transmissão de microrganismos para os alimentos. Estes, antes de serem colocados no alimento foram programados com o auxílio de um *software* designado *Express Thermo*. Através desse programa seleciona-se a data e hora de início e escolhe-se o intervalo de tempo em que se pretende fazer o registo da temperatura.

Por forma a possibilitar a obtenção de resultados foram acompanhados alguns processos de congelação/arrefecimento nas várias unidades alimentares que possuíam abatedores. Os processos tinham que ocorrer respeitando a instrução de trabalho (IT) existente na unidade. Os produtos eram preparados previamente (cortar, acondicionar em sacos e/ou tabuleiros), em seguida eram introduzidos os *thermochrons* no alimento e/ou na câmara do abatedor e posteriormente o produto era colocado no abatedor. O abatedor era programado conforme os passos referidos na IT e, quando o produto estivesse congelado (≤ -15 °C) ou arrefecido (≤ 3 °C), era colocado no equipamento mais adequado para conservar a sua temperatura.

No final, o colaborador responsável pela realização da congelação ou do arrefecimento deveria preencher uma folha de registos (Anexo II) com informações do produto, como o nome e o lote, e do processo, ou seja, hora de início e de fim deste, o tipo de método (sonda ou ciclo) e a temperatura no final (produto ou ambiente).

Os dados foram descarregados para uma folha de *Excel*, com o auxílio do programa, e analisados. A análise consistiu fundamentalmente em 3 pontos:

⁵ Desinfetante H5: Gel à base de álcool, desenvolvido para a desinfecção das mãos. É indicado para aplicação em áreas de processamento de alimentos (Johnson Diversey, 2007).

- análise dos vários passos descritos na IT, em particular aqueles que se consideram críticos por forma a saber se estes eram cumpridos ou não, e se poderiam influenciar a temperatura ou o tempo do processo, bem como qual o seu impacto ao nível da segurança alimentar;

- análise da evolução da temperatura ao longo do tempo, dos vários testes realizados por forma a se perceber de que modo esta pode ter influência na proliferação microbiana e na qualidade do alimento;

- comparação dos diversos testes para perceber, qual a melhor forma (ciclo ou sonda) de congelar ou arrefecer, se a marca/ modelo do equipamento poderá influenciar os processos refrigeração/congelação e se o tipo de produto pode condicionar o tempo a que demora o processo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para uma melhor compreensão e facilidade de escrita deste capítulo, os produtos serão referenciados pelo número de teste a que correspondem, em vez do nome do produto.

A Tabela 5 identifica o produto, o número de teste que lhe foi atribuído e em que condições (fresco ou confeccionado) o mesmo foi submetido ao processo de arrefecimento ou congelação.

Tabela 5: Identificação dos produtos usados nos testes realizados, o estado (fresco ou confeccionado) em que os mesmos foram submetidos ao processo de abatimento de temperatura (arrefecimento ou congelação) e a unidade alimentar onde foi realizado

Número de teste	Unidade alimentar	Nome do produto	Fresco	Confeccionado
1	CG	Bifes de frango	X	
2	CG	Feijoada		X
3	RP	Costeletas de vitela	X	
4	GG	Pá de vitela	X	
5	CST	Lombo de porco (fatiado)		X
6	GG	Jarrete de vitela	X	
7	CG	Fêveras de porco	X	
8	RP	Frango (pequeno)	X	
9	CST	Sopa		X
10	CST	Lombo de porco (fatiado)		X
11	CST	Tranche de vitela		X
12	RP	Entrecosto de porco	X	
13	CST	Massa		X
14	CST	Sopa		X
15	CST	Arroz de ervilhas		X
16	CA	Frango (em peças)	X	
17	RB	Tranche de vitelão		X
18	CA	Perna de Perú		X
19	RP	Perna de porco	X	
20	GG	Peixe		X
21	GG	Feijão preto		X
22	CG	Costeletas de porco (fatiadas)	X	
23	GG	Salada de batata		X
24	GG	Entrecosto de porco		X
25	CST	Bacalhau com natas		X
26	GG	Jarrete de vitela	X	
27	GG	Arroz		X
28	GG	Batata		X
29	CG	Bifes de Perú		X
30	CST	Sopa		X
31	CST	Lasanha de seitan e cogumelos		X
32	CST	Bolonhesa de soja		X
33	CST	Bacalhau com natas		X

Observando a Tabela 5 verifica-se que a maioria dos produtos submetidos ao processo de abatimento de temperatura se encontrava confeccionada, uma vez que grande parte dos produtos selecionados destinava-se ao *take-away*.

Os valores de temperatura usados na construção das tabelas a seguir apresentadas e das curvas de temperatura dos processos de arrefecimento e congelação são os dados obtidos através do registo feito pelos thermochrons.

Para se proceder à validação dos processos de congelação e arrefecimento foi necessário verificar se a instrução de trabalho implementada e fornecida aos colaboradores de cada unidade estava a ser cumprida. De modo a perceber se a IT estava a ser cumprida corretamente tentou-se minimizar a interferência desta monitorização na rotina diária dos colaboradores. Nesse sentido, nos testes realizados com sonda, a escolha dos produtos a monitorizar foi feita pelos colaboradores.

4.1. Verificação de pontos da instrução de trabalho

Neste trabalho foram analisados alguns pontos importantes da instrução de trabalho, de forma a verificar se os requisitos impostos eram considerados pelos colaboradores e integralmente cumpridos.

O ponto 5 da instrução de trabalho é um ponto de controlo para verificar se os procedimentos de preparação do produto são realizados de forma correta, permitindo o produto atingir os 5 °C ao fim de 2 horas e 30 minutos.

Se o produto atingir a temperatura imposta na IT é necessário continuar a monitorização dos processos para verificar se mesmo assim atingem as temperaturas desejadas. Caso o produto não atinja a temperatura deve-se, tentar perceber onde ocorreu a falha e acompanhar o resto do processo com mais atenção por haver uma maior probabilidade de contaminação (Fellows, 2000). Isso pode ser causado por algumas situações, tais como, mau acondicionamento dos produtos e erro no cumprimento dos pressupostos apresentados na IT.

Como os produtos devem permanecer o mínimo tempo possível na zona de perigo, este ponto é especificado na IT por forma a controlar se isso ocorre ou não.

Em alguns dos testes realizados, os produtos não atingiram a temperatura de controlo imposta pela IT no tempo pretendido por má programação do abatedor ou por sobrelotação do equipamento. Outro fator que pode ter impedido os produtos de atingir a temperatura exigida na IT foi a temperatura elevada de entrada no abatedor. No entanto, este último fator não é

justificação para alguns dos resultados obtidos pois, no caso dos testes 15 e 21 o produto que entrou no abatedor com a temperatura mais elevada (teste 15) cumpriu o requisito e o produto colocado no abatedor com a temperatura mais baixa (teste 21) não cumpriu. Esta variabilidade pode ser também devida ao tipo de alimento e à forma como se encontra, confeccionado ou não, por exemplo, o feijão por conter molho (teste 21) demora mais tempo a arrefecer do que o arroz seco (teste 15).

No caso de congelações de produtos frescos não se justifica o controlo deste requisito, pois os produtos entram no abatedor a uma temperatura que ronda os 5 °C e ao fim das 2 horas e 30 minutos já se encontram a temperaturas negativas. O controlo do ponto 5 da IT também não é aplicável nos casos em que os produtos são retirados do equipamento antes da hora prevista no ponto 5 da IT para este controlo.

Na Tabela 6 encontram-se resumidos os resultados (temperaturas de entrada e saída) para os diferentes tipos de processo de abatimento de temperatura a que os produtos foram sujeitos, utilizando ciclo ou sonda, ou seja se as temperaturas de entrada e saída do abatedor foram cumpridas.

Tabela 6: Tipo de processo a que o produto foi sujeito e se respeitou as temperaturas mínimas de entrada (arrefecimento: ≥ 63 °C) e saída (arrefecimento: ≤ 3 °C; congelação: ≤ -15 °C) do abatedor, impostas pela IT. OK – temperatura do produto é inferior ou igual à temperatura imposta pela IT; NOK – temperatura do produto não atingiu a temperatura mínima imposta pela IT

Testes	Arrefecimento		Congelação		Temperatura de entrada		Temperatura de saída	
	Ciclo	Sonda	Ciclo	Sonda	Real (°C)	Obs.	Real (°C)	Obs.
1				X	7.5	NOK	-8	NOK
2				X	39	NOK	-14	NOK
3			X		9.5	NOK	-1	NOK
4			X		4	OK	-10.5	NOK
5	X				51	NOK	0.5	OK
6			X		8.5	NOK	-5.5	NOK
7				X	6.5	NOK	-24	OK
8				X	12	NOK	-10.5	NOK
9		X			81	OK	4	NOK
10		X			56.5	NOK	2.5	OK
11		X			75	OK	2.5	OK
12				X	7	NOK	-35	OK

Tabela 6: Continuação

Testes	Arrefecimento		Congelação		Temperatura de entrada		Temperatura de saída	
	Ciclo	Sonda	Ciclo	Sonda	Real (°C)	Obs.	Real (°C)	Obs.
13		X			34	NOK	3	OK
14		X			79.5	OK	4.5	NOK
15	X				53.5	NOK	1.5	OK
16			X		8	NOK	-11	NOK
17			X		5.5	NOK	-7.5	NOK
18	X				44	NOK	-1	OK
19				X	5.5	NOK	-19	OK
20		X			30.5	NOK	3	OK
21		X			37	NOK	3.5	OK
22				X	10.5	NOK	-19	OK
23		X			48.5	NOK	14	NOK
24		X			48.5	NOK	7.5	NOK
25		X			27.5	NOK	4.5	NOK
26				X	7	NOK	-24.5	OK
27		X			61	NOK	23.5	NOK
28		X			54	NOK	13.5	NOK
29				X	17	NOK	-18	OK
30		X			71	OK	3.5	NOK
31		X			54.5	NOK	3.5	NOK
32			X		54.5	NOK	-4.5	NOK
33		X			11.5	NOK	3.5	NOK
						OK - 5		
						NOK - 28		
								OK - 14
								NOK - 19

Apesar de a IT não especificar a temperatura mínima de entrada de produtos frescos no abatedor, a literatura indica que estes devem encontrar-se a temperaturas entre os 0 °C e os 5 °C (ASAE, 2014).

Analisando a Tabela 6 foi possível verificar que em quase todos os processos de arrefecimento o produto não entrou no abatedor à temperatura imposta pela instrução de trabalho, ou seja, uma temperatura superior ou igual a 63 °C. Isto acontece porque o produto não foi colocado no abatedor logo após ser confeccionado tendo estado algum tempo a arrefecer à temperatura ambiente, o que pode causar um problema de segurança alimentar uma vez que o produto está mais apto à contaminação microbiana já que se encontra na gama de temperaturas de risco por um período mais longo do que o exigido (Portal HACCP- Portal da Segurança Alimentar). No caso do processo de congelação, a IT não impõe nenhuma temperatura específica para a entrada do produto no abatedor, sendo que geralmente a temperatura dos produtos frescos dos testes rondou os 4 °C e 12 °C e a dos produtos confeccionados variou entre 17 °C e 81 °C.

Como seria de esperar foram realizados mais testes utilizando o modo de sonda do que de ciclo, pois de acordo com a instrução de trabalho o modo de sonda deve ser o procedimento prioritário (Departamento Alimentar, 2012). Alguns testes foram realizados usando o modo de ciclo ou porque a sonda se encontrava estragada e não era reconhecida pelo abatedor, ou porque ocorreu uma má programação do abatedor e não foi selecionada correctamente a opção 'sonda'.

Em 33 testes realizados, 42.4% atingiram a temperatura mínima de saída imposta pela IT, ou seja ≤ 3 °C no caso do processo de arrefecimento e ≤ -15 °C no caso do processo de congelação e 57.6% não conseguiram alcançar essa temperatura.

Tal como referido, a variabilidade dos resultados acima apresentados pode ser causada por diversos fatores como o tipo de alimento, o tipo de equipamento, a quantidade de água presente no alimento, a sobrelotação do abatedor e a espessura do produto. Quanto maior a espessura do produto a congelar ou arrefecer mais tempo é necessário para que o centro térmico atinja a temperatura desejada. No entanto a IT só especifica um limite de altura da peça para o processo de congelação, o mesmo deveria acontecer para o processo de arrefecimento pois, apesar de teoricamente ser um processo mais rápido a espessura do produto faz variar o tempo de arrefecimento.

As Tabelas 7 e 8 complementam as monitorizações realizadas em diversos pontos da IT referentes aos processos de congelação e arrefecimento e permitem verificar se esses são cumpridos correctamente. Esses pontos incluem o requisito do tamanho e peso das peças, a capacidade máxima dos abatedores, o acondicionamento dos produtos, a temperatura mínima a que esses devem entrar e sair do abatedor.

O cumprimento destes requisitos impostos pela instrução de trabalho é importante a nível da segurança alimentar, por forma a evitar a contaminação microbiana dos alimentos, a nível da qualidade do alimento, evitando congelações e arrefecimentos lentos e a nível do cuidado a ter com o equipamento por forma a reduzir/eliminar possíveis avarias.

O abatedor da marca Lainox tem a capacidade máxima de 16 kg para o processo de congelação e 25 kg para o processo de arrefecimento, enquanto que os abatedores da marca Fagor têm capacidade máxima de 50 kg para congelação e 70 kg para arrefecimento (Fagor (a); Fagor (b); Departamento Alimentar, 2012).

Tabela 7: Compilação dos resultados de monitorização de pontos importantes da instrução de trabalho e verificação do seu cumprimento para processos de congelação

CONGELAÇÃO														
Testes	Equipamento	SONDA							CICLO					
		Desinfecção sonda	Peso produto (7 kg)	Altura (7 cm)	Acondicionamento		Capacidade máxima		Peso produto (7 kg)	Altura (7 cm)	Acondicionamento		Capacidade máxima	
					Saco	Tabuleiro	16 kg	50 kg			Saco	Tabuleiro	16 kg	50 kg
1	Fagor ATM 102	NOK	n.v ⁶	n.v	X	X		OK						
2	Fagor ATM 102	NOK	n.v	n.v		X		OK						
3	Lainox							n.v	n.v	X	-	OK		
4	Lainox							n.v	n.v	X	-	OK		
6	Lainox							NOK	NOK	X	-	OK		
7	Fagor ATM 102	NOK ⁷	n.v	n.v	X	-		OK						
8	Lainox	NOK	n.v	n.v	X	-	OK							
12	Lainox	NOK	n.v	n.v	X	-	OK							
16	Fagor ATM 102							OK	OK	X	-		OK	
17	Fagor ATM 102							OK	OK	X	-		OK	
19	Lainox	NOK	n.v	n.v	X	-	OK							
22	Fagor ATM 102	OK ⁸	n.v	n.v	X	X		OK						
26	Lainox	OK	n.v	n.v	X	-	OK							
29	Fagor ATM 102	NOK	n.v	n.v	X	X		OK						
32	Fagor ATM 102							OK	OK	-	X		OK	

⁶ n.v – o critério especificado na tabela não foi verificado

⁷ NOK – o critério imposto pela IT não foi cumprido

⁸ OK – o critério imposto pela IT foi cumprido

Tabela 8: Compilação de pontos importantes da instrução de trabalho e verificação do cumprimento destes para processos de arrefecimento

ARREFECIMENTO										
Testes	Equipamento	SONDA					CICLO			
		Desinfeção da sonda	Cobertura do recipiente		Capacidade máxima respeitada		Cobertura do recipiente		Capacidade máxima respeitada	
			Tampa	Película	25 kg	70 kg	Tampa	Película	25 kg	70 kg
5	Fagor ATM 102						-	-		OK
9	Fagor ATM 102	NOK ⁹	-	-		OK				
10	Fagor ATM 102	NOK	-	-		OK				
11	Fagor ATM 102	NOK	-	-		OK				
13	Fagor ATM 102	NOK	-	-		OK				
14	Fagor ATM 102	NOK	-	-		OK				
15	Fagor ATM 102						-	-		OK
18	Fagor ATM 102						-	-		OK
20	Lainox	NOK	OK ¹⁰	-	OK					
21	Lainox	NOK	-	OK	OK					
23	Lainox	NOK	-	OK	OK					
24	Lainox	NOK	-	OK	OK					
25	Fagor visual chill	NOK	-	-		OK				
27	Lainox	OK	-	OK	OK					
28	Lainox	OK	-	OK	OK					
30	Fagor visual chill	NOK	-	-		OK				
31	Fagor visual chill	NOK	-	-		OK				
33	Fagor visual chill	NOK	-	-		OK				

⁹ NOK – o critério imposto pela IT não foi cumprido

¹⁰ OK – o critério imposto pela IT foi cumprido

Da análise das Tabelas 7 e 8 foi possível verificar que a desinfecção da sonda, quando usada, não é uma prática comum entre os colaboradores das várias unidades. As causas para este não cumprimento da IT podem ser o esquecimento ou ausência de líquido desinfetante no local onde se encontra o abatedor. A sonda deve ser previamente desinfetada para evitar a proliferação de microrganismos entre processos e assim assegurar a segurança alimentar dos produtos.

Apesar dos abatedores nunca terem sido usados acima da sua capacidade máxima é necessário ter cuidado no caso do abatedor da marca Lainox, uma vez que se trata de um equipamento que apresenta uma capacidade máxima bastante inferior aos outros, ou seja é mais provável que ocorra inadvertidamente um excesso de carga.

No processo de congelação com funcionamento por sonda, representado na Tabela 7, os requisitos de peso e altura dos produtos não foram verificados devido a uma falha de compreensão do ponto 6 da IT (Anexo I) aquando da monitorização deste parametro. É necessário ter atenção a esse ponto (eventualmente dar formação prévia aos colaboradores que operem o equipamento pela primeira vez) pois, um colaborador que utiliza o abatedor pela primeira vez, pode também ser induzido em erro e não cumprir corretamente esses requisitos, o que pode levar a um maior tempo para que o processo de congelação/arrefecimento ocorra e por sua vez influenciar a qualidade do alimento.

Em alguns casos de congelação foram utilizados recipientes plásticos, como os ilustrados na Figura 13. No entanto, recomenda-se a utilização de recipientes de aço inoxidável ou alumínio com altura de 40 mm, o que constitui um requisito importante a colocar na instrução de trabalho aquando da sua revisão, uma vez que o material de que é feito o recipiente e a altura podem influenciar o tempo de duração do processo realizado (Fagor (b); Departamento Alimentar, 2012).



Figura 13: Recipientes utilizados num processo de congelação.

Na também é possível observar que o acondicionamento do produto foi feito através de sacos e tabuleiros. Os colaboradores consideraram que o acondicionamento dos produtos em sacos e posteriormente colocados em camadas no tabuleiro facilita a posterior descongelação dos mesmos. A proteção dos tabuleiros com os sacos protege o produto de possíveis perigos físicos e microbiológicos a que este possa estar sujeito na câmara do abatedor. No entanto, pode também ser um fator que influencia o tempo do processo (Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar).

A Tabela 8 revela que na maior parte dos processos de arrefecimento realizados, os produtos não são devidamente protegidos por tampa ou película como é referido na instrução de trabalho fornecida. Contudo, na literatura é aconselhável que os recipientes com os alimentos não sejam tapados durante o tempo em que estes estão no abatedor, de maneira a que ocorra uma maior transferência de calor e assim o produto arrefeça mais rapidamente (Fagor (b); Departamento Alimentar, 2012).

4.2. Análise das curvas de temperatura dos diferentes testes realizados.

Nesta secção apresentam-se e analisam-se as curvas de temperatura registadas nos diferentes testes. Os dados gerados neste trabalho para análise da evolução das curvas de temperatura em processos de congelação ou arrefecimento nos vários testes teve por base as seguintes condicionantes: colocou-se um *thermochron* no produto e outro na câmara do abatedor; colocaram-se produtos diferentes no mesmo equipamento e em simultâneo; produtos iguais em equipamentos diferentes; produtos iguais no mesmo equipamento; produtos iguais mas utilizando

um modo funcionamento diferente (sonda ou ciclo); registo pelo *thermochron* colocado num produto e a leitura da sonda colocada num produto diferente.

Nos gráficos a seguir apresentados, ou como anexo a este trabalho, o ponto inicial registado corresponde ao momento em que o produto é colocado no abatedor e este é posto a funcionar e o último ponto corresponde ao momento em que o produto é retirado do abatedor.

- ***Thermochron* no produto e *Thermochron* na câmara do abatedor**

Na Figura 14 está representada a evolução da temperatura ao longo do processo de refrigeração de uma tranche de vitela estufada com o abatedor a funcionar em modo ‘sonda’.

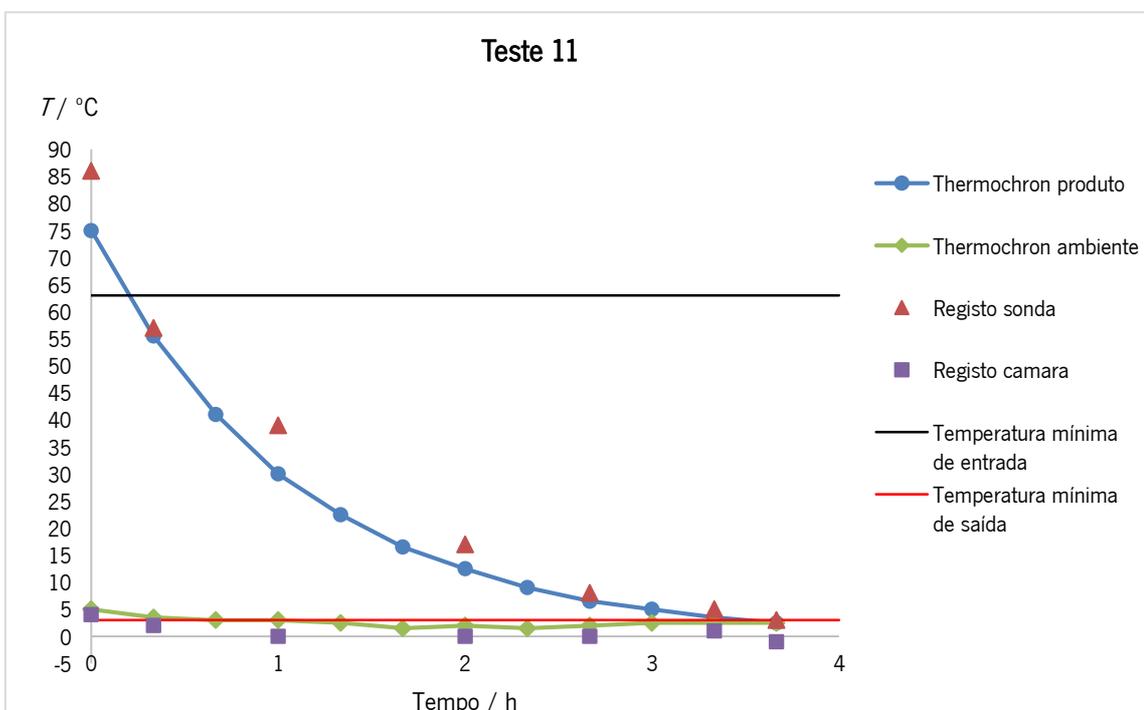


Figura 14: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de tranche de vitela estufada utilizando o método de funcionamento de sonda.

O produto “tranche de vitela” representado pelo teste 11 é colocado no abatedor acima da temperatura mínima de entrada (63 °C) imposta pela instrução de trabalho, mas só atinge o valor da temperatura de 3 °C ao fim de aproximadamente 4 horas no abatedor. No processo representado na figura acima o produto só foi retirado do abatedor quando a sonda, nele colocada, indicou a temperatura que é a imposta pela IT como temperatura mínima de saída, que coincide com a temperatura registada pelo *thermochron*.

Os testes que cumpriram os requisitos de temperatura da IT demoraram cerca de 4 horas para arrefecer o produto em modo “hard”, ou seja, um dos métodos de arrefecimento que o abatedor possui já pré-programado de fábrica. No entanto, esse resultado não é desejável uma vez que em funcionamento de ciclo, o produto deve estar arrefecido ao fim de 90 minutos e congelado ao fim de 4 horas (Fagor (b); Departamento Alimentar, 2012). Os fatores que podem afetar o tempo de arrefecimento dos alimentos são a consecutiva abertura da porta do abatedor para colocar ou retirar produtos que por sua vez interrompe o processo, a quantidade de alimentos colocados no abatedor que exigem uma maior potência do equipamento para arrefecer grandes quantidades de alimentos, e finalmente a existência de uma possível avaria no abatedor.

Com base nos resultados dos testes compilados no Anexo III, os processos de arrefecimento realizados com o abatedor a funcionar em modo ciclo necessitam de pelo menos dois ciclos de 90 minutos para atingir a temperatura imposta pela IT (3 °C). No entanto há exceções, como por exemplo a massa de tubos em que o ar consegue circular facilmente através do produto, pelo que não necessita de um ciclo completo para arrefecer.

Por este motivo, é recomendável que nos processos realizados em modo de ciclo se utilize um termómetro para confirmar se no final do ciclo o produto já atingiu a temperatura imposta pela IT, e caso isso não aconteça iniciar um novo ciclo.

A Figura 15 ilustra a evolução da temperatura ao longo do tempo de um processo de congelação de bifes de peru realizado através do funcionamento com sonda, no equipamento Fagor ATM 102.

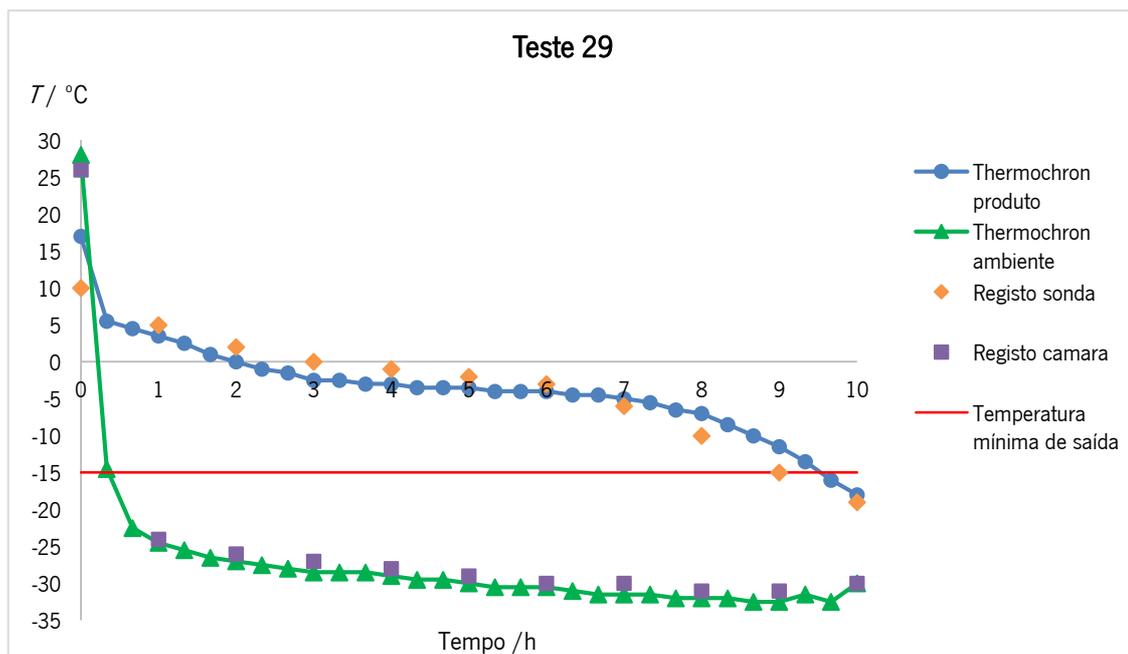


Figura 15: Curvas de temperatura do processo de congelação de bifes de peru com funcionamento por sonda.

Analisando a Figura 15, é possível verificar que o processo de congelação demorou aproximadamente 9 horas e 30 minutos. Como o produto se encontrava cortado em porções de pequenas dimensões, seria de esperar que o processo de congelação fosse rápido, no entanto isso não se verificou. A demora do processo de congelação pode ter sido causada por vários fatores tais como, a espessura do saco onde foi colocado o recipiente com o produto o que impede uma melhor circulação do ar e/ou o tipo de material, e as dimensões do recipiente onde foi colocado o produto uma vez que se aconselha a utilização de recipientes de aço inoxidável ou alumínio com a altura máxima de 40 mm e neste caso, foi utilizado um recipiente plástico com altura superior a 40 mm, como é possível observar na Figura 16.



Figura 16: Produtos acondicionados, prontos para o processo de congelação.

Caso o produto fosse retirado quando a sonda registasse uma temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ poderia ter ocorrido um risco elevado de contaminação do produto, uma vez que este ainda não se encontrava a essa temperatura considerada de “segurança”. No entanto, o produto só foi retirado quando a sonda registou o valor de temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ de maneira a que fosse possível verificar que, tal como diz no manual do abatedor, este ao atingir os $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ termina o processo de abatimento de temperatura e passa a funcionar como câmara de conservação de temperatura.

A discrepância entre o valor lido pela sonda e o valor registado pelo *thermochron* pode estar relacionada com o erro que cada aparelho apresenta e com o invólucro de plástico que protege o *thermochron* de descidas bruscas de temperatura.

A curva da temperatura da Figura 15 é semelhante a uma curva de temperatura típica tal como a apresentada na literatura (Figura 3), o que permite concluir que o processo de congelação

estudado no teste 29 foi um processo lento, levando à formação de cristais de gelo de grandes dimensões que podem provocar o rompimento da célula e possivelmente uma maior proliferação microbiana já que o produto permanece durante algum tempo (cerca de 5 horas) na zona crítica de temperatura (Gava, 1978; Fellows, 2000). Tendo em conta que a maioria dos testes permaneceu bastante tempo na zona crítica de temperaturas e que o processo de congelação foi demorado, pode ser necessário recorrer à verificação e/ou manutenção dos equipamentos já que estes se destinam a processos rápidos de abatimento de temperatura.

Nos outros processos de congelação apresentados no Anexo III, a evolução da curva de temperatura do produto é semelhante à que se obteve no teste 29. A temperatura da câmara do abatedor antes do processo de abatimento é igual à temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) e após o início do funcionamento do abatedor sofre um decréscimo brusco para temperaturas negativas, em menos de 1 hora, de forma a conseguir reduzir a temperatura do alimento para -15 °C. Para que o produto atinja essa temperatura, a câmara do abatedor deve registar uma temperatura entre os -30 °C e -35 °C (Fagor (b); Departamento Alimentar, 2012).

Quanto maior o tempo de congelação de um produto, mais tempo este permanece na zona crítica, logo maior é a dimensão dos cristais formados e portanto maior o risco de rompimento da célula e consequente perda de qualidade do alimento (Fellows, 2000)

Os resultados dos testes 3 e 12 (Anexo III) não deverão ser considerados neste processo de validação pois ocorreram alguns problemas ou má prática que poderão ter estado na origem dos mesmos. No teste 3, o produto foi retirado do abatedor antes de terminar o ciclo, atingindo apenas a temperatura de -1 °C. Como se trata de carne, ao ser retirado a -1 °C significa que o produto não chegou a atingir o seu ponto de congelação que se situa entre -1.7 °C e -2.2 °C. Ou seja, o produto foi transferido para o equipamento destinado à conservação de temperatura (congelador) sem ter atingido a temperatura final recomendada para o processo de congelação (-15 °C), havendo portanto risco de proliferação microbiana já que existem microrganismos que se desenvolvem a temperaturas negativas, bem como risco de perda de qualidade do produto, uma vez que o processo de congelação foi bastante lento provocando formação de cristais de gelo de grandes dimensões (Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar; Baptista & Venâncio, 2003; Fellows, 2000). No teste 12, o *thermochron* ficou mal colocado no produto medindo apenas a temperatura da sua superfície. Ou seja, a superfície do produto atingiu os -15 °C ao fim de 2 horas, enquanto que a sonda só registaria -15 °C ao fim de aproximadamente 6 horas no abatedor. É importante referir que um dos pontos críticos deste processo consiste na colocação

da sonda, pois se a mesma não for colocada corretamente no centro térmico do produto, o registo não corresponderá à realidade e existe uma forte possibilidade do colaborador retirar o produto do abatedor antes de se atingir a temperatura requerida.

- **Comparação das curvas de temperatura do processo de arrefecimento e/ou congelação de produtos diferentes colocados em simultâneo no mesmo equipamento**

Na Figura 17 está representada a evolução da curva de temperatura de dois produtos diferentes que se encontram no mesmo abatedor no mesmo momento, em função do tempo de arrefecimento. Neste caso, o arrefecimento realizou-se com dois produtos que têm a mesma 'função' numa refeição, são consumidos como acompanhamento.

A sonda foi colocada no recipiente onde estavam as batatas, por escolha do colaborador.

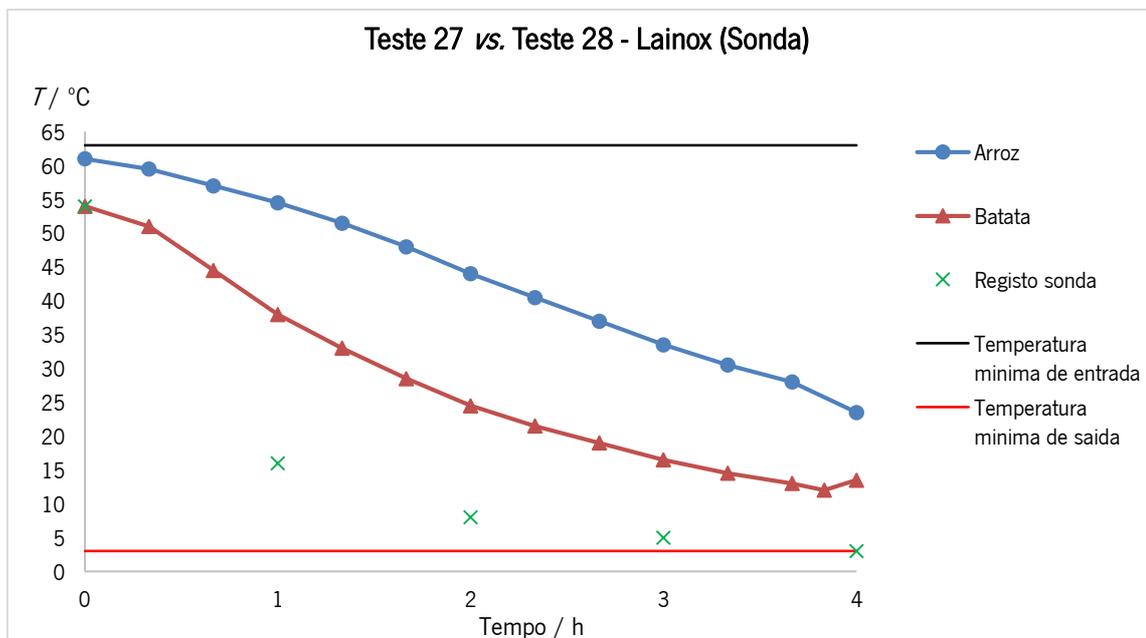


Figura 17: Curva de temperatura em função do tempo no processo de arrefecimento por sonda de arroz e batata no mesmo equipamento.

Da análise da Figura 17, é possível constatar que nenhum dos produtos entrou no abatedor à temperatura mínima imposta pela IT (63 °C). Os produtos foram retirados do abatedor ao fim de 4 horas pois a sonda indicava que estes já se encontravam à temperatura de 3 °C. No entanto, o registo feito pelo *thermochron* mostra que nenhum dos produtos se encontrava à temperatura indicada na leitura da sonda. Apesar de ser normal existir diferenças entre a leitura da sonda e a do *thermochron*, esta não deveria ser tão significativa. Uma diferença de 10 °C pode ser sinónimo de que a sonda está avariada ou descalibrada, sendo urgente a sua manutenção.

É possível verificar nas figuras apresentadas no Anexo IV, que no caso do processo onde se utiliza sonda, esta não apresenta em nenhum dos casos uma leitura da temperatura do produto semelhante àquela registada pelo *thermochron*, o que leva a que os colaboradores retirem os produtos do abatedor sem que estes se encontrem a uma temperatura considerada de segurança, o que pode levar a posteriores contaminações microbianas.

O abatedor da marca Lainox apresenta um modo de congelação e dois métodos (“soft” e “hard”) de arrefecimento, sendo que só o modo de arrefecimento “hard” é que é referido na instrução de trabalho como o único método de utilização. No arrefecimento do peixe dourada e do feijão preto (Anexo IV), utilizou-se o modo “soft” para verificar se o tempo de arrefecimento é ou não mais longo que o modo “hard”. Apesar destes produtos entrarem no abatedor com uma diferença de temperatura de cerca de 7 °C, é possível verificar que existe uma discrepância grande entre os tempos de arrefecimento de cada produto (Figura 45, Anexo IV), sendo que o peixe dourada atinge os 3 °C ao fim de 1 hora no abatedor, enquanto que o feijão preto só atinge essa temperatura após 5 horas. A sonda foi colocada no feijão preto porque, como seria de esperar, o tempo de arrefecimento deste é superior ao do peixe dourada, uma vez que o feijão preto, por conter molho, demora mais tempo a arrefecer.

Os colaboradores guiam-se pela leitura que a sonda faz da temperatura dos produtos e tendo em conta que ao fim de 7 h (fim do turno de trabalho) a sonda não registava a temperatura mínima (3 °C) para serem retirados do abatedor, eles deixaram os produtos no equipamento até ao dia seguinte, não constituindo qualquer problema de segurança alimentar uma vez que o abatedor após atingir a temperatura programada automaticamente conserva o produto a essa temperatura (Departamento Alimentar, 2012). No entanto, pelos registos de temperatura verifica-se uma grande discrepância entre a leitura da sonda e o registo do *thermochron*. Esta discrepância pode dever-se ao invólucro de borracha que contém o *thermochron*, que o protege de grandes variações de temperatura, ou o facto da sonda estar avariada ou necessitar de verificação.

- Comparação das curvas de temperatura do processo de arrefecimento e/ou congelação de produtos iguais colocados em equipamentos diferentes

A Figura 18 ilustra a relação entre a variação da temperatura em função do tempo, do mesmo tipo de produto, neste caso sopa, em dois abatedores diferentes. Os dois testes foram realizados através do funcionamento por sonda.

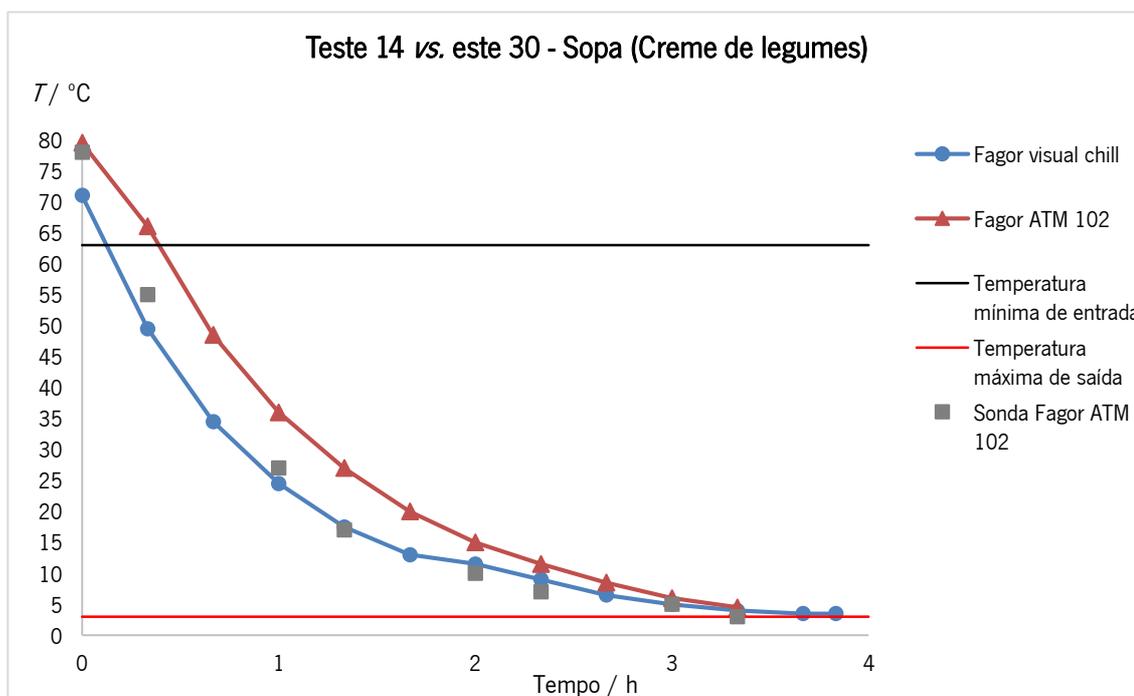


Figura 18: Curvas de temperatura de um processo de arrefecimento de creme de legumes em dois equipamentos diferentes.

As temperaturas dos produtos no momento em que se inicia o processo de arrefecimento estão de acordo com o esperado, uma vez que se encontram acima do valor mínimo indicado na IT, ou seja 63 °C.

É possível observar que a curva do decréscimo da temperatura é bastante parecida nos dois equipamentos. No entanto, apesar do produto entrar nos abatedores com uma diferença de 9 °C na temperatura inicial, demora o mesmo tempo até atingir a temperatura de 4.5 °C. Isto pode demonstrar que o equipamento Fagor ATM 102 apresenta uma maior eficiência na diminuição da temperatura do que o equipamento Fagor *Visual Chill*, que o equipamento Fagor *Visual Chill* estava mais sobrecarregado, ou que o lugar onde o recipiente com o produto foi colocado, dentro do abatedor, influenciou o resultado.

No abatedor Fagor *Visual Chill*, a sonda foi colocada num produto diferente daquele que continha o *thermochron*, logo não foi possível acompanhar a temperatura do creme de legumes ao longo do tempo. No entanto, a sonda colocada no outro produto serviu de guia para a leitura

de temperatura e quando esta se estava a aproximar de 3 °C foram realizadas medições periódicas à sopa, com o auxílio de um termómetro. Assim, a sopa só foi retirada do abatedor quando o termómetro indicou uma temperatura próxima da temperatura imposta pela IT.

No caso do abatedor Fagor ATM 102, a sonda estava colocada no produto a analisar, tendo sido retirado quando esta registou a temperatura de 3 °C. No entanto, a temperatura registada pelo *thermochron* indica que o interior do produto se encontrava a mais de 3 °C. Este facto pode dever-se à diferença de posição entre a sonda e o *thermochron* ou ao desvio de tempo entre a leitura da sonda e o próximo registo do aparelho.

- **Comparação das curvas de temperatura do processo de arrefecimento e/ou congelação de produtos iguais colocados no mesmo equipamento em momentos diferentes**

Na Figura 19 estão representadas as curvas de temperatura *vs* tempo obtidas através do registo dos *thermochrons* do produto “bacalhau com natas” e do ambiente da câmara do mesmo equipamento (Fagor visual chill) mas em momentos/dias diferentes.

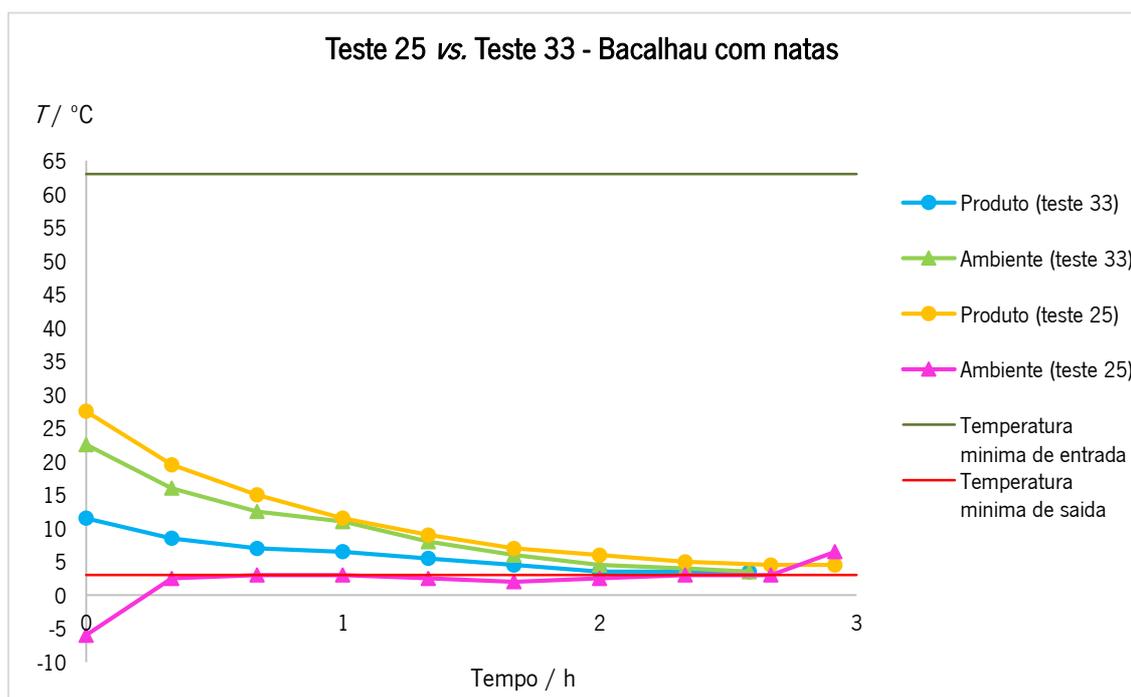


Figura 19: Curva de temperatura-tempo do processo de arrefecimento de produtos iguais, Bacalhau com natas, no mesmo equipamento em momentos diferentes. Teste 25 – 21/07/2015; Teste 33 – 28/07/2015.

No processo de arrefecimento representado na Figura 19 é possível verificar que o produto do teste 25 foi retirado do abatedor antes de atingir a temperatura imposta pela IT. Apesar do produto não se encontrar na zona crítica quente ainda existem microrganismos que se podem desenvolver a essa temperatura. A maioria dos produtos analisados neste trabalho destinados ao

processo de arrefecimento, são colocados no abatedor imediatamente a seguir a serem confeccionados, por forma a estarem em contacto com o ar o menor tempo possível. No entanto, é possível concluir que, os dois produtos em análise ao entrarem no abatedor à temperatura de 10 °C e 26 °C, estiveram a arrefecer à temperatura ambiente durante algum tempo antes de serem colocados no abatedor o que pode ter aumentado a possibilidade de crescimento e desenvolvimento de microrganismos durante essa fase.

As curvas de temperatura relativas ao teste 33 mostram que a temperatura da câmara do abatedor foi sempre superior à temperatura do produto até ao momento em que o produto é retirado do abatedor e a temperatura da câmara e do produto são iguais. O facto de terem sido colocados no abatedor outros produtos com temperaturas mais elevadas fez aumentar a temperatura da câmara. Se a temperatura da câmara do abatedor for superior à temperatura do produto, este não arrefece. Isto não deveria acontecer pois para diminuir a temperatura de um alimento, a temperatura da câmara do abatedor tem que ser mais baixa do que a temperatura desse alimento. No entanto, poderá ter ocorrido um erro no registo de temperatura como consequência da colocação do *thermochron* num local menos adequado.

- **Comparação das curvas de temperatura do processo de arrefecimento e/ou congelação de produtos iguais utilizando ciclo e sonda**

Na Figura 20 está ilustrada a evolução da temperatura ao longo do processo de congelação do produto “Jarrete de vitela” recorrendo ao funcionamento por ciclo e por sonda. Neste caso, o equipamento utilizado é o mesmo para os dois tipos de funcionamento.

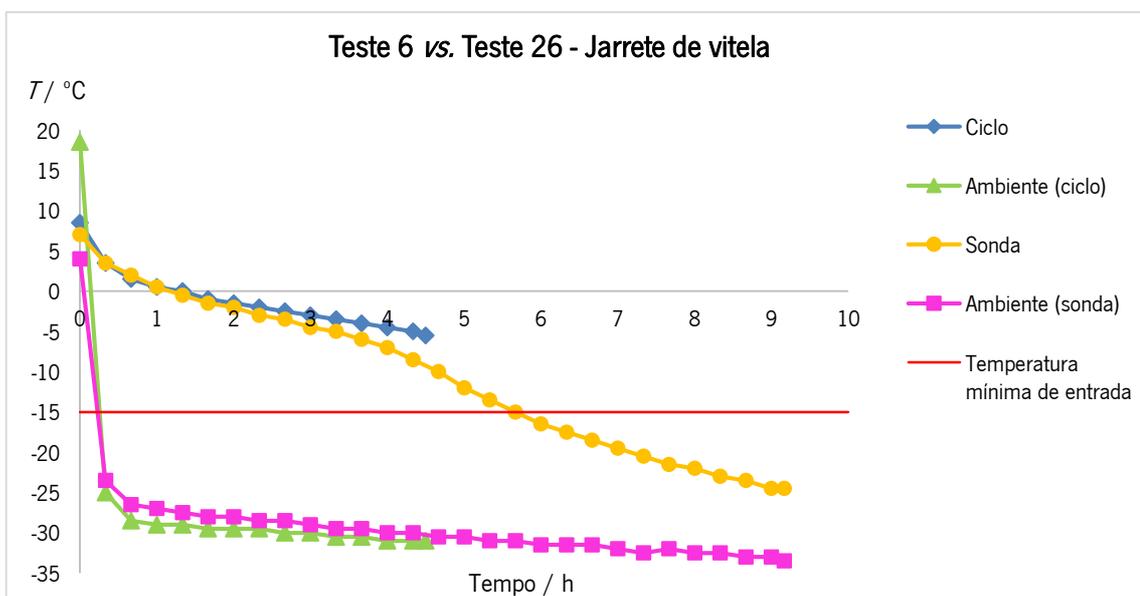


Figura 20: Curvas de temperatura relativas ao processo de congelação de Jarrete de vitela por ciclo e por sonda.

Pela análise da Figura 20 é possível observar que o produto ao fim de um ciclo (cerca de 4 horas e 30 minutos) não se encontrava à temperatura adequada para que fosse armazenado com segurança. Nesta situação, os colaboradores não tem forma de controlar a temperatura no interior do produto uma vez que o abatedor ao funcionar por ciclo apresenta no visor o tempo de duração e em algumas marcas de abatedores a temperatura da sua câmara.

No caso do processo de congelação em modo de funcionamento por sonda verifica-se, pela observação do gráfico acima representado, que o produto ao fim de aproximadamente 6 horas já tinha atingido a temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ podendo ser retirado do abatedor e colocado no equipamento de conservação de temperatura. No entanto, como a sonda só permite controlar a temperatura de um produto, e esta estava espetada num produto diferente e com maiores dimensões daquele onde foi colocado o *thermochron*, o programa de abatimento de temperatura só terminou quando a sonda marcou a temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou inferior, daí o produto “jarrete de vitela” no processo em que se utiliza o funcionamento por sonda ter atingido o valor de $-24.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e este só ter sido retirado ao fim de aproximadamente 9 horas de dentro do abatedor.

Este caso poderá servir como modelo para que os colaboradores tenham em atenção que a sonda deve ser colocada no produto que à partida irá demorar mais tempo a congelar, por apresentar maiores dimensões ou temperatura mais elevada, evitando-se o risco de retirar algum dos produtos sem estar congelado.

Quer nos processos de arrefecimento, quer nos de congelação, a temperatura da câmara tem que diminuir bruscamente para que seja possível reduzir a temperatura do produto até aos valores de segurança no mínimo tempo possível (Fellows, 2000).

No Anexo V é possível observar que os produtos não entraram no abatedor à temperatura imposta pela IT em nenhum dos modos de funcionamento do abatedor. Isto acontece caso o tempo entre a confeção e a entrada no abatedor seja longo, permitindo que estes produtos arrefeçam á temperatura ambiente. O recomendável é que os produtos sejam colocados no abatedor logo após serem confeccionados de maneira a evitar a proliferação microbiana e tornando os processos de arrefecimento ou congelação mais seguros, mesmo que isso implique um maior tempo de arrefecimento ou congelação no interior do abatedor.

Através da observação da Figura 48, é possível verificar que o processo de arrefecimento do arroz por ciclo ocorre em muito menos tempo do que no funcionamento por sonda, sendo que no modo de funcionamento por sonda o produto foi retirado do abatedor sem ter atingido a temperatura mínima de saída imposta pela IT ($3\text{ }^{\circ}\text{C}$). A descida da temperatura é mais brusca no

caso do funcionamento por ciclo, enquanto que no modo de funcionamento por sonda é mais linear.

Apesar de alguns produtos não terem atingido a temperatura desejada quando foram retirados do abatedor é possível verificar, através das figuras apresentadas no Anexo V, que a operação de arrefecimento com funcionamento por ciclo é mais rápida do que com sonda, tendo-se verificado na maioria dos casos que a diminuição da temperatura é mais acentuada neste caso. No entanto, é aconselhável a realização de pelo menos dois ciclos de 90 minutos para que se atinja a temperatura imposta pela IT. O mesmo não se verificou no processo de congelação uma vez que a temperatura ao atingir os 0 °C decresce de forma menos brusca, verificando-se também a ineficácia de 1 ciclo de aproximadamente 4 horas na congelação de produtos.

- ***Thermochron* e sonda colocados em produtos distintos**

Na Figura 21 estão representadas as curvas de temperatura de dois produtos diferentes no mesmo abatedor ao mesmo tempo, sendo que o registo das temperaturas do frango foi efetuado por um *thermochron* e as temperaturas das costeletas de porco foram medidas por sonda.

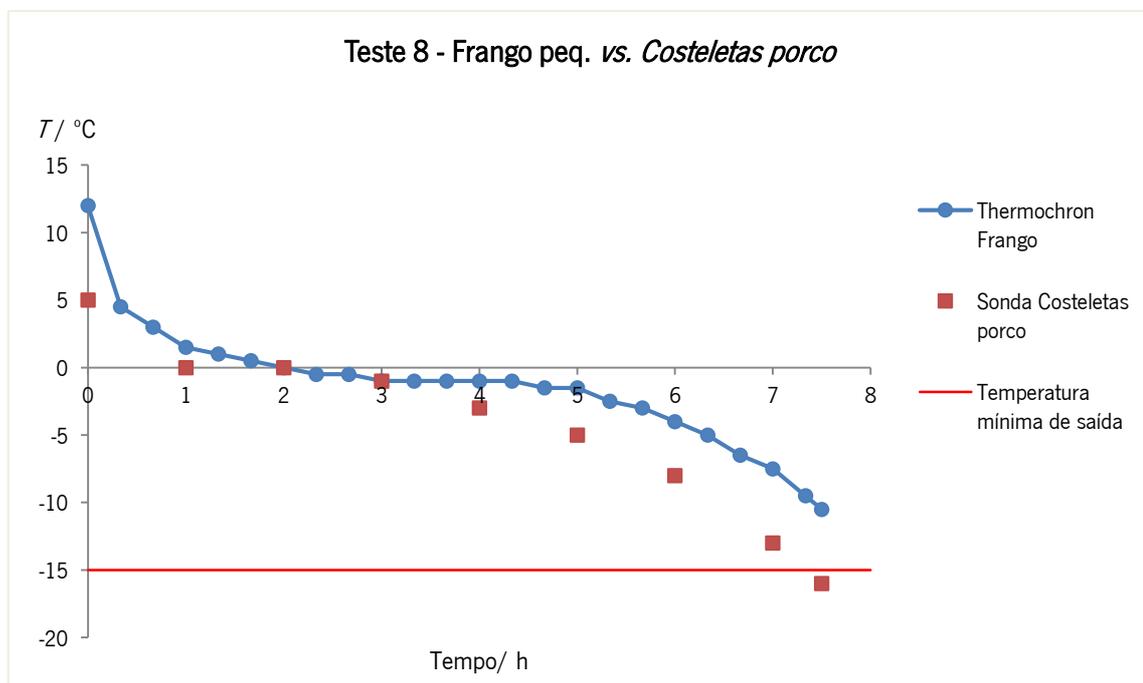


Figura 21: Curvas de temperatura registadas pelo *thermochron* colocado no frango e pela sonda colocada em costeletas de porco.

O processo de congelação destes produtos foi realizado, juntamente com outros produtos, como se pode observar na Figura 22.



Figura 22: Produtos que vão ser submetidos ao processo de congelação.

Como a sonda só faz a leitura de um dos produtos, os colaboradores assumem que quando a temperatura da sonda registar $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ todos os produtos no abatedor se encontram a essa temperatura. No entanto, analisando a Figura 21 é possível verificar que isso na prática não acontece. Os produtos entraram no abatedor com uma diferença de temperatura de cerca de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ e foram retirados todos no mesmo momento apesar do frango, produto que entrou com a temperatura mais elevada, ainda não se encontrar a uma temperatura de segurança para ser retirado.

No decorrer dos procedimentos de colocação dos produtos no abatedor, representado na Figura 22, constatou-se que o produto onde foi colocada a sonda (costeleta) apresentava menor espessura que o produto onde foi colocado o *thermochron* (frango). Em consequência, o centro do produto “costeletas de porco” atinge mais rapidamente a temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ do que o frango, o que poderá induzir em erro os colaboradores que deduzem que foi atingida a temperatura ideal em todos os produtos, independentemente das suas dimensões (Dias, 2007). Contudo, observa-se que o facto de colocarem no mesmo saco vários frangos dificulta a circulação do ar frio, aumentando assim o tempo de congelação deste produto.

A congelação destes dois produtos pode ser considerada como uma congelação lenta uma vez que ambos demoram mais de 7 horas para atingir a temperatura desejada ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Gava, 1978). No entanto, o produto “frango” permanece mais tempo na zona crítica, o que implica a

formação de cristais de gelo de maiores dimensões e possível perda da qualidade do alimento (Fellows, 2000). O facto do abatedor ter uma grande quantidade de produtos no seu interior pode levar a um aumento do tempo de congelação.

No caso dos produtos apresentados e discutidos no Anexo VI, ocorre o contrário do constatado na Figura 21, ou seja, o produto no qual foi colocado o *thermochron* atingiu a temperatura imposta pela IT mais rápido do que o produto onde foi colocada a sonda. O produto “jarrete de vitela” demorou cerca de 6 horas a atingir a temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que o produto “costeletas de vitela” demorou aproximadamente 9 horas (Gava, 1978).

No entanto, como se pode ver na Figura 23, as porções dos produtos colocadas no abatedor não foram as mais corretas, uma vez que poderiam ter sido distribuídos de forma mais uniforme dado que o abatedor ainda possuía espaço para tal. Com essa melhor distribuição dos produtos pela área disponível do abatedor, o tempo de congelação dos alimentos seria inferior, já que o ar frio circularia melhor entre as várias peças.



Figura 23: Interior do abatedor com produtos prontos a congelar.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE MELHORIA

As conclusões deste trabalho são avançadas com base num conjunto de condicionantes, nomeadamente resultam da análise de um único universo (unidades alimentares da Universidade do Minho); o tempo disponível para a aquisição de dados foi reduzido (3 meses); não foram incluídos nesta análise dados referentes a observações anteriores no mesmo universo.

Neste sentido, o trabalho baseou-se na análise de 33 processos de arrefecimento/congelamento de diferentes alimentos. Deste universo, apenas em 14 processos foi possível garantir que a temperatura final imposta pela IT foi atingida. Nos processos de arrefecimento, apenas 4 em 18 registaram uma temperatura de entrada no abatedor superior a 63°C. As causas para estes desvios são várias e distintas e encontram-se abaixo especificadas.

Da análise realizada, conclui-se que no processo de arrefecimento o método de funcionamento por ciclo é mais eficaz do que por sonda, mas o mesmo não se verifica no processo de congelação. A utilização da sonda permite dados mais fiáveis por indicar a temperatura no interior do produto. Contudo, por ser um instrumento de medição frágil, partindo e/ou avariando facilmente. Durante a realização deste trabalho, esta ocorrência verificou-se algumas vezes, o que pode justificar a incerteza de alguns valores de temperatura registados.

Detetaram-se algumas falhas em termos de cumprimento da IT tais como, a desinfeção da sonda, a colocação da sonda no local certo, a programação correta do abatedor e principalmente a temperatura a que os alimentos devem entrar e sair do abatedor. Uma das principais conclusões deste trabalho é que alguns colaboradores não estão conscientes da importância de respeitar o valor mínimo da temperatura imposta pela IT, visto que por vezes não têm esse cuidado e retiram o produto antes do tempo.

Após auscultação dos colaboradores relativamente à IT foi possível concluir que a forma como a mesma se encontra apresentada, nomeadamente o esquema de programação do abatedor é de fácil compreensão. No entanto, é opinião de alguns colaboradores que se deveria aumentar o número de colaboradores com formação/treino para utilizar os abatedores por forma a superar as faltas do pessoal ou de tempo daqueles que atualmente estão responsáveis por essa tarefa.

Como sugestão de melhorias propõe-se que: a instrução de trabalho, relativa ao funcionamento de cada abatedor, seja clara no que respeita ao modelo ou marca do mesmo, sendo desnecessário o fornecimento de dois esquemas quando apenas existe um modelo,

evitando-se dessa forma a confusão dos colaboradores que pode levar a uma má utilização; seja colocado o esquema de programação do respectivo abatedor, plastificado, na porta do mesmo para que o colaborador tenha acesso a ela sem lhe tocar, caso tenha as mãos sujas ou ocupadas; se realize a verificação dos abatedores mais do que uma vez por ano; seja revista a IT no que respeita ao funcionamento por ciclo, aquando da etapa de retirar o produto, verificar primeiro se este se encontra à temperatura mínima de saída e caso isso não aconteça reprogramar o abatedor para um novo ciclo; seja revista a IT no que se refere ao arrefecimento de alimentos confeccionados uma vez que os tabuleiros frequentemente não são tapados e o manual de instruções assim o indica permitindo que o abatimento de temperatura seja mais rápido; haja ações de sensibilização para a importância do cumprimento das normas instituídas para o efeito.

Em conclusão, os resultados obtidos no decorrer deste trabalho apontam para a ocorrência de alguns problemas relacionados com má prática relativamente aos processos de arrefecimento e congelação, nomeadamente no que se refere ao cumprimento da IT. Contudo, os resultados gerados não foram suficientes nem conclusivos para permitir a validação dos processos de arrefecimento e congelação, ou seja não é possível concluir se os tempos/temperaturas e metodologias adotados para arrefecer e congelar nos abatedores disponíveis são suficientes para garantir o arrefecimento e/ou congelação adequados dos vários produtos confeccionados nas unidades alimentares dos SASUM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASAE (2014). Conservação dos Alimentos no Frio. Consultado em Julho de 2015, disponível em <http://www.asae.pt/>
- Azevedo, D. (2008). Sistema de Cook-Chill. *Segurança e Qualidade Alimentar*, 4, 36–37.
- Baptista, P. & Venâncio, A. (2003). Infecções e Intoxicações Alimentares em Portugal. In *Os Perigos Para a Segurança Alimentar No Processamento de Alimentos* (pp. 25–32). Guimarães: Forvisão: Consultoria em Formação Integrada, Lda.
- Departamento Alimentar (2012). *Instrução de Trabalho*. Universidade do Minho: Serviços de Ação Social da Universidade do Minho.
- Dias, M. (2007). Congelação de alimentos em restaurantes. *Segurança e Qualidade Alimentar*, 2, 40–41.
- Eclo. Registador de temperatura ThermoChron. Consultado em Abril de 2015, disponível em <http://www.eclo.pt>
- Fagor (a). *Manual de Instalación, uso y mantenimiento: Abatidor de temperatura Fagor visual chill*.
- Fagor (b). *Instruções gerais para instalação, uso, aplicação e manutenção: Abatedor de temperatura Fagor ATM 102*.
- Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (pp. 387–405; 418–440). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Gava, A. (1978). *Princípios de tecnologia de alimentos*. NBL Editor.
- Gava, A., Silva, C. & Frias, J. (2009). *Tecnologia de alimentos* (pp. 103). NBL Editora.
- Iglo. Processo e Benefícios. Consultado em Junho de 2015, disponível em <http://www.iglo.pt/>
- James, S. & James, C. (2002). *Meat refrigeration*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Mil-Homens, S. (2007). HACCP. Consultado em Maio de 2015, disponível em <http://www.asae.pt/>
- Johnson Diversey (2007). Soft Care MED.
- Portal HACCP - Portal da Segurança Alimentar. Segurança Alimentar. Consultado em Julho de 2015, disponível em <http://www.segurancalimentar.com>
- Quali.pt. Qualidade Microbiológica dos Alimentos. Consultado em Julho de 2015, disponível em <http://www.quali.pt/>

Serviços de Ação Social da Universidade do Minho - SASUM (2015). Brochura de apresentação dos SASUM, 915. Consultado em Junho de 2015, disponível em <http://www.sas.uminho.pt>

União Europeia. Segurança Alimentar. Consultado em Maio de 2015, disponível em <http://eur-lex.europa.eu/>

ANEXOS

ANEXO I – INSTRUÇÃO DE TRABALHO (IT.20)



12/15/2012
em vigor

Campus de Gualtar
4710-057 Braga – P

Universidade do Minho
Serviços de Acção Social
Departamento Alimentar

INSTRUÇÃO DE TRABALHO
Designação: INSTRUÇÃO DE UTILIZAÇÃO DO ABATEDOR DE TEMPERATURA – IT.20
Objectivo: Formalizar a metodologia de arrefecimento e congelação de produtos.
Responsabilidades e autoridades: A responsabilidade pela correta operação de arrefecimento e congelação é do operador do equipamento.
Metodologia: <ol style="list-style-type: none">Os abatimentos de temperatura são conduzidos nos equipamentos existentes nas unidades, para o efeito.O abatimento de temperatura pode ser feito para temperaturas de refrigeração ou para temperaturas de congelação. Em qualquer das situações o objectivo é baixar bruscamente a temperatura do produto de forma a manter as propriedades nutricionais, físicas e químicas dos alimentos e assegurar uma melhor preservação dos mesmos.Os equipamentos de abatimento de temperatura funcionam para ciclos de:<ul style="list-style-type: none">■ Refrigeração■ CongelaçãoPara qualquer um dos processos (congelação/refrigeração) a quantidade máxima de carga a colocar no abatedor deverá ser:<ol style="list-style-type: none">Lainox (Cantina St Tecla) – 16 Kg para congelação e 25 Kg para refrigeraçãoFagor/ATM 102 - 50 Kg para congelação e 70 Kg para refrigeraçãoO arrefecimento/congelação deverá assegurar que a temperatura do produto reduz até aos 5°C num máximo de 2h e 30min.Para assegurar a condição anterior, o tamanho das peças a congelar deverá ter no máximo: 7 cm de altura, o correspondente a cerca de 7 Kg cada peça, para processos conduzidos por ciclos pré-definidos. Se o processo for conduzido por controlo de sonda, poderão ser colocadas peças até à capacidade máxima (ver ponto 4), desde que o produto seja retirado quando a sonda marcar -15°C (congelação) ou 3°C (refrigeração).<ol style="list-style-type: none">Frango – abrir frango ao meio e congelar abertoPara o processo de arrefecimento de alimentos confeccionados:<ol style="list-style-type: none">Os tabuleiros devem ser fechados com a respetiva tampa ou em alternativa película.Os produtos devem entrar no abatedor com temperaturas superiores ou iguais a 63°CInstruções de utilização dos equipamentos: 8.1 Equipamento FAGOR/ATM 102: 8.1.1 Funcionamento por sonda – procedimento a utilizar prioritariamente (conforme fluxo anexo)<ol style="list-style-type: none">Desinfetar a sondaEsperar a sonda no centro da peça de maior dimensão/volume (atenção, a sonda deve ficar com a ponta no centro do produto)Selecionar funcionamento sonda (luz em produto)Escolher programa (congelação ou refrigeração)Selecionar intensidade (forte)Selecionar START e esperar pelo arranque (o indicador luminoso acende passado 1 minuto)Retirar produto quando a sonda atingir -15°C ou 3°C (o produto está congelado/refrigerado)

8.1.2 Funcionamento por ciclo – procedimento a utilizar em recurso (se a sonda estiver avariada)

1. Colocar produto no abatedor
2. Escolher programa (congelação ou refrigeração)
3. Selecionar intensidade (forte)
4. Selecionar START e esperar pelo arranque (o indicador luminoso acende passado 1 minuto)
5. Retirar produto quando terminar o ciclo (o produto está congelado)

8.2 Equipamento LAINOX:

8.2.1 Funcionamento por sonda – procedimento a utilizar prioritariamente (conforme fluxo anexo)

1. Desinfetar a sonda
2. Espetar a sonda no centro da peça de maior dimensão/volume (atenção, a sonda deve ficar com a ponta no centro do produto)
3. Ligar aparelho
4. Selecionar processo (congelação ou refrigeração)
5. Selecionar opção de sonda
6. Carregar no botão START
7. Retirar produto quando a sonda atingir -15°C/ou 3°C (o produto está congelado/refrigerado)
8. Para retirar a sonda carregar no botão de aquecimento da sonda e puxar rodando lentamente, para não danificar a sonda

8.2.2 Funcionamento por ciclo – procedimento a utilizar em recurso (se a sonda estiver avariada)

1. Colocar produto no abatedor
2. Escolher programa (congelação ou refrigeração)
3. Selecionar intensidade (forte)
4. Selecionar START e esperar pelo arranque (o indicador luminoso acende passado 1 minuto)
5. Retirar produto quando terminar o ciclo (o produto está congelado)

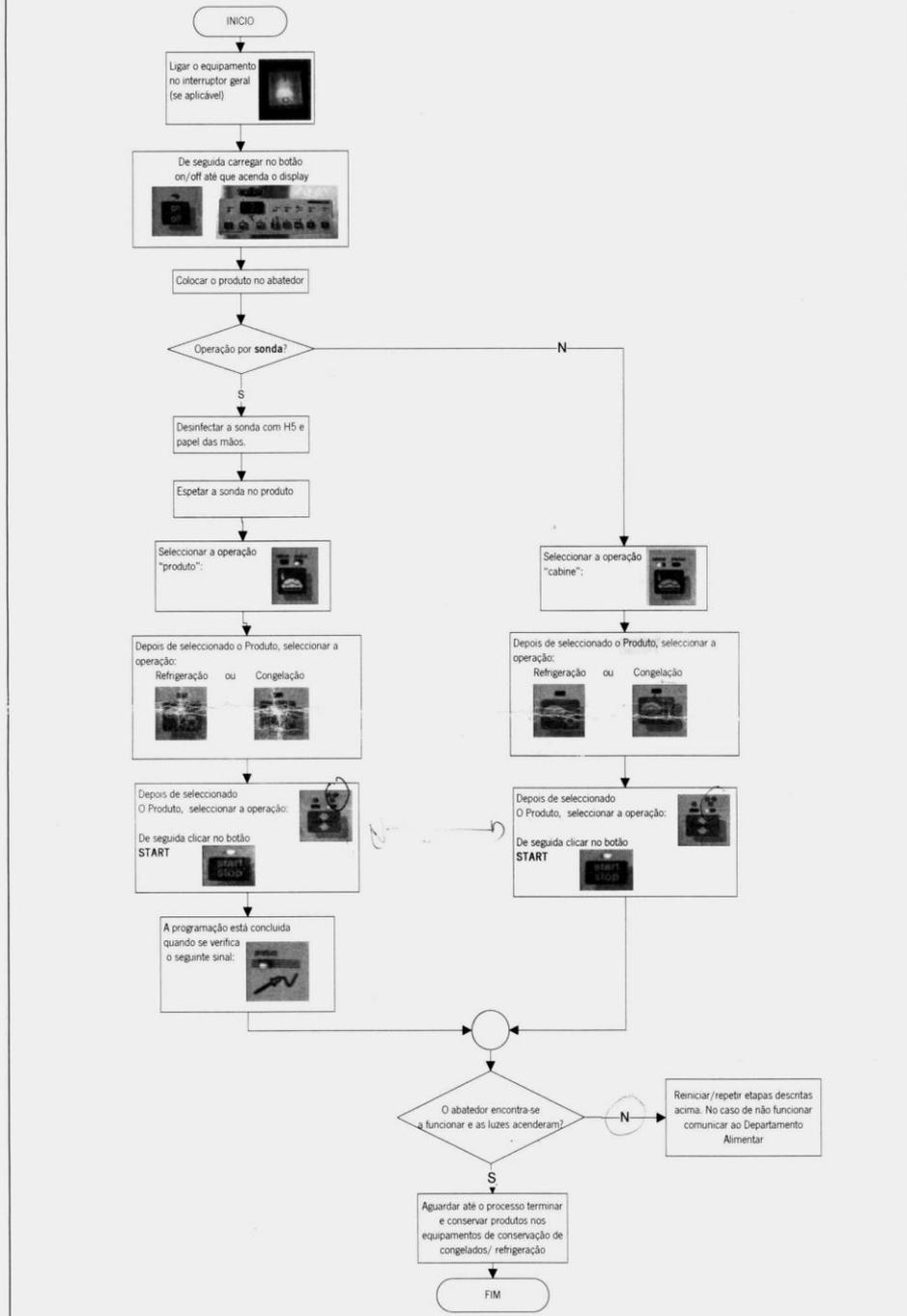
Notas adicionais:

1. Proceder obrigatoriamente à rotulagem/identificação dos produtos de acordo com o descrito na IT.04, utilizando a etiqueta de identificação do produto IT.18-01 ou IT.20-02.
2. Colocar sempre os alimentos nas grelhas existentes nos abatedores de temperatura de forma a permitir a circulação de ar e a rápida congelação/arrefecimento. Não encostar os produtos ao fundo do equipamento de forma a permitir a circulação de ar necessária para o abatimento de temperatura.
3. Sempre que utilizar o equipamento têm de ser controlados os seguintes parâmetros: programa utilizado (ciclo ou sonda) e a temperatura no final do processo (produto ou ambiente). Para tal, registar os parâmetros indicados no impresso IT.20-01.
4. No final do ciclo selecionado: congelação/refrigeração conservar os produtos devidamente identificados nos equipamentos de conservação de congelados ou nos equipamentos de conservação de refrigerados.

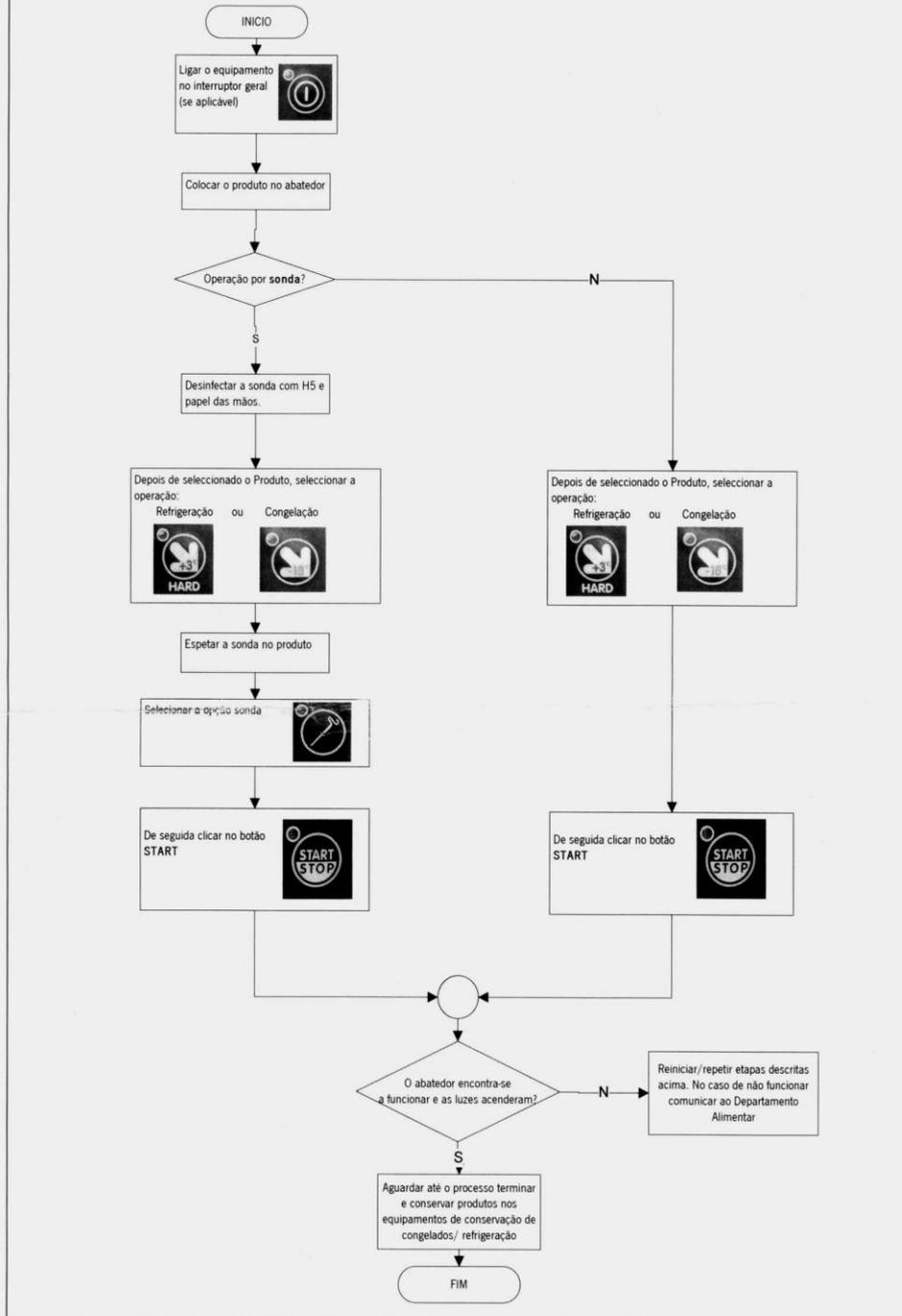
Alertas:

1. Atenção na abertura de portas pois o ciclo é desativado de imediato
2. Não sobrepor várias peças de produto, por exemplo em sacos, umas sobre as outras – colocar sempre em cima das grelhas que existem para o efeito
3. A utilização de abatedores de temperatura de forma partilhada (entre unidades) obriga à articulação das diferentes unidades do momento de iniciar o processo, para que os processos de congelação/refrigeração sejam sempre completos para todos os produtos.

ABATEDOR DE TEMPERATURA FAGOR/ATM 102



ABATEDOR DE TEMPERATURA LAINOX



Impressos e Documentos associados:

Impressos		Documentos	
Código	Nome	Código	Nome
IT.18-01	Identificação do Produto	IT.04	Instrução Trabalho – Preparação e Gestão Sobras
IT.20-01	Registo do controlo de processos congelação e arrefecimento		
IT.20-02	Identificação de Produto Pré-embalado		

ANEXO III – TESTES REALIZADOS COM A COLOCAÇÃO DE UM *THERMOCHRON* NO PRODUTO E OUTRO NA CÂMARA DO ABATEDOR

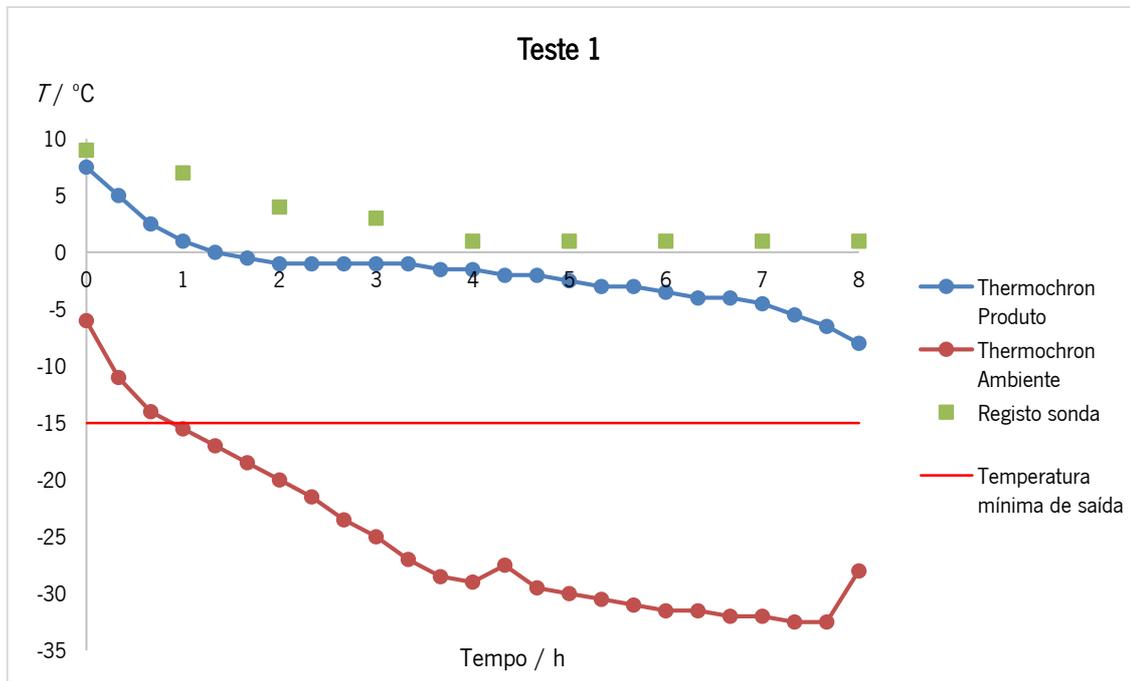


Figura 24: Curva de temperatura do processo de congelação de Bifes de frango com o abatedor a funcionar por sonda.

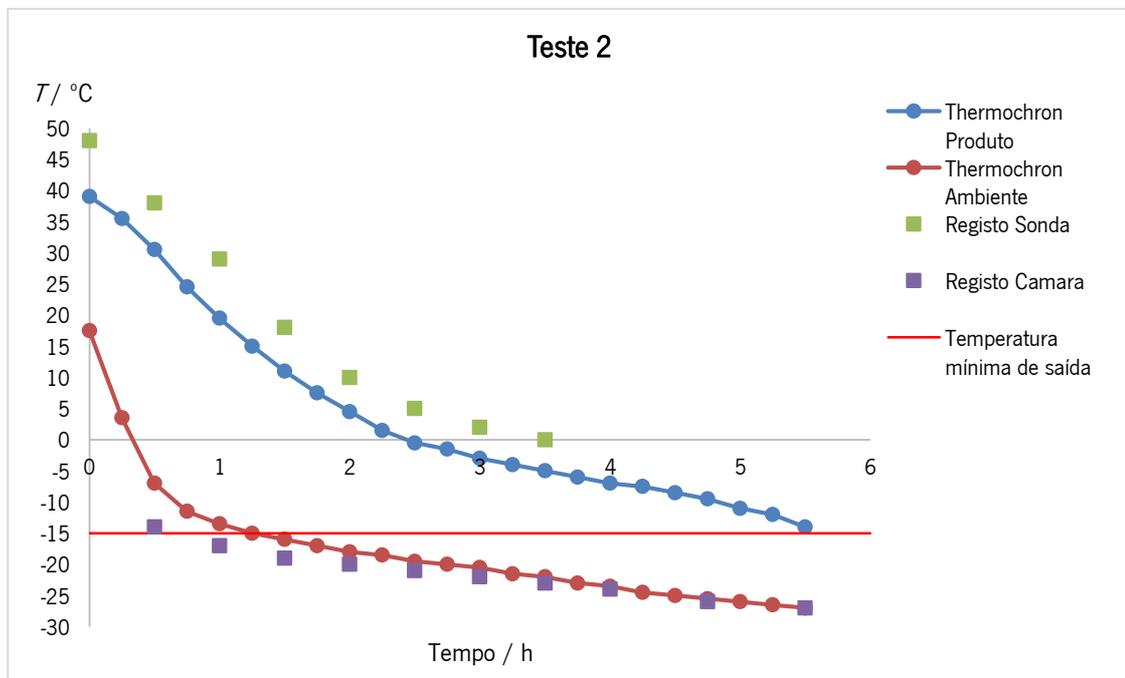


Figura 25: Curva de temperatura do processo de congelação de Feijoada com o abatedor a funcionar por sonda.

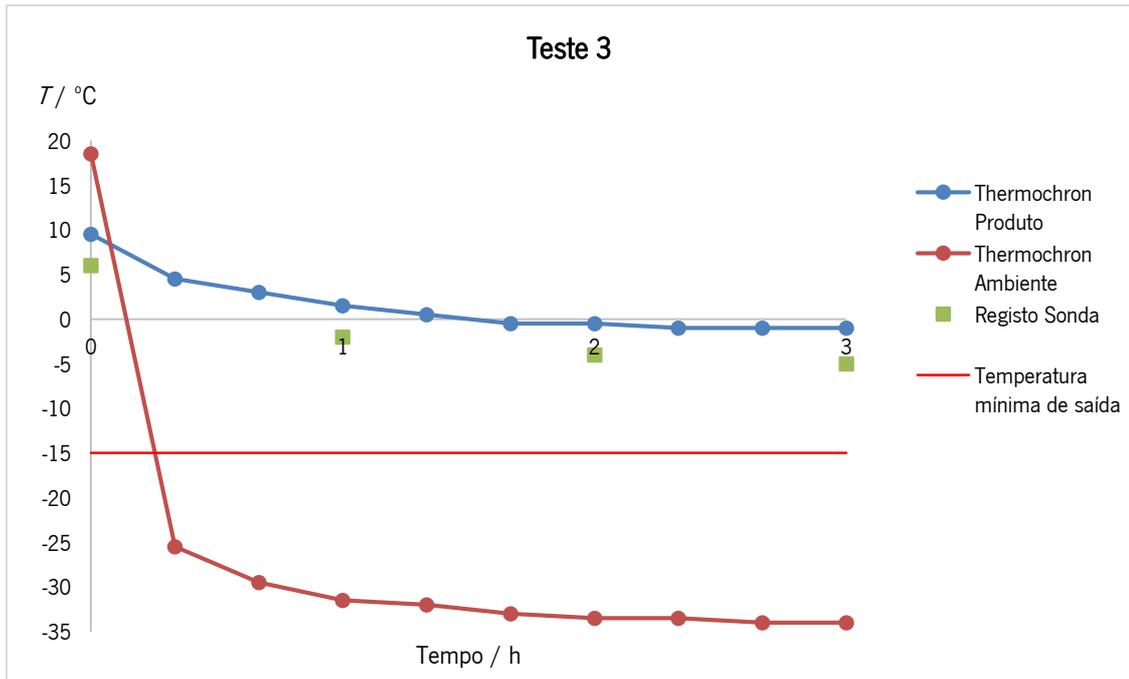


Figura 26: Curva de temperatura do processo de congelação de Costeletas de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.

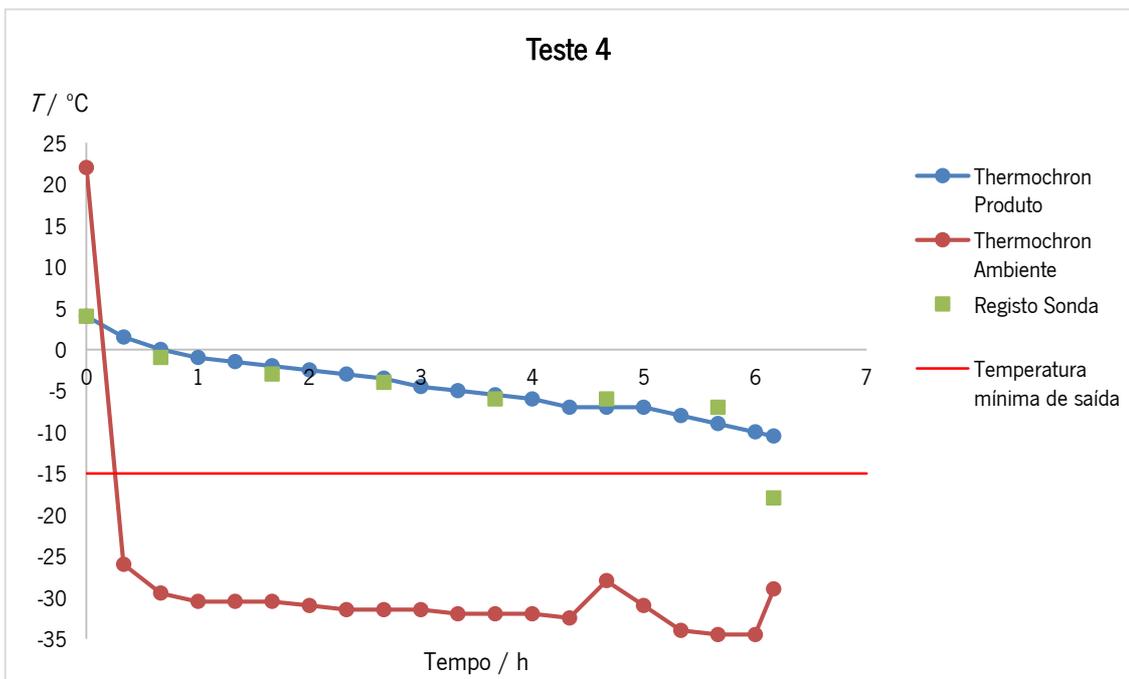


Figura 27: Curva de temperatura do processo de congelação de Pá de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.

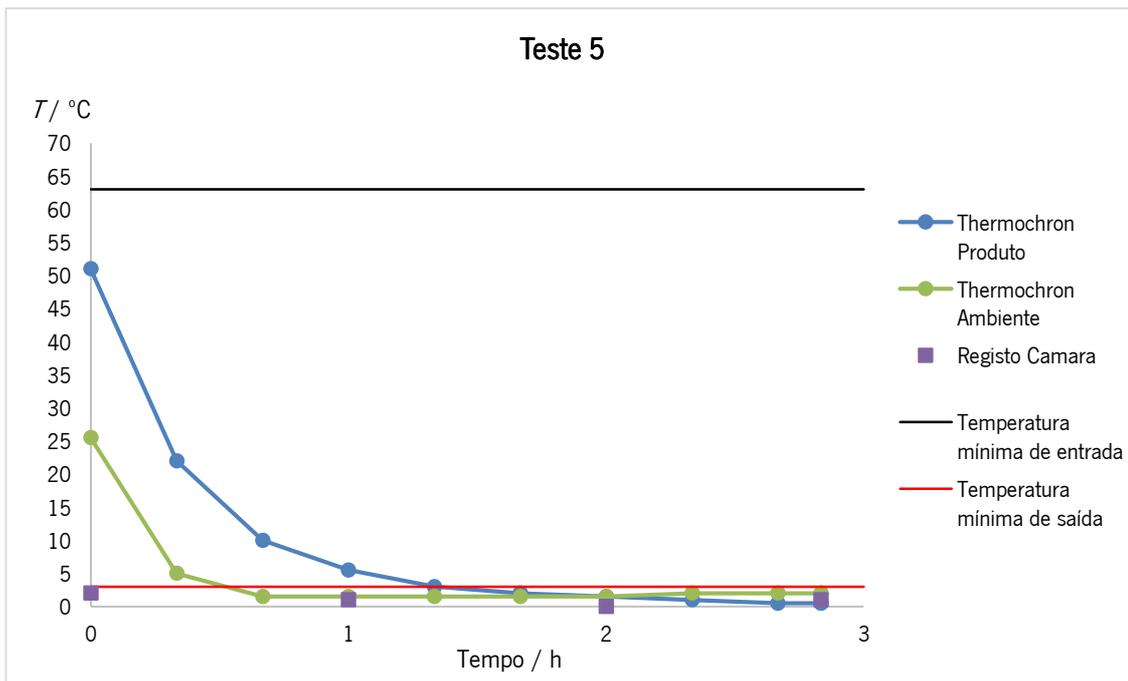


Figura 28: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco fatiado com o abatedor a funcionar por ciclo.

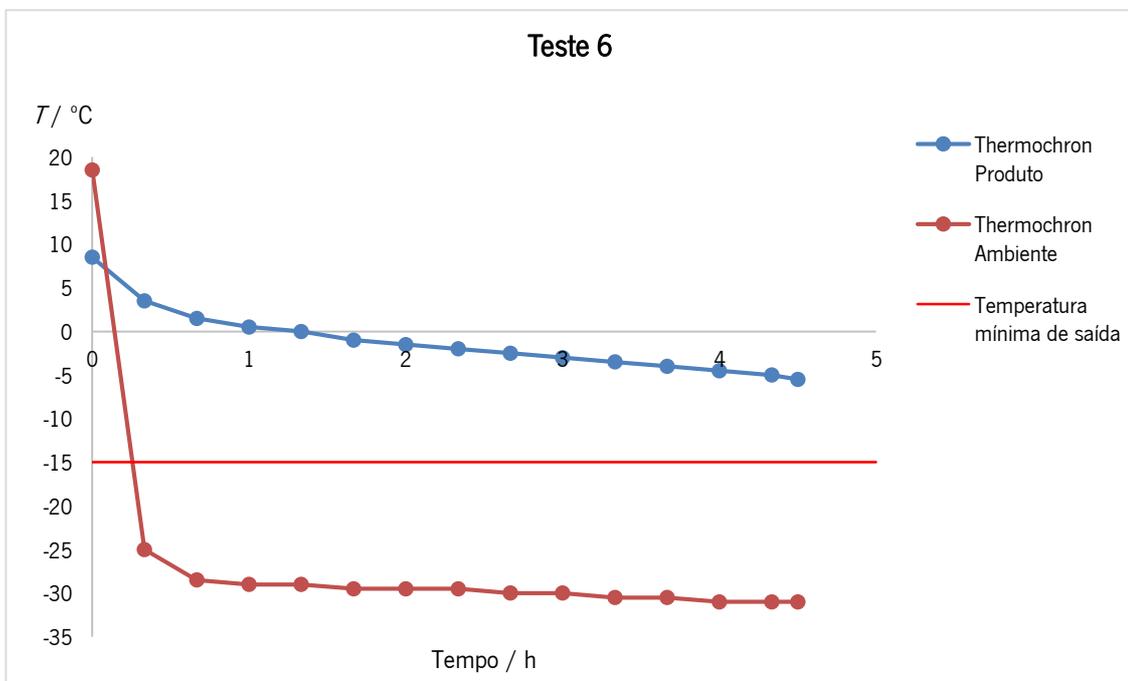


Figura 29: Curva de temperatura do processo de congelação de jarrete de Vitela com o abatedor a funcionar por ciclo.

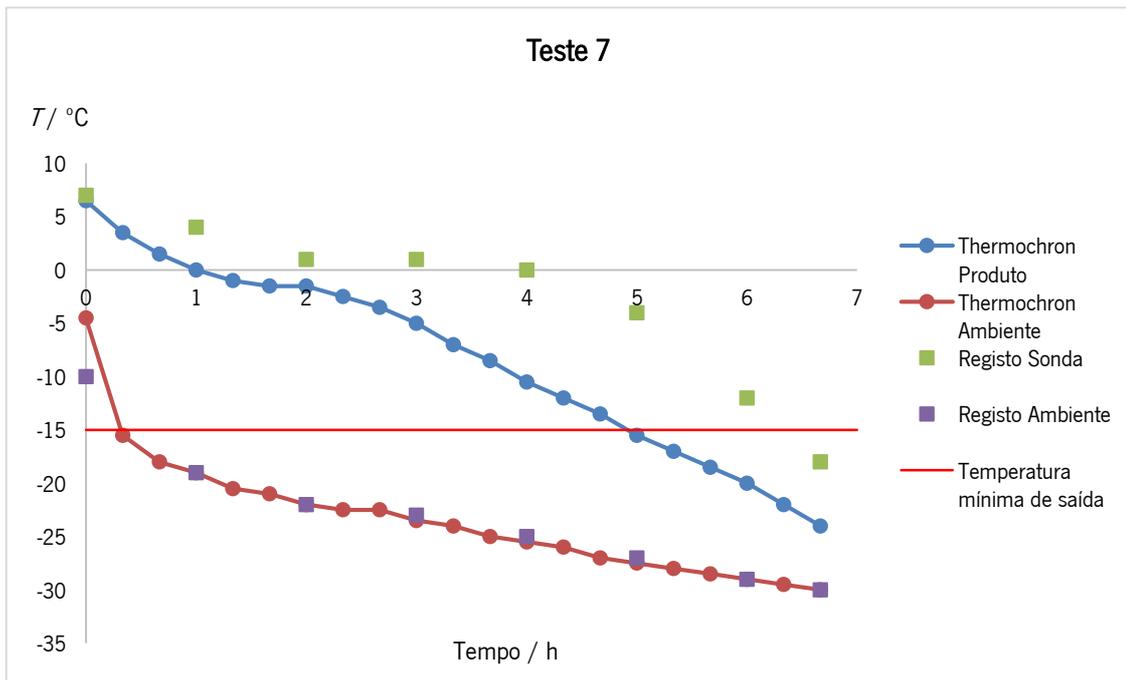


Figura 30: Curva de temperatura do processo de congelação de fêveras de porco com o abatedor a funcionar por sonda.

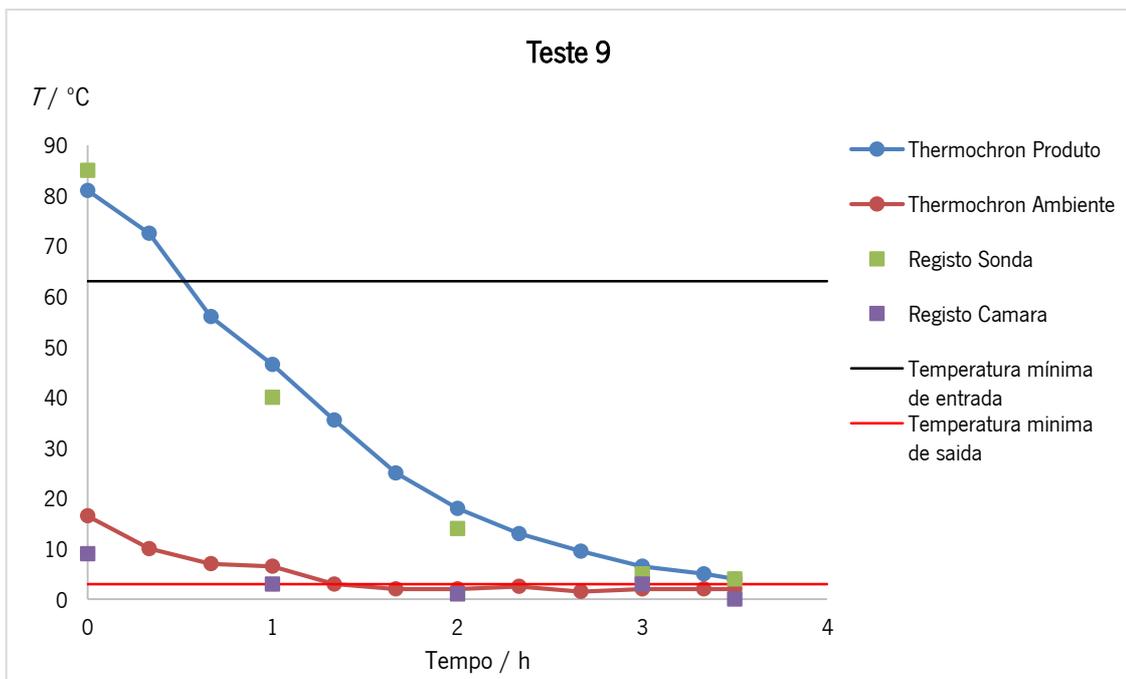


Figura 31: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de sopa de legumes com o abatedor a funcionar por sonda.

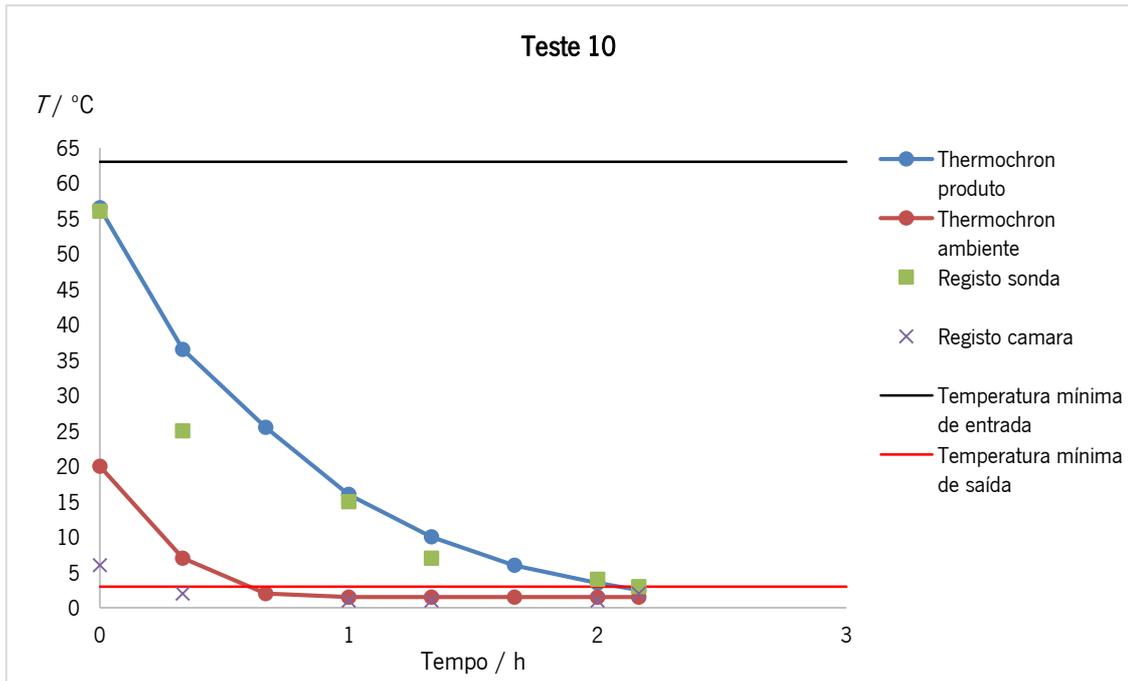


Figura 32: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco fatiado com o abatedor a funcionar por sonda.

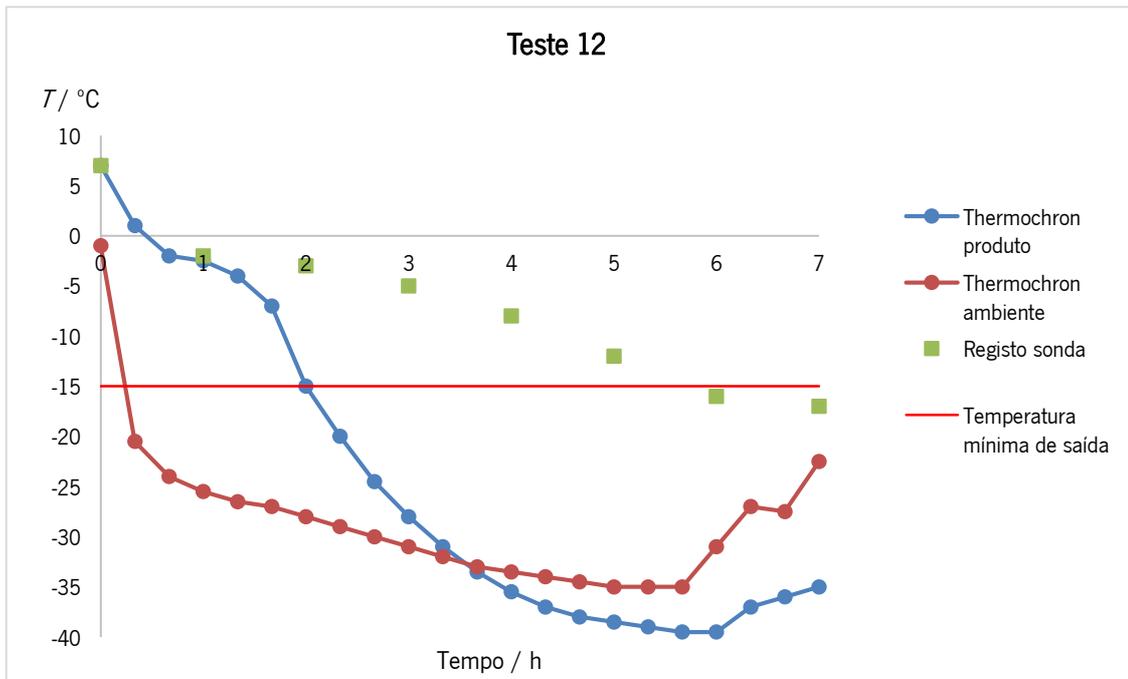


Figura 33: Curva de temperatura do processo de congelação de entrecosto de porco com o abatedor a funcionar por sonda.

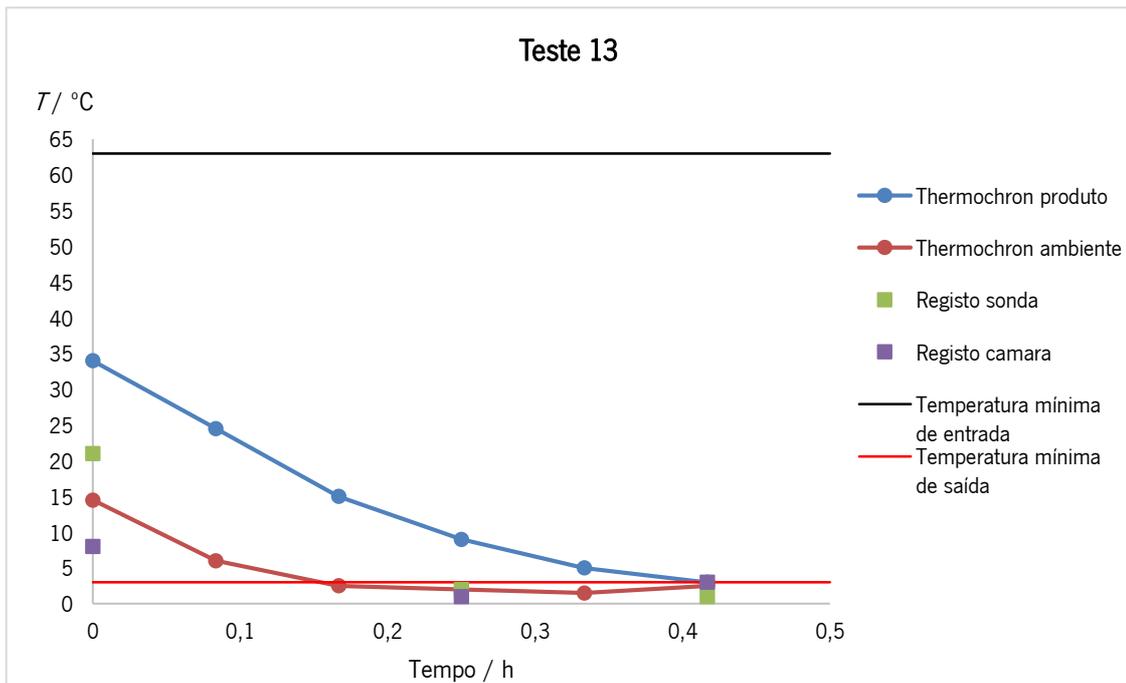


Figura 34: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de massa com o abatedor a funcionar por sonda.

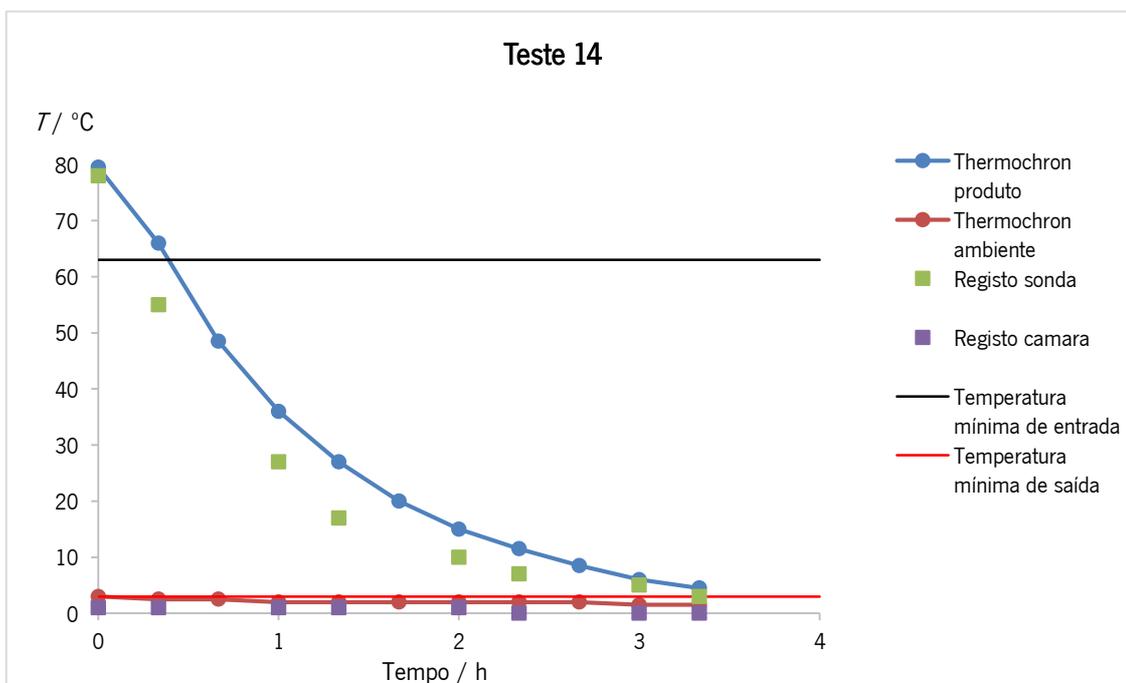


Figura 35: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de creme de legumes com o abatedor a funcionar por sonda.

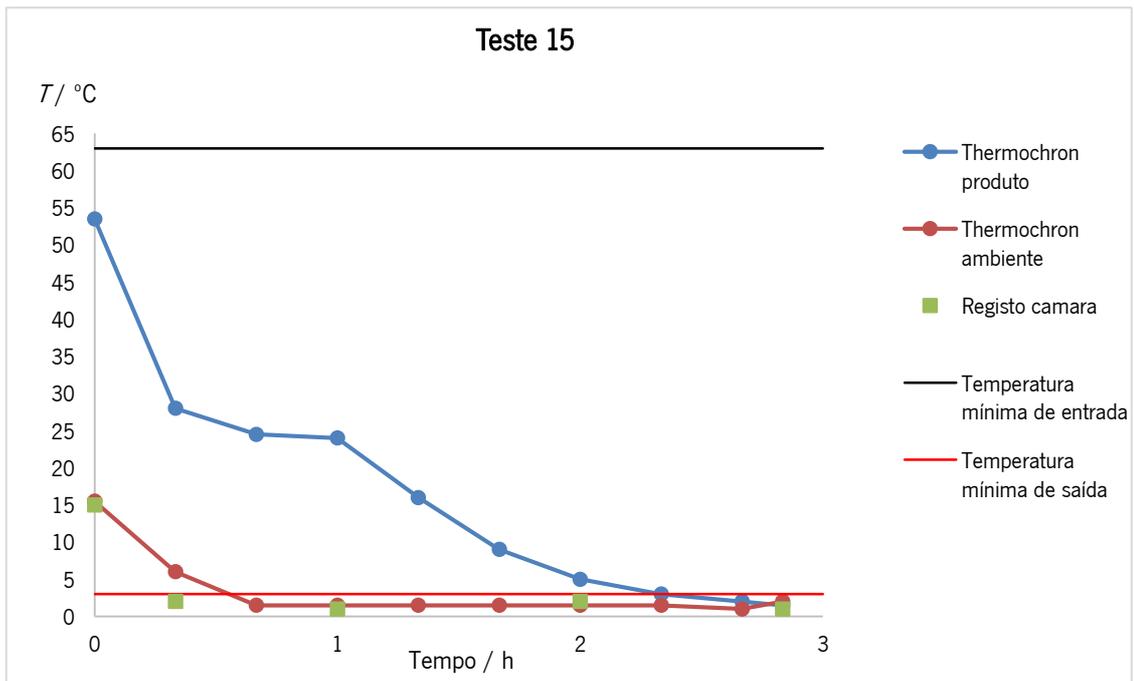


Figura 36: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de arroz de ervilhas com o abatedor a funcionar por ciclo.

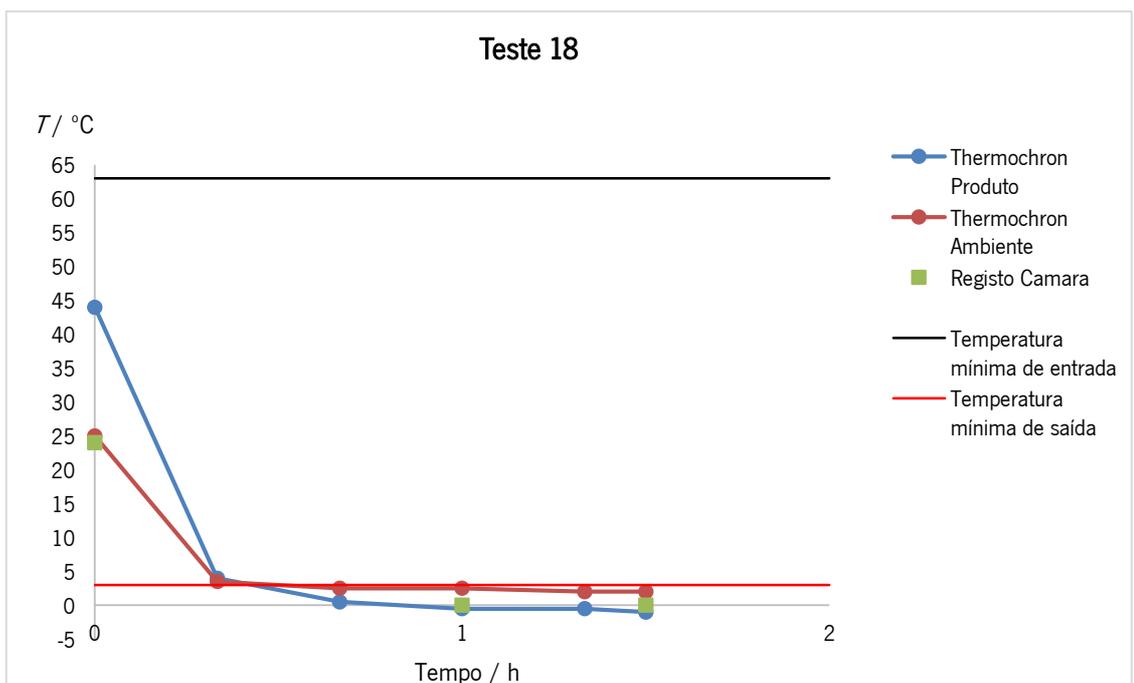


Figura 37: Curva de temperatura do processo de perna de peru com o abatedor a funcionar por ciclo.

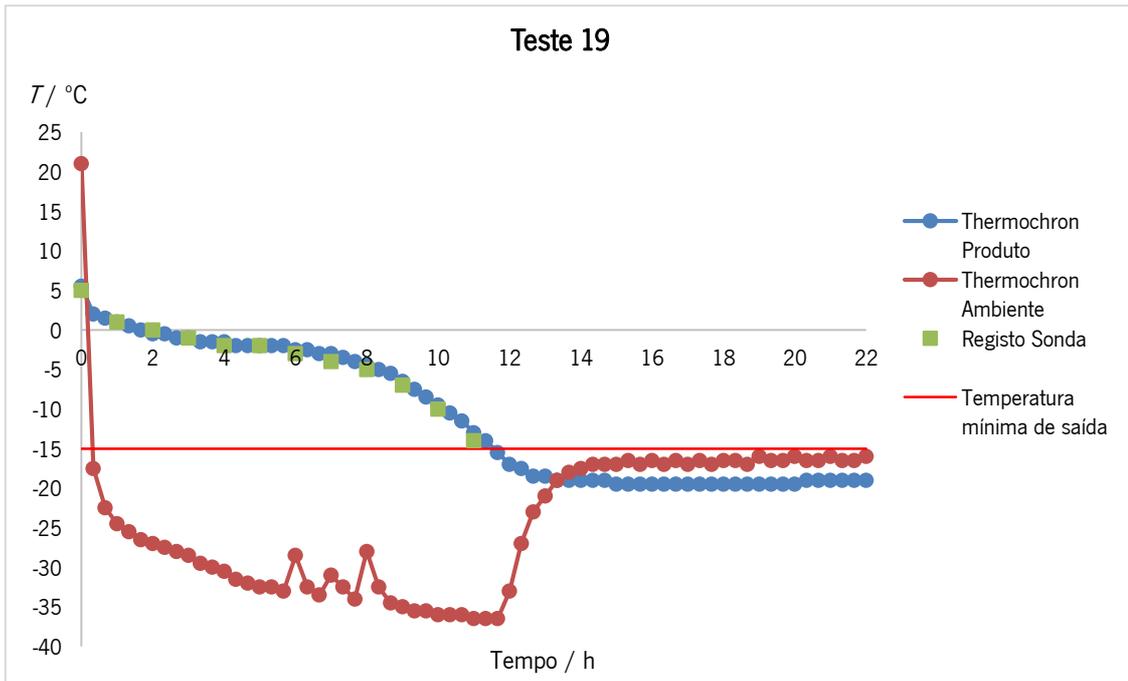


Figura 38: Curva de temperatura do processo de congelação de perna de porco com o abatedor a funcionar por sonda.

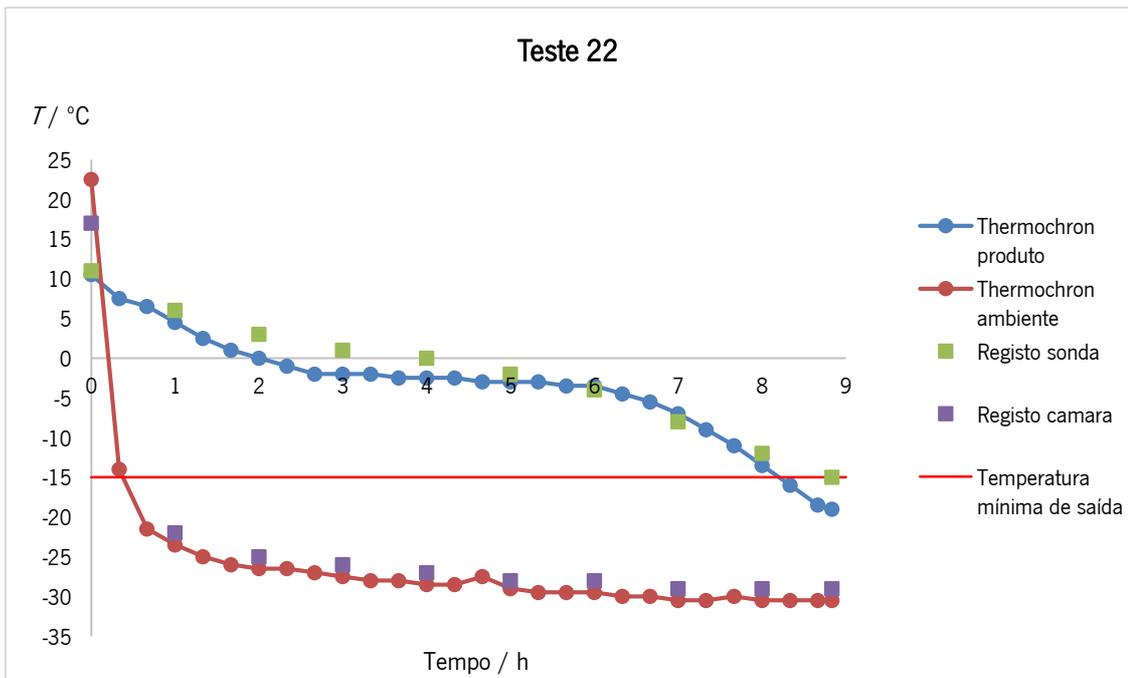


Figura 39: Curva de temperatura do processo de congelação de costeletas de porco (fatiadas) com o abatedor a funcionar por sonda.

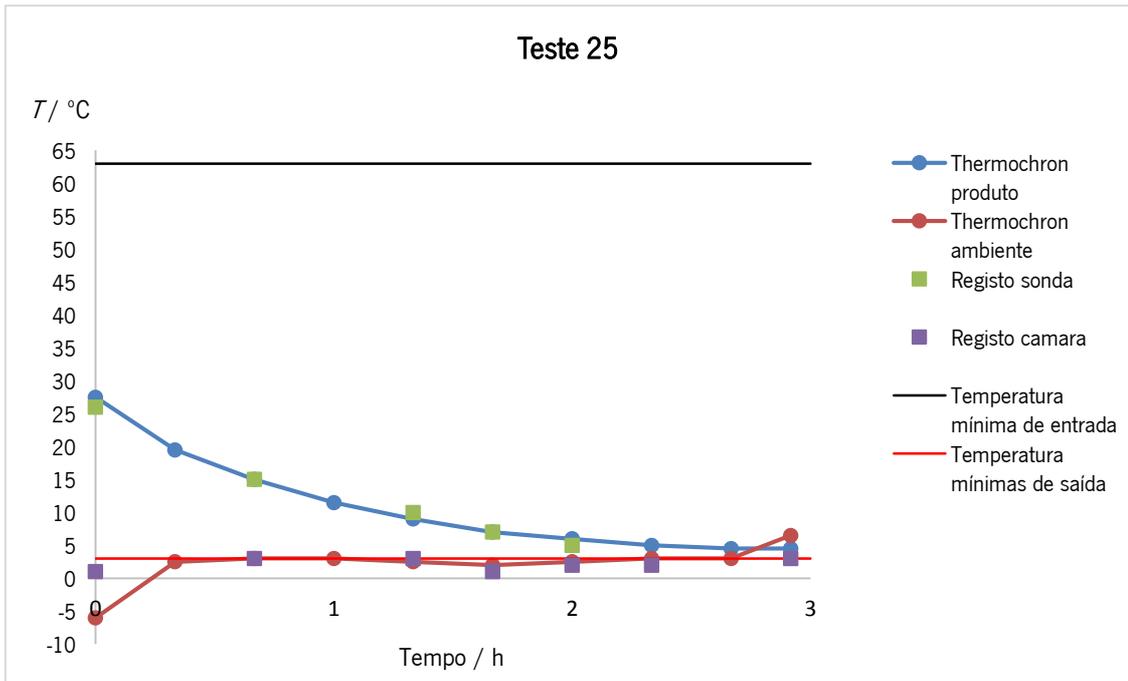


Figura 40: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de bacalhau com natas com o abatedor a funcionar por sonda.

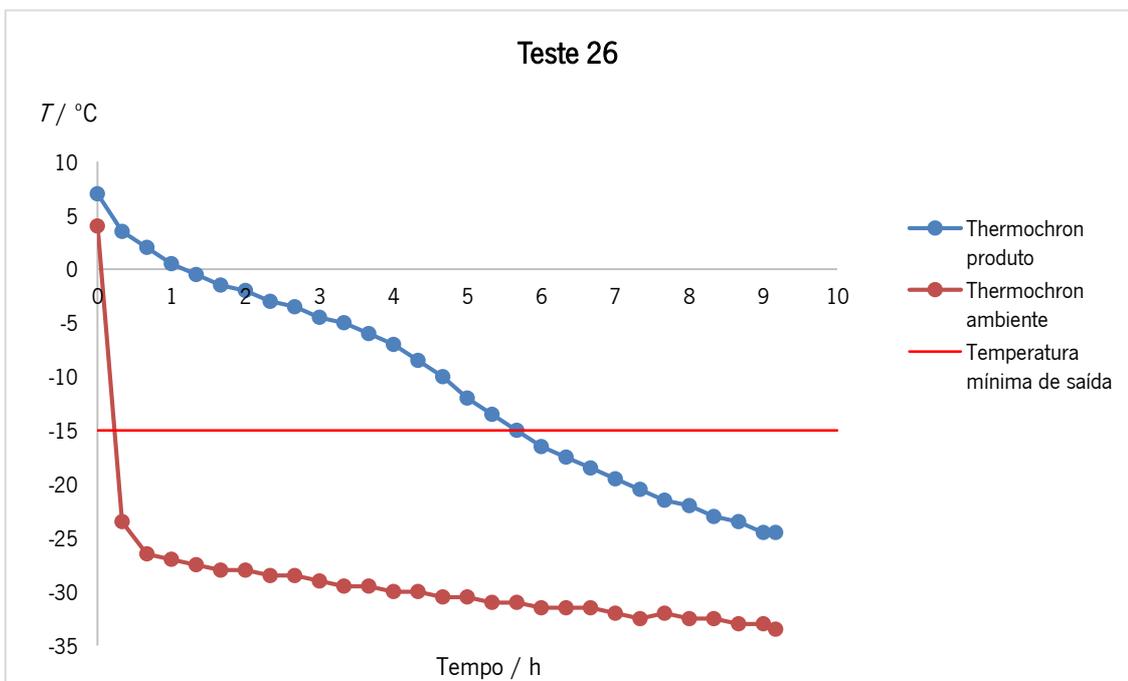


Figura 41: Curva de temperatura do processo de congelação de jarrete de vitela com o abatedor a funcionar por sonda.

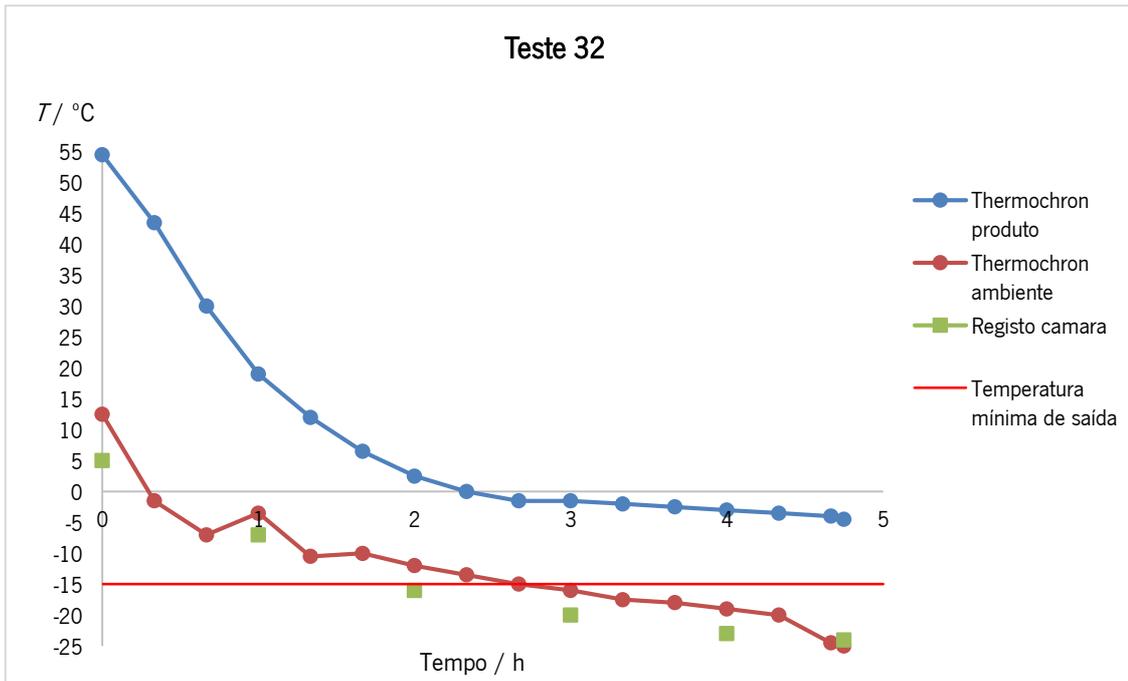


Figura 42: Curva de temperatura do processo de congelação de bolonhesa de soja com o abatedor a funcionar por ciclo.

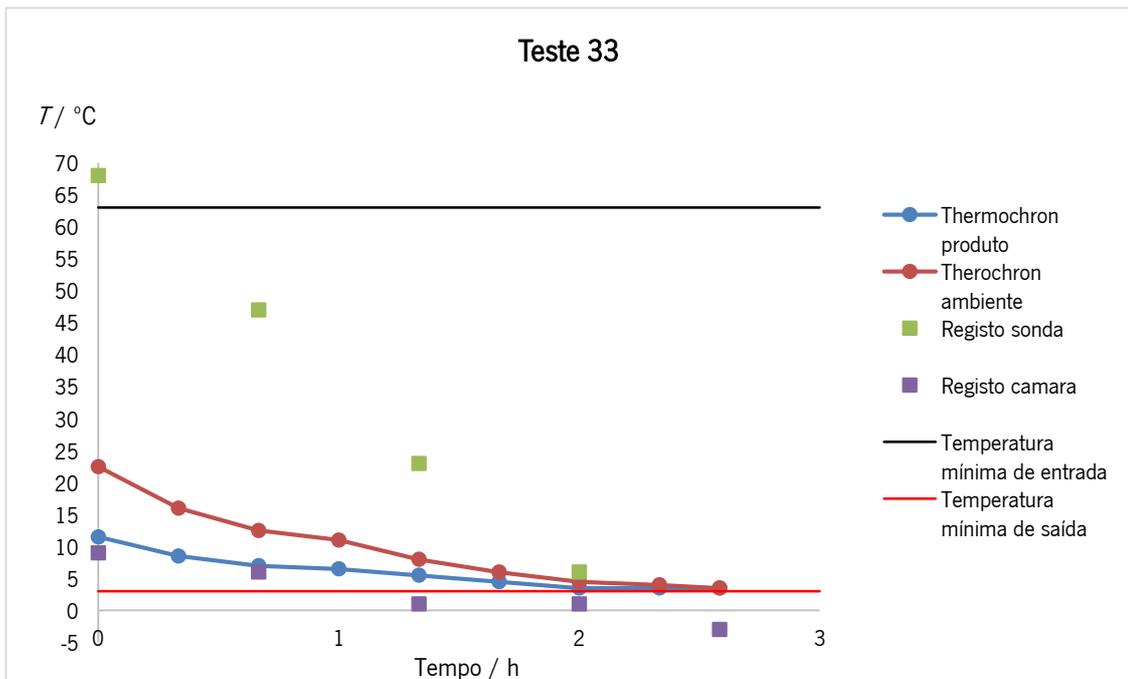


Figura 43: Curva de temperatura do processo de arrefecimento de bacalhau com natas com o abatedor a funcionar por sonda.

ANEXO IV – CURVAS DE TEMPERATURA DE PRODUTOS DIFERENTES COLOCADOS NO MESMO ABATEDOR E NO MESMO MOMENTO

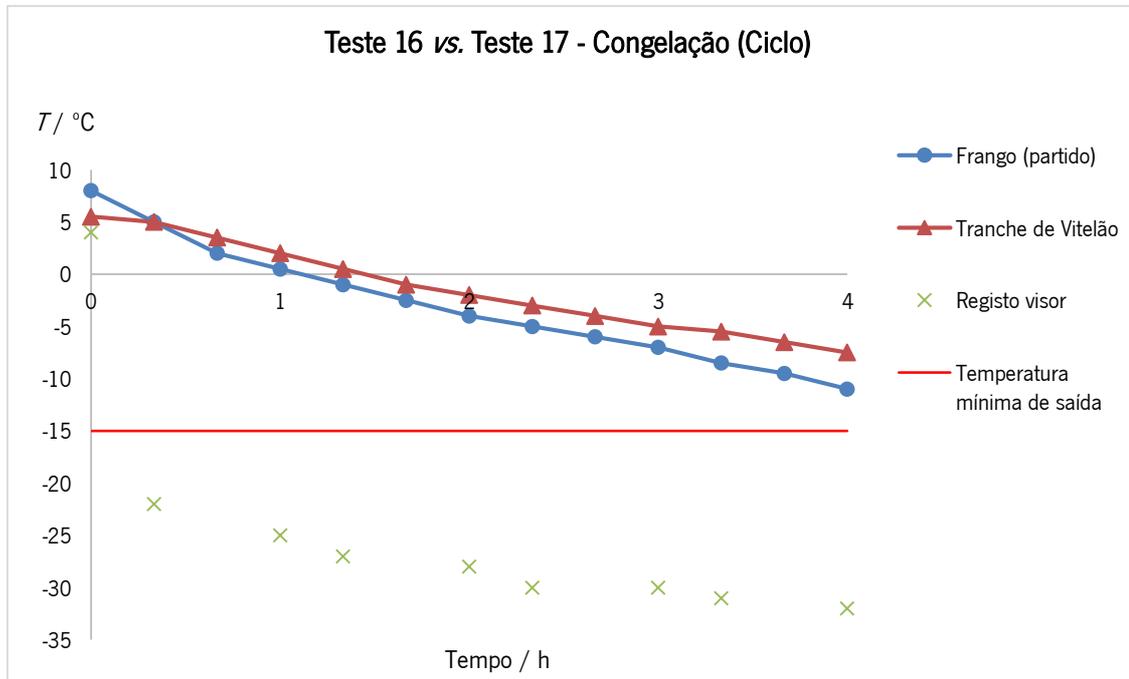


Figura 44: Curvas de temperatura do processo de congelamento de frango e tranches de vitelão no abatedor Fagor ATM 102 utilizando o funcionamento por sonda.

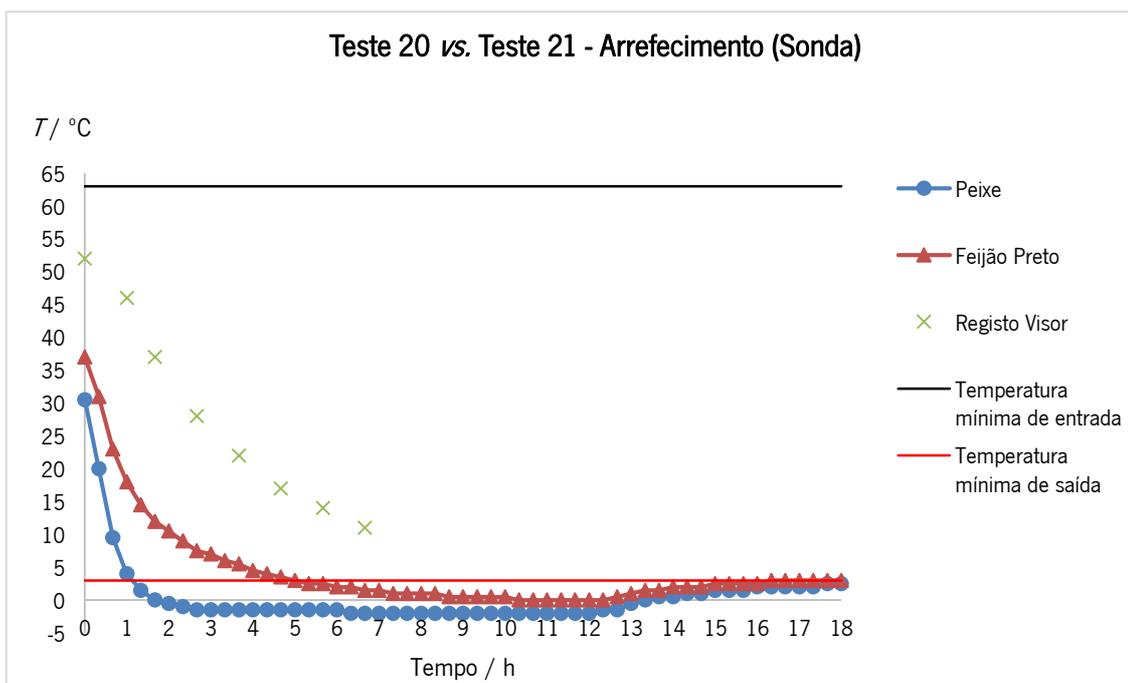


Figura 45: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de peixe “dourada” e feijão preto no abatedor Lainox utilizando o funcionamento por sonda.

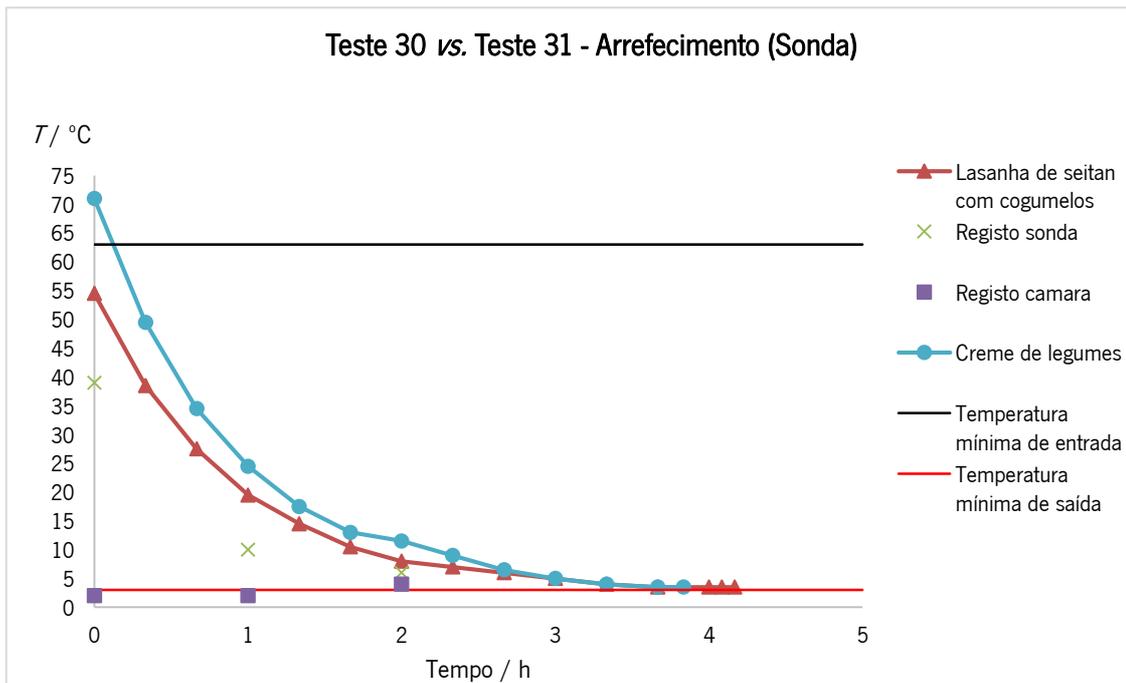


Figura 46: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de lasanha vegetariana e creme de legumes no abatedor Fagor Visual Chill utilizando o funcionamento por sonda.

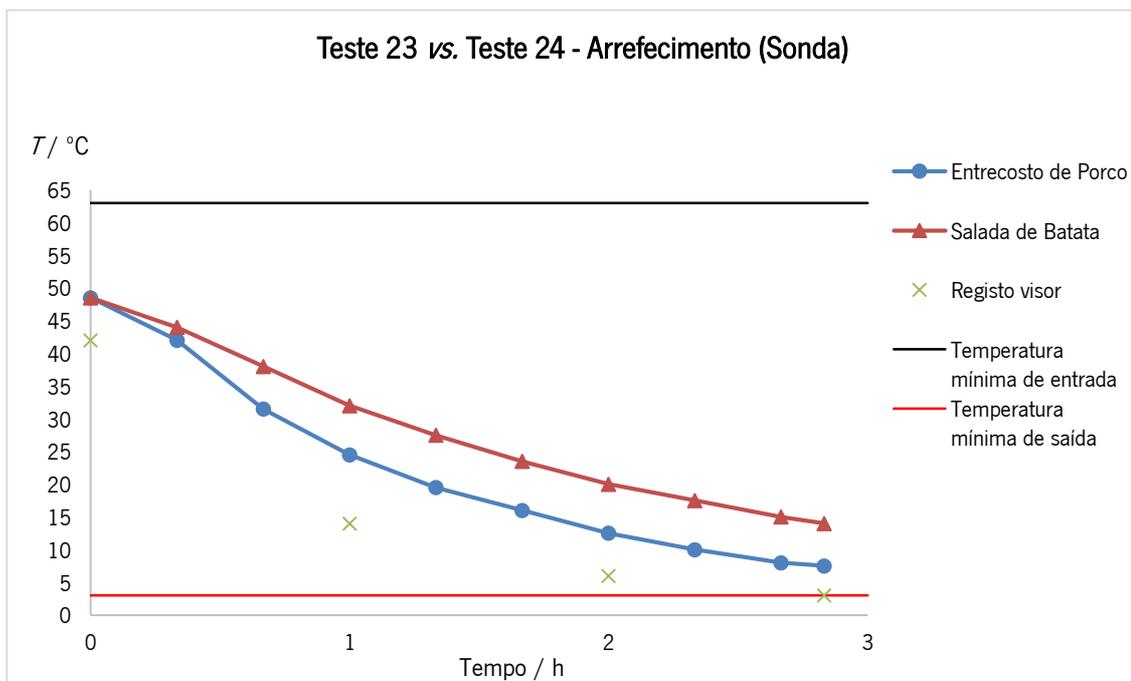


Figura 47: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de entrecosto de porco e salada de batata no abatedor Lainox utilizando o funcionamento por sonda.

ANEXO V – CURVAS DE TEMPERATURA DE PROCESSOS DIFERENTES (CICLO OU SONDA) REALIZADOS EM PRODUTOS IGUAIS

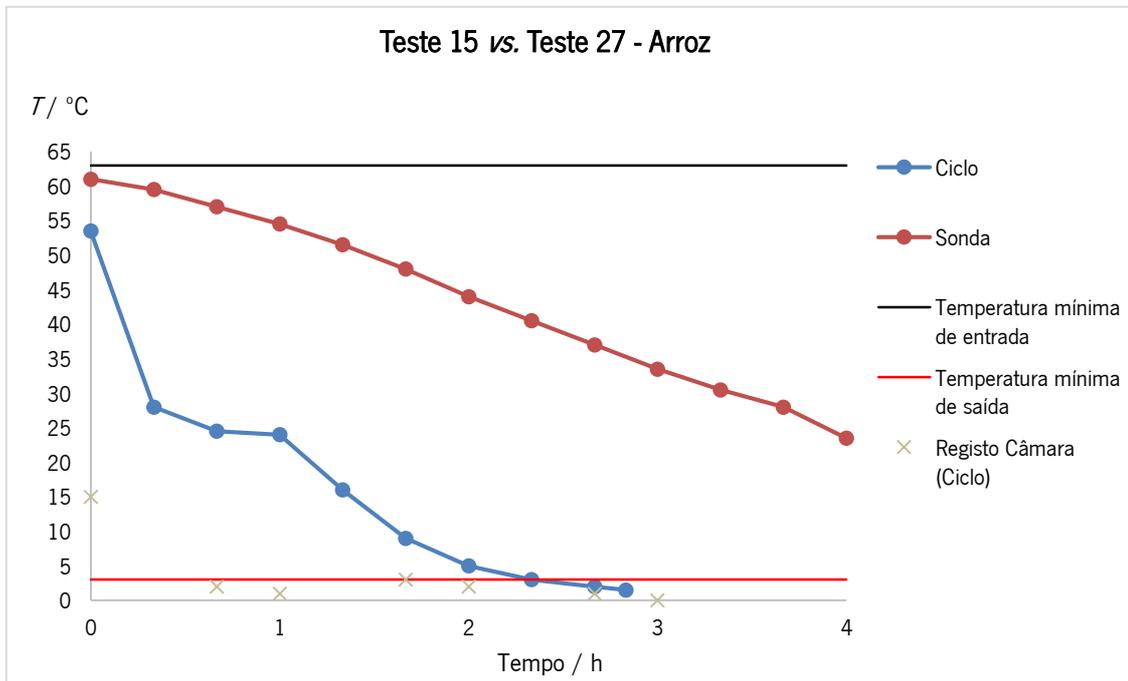


Figura 48: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de arroz utilizando os dois métodos de funcionamento do abatedor.

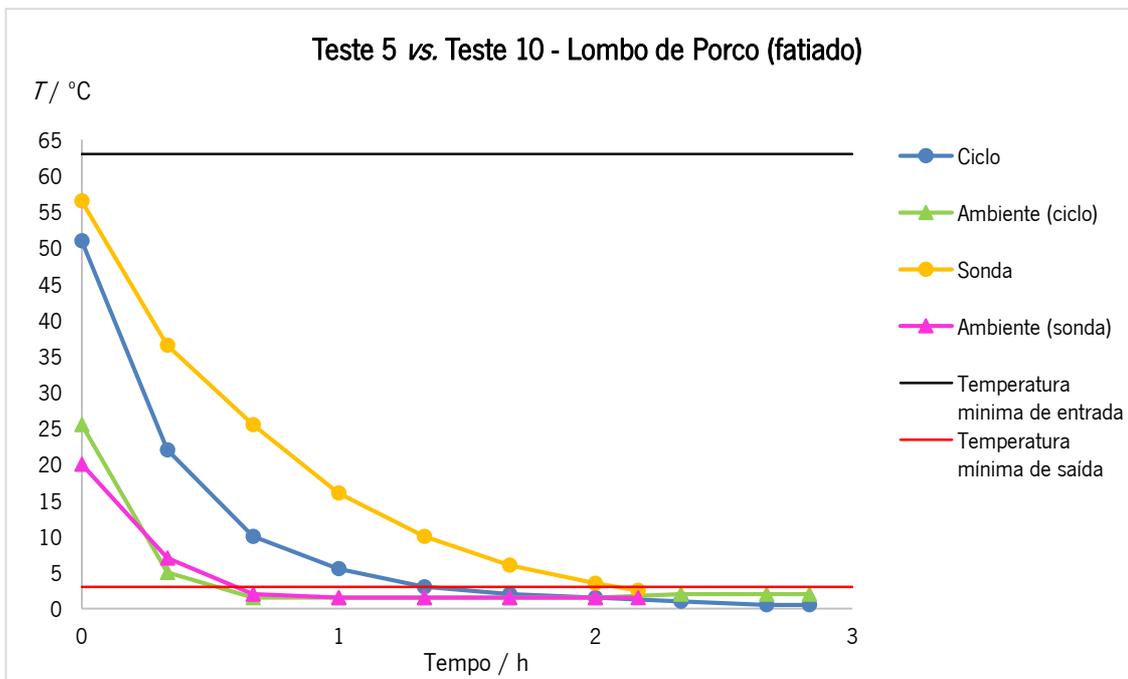


Figura 49: Curvas de temperatura do processo de arrefecimento de lombo de porco (fatiado) utilizando os dois métodos de funcionamento do abatedor.

ANEXO VI – CURVAS DE TEMPERATURA DO ABATIMENTO DA TEMPERATURA DE DOIS PRODUTOS DIFERENTES EM QUE NUM ESTÁ COLOCADO O *THERMOCHRON* E NO OUTRO A SONDA

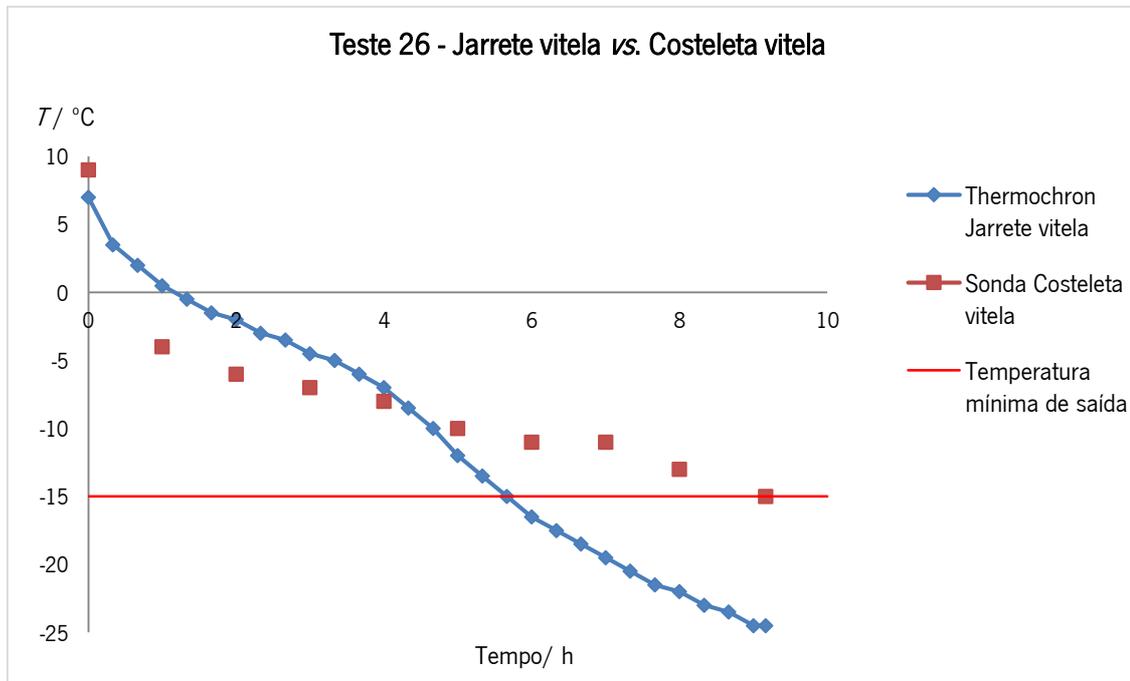


Figura 50: Curvas de temperatura do processo de congelação de jarrete de vitela e costeleta de vitela com o thermochron e a sonda colocados em produtos distintos.