

# **Sistema de apoio à decisão na precificação dinâmica de produtos hortícolas em função do decaimento da qualidade microbiológica**

**Miguel Ângelo Fazendeiro Pina**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**  
(2<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar

**junho de 2021**



# Agradecimentos

Ao Professor Doutor Pedro Dinis Gaspar, pelas inúmeras orientações e permanente colaboração, mas, fundamentalmente, por me ter dado a conhecer que a evolução apenas ocorre fora da zona de conforto.

Aos meus pais, Lucinda e Francisco, cujos inúmeros esforços ao longo dos anos conhecem, hoje, o seu culminar.

À Arminda, que me conhece desde sempre. O seu apoio foi crucial ao sucesso desta etapa.

Ao Pedro e ao Luís, meus amigos desde os tempos de infância, pela ajuda na contextualização em temáticas que, até então, eram desconhecidas para mim.

Aos amigos que fiz ao longo desta caminhada, em especial ao Rui e ao Nuno, que me acompanharam desde o primeiro dia nesta tão nobre instituição.

À Inês, pelo conforto que nela sempre encontrei.



# Resumo

No âmbito da presente dissertação, foi desenvolvido um sistema de apoio à decisão com o intuito de contribuir, não só, para a diminuição do desperdício alimentar na comercialização de produtos hortícolas, no setor mais tradicional de distribuição alimentar a retalho, mas também de promover a segurança e a qualidade dos hortícolas comercializados.

À referida ferramenta computacional associam-se duas funções de maior: 1) a previsão da vida de prateleira restante de um produto hortícola de entre os cinco estudados – alface, batata, cebola, cenoura e couve repolho –, com base no seu estado de qualidade microbiológica, ditado pelas condições a que é armazenado; 2) o cálculo do preço dinâmico a praticar em cada dia, na venda do mesmo hortícola, em função da aproximação ao fim do prazo de comercialização calculado, por forma a ditar uma maior procura e escoamento desse produto junto do consumidor final.

Os tempos de vida útil restantes dos hortícolas estudados são determinados com recurso à ferramenta de microbiologia preditiva *ComBase Growth Model*. Através desta plataforma, são simulados e registados os intervalos de tempo restantes até que se atinjam as doses infetantes das bactérias consideradas no estudo de cada um dos cinco hortícolas abordados, em função dos seus fatores extrínsecos e intrínsecos – temperatura de armazenamento, pH e atividade de água (traduzida, no modelo proposto, em 3 cenários de humidade relativa distintos). No momento em que é atingida a dose infetante de alguma das bactérias consideradas, em particular, para o hortícola em questão, a segurança alimentar deixa de ser garantida e, conseqüentemente, o alimento deixa de poder ser comercializado. Já o modelo de precificação dinâmica proposto assume o tempo de vida útil sobranente do hortícola analisado como o único critério considerado no cálculo do preço de venda a praticar. Desta forma, o preço de venda apresenta, em cada dia, um decréscimo constante, em função do número de dias de vida de prateleira restantes.

## Palavras-chave

Sistema de apoio à decisão; Vida de prateleira; Microbiologia preditiva; Precificação dinâmica; ComBase; Hortícolas; Desperdício alimentar; Segurança alimentar.



# Abstract

Within the scope of this dissertation, a decision support system was developed in order to contribute, not only, to reduce food waste on traditional food retailers while selling horticultural products, but also to promote the safety and quality of marketed vegetables.

This computational tool includes two major functions: 1) prediction of the remaining shelf life of a fresh vegetable, among the five ones studied – lettuce, potato, onion, carrot and cabbage –, based on its microbiological quality status, dictated by the respective storage conditions; 2) calculation of the dynamic price to be set each day, while selling that same vegetable, depending on the approach of the end of the calculated marketing period, in order to dictate a greater demand and sale of that product to the final consumer.

The remaining shelf life of the studied fresh vegetables is determined by using a predictive microbiology tool – *ComBase Growth Model*. The time values until the infectious doses of the bacteria considered are reached, according to their extrinsic and intrinsic factors – storage temperature, pH and water activity (converted into 3 different relative humidity scenarios, in the proposed model) –, are simulated through the aforementioned platform and then recorded. At the moment when the infective dose of any of the bacteria considered in particular for that vegetable is reached, its safety is no longer guaranteed. Consequently, the product can no longer be sold. Concurrently, the proposed dynamic pricing model assumes the remaining shelf life of the analyzed vegetable as the only criterion considered in the calculation of the selling price to be set. Therefore, the selling price assumes, on each day, a constant decrease, depending on the remaining shelf life.

## Keywords

Decision support system; Shelf life; Predictive microbiology; Dynamic pricing; ComBase; Vegetables; Food waste; Food safety.



# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. O problema em estudo e a sua relevância .....	3
1.3. Objetivos e contribuição da dissertação .....	4
1.4. Visão geral e organização da dissertação .....	5
<b>2. Estado da Arte</b> .....	<b>7</b>
2.1. Introdução.....	7
2.2. Desperdício Alimentar .....	7
2.2.1. Nota introdutória .....	7
2.2.2. Conceitos associados .....	8
2.2.3. Causas do Desperdício Alimentar.....	10
2.2.4. Impactes do Desperdício Alimentar .....	11
2.2.5. Desperdício Alimentar na Distribuição a Retalho .....	17
2.2.6. Desperdício de produtos hortofrutícolas.....	18
2.3. Higiene e Segurança Alimentar na distribuição de produtos hortofrutícolas.....	22
2.3.1. Nota introdutória .....	22
2.3.2. Perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar .....	23
2.3.3. Principais perigos associados a produtos hortofrutícolas .....	23
2.3.4. Fatores envolvidos na deterioração de produtos hortofrutícolas.....	24
2.3.5. Boas práticas no armazenamento em frio de produtos hortofrutícolas.....	25
2.3.6. Legislação vigente relativa a produtos hortofrutícolas .....	26
2.4. Sistemas de Apoio à Decisão .....	26
2.4.1. Nota introdutória .....	26
2.4.2. Modelos de Precificação e de Previsão de Validade .....	27
2.4.3. Modelos de Previsão Microbiológica .....	32
<b>3. Materiais e Métodos</b> .....	<b>37</b>
3.1. Previsão de vida de prateleira .....	37
3.1.1. Nota introdutória .....	37
3.1.2. Hortícolas a analisar .....	38
3.1.3. Fatores intrínsecos e extrínsecos.....	38
3.1.4. O Método de previsão de crescimento bacteriano .....	41
3.1.5. Bactérias associadas .....	48
3.2. Precificação Dinâmica .....	54

3.2.1.	Nota introdutória .....	54
3.2.2.	Modelo Linear .....	55
<b>4.</b>	<b>Sistema de Apoio à Decisão .....</b>	<b>59</b>
4.1.	Materiais .....	59
4.2.	Nota introdutória .....	60
4.3.	Base de Dados.....	60
4.4.	Motor de Pesquisa .....	64
4.5.	Interface do Utilizador .....	72
<b>5.</b>	<b>Análise e Discussão de Resultados .....</b>	<b>85</b>
5.1.	Nota introdutória .....	85
5.2.	Caso de Estudo 1 – Alface .....	85
5.2.1.	Resultados Obtidos .....	85
5.2.2.	Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano .....	88
5.2.3.	Exemplo prático da utilização do SAD .....	89
5.3.	Caso de Estudo 2 – Batata .....	90
5.3.1.	Resultados Obtidos .....	90
5.3.2.	Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano .....	94
5.3.3.	Exemplo prático da utilização do SAD .....	95
5.4.	Caso de Estudo 3 – Cebola.....	96
5.4.1.	Resultados Obtidos .....	96
5.4.2.	Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano .....	100
5.4.3.	Exemplo prático da utilização do SAD .....	101
5.5.	Caso de Estudo 4 – Cenoura.....	102
5.5.1.	Resultados Obtidos .....	102
5.5.2.	Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano .....	106
5.5.3.	Exemplo prático da utilização do SAD .....	107
5.6.	Caso de Estudo 5 – Couve repolho .....	108
5.6.1.	Resultados Obtidos .....	108
5.6.2.	Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano .....	112
5.6.3.	Exemplo prático da utilização do SAD .....	113
5.7.	Comparação dos resultados obtidos com a literatura .....	114
<b>6.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>117</b>
6.1.	Conclusões Gerais .....	117
6.2.	Conclusões Específicas.....	118
6.3.	Sugestões de trabalhos futuros.....	120
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>121</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>127</b>
	Anexo I – Perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar.....	127
	Anexo II - Características das principais enfermidades causadas por bactérias em produtos hortofrutícolas.....	130
	Anexo III - Legislação vigente relativa a produtos hortofrutícolas.....	132

# Lista de Figuras

Figura 1 - Perda e desperdício alimentar através da cadeia de abastecimento alimentar (FAO, 2011 apud BCG, 2018). .....	10
Figura 2 - Os 20 países com maior emissão de GEE no ano de 2011 versus Emissão de GEE inerentes ao desperdício alimentar (FAO, 2013). .....	12
Figura 3 - Contribuição de cada género alimentício à pegada de carbono e ao desperdício alimentar (FAO, 2013). .....	13
Figura 4 - 10 maiores países em termos de pegada hídrica azul agrícola versus pegada hídrica azul inerente ao desperdício alimentar, entre os anos de 1996 e 2005 (FAO, 2013). .....	14
Figura 5 - Contribuição de cada região geográfica ao desperdício alimentar e à pegada hídrica azul (FAO, 2013). .....	14
Figura 6 - Área florestal máxima convertida a áreas agrícolas, desde 1990 até 2010, em regiões onde ocorreu deflorestação (FAO, 2013). .....	15
Figura 7 - Percentagem de espécies de mamíferos, aves e anfíbios em vias de extinção, ameaçados pela atividade agrícola (FAO, 2013). .....	15
Figura 8 - Contribuição de cada área geográfica ao desperdício alimentar e consequentes perdas económicas (FAO, 2013). .....	16
Figura 9 - Contribuição de cada género alimentício ao desperdício alimentar e consequentes perdas económicas (FAO, 2013). .....	16
Figura 10 - Perdas e desperdícios alimentares anuais na cadeia de aprovisionamento em Portugal (Campos et al., 2012). .....	18
Figura 11 - Perdas ou desperdícios de alimentos hortofrutícolas ao longo de toda a cadeia de aprovisionamento, de acordo com a região geográfica (FAO, 2011). .....	19
Figura 12 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento de hortícolas em Portugal (Campos et al., 2012). .....	21
Figura 13 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento de frutícolas em Portugal (Campos et al., 2012). .....	21
Figura 14 - Curva genérica de crescimento microbiano. ....	33
Figura 15 - Curva de crescimento microbiano em função do tempo, com descrição dos parâmetros de crescimento: duração da fase Lag; velocidade específica máxima de crescimento; aumento logarítmico da população (Zwietering et al., 1990). .....	34
Figura 16 - Curva de crescimento microbiano com a descrição dos quatro parâmetros utilizados no modelo de Baranyi & Roberts (1994) apud Tsironi et al. (2017). .....	35
Figura 17 - Fases do crescimento bacteriano em ComBase Growth Model (2020). .....	43
Figura 18 - Inputs necessários à previsão do crescimento bacteriano (ComBase, 2020). .....	43
Figura 19 - Curva do crescimento bacteriano para um estado fisiológico inicial celular de valor máximo em ComBase Growth Model (2020). .....	45
Figura 20 - Relação linear entre preço de venda e vida de prateleira restante. ....	56
Figura 21 - Relação linear entre preço de venda fim de prazo de comercialização. ....	56
Figura 22 - Interface de utilização de ComBase Growth Model (2020). .....	61
Figura 23 - Painel de introdução dos valores em estudo, em ComBase Growth Model (2020)...	61
Figura 24 - Tabela de evolução da concentração da bactéria em função do tempo, para os inputs inseridos, em ComBase Growth Model (2020). .....	62
Figura 25 - Registo do intervalo horário recolhido em ComBase Growth Model na Base de Dados em Microsoft Excel. ....	63

Figura 26 - Inexistência de proliferação bacteriana assinalada na Base de Dados. ....	64
Figura 27 - Componente Motor de Pesquisa do SAD.....	65
Figura 28 - Fluxograma dos subprocessos desenvolvidos no Motor de Pesquisa do SAD. ....	65
Figura 29 - Compilação dos inputs no Motor de Pesquisa. ....	66
Figura 30 - Aplicação da função "PROCV".....	66
Figura 31 - Intervalos horários até à dose infetante de cada uma das bactérias em proliferação na cebola, para as condições de armazenamento indicadas.....	67
Figura 32 - Aplicação da função "SE". ....	68
Figura 33 - Aplicação da função "MÍNIMO". ....	68
Figura 34 - Aplicação das funções "ÍNDICE" e "CORRESP" conjugadas. ....	69
Figura 35 - Conversão da vida de prateleira em dias; aplicação da função "ARRED".....	69
Figura 36 - Definição da data final do prazo de comercialização do hortícola.....	70
Figura 37 - Compilação dos dados necessários ao cálculo do Preço de Venda a praticar na data indicada. ....	71
Figura 38 - Cálculo do Preço de Venda a praticar na data indicada. ....	71
Figura 39 - Aplicação da função "SEQUÊNCIA" e da fórmula de cálculo de preço de venda diário baseada na Equação 13. ....	72
Figura 40 - Página de Início do SAD.....	73
Figura 41 - Introdução dos dados referentes a armazenamento e preço, em estudo, no separador da cebola.....	74
Figura 42 - Listas dos valores de temperatura, humidade relativa e pH em estudo para a cebola, com recurso a Validação de Dados.....	74
Figura 43 - Mensagem de entrada na introdução de temperatura, humidade relativa e pH, com recurso a Validação de Dados.....	75
Figura 44 - Mensagem de erro para valores de temperatura, humidade relativa e pH que não constem da lista em estudo, com recurso a Validação de Dados. ....	76
Figura 45 - Mensagem de entrada na introdução de dados referentes a precificação, com recurso a Validação de Dados. ....	76
Figura 46 - Mensagem de erro para relação inadequada entre custo de aquisição e preço de venda inicial, com recurso a Validação de Dados. ....	77
Figura 47 - Macroinstructions de limpeza e de transporte.....	77
Figura 48 - Página de visualização de resultados da cebola. ....	78
Figura 49 - Aplicação da função "SE.ERRO".....	78
Figura 50 - Aplicação das funções "CONCATENAR" e "SE.ERRO" conjugadas.....	79
Figura 51 - Mensagem de entrada na introdução da data a avaliar, com recurso a Validação de Dados. ....	79
Figura 52 - Mensagem de erro para relação inadequada entre custo de aquisição e preço de venda inicial, com recurso a Validação de Dados. ....	80
Figura 53 - Indicação do preço de venda a praticar no dia em avaliação. ....	80
Figura 54 - Aplicação das funções "SE", "CONCATENAR" e "TEXTO".....	81
Figura 55 - Preço de venda a praticar nos primeiros 16 dias de vida de prateleira. ....	81
Figura 56 - Aplicação das funções "SE", "SE.ERRO" e da funcionalidade "Formatação Condicional". ....	82
Figura 57 - Página de Informações. ....	82

Figura 58 - Linhas de código, em linguagem VBA, para exibição de ecrã inteiro. ....	83
Figura 59 - Relação intervalo de estudo da Alface/ parâmetros de crescimento bacteriano.....	88
Figura 60 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Alface. ....	89
Figura 61 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Alface. ....	90
Figura 62 - Relação intervalo de estudo da Batata/ parâmetros de crescimento bacteriano. ....	94
Figura 63 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Batata. ....	95
Figura 64 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Batata. ....	96
Figura 65 - Relação intervalo de estudo da Cebola/ parâmetros de crescimento bacteriano.....	100
Figura 66 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cebola. ....	101
Figura 67 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cebola.....	102
Figura 68 - Relação intervalo de estudo da Cenoura/ parâmetros de crescimento bacteriano..	106
Figura 69 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cenoura.....	107
Figura 70 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cenoura.....	108
Figura 71 - Relação intervalo de estudo da Couve repolho/ parâmetros de crescimento bacteriano. ....	112
Figura 72 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Couve repolho.....	113
Figura 73 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Couve repolho.....	114



# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Principais factores de perda de qualidade de produtos hortofrutícolas (Kader & Kitinoja, 1995).....	25
Tabela 2 - Intervalos e valor médio da atividade de água para cada hortícola (Chirife & Fontan, 1982). .....	40
Tabela 3 - Intervalos de pH para cada hortícola (FDA, 2012; Bridges & Mattice, 1939; Engineering ToolBox, 2003).....	40
Tabela 4 - Intervalos de temperatura de conservação recomendada para cada hortícola (Mercantila Publishers, 1989). .....	41
Tabela 5 - Bactérias presentes em ComBase responsáveis pela deterioração de cada hortícola em estudo (FDA, 2012; Baptista & Venâncio, 2003). .....	49
Tabela 6 - Parâmetros mínimos, máximos e ótimos para o crescimento bacteriano (FDA, 2012; ComBase, 2020). .....	53
Tabela 7 - Doses Iniciais, Infetantes e Finais de cada bactéria (FDA, 2012; ComBase, 2020).....	54
Tabela 8 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Alface. ....	85
Tabela 9 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Batata. ....	92
Tabela 10 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cebola.....	96
Tabela 11 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cenoura. ....	102
Tabela 12 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Couve repolho. ....	109
Tabela 13 - Comparação dos valores obtidos pelo SAD, em termos de vida de prateleira, com valores recolhidos na literatura (FAO, 1989; Engineering ToolBox, 2004; USDA, 2016).....	115
Tabela 14 - Principais perigos associados ao transporte de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantila Publishers, 1989 apud Baptista et al., 2006). ....	127
Tabela 15 - Principais perigos associados ao armazenamento de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantila Publishers, 1989 apud Baptista et al., 2006).....	128
Tabela 16 - Principais perigos associados aos pontos de venda de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantila Publishers, 1989 apud Baptista et al., 2006).....	129
Tabela 17 - Características das principais enfermidades causadas por bactérias em produtos hortofrutícolas (Baptista & Venâncio, 2003).....	130
Tabela 18 - Legislação geral .....	132
Tabela 19 - Legislação relativa ao licenciamento das atividades de comércio e armazenagem..	132
Tabela 20 - Legislação relativa a mercados abastecedores, mercados municipais, feiras e mercados retalhistas, vendas ambulantes .....	133
Tabela 21 - Legislação relativa a condições técnico-funcionais e HACCP .....	133
Tabela 22 - Legislação relativa à água de consumo.....	133
Tabela 23 - Legislação relativa a hortofrutícolas frescos .....	134
Tabela 24 - Legislação específica relativa à comercialização de hortofrutícolas frescos .....	134

Tabela 25 - Legislação relativa a rotulagem .....	136
Tabela 26 - Legislação relativa a alimentos ultracongelados .....	137
Tabela 27 - Legislação relativa a controlo metrológico dos instrumentos de medição e registo de temperatura.....	137
Tabela 28 - Legislação relativa a materiais e objetos em contacto com alimentos .....	137
Tabela 29 - Legislação relativa a preços .....	137
Tabela 30 - Legislação relativa ao Livro de Reclamações.....	138

# Nomenclatura

## Nomenclatura Geral:

$a_w$	Atividade de água
$\phi$	Humidade Relativa (%)
pH	Acidez (potencial de hidrogénio)
$T$	Temperatura (°C)

## Lista de Acrónimos:

BCG	<i>Boston Consulting Group</i>
CAC	<i>Codex Alimentarius Commission</i>
CFU	<i>Colony Forming Unit</i> (Unidade Formadora de Colónias)
COVID-19	Doença por Coronavírus - 2019
DECO	Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FAOSTAT	Banco de Dados Estatísticos Corporativos da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FIDA	Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola
FMI	Fundo Monetário Internacional
GEE	Gases de Efeito Estufa
HACCP	Análises de Perigos e Controlo de Pontos Críticos
LUC	Reafetação de Solos
LULUCF	Afetação, Reafetação de Solos e Silvicultura
OD	<i>Optical density (Densidade Óptica)</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAM	Programa Alimentar Mundial
PMB	Produto Mundial Bruto
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
UE	União Europeia
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a Infância

UNRIC	Centro Regional de Informação das Nações Unidas para a Europa Ocidental
USDA-ARS	<i>United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service</i>
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>
VP	Vida de Prateleira

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Vive-se uma era sem precedentes. O planeta enfrenta enormes desafios sociais, económicos, sanitários e ambientais.

A população mundial registou um aumento de 100% desde 1960. O número total de pessoas no planeta estimou-se, no ano de 2019, em 7,7 mil milhões. Este valor continua a crescer, embora ao ritmo mais lento registado desde 1950, consequência direta da pandemia de COVID-19 nos indicadores de mortalidade registados a nível global (FAO, 2020). Os países subsarianos podem responder por mais de metade do crescimento da população projetado pela ONU (Organização das Nações Unidas) para o ano de 2050 – 9,7 mil milhões de pessoas. Projeções da mesma entidade estimam um valor de 10,9 mil milhões de pessoas no planeta Terra até ao início do próximo século (ONU, 2019a).

Como dano colateral da crise sanitária instaurada, a economia mundial enfrenta a pior recessão desde a Grande Depressão. Por forma a minorar os efeitos da emergência sanitária que se avolumava, os governos de vários países instruíram as suas populações a recolher, paralisando a atividade económica. O colapso económico foi de uma velocidade e magnitude sem precedentes, colocando em xeque a estabilidade financeira mundial (FMI, 2020). O Banco Mundial (2021) calcula que, em 2020, o PMB (Produto Mundial Bruto) tenha sofrido uma diminuição de 4,3%.

A desigualdade económica – e consequente desigualdade social – é uma constante presente e agora agravada, de forma expressiva, em todo o mundo. Dados do relatório *Poverty and Shared Prosperity 2020: Reversals of Fortune*, realizado e divulgado pelo Banco Mundial (2020), revelam que, em 2017 – portanto, em fase pré-pandémica – 689 milhões de pessoas viviam em situação de pobreza extrema, definida pela mesma instituição como o rendimento *per capita* diário abaixo de 1,6€. No entanto, o Banco Mundial estima que, somente em 2020, esse indicador tenha sofrido um acréscimo entre os 88 e os 115 milhões de pessoas. O mesmo relatório indica que a situação de pobreza extrema não se traduz apenas em baixos rendimentos, mas também se materializa na falta de acesso a serviços e recursos essenciais, como educação (em 53,1% dos agregados familiares em situação de pobreza extrema, nenhum membro adulto completou a

educação primária), saúde, água potável (37% dos agregados familiares em situação de pobreza extrema não têm acesso a uma fonte de água potável em casa), saneamento, eletricidade (67,8% dos agregados familiares em situação de pobreza extrema não têm acesso a energia elétrica em casa) e alimentação adequada (no ano de 2018, cerca de 820 milhões de pessoas sofreram de carência alimentar, sendo que este valor aumentou pelo terceiro ano consecutivo – FAO *et al.*, 2019).

As questões ambientais estão intimamente relacionadas, tanto em aspetos positivos como negativos, com importantes questões económicas, como a pobreza, prosperidade, emprego, padrões de produção, inovação e disponibilidade ou escassez de recursos. Por um lado, a economia é a principal fonte de problemas ambientais. Por outro, problemas ambientais causam perdas económicas. Economicamente falando, a maioria dos países desenvolvidos ainda se guia pela velha máxima “*grow now, clean up later*”. Este paradigma torna-se simplesmente insustentável num planeta que já se encontra num estado de saturação ambiental (ONU, 2019b). Dados do relatório ambiental da ONU relativo a 2019, *Global Environment Outlook 6: Healthy Planet, Healthy People*, comprovam que as alterações climáticas são inequívocas: no último decénio, registaram-se 8 dos 10 anos mais quentes de que há registo. A persistirem as emissões de gases de estufa atuais, a temperatura média mundial aumentará 1,5 °C até 2050; A contaminação do ar causa entre seis a sete milhões de mortes prematuras por ano, sendo que 95% da população mundial reside em áreas com níveis de contaminação do ar superiores aos recomendados; A biodiversidade do planeta está em crescente ameaça: 42% dos invertebrados terrestres, 34% dos de água doce e 25% dos marinhos estão em risco de extinção; A qualidade da água potável está a piorar: por ano, oito milhões de toneladas de plástico acabam nos oceanos. A poluição das águas e as doenças associadas matam anualmente 1,4 milhões de pessoas em todo o mundo; A agricultura não atravessa um momento saudável: atualmente, 29% dos solos estão em situação de degradação, tornando impossível o seu consumo. Estima-se que em 2050, quatro mil milhões de pessoas viverão em terrenos desertificados (ONU, 2019b); aos dias de hoje, **33% dos alimentos produzidos** numa escala global **são desperdiçados...** (FAO, 2020)

É precisamente no último tópico abordado – o desperdício alimentar – que a presente dissertação terá o seu enfoque. Torna-se imperativo alinhar as diretrizes do problema com estratégias de concertação inovadoras que permitam a sua minimização, potenciando a sustentabilidade da cadeia de aprovisionamento alimentar.

## 1.2. O problema em estudo e a sua relevância

O desenvolvimento sustentável está na essência do atual projeto europeu, com vários Tratados da União Europeia (UE) a reconhecerem a importância de abordar conjuntamente as dimensões económica, social e ambiental, preconizando-se um modelo de desenvolvimento que satisfaça as necessidades presentes, sem comprometer as das gerações futuras.

A 1 de janeiro de 2016 entrou em vigor a resolução da ONU intitulada *Transformar o nosso mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável*, constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), desdobrados em 169 metas, que foi aprovada pelos líderes mundiais de 193 estados-membros da ONU, reunidos em Assembleia Geral a 25 de setembro de 2015. Os 17 ODS visam resolver as necessidades da população, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento, enfatizando que ninguém deve ser deixado para trás (UNRIC, 2016). Dos 17 objetivos constituintes do documento, destacam-se o segundo e décimo segundo como os mais pertinentes à realização do tema proposto nesta dissertação:

- O ODS 2 enfoca a problemática da carência alimentar à escala planetária. Propõe, como meta principal, a erradicação da fome e todas as formas de malnutrição até 2030, permitindo o acesso de todas as pessoas, em especial as que padecem de carência financeira extrema, a uma alimentação de qualidade, nutritiva e em quantidades suficientes durante todo o ano. Ao mesmo tempo, objetiva o aumento da produtividade agrícola, de forma ponderada e sustentável, e zela pelo alcance da segurança alimentar em todo o mundo (ONU, 2016);
- Através do 12º ODS, garantir padrões de consumo e de produções sustentáveis. Para tal, e como uma das metas principais que este objetivo apresenta, torna-se imperativo reduzir, até 2030, para metade os resíduos alimentares *per capita* ao nível do retalho e do consumidor e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias produtivas e de abastecimento. Um projeto que se centra numa melhor gestão dos resíduos, tanto na redução de resíduos evitáveis, como na melhoria da valorização dos recursos alimentares (ONU, 2016).

Os dois objetivos enunciados representam um contraste no que a desigualdade social diz respeito. Por um lado, o desperdício alimentar coadunável com os valores consumistas incutidos nas sociedades desenvolvidas. No reverso da medalha, a carência alimentar

que se verifica nos países subdesenvolvidos e em vias de desenvolvimento. Assim, a redução dos resíduos alimentares constitui um passo essencial para reduzir a fome no mundo, bem como uma necessidade para alimentar uma população mundial cada vez mais numerosa.

Há, então, que refletir acerca deste tema, que cada vez mais se revela como um problema de sustentabilidade, compreendendo a importância da necessidade da alteração dos nossos hábitos alimentares, tendo em conta não só a mitigação deste problema, mas igualmente a preservação dos escassos recursos naturais do planeta (Jesus, 2017).

### **1.3. Objetivos e contribuição da dissertação**

A dimensão do problema é desconcertante. Todos os anos, 1,6 mil milhões de toneladas de bens alimentares são desperdiçados, correspondendo a um valor próximo de 1,5% do PMB - cerca de 1,09 biliões de euros. A *Boston Consulting Group* (BCG) estima o crescimento destes valores, apontando, para o ano de 2030, a quantidade de alimentos desperdiçados em 2,1 mil milhões de toneladas, avaliados em 1,36 biliões de euros (BCG, 2018).

Stenmarck *et al.* (2016) estimam que 5% do desperdício alimentar dos países da União Europeia ocorra no setor da distribuição alimentar a retalho. Quando referindo a produtos perecíveis - como é o caso dos hortícolas ou dos frutícolas - esta inferência assume contornos especialmente gravosos, uma vez que se estima que 15% destes géneros alimentícios se desperdiçam na fase de retalho, muito por culpa de estratégias ineficazes de gestão de *stocks* (Ferguson & Ketzenberg, 2005).

A fim de diminuir estes números, torna-se imperativo a todos os intervenientes da cadeia de aprovisionamento de produtos hortofrutícolas, o conhecimento das especificidades relacionados com as boas práticas de higiene na manipulação e conservação deste tipo de bens alimentares, como produtos perecíveis que são, aliando-as a políticas adequadas de gestão de inventários. Entre outras, estratégias de venda que adotem sistemas de precificação dinâmica em função do tempo de vida útil de um produto, até que a sua segurança alimentar seja comprometida, irão ditar inevitavelmente uma maior procura e respetivo escoamento desse produto junto do consumidor final.

É neste âmbito que a presente dissertação reflete o seu propósito, uma vez que se espera que vá ao encontro das referidas diretrizes. Objetiva-se, em sede da mesma, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que permita, não só, diminuir o desperdício alimentar de produtos perecíveis na fase de comercialização – no caso, de produtos hortícolas – no setor mais tradicional de distribuição alimentar a retalho, mas também interceder pela segurança e a qualidade dos alimentos comercializados, ao passo que se promove inovação nos processos das pequenas entidades do setor, potenciando, conseqüentemente, a sua competitividade face às exigências do mercado.

## **1.4. Visão geral e organização da dissertação**

O presente trabalho encontra-se estruturado em 6 capítulos.

O primeiro capítulo aborda uma introdução à problemática do desperdício alimentar, dando a conhecer a sua relevância - majorada em sede do atual contexto pandémico -, através da qual se justifica a pertinência do tema proposto.

No segundo capítulo é realizada uma revisão da literatura, abordando três áreas temáticas distintas, mas relacionadas entre si. A primeira remete, novamente, à problemática do desperdício alimentar. Desta feita, são abordados os principais dados conhecidos, dando a conhecer conceitos, causas e impactes inerentes ao desperdício alimentar, com especial enfoque no setor da distribuição a retalho e em produtos hortofrutícolas. O segundo tema abordado refere à higiene e segurança alimentar na distribuição de produtos hortofrutícolas e suas implicações. Por último, são ainda analisadas as linhas de pensamento enunciadas por diversos autores, em matérias de previsão microbiológica e de precificação dinâmica, abordando o conceito de sistema de apoio à decisão.

No capítulo 3, além de sistematizados os hortícolas que constituirão o presente estudo e respetivo sistema de apoio à decisão proposto, é elaborada uma descrição da metodologia adotada a empregar na criação da referida ferramenta, em termos de previsão de validade e de precificação dinâmica, dando a conhecer os respetivos pressupostos e limitações.

O quarto capítulo é inteiramente dedicado à criação do sistema de apoio à decisão, justificando a escolha da plataforma sobre a qual é desenvolvido, descrevendo todas as suas funcionalidades e os recursos da plataforma utilizados que possibilitam essas mesmas funcionalidades. De referir que a elaboração da ferramenta é descrita por área funcional da mesma.

No quinto capítulo são expostos, por amostragem, os resultados obtidos em termos de previsão de validade dos hortícolas estudados, analisando o efeito das três variáveis que determinam essa mesma validade. No mesmo capítulo, é ainda apresentada uma discussão dos mesmos resultados, efetuando uma comparação entre os valores obtidos no estudo e os recolhidos na literatura científica.

As considerações finais encontram-se esquematizadas no capítulo 6, incluindo críticas ao presente estudo e sugestões para investigações futuras.

Por fim, enumeram-se as referências bibliográficas citadas e apresentam-se os anexos referidos ao longo desta dissertação.

## **2. Estado da Arte**

### **2.1. Introdução**

No âmbito do 2º e 12º Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela ONU para o ano 2030, o presente capítulo vem apresentar a contextualização necessária para a compreensão da problemática abordada nesta dissertação.

Como tal, ao longo deste capítulo, é realizada, de forma aprofundada, uma revisão bibliográfica relativa ao desperdício alimentar, apresentando as definições necessárias à compreensão do tema, dados factuais, causas e consequências do desperdício alimentar, com especial incidência no setor do retalho e nos indissociáveis produtos hortícolas e frutícolas, tendo por base os dados apresentados por várias instituições e autores recolhidos durante a pesquisa.

Como condicionante da qualidade de hortofrutícolas aquando da sua distribuição, apresentam-se, sumariamente, as principais medidas de higiene e segurança alimentar a adotar bem como a legislação relativa em vigor, de modo a minimizar os perigos – também estes apresentados – ao consumidor final dos hortofrutícolas.

Por fim, já em jeito de “ponte” para a construção da ferramenta idealizada de apoio ao pequeno retalhista, é feita a introdução ao conceito de Sistema de Apoio à Decisão, sendo posteriormente recolhidos alguns modelos matemáticos pertinentes, elaborados por diversos autores, de precificação ótima em função da deterioração de inventários, bem como de previsão microbiológica/de validade de bens alimentares.

### **2.2. Desperdício Alimentar**

#### **2.2.1. Nota introdutória**

“O Parlamento Europeu manifesta a sua preocupação pelo facto de, diariamente, uma quantidade considerável de alimentos, mesmo sendo perfeitamente consumível, ser tratada como resíduos, e considera que o desperdício de alimentos representa um

problema ambiental e ético e tem custos económicos e sociais, o que coloca desafios no contexto do mercado interno, tanto para as empresas como para os consumidores; convida, portanto, a Comissão a estudar as razões que levam a deitar fora, desperdiçar e depositar em aterros na Europa anualmente cerca de 50% dos alimentos produzidos, e a zelar por que seja efetuada uma análise precisa dos desperdícios e uma avaliação das repercussões económicas, ambientais, nutricionais e sociais; solicita igualmente à Comissão que elabore medidas concretas destinadas a reduzir para metade o desperdício alimentar até 2025 e, paralelamente, a prevenir a produção de resíduos alimentares.” (Parlamento Europeu, 2011).

De acordo com a Resolução do Parlamento Europeu a 30 de novembro de 2011, é necessário que todos os intervenientes da cadeia agroalimentar sejam sensibilizados para a importância da temática, visando a identificação das diferentes causas de desperdício alimentar. Para tal, torna-se fulcral analisar todas as etapas e setores responsáveis pela cadeia de abastecimento alimentar, detetando quais os que geram mais desperdícios e combatendo esses desperdícios na fonte.

### **2.2.2. Conceitos associados**

A cadeia de aprovisionamento, abastecimento ou distribuição alimentar compreende todos as etapas que um bem alimentar atravessa, desde que é produzido, até chegar ao prato do consumidor (Ghamrawy, 2019). Durante todo este ciclo, bens alimentares sofrem de perda ou são desperdiçados, desde a fase da produção, passando pelas fases de processamento e distribuição, até atingir o consumo. Torna-se, neste momento, imprescindível fazer a distinção entre os conceitos de perda alimentar e desperdício alimentar:

- **Perda alimentar** é a diminuição da quantidade ou qualidade dos alimentos resultante de decisões e ações dos intervenientes primários da cadeia alimentar. A perda alimentar ocorre desde as fases de produção ao processamento do bem alimentar, antes de este atingir a forma de produto final como é apresentado ao consumidor. Exclui-se, portanto, o transporte, retalho e o consumidor final (FAO *et al.*, 2019). A perda alimentar pode ocorrer devido a problemas em qualquer uma das fases da cadeia de valor do alimento. Também pode ser devida a problemas nos mercados, instituições e políticas internas inerentes aos intervenientes primários da cadeia de abastecimento (Ghamrawy, 2019).

- **Desperdício alimentar** é a diminuição da quantidade ou qualidade dos alimentos resultante de decisões e ações dos intervenientes finais da cadeia alimentar, como é o caso de prestadores de serviço (e.g. transporte), retalho e o consumidor final (FAO *et al.*, 2019). Ghamrawy (2019) define desperdício alimentar como um problema comportamental, uma vez que advém de hábitos ou costumes de retalhistas ou consumidores em deixarem caducar o prazo de validade de consumo de bens alimentares ou, pura e simplesmente, descartarem-se dos alimentos que ainda se encontram em estado próprio para consumo humano.

Segundo a FAO (2011), as perdas alimentares são mais características de países em desenvolvimento e ocorrem nas primeiras etapas da cadeia de aprovisionamento alimentar, resultado de limitações financeiras e estruturais nas técnicas de colheita (e.g. não existência de medidas de combate a pragas), limitações infraestruturais de transporte e de armazenamento, combinadas com as condições climáticas que favorecem a deterioração dos alimentos. No entanto, consideráveis perdas alimentares também ocorrem em países industrializados, nas fases primárias da cadeia de aprovisionamento alimentar.

Já a prática de desperdício alimentar é mais recorrente em países de médio/alto rendimento *per capita*. Nestes países, o desperdício alimentar (definido pela FAO, em 2013, como “perdas evitáveis”) resulta da combinação da falta de coordenação, planeamento e diálogo dos diferentes intervenientes da cadeia de abastecimento aquando da distribuição (e.g. embalagens desproporcionais ou má rotulagem) com o comportamento despreocupado do consumidor – deficiente interpretação dos prazos de validade e atitude consumista aquando da aquisição de bens alimentares em quantidades exageradas face às reais necessidades. Outros fatores apontados ao desperdício alimentar em países desenvolvidos são a imposição de regulamentação referente à comercialização de bens alimentares ou, pura e simplesmente, motivos estéticos, que resultam no descarte de grandes quantidades de alimentos perfeitamente comestíveis (Jesus, 2017). Nos países em desenvolvimento, o desperdício alimentar também existe, ainda que de forma pouco acentuada, ao longo das fases finais da cadeia de aprovisionamento, tornando-se vestigial na etapa do consumo. A FAO estima que o desperdício alimentar *per capita* dos habitantes da Europa e da América do Norte se cifra entre os 95kg e os 115kg anuais, enquanto esse valor se situa entre apenas 6kg e 11kg por ano para os habitantes da África subsariana e sudeste asiático (FAO, 2011). Na Figura 1 são expostas as perdas e desperdícios alimentares através da cadeia de abastecimento alimentar.

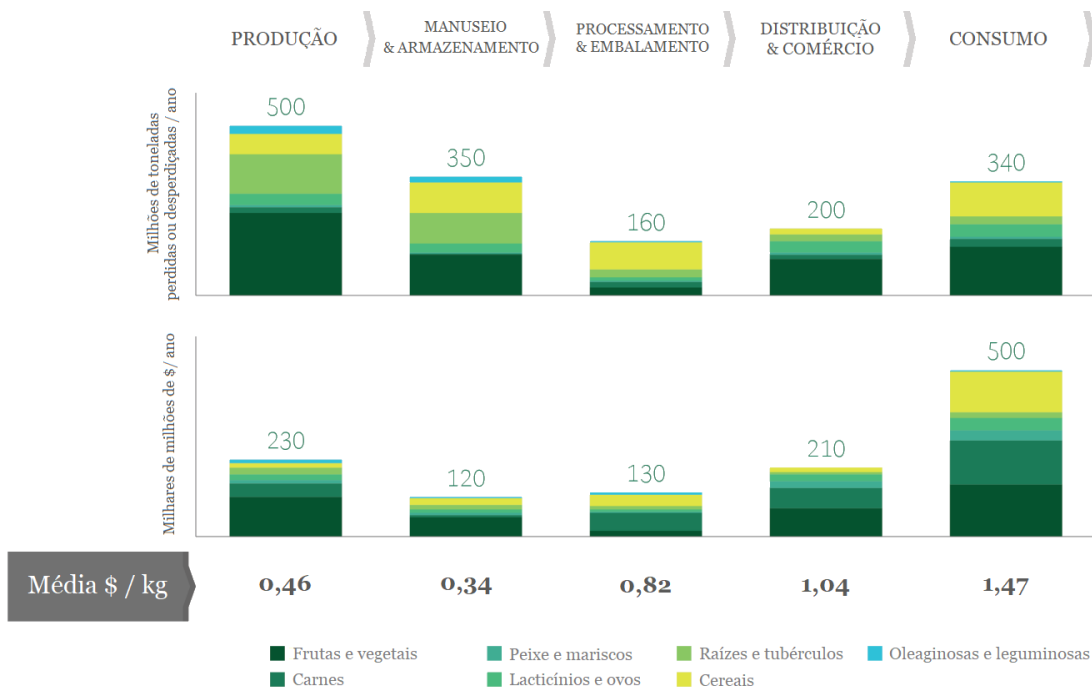


Figura 1 - Perda e desperdício alimentar através da cadeia de abastecimento alimentar (FAO, 2011 *apud* BCG, 2018).

### 2.2.3. Causas do Desperdício Alimentar

As perdas ou desperdícios ocorrem durante as várias etapas da cadeia de abastecimento alimentar, estando intimamente associados aos processos de armazenamento, conservação, transporte e consumo de alimentos. Inerente a este fator, existe ainda o quociente da legislação alimentar associada, que visa proteger a saúde humana, mas que suscita inevitavelmente o aumento do desperdício alimentar (FAO, 2011).

De acordo com Campos *et al.* (2012), a ocorrência de perdas e desperdícios alimentares é diretamente proporcional ao tamanho da completa cadeia de abastecimento e consumo alimentar. Isto é, quanto maior for a cadeia de abastecimento, maior a distância entre o produtor do alimento e o consumidor do mesmo: maior o número de operações, etapas e mecanismos envolvidos e, conseqüentemente, maior a deterioração dos produtos alimentares. Ao longo de toda a cadeia de abastecimento e consumo alimentar, a ocorrência de perdas e desperdício é devida a vários fatores:

- Na etapa de **produção**, as perdas alimentares são devidas, principalmente, a condições climáticas adversas e as doenças ou pragas que afetam as culturas. As pressões exercidas pelos mercados internos também podem ser apontadas

como fator de desperdício alimentar na primeira etapa da cadeia de abastecimento: Os preços de venda ao público de certos bens alimentares ou a falta de escoamento dos mesmos tornam inviáveis, do ponto de vista financeiro, todos os custos de produção, colheita e armazenamento que os produtores têm de suportar. Então, numa instância final, estes intervenientes primários optam por nem sequer colher alguns dos bens cultivados, a fim de minimizar os custos associados (Campos *et al.*, 2012);

- Na etapa do **processamento**, as perdas alimentares prendem-se principalmente com falta a falta de cuidados no transporte, manuseamento, calibração e embalagem dos produtos alimentares, além de técnicas pouco eficientes de conservação, refrigeração e armazenamento (Pereira, 2014);
- Na etapa de **distribuição/comercialização**, muitas das perdas ou desperdícios verificados devem-se a danos provocados nos alimentos durante o transporte, erros nas entregas, produtos com o prazo de validade expirado ou embalagens desapropriadas ou deficientes (Campos *et al.*, 2012), para além de deficientes condições de refrigeração, tanto ao nível da temperatura, como de humidade do ar no ambiente de conservação. Segundo a DECO (Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor), os consumidores abstêm-se de adquirir bens alimentares muitas vezes pelo facto de estes apresentarem defeitos, danos físicos, elevado estado de conservação ou degradação, ou por se ter ultrapassado o prazo de validade (DECO, 2013);
- Na etapa final da cadeia de aprovisionamento alimentar – **consumo** –, o desperdício alimentar pode ser explicado por uma imensidão de causas: A falta de informação por parte do consumidor no que toca a datas de validade dos alimentos – Campos *et al.* (2012) afirmam que a falta de conhecimento por parte dos consumidores em relação aos prazos indicados para o consumo leva à rejeição e descarte de alimentos, assim como alimentos em perfeito estado de maturação mas que possuem uma textura pouco apelativa; A falta de sensibilização dos consumidores relativamente ao planeamento das compras e das refeições diárias, que resultam no descarte de alimentos em perfeito estado para consumo, assim como o mau armazenamento e conservação destes bens (Pereira, 2014).

#### **2.2.4. Impactes do Desperdício Alimentar**

Para além dos impactes económicos, é sabido que a produção, processamento, distribuição, consumo e descarte alimentar acarretam importantes consequências

ambientais, não só devido à necessidade de consumo energético e de recursos naturais, mas também à emissão de gases de efeito estufa (GEE). Genericamente falando, os impactos ambientais são mais sentidos na fase de produção dos alimentos. No entanto, além desta tendência geral, os padrões de descarte e desperdício geram resíduos alimentares em todo o mundo. Num contexto de crescentes fluxos comerciais à escala mundial, a intensidade dos impactos das perdas ou desperdícios alimentares é dada através das características das infraestruturas agrícolas coadunadas com a região do globo em que se inserem. Ou seja, torna-se necessário avaliar a problemática por níveis regionais e por género alimentício, de modo a capturar as suas especificidades e traçar a imagem global dos impactos ambientais inerentes ao desperdício alimentar (FAO, 2013).

Importa, nesta fase, definir e salientar os diferentes domínios sujeitos e sob os quais se avaliarão os impactos inerentes ao fenómeno do desperdício alimentar, como sejam a pegada de carbono, a pegada hídrica, a biodiversidade e os impactos económicos.

- Pegada de carbono:** A pegada de carbono de um produto é a quantidade total de GEE que este emite ao longo do seu ciclo de vida, expresso em quilogramas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono). São incluídas as emissões de GEE durante o período agrícola, incluindo as provenientes do uso de energia no cultivo e emissões não relacionadas à energia, como CH<sub>4</sub> (metano) e N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), de solos e gado. As emissões referentes à afetação, reafecção de solos e silvicultura (LULUCF) não são contabilizadas no estudo efetuado pela FAO (2013), relativo à pegada de carbono associada ao desperdício alimentar, ilustrado pelas Figuras 2 e 3 (FAO, 2013):

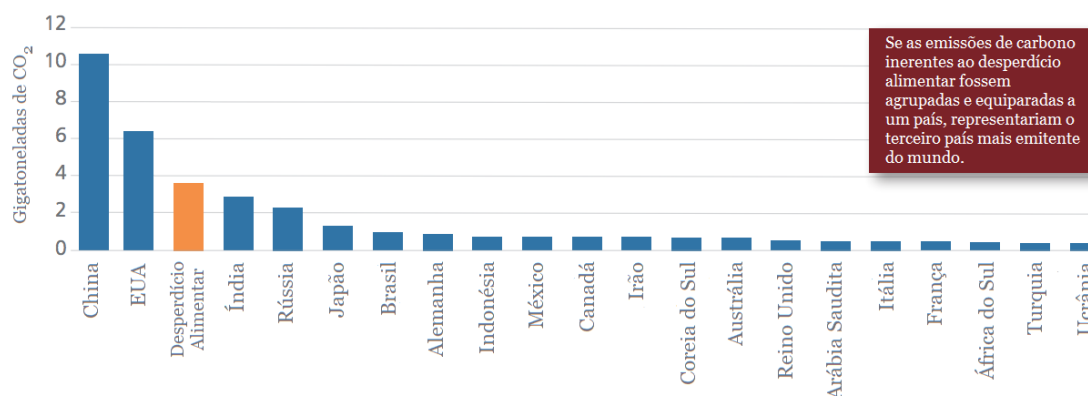


Figura 2 - Os 20 países com maior emissão de GEE no ano de 2011 *versus* Emissão de GEE inerentes ao desperdício alimentar (FAO, 2013).

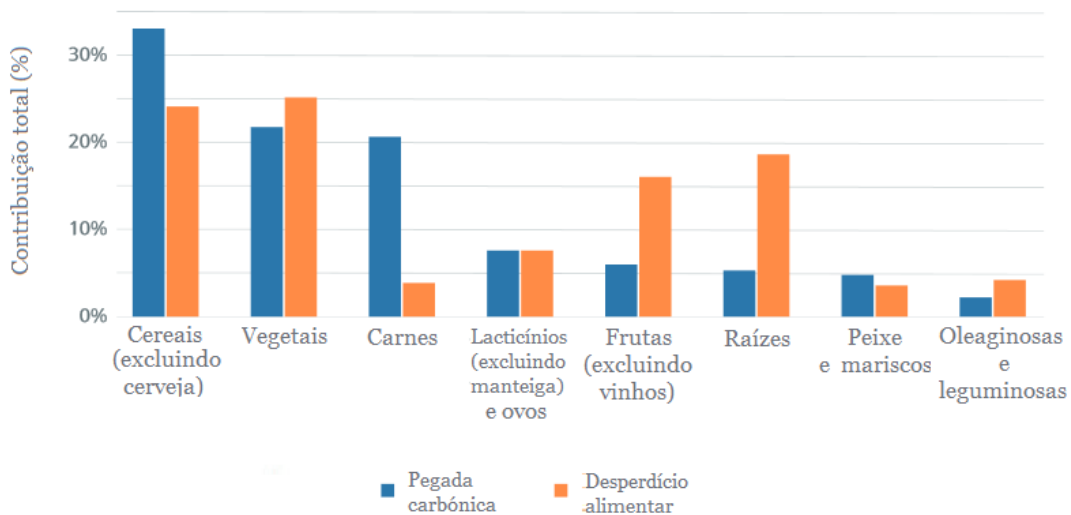


Figura 3 - Contribuição de cada gênero alimentício à pegada de carbono e ao desperdício alimentar (FAO, 2013).

- Pegada hídrica:** A publicação *The water footprint of humanity*, elaborada por Hoekstra e Mekonnen (2012), indica que 92% da pegada humana nos recursos hídricos mundiais se deve à produção de produtos alimentares. Os mesmos autores definem pegada hídrica de um bem alimentar como o volume total de água que é usado, direta ou indiretamente, para produzir esse bem. Pegada hídrica da produção alimentar pode ser ainda dividida em 3 parcelas: pegada hídrica azul, referente ao volume de água superficial ou subterrâneo consumido (ou evaporado) na produção de um bem; pegada hídrica verde, referente à água da chuva consumida por esse bem; pegada hídrica cinzenta, referente ao volume de água necessário para diluir poluentes, calculado teoricamente com base nos padrões de qualidade da água existente no ambiente. O estudo elaborado pelo FAO (2013), ilustrado nas Figuras 4 e 5, centra-se nas repercussões da pegada hídrica azul destinada à irrigação na agricultura, devido às suas potenciais consequências ambientais, nomeadamente o esgotamento de reservas hídricas, salinização ou desertificação de solos.

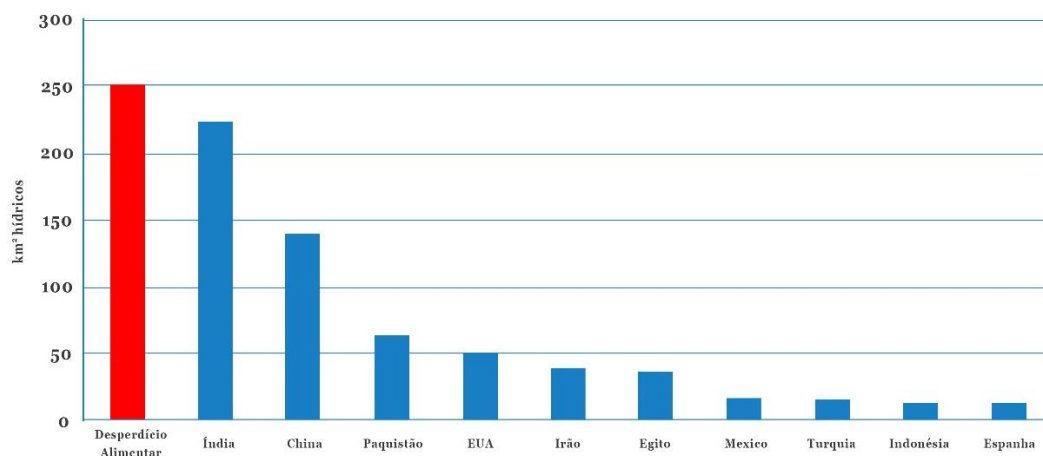


Figura 4 - 10 maiores países em termos de pegada hídrica azul agrícola *versus* pegada hídrica azul inerente ao desperdício alimentar, entre os anos de 1996 e 2005 (FAO, 2013).

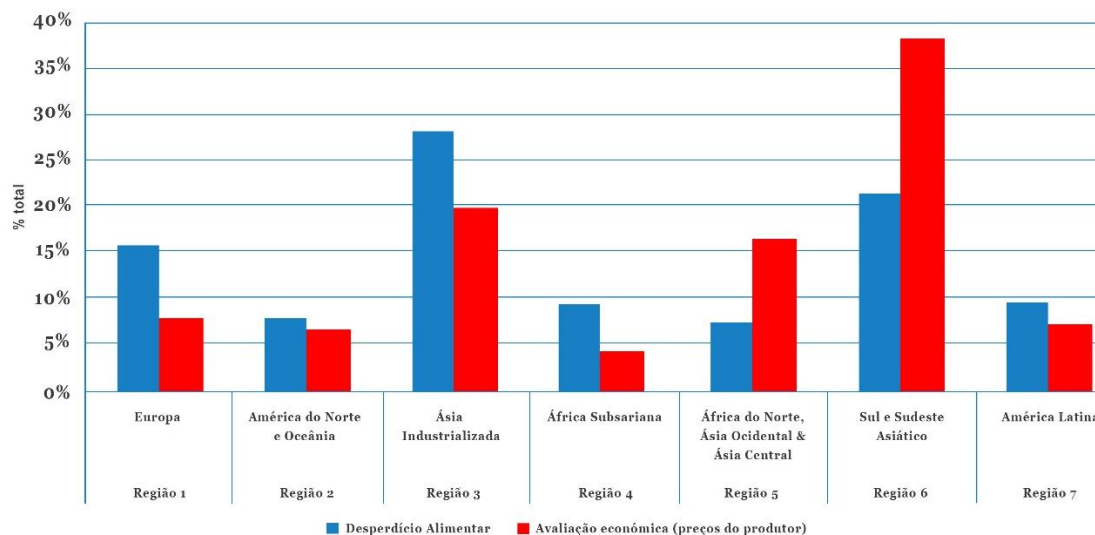


Figura 5 - Contribuição de cada região geográfica ao desperdício alimentar e à pegada hídrica azul (FAO, 2013).

- Impacte na biodiversidade:** A biodiversidade compreende toda a diversidade da vida na Terra, desde genes, espécies, a ecossistemas. O estudo realizado pela FAO (2013) indica que o impacto do desperdício alimentar na biodiversidade incide apenas na fase de produção de bens alimentares, não só porque, ao contrário do que acontece nas restantes categorias de impactes ambientais, o desperdício alimentar não poder ser diretamente apontado como promotor de consequências ambientais na biodiversidade terrestre, mas também por se considerar que os impactes da primeira fase da cadeia de aprovisionamento são consideravelmente mais gravosos para o meio ambiente que o descarte de bens

alimentares. Os impactos da atividade agrícola sentem-se tanto ao nível dos ecossistemas (e.g. desflorestação), mas também a nível de espécies, com a lista de mamíferos, aves e anfíbios cuja extinção é exortada através de práticas agrícolas. Nas Figuras 6 e 7 são representadas as implicações da atividade agrícola a nível de desflorestação e de espécies animais.

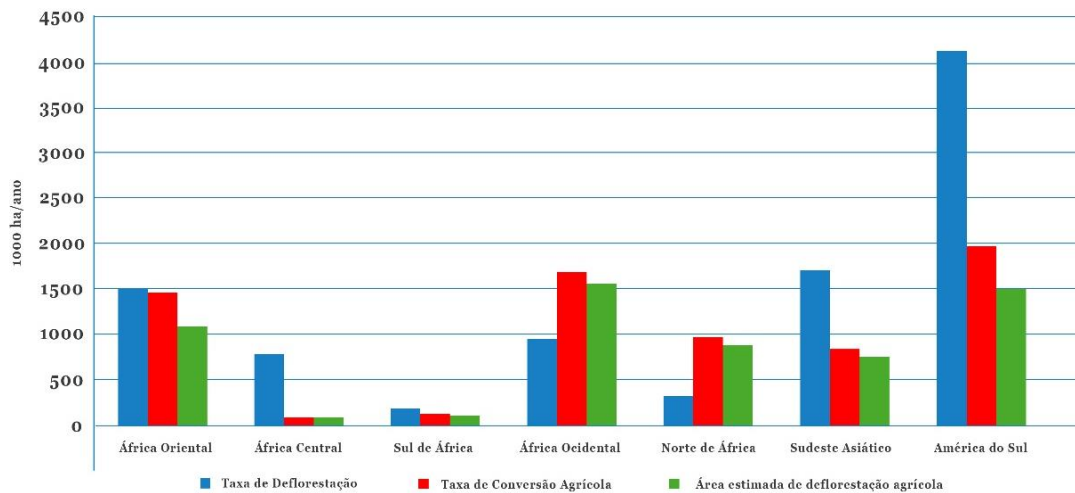


Figura 6 - Área florestal máxima convertida a áreas agrícolas, desde 1990 até 2010, em regiões onde ocorreu deflorestação (FAO, 2013).

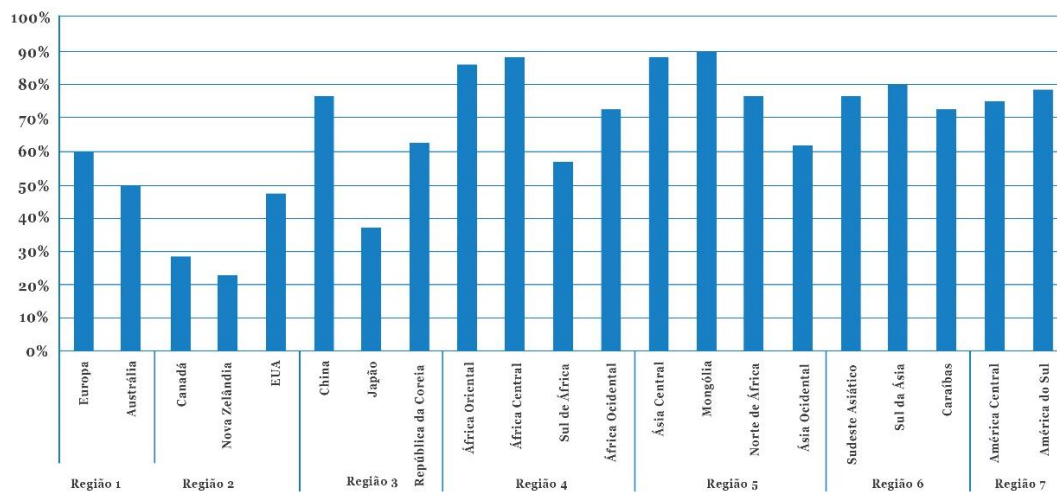


Figura 7 - Percentagem de espécies de mamíferos, aves e anfíbios em vias de extinção, ameaçados pela atividade agrícola (FAO, 2013).

- Impacte económico:** Além dos custos a nível ambiental, o desperdício alimentar também acarreta perdas económicas, já referidas anteriormente. Todos os anos, 1,6 mil milhões de toneladas de bens alimentares são desperdiçados, correspondendo a um valor próximo de 1,5% do PMB, sendo que se estima o crescimento destes valores para o ano de 2030: A quantidade de perdas e desperdícios alimentares fixar-se-á em 2,1 mil milhões de toneladas, avaliados em 1,36 biliões de euros (BCG, 2018). Nas Figuras 8 e 9, relaciona-se o desperdício alimentar com as perdas económicas que lhe são inerentes.

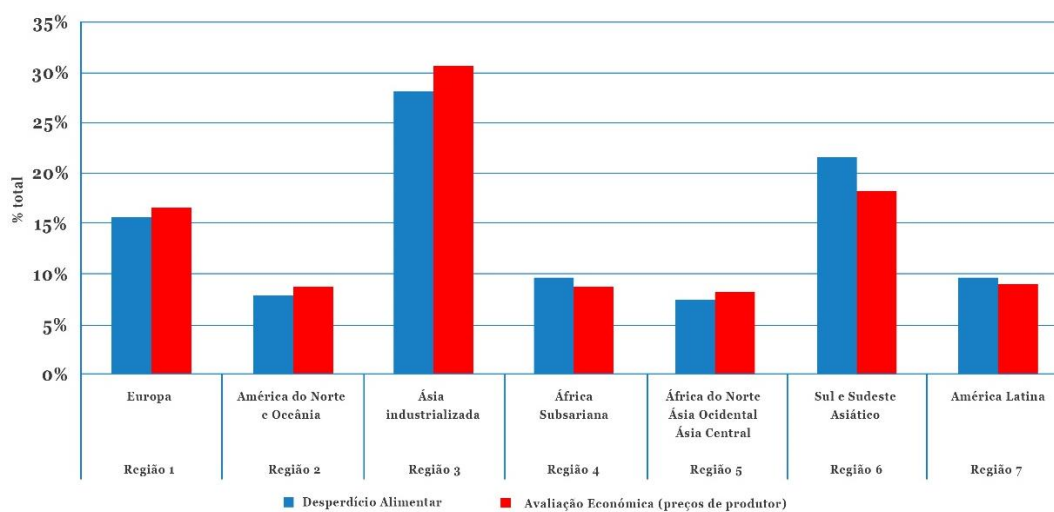


Figura 8 - Contribuição de cada área geográfica ao desperdício alimentar e consequentes perdas económicas (FAO, 2013).

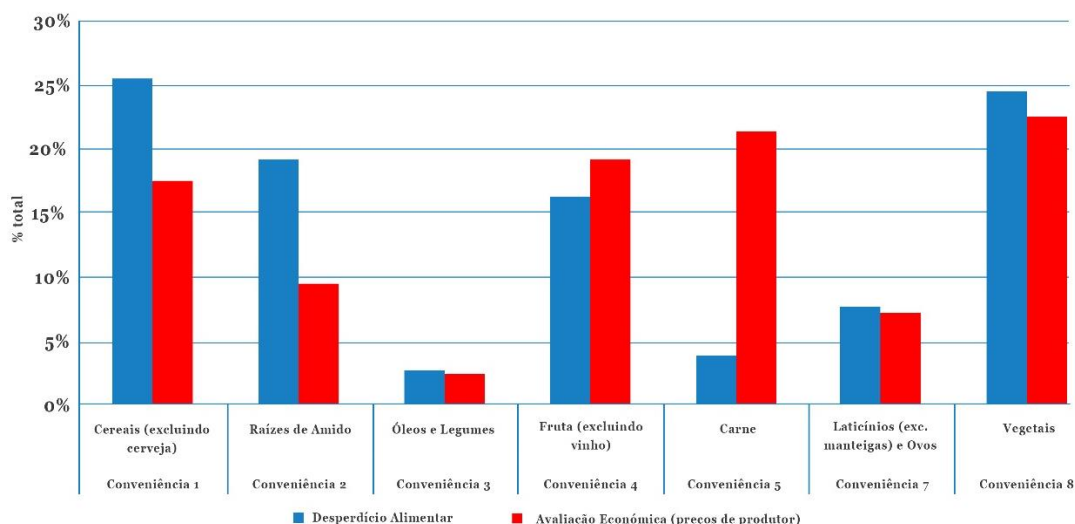


Figura 9 - Contribuição de cada género alimentício ao desperdício alimentar e consequentes perdas económicas (FAO, 2013).

### **2.2.5. Desperdício Alimentar na Distribuição a Retalho**

Quando os bens alimentares se destinam ao consumo por parte do agente final da cadeia de aprovisionamento alimentar, vários são os intervenientes no processo de distribuição: produtores, indústria de transformação (quando aplicável), distribuidores e retalhistas. Como referido anteriormente, e de acordo com o estudo realizado pela FAO em 2011, é nas fases de distribuição, retalho e consumo que ocorrem as maiores perdas evitáveis de produtos alimentares. O retalho assume a função de intermediário da cadeia de distribuição, uma vez que assegura o elo de ligação dos bens alimentares diretamente com os seus consumidores finais (Pereira, 2014).

É na etapa de venda ao público que se procura estabelecer a ligação entre a procura de um produto e a oferta do mesmo. A procura está condicionada por fatores como o a sazonalidade de produtos, o clima ou o *marketing* associado a campanhas de promoção. Aquando destas últimas, dá-se o aumento da procura por parte do consumidor em relação ao produto em promoção, o que resulta numa maior facilidade no escoamento do produto, mas também numa maior dificuldade na gestão de *stocks* do mesmo e numa maior pressão contratual para o escoar. Por sua vez, o distribuidor ou retalhista opta por ter uma maior disponibilidade de produto, acabando por adotar um *stock* extraordinário de mercadorias. Como resultado, o recurso a campanhas promocionais junto dos consumidores pode materializar-se em efeitos perversos no que toca a desperdício alimentar, uma vez que induz retalhistas e, numa instância final, consumidores à aquisição excessiva e por vezes desnecessária de um determinado produto alimentar (Campos *et al.*, 2012).

Na Europa a 28, estima-se que 88 milhões de toneladas de alimentos sejam desperdiçados anualmente. Desse valor, uma fatia de 5% diz respeito ao desperdício no setor de distribuição a retalho (Stenmarck *et al.*, 2016).

De acordo com um estudo de caso realizado na Alemanha em 2012, o setor do retalho contribui em cerca de 3% para o desperdício alimentar total do país. Na Suécia, esse valor ronda os 3,8%. Apesar do contributo do retalho ao desperdício na Suécia ser aparentemente pequeno, a quantidade desperdiçada deve considerar-se ainda elevada, tendo em conta o reduzido número de retalhistas existentes no país. Estimativas realizadas noutros países europeus evidenciam que o desperdício alimentar no setor do retalho, para diferentes géneros alimentícios, também se situe entre os 0 e os 10% (Eriksson, 2012).

Dados acerca de perdas e desperdícios na cadeia de aprovisionamento portuguesa, constantes no relatório “Do Campo ao Garfo. Desperdício Alimentar em Portugal” realizado em 2012, estimam que, em Portugal, cerca de 17% dos alimentos produzidos para consumo humano, são perdidos ou desperdiçados, correspondendo a cerca de 1 milhão de toneladas de bens alimentares por ano (Campos *et al.*, 2012). Este valor global resulta da soma de perdas e desperdício nas diferentes etapas da cadeia de aprovisionamento, sendo que é nas fases iniciais e finais da cadeia que incide a quase totalidade desse valor, como ilustrado na Figura 10:



Figura 10 - Perdas e desperdícios alimentares anuais na cadeia de aprovisionamento em Portugal (Campos *et al.*, 2012).

Deste modo, evidencia-se que, em Portugal, o setor da distribuição a retalho é responsável por 298 milhares de toneladas de alimentos desperdiçados, valor correspondente a 28,9% do desperdício alimentar total da cadeia de aprovisionamento. Um valor bastante superior à média europeia, tornando-se, portanto, urgente a adoção de medidas ativas que permitam mitigar esta realidade.

### **2.2.6. Desperdício de produtos hortofrutícolas**

Dentro dos produtos agrícolas que são manuseados em natureza, em estado metabolicamente ativo, as frutas e hortaliças – produtos hortofrutícolas – destacam-se pela sua perecibilidade e pela importância que a aparência de frescura tem na sua qualidade. As características morfológicas, anatómicas, fisiológicas e a sua composição química, tornam a maior parte dos produtos hortofrutícolas muito perecíveis e ditam, inevitavelmente, a sua propensão a serem escoados junto ao consumidor (Almeida, 2005).

Os produtos hortofrutícolas desempenham um papel na imagem dos estabelecimentos de distribuição a retalho muito superior ao seu peso no volume de negócios. Isto porque,

enquanto para outras mercadorias, incluindo géneros alimentícios processados, se podem encontrar as mesmas marcas em diferentes estabelecimentos comerciais, a qualidade dos produtos frescos – incluindo frutas e hortaliças – pode marcar a diferença, tornando-se numa vantagem competitiva do distribuidor perante a concorrência (Almeida, 2005).

Nas regiões industrializadas, as perdas de hortofrutícolas são características da fase de produção. Este facto deve-se, principalmente, à qualidade padrão pós-colheita dos alimentos estabelecida e exigida pelos distribuidores. No final da cadeia de aprovisionamento, os resíduos hortofrutícolas também são substanciais nas regiões industrializadas, com 15 a 30% das compras destes géneros alimentícios a serem descartadas pelos consumidores (FAO, 2011).

Nas regiões em desenvolvimento, nas perdas hortofrutícolas totais ao longo de toda a cadeia alimentar, predominam as perdas na etapa de produção. No entanto, as perdas nas etapas pós-colheita e distribuição também são severas, o que pode ser explicado pela deterioração dos alimentos perecíveis devido ao clima quente e húmido de muitos países em desenvolvimento, bem como pela sazonalidade (FAO, 2011). Na Figura 11 caracterizam-se as perdas e desperdícios alimentares por cada área geográfica do globo.

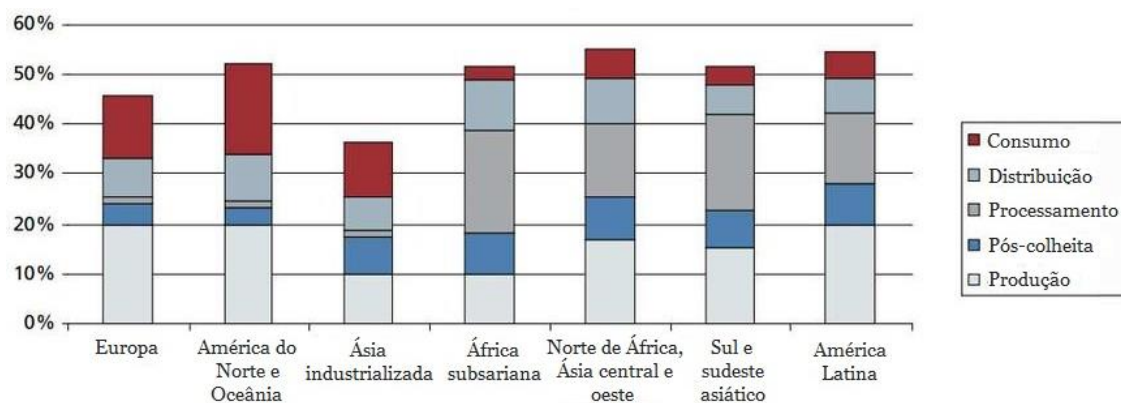


Figura 11 - Perdas ou desperdícios de alimentos hortofrutícolas ao longo de toda a cadeia de aprovisionamento, de acordo com a região geográfica (FAO, 2011).

As perdas verificadas no processo de produção acontecem principalmente devido a fatores meteorológicos, doenças e pragas que afetam as culturas (Pereira, 2014). No setor hortofrutícola, os desperdícios verificados ocorrentes nas etapas de produção e processamento são endereçados à indústria de transformação. A indústria dos concentrados de fruta faz o reaproveitamento das hortaliças ou frutas que não

apresentam as condições necessárias a serem comercializadas. Assim, são transformados em polpa ou néctar os hortofrutícolas que não podem ser escoados diretamente no mercado dos frescos, provenientes de produções elevadas, calibres não comercializáveis, estados de maturação excessivos, podridão ou produtos com aparência deficiente (Campos *et al.*, 2012).

Na indústria de transformação, as perdas hortofrutícolas são reduzidas. Apenas os hortofrutícolas que, por algum motivo, apresentem danos físicos ou qualidade muito deficiente são encaminhados para alimentação animal, produção de vinagre ou destilados, podendo também ser encaminhados para serviços de gestão de resíduos ou centrais de compostagem (Campos *et al.*, 2012).

No caso da fruta, por se tratar de um produto fresco e sazonal, as perdas acontecem maioritariamente na etapa de distribuição e consumo, principalmente quando se verifica a saturação do mercado relativamente a um determinado fruto (Pereira, 2014).

As frutas e os legumes são, um pouco por todo o mundo, responsáveis pela maior percentagem de desperdício no setor do retalho. Nos Estados Unidos, a percentagem de desperdício de frutas frescas aquando da distribuição fixa-se entre os 11,4% e os 12%. Estima-se que o Brasil apresente um desperdício de hortofrutícolas no retalho de 8,8%. Para a Noruega, a mesma taxa fixou-se em 3,4% durante o ano de 2011 (Eriksson, 2012 *apud* Pereira, 2014). Em Portugal, estima-se que sejam desperdiçados anualmente 280 milhares de toneladas de produtos hortícolas (sendo que destes, cerca de 60 mil toneladas são referentes à etapa de distribuição) e 150 milhares de toneladas de frutícolas (cerca de 74 milhares de toneladas aquando da distribuição), como constatável nas Figuras 12 e 13 (Campos *et al.*, 2012).

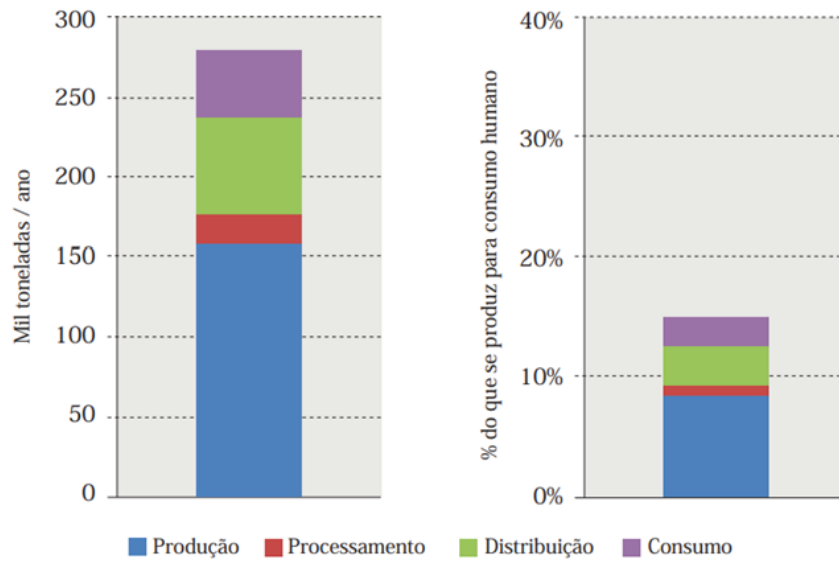


Figura 12 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento de hortícolas em Portugal (Campos *et al.*, 2012).

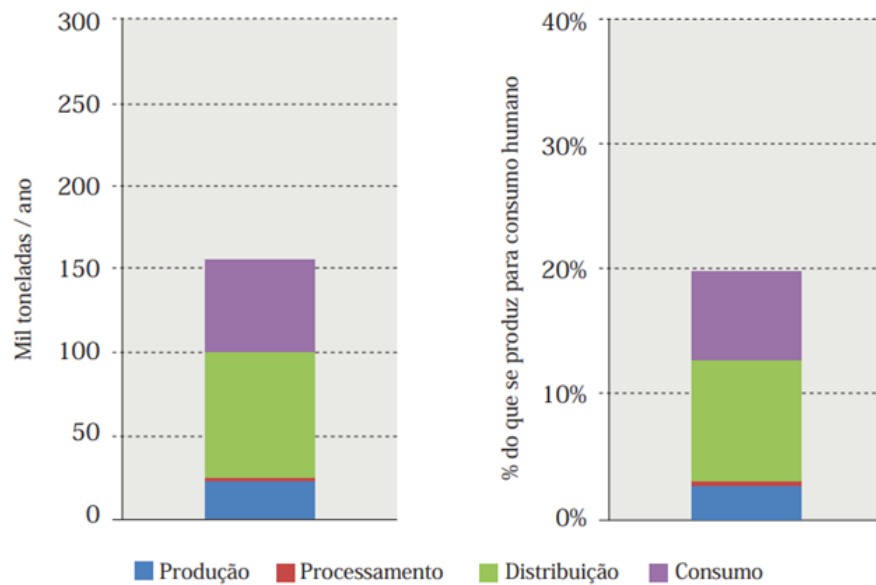


Figura 13 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento de frutícolas em Portugal (Campos *et al.*, 2012).

## **2.3. Higiene e Segurança Alimentar na distribuição de produtos hortofrutícolas**

### **2.3.1. Nota introdutória**

Estima-se que, em 2019, 9,7% da população mundial tenha sido exposta a alimentos em estado severamente impróprio para consumo (FAO, 2020).

O conceito de perigo em alimentos é definido pela *Codex Alimentarius Commission* (2003) como qualquer propriedade biológica, física ou química, que possa tornar um alimento prejudicial para consumo humano, ou seja, que possa comprometer a segurança alimentar.

Ao longo de todas as fases da cadeia de aprovisionamento alimentar, desde a etapa produtiva de um bem alimentar até ao momento final em que este é consumido, a responsabilidade de assegurar a segurança do mesmo recai sobre todos os intervenientes da cadeia, nas fases em que respetivamente intervêm. Relativamente à distribuição e comercialização de alimentos, são responsáveis os intervenientes diretos nestas etapas da cadeia, isto é, os agentes que operam no transporte de alimentos e os retalhistas, bem como intervenientes indiretos, como sejam os equipamentos de frio para a conservação de alimentos nos pontos de venda ao consumidor (Gaspar *et al.*, 2009).

O estado de qualidade de produtos alimentares aquando da sua comercialização revela-se importante na saúde dos consumidores, sendo que este facto já se encontra largamente difundido no comportamento do consumidor (Almeida, 2005). Assim, a minimização das ocorrências com impacte para o consumidor deve constituir uma preocupação para todos intervenientes na cadeia de aprovisionamento alimentar, desde o produtor até ao consumidor. Nesta cadeia, o transporte e a distribuição de produtos alimentares é muitas vezes um dos elos mais fracos na garantia da segurança alimentar (Baptista *et al.*, 2006).

A distribuição de produtos hortofrutícolas, como bens alimentares perecíveis, apresentam especificidades cujo conhecimento por parte dos intervenientes finais da cadeia de distribuição se torna indispensável e que irão ditar a propensão do escoamento destes produtos junto do consumidor final. Nestas incluem-se, naturalmente, todos os aspetos relacionados com as boas práticas de higiene na manipulação e conservação de

produtos alimentares, aliados à legislação aplicável, imposta pelas entidades reguladoras da atividade (Baptista *et al.*, 2006).

A presente secção dedica-se precisamente à descrição, de forma sumária, dessas mesmas especificidades, sendo, numa fase inicial, respetivas à generalidade dos produtos alimentares, enfocando-se posteriormente nos produtos hortofrutícolas.

### **2.3.2. Perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar**

Existem três etapas principais no que respeita à distribuição de produtos alimentares: Transporte; Armazenamento; Colocação do produto à disposição do consumidor no ponto de venda. Em anexo – Anexo I –, para cada uma destas etapas, são identificados, de forma genérica, os principais perigos inerentes, identificando igualmente as situações que os originam, bem como um conjunto de práticas relevantes para controlar esses perigos (Mercantila Publishers, 1989).

### **2.3.3. Principais perigos associados a produtos hortofrutícolas**

Os produtos hortofrutícolas estão sujeitos a perigos de natureza física, química e microbiológica, passíveis de comprometer a sua segurança alimentar.

Os problemas de contaminação física são inerentes à natureza dos hortofrutícolas e à forma como são comercializados: Os produtos comercializados em fresco são mais suscetíveis a este tipo de contaminação, especialmente quando são comercializados em embalagens que não protegem completamente os alimentos de contaminações externas. Nestes casos em particular, a aliar a eventuais contaminações físicas que os hortofrutícolas possam apresentar, estes estão também sujeitos a contaminações exteriores de múltiplas origens (Baptista, 2006a).

Práticas de higiene e segurança alimentar inadequadas, quer na fase de pré-colheita, quer na fase pós-colheita de hortofrutícolas podem incorrer em contaminações químicas dos produtos. Durante a fase de produção, a aplicação de produtos fitossanitários não autorizados ou o desrespeito pelos períodos apropriados de aplicação de produtos fitossanitários antes da colheita dos alimentos, bem como a contaminação decorrente do contacto com água de rega, podem constituir perigos químicos a estes bens alimentícios (Baptista, 2006b).

Também os hortofrutícolas cuja fase de rega envolve contacto direto com água são mais propensos a contaminações microbiológicas. Este tipo de contaminação pode decorrer da utilização de água imprópria para rega, isto é, água que se encontre contaminada microbiologicamente. Também os hortofrutícolas que crescem mais próximo do solo são mais suscetíveis de perigos microbiológicos, por via do contacto com o próprio solo. As contaminações microbiológicas são as que, tipicamente, apresentam maiores enfermidades na saúde dos consumidores (Baptista, 2006b).

A fim de reduzir o nível de risco associado a qualquer um destes tipos de perigos, e em particular de contaminações físicas e microbiológicas, a realização de operações de limpeza, de lavagem e de desinfeção torna-se imperativa no decorrer das diversas etapas do processo de preparação dos produtos hortofrutícolas. No Anexo II enumeram-se as características das principais enfermidades causadas por bactérias em produtos hortofrutícolas (Baptista & Venâncio, 2003).

#### **2.3.4. Fatores envolvidos na deterioração de produtos hortofrutícolas**

A qualidade e segurança alimentar dos produtos hortofrutícolas começa antes da própria colheita: de modo a evitar a presença de resíduos químicos com potenciais implicações na saúde do consumidor, o cumprimento de boas práticas aquando da aplicação de produtos fitossanitários revela-se essencial. Relativamente às atividades pós-colheita, é necessário seguir-se o mesmo padrão de conduta, assegurando boas práticas de higiene e segurança no que respeita a hortofrutícolas, uma vez que estes produtos se comportam como produtos vivos, efetuando trocas com o meio envolvente. Este facto deve ser considerado na definição das condições adequadas de manuseamento de produtos, incluindo o seu transporte e armazenamento. Os principais fatores suscetíveis de gerar

diminuição de qualidade e, eventualmente, de segurança alimentar nos diversos grupos de produtos hortofrutícolas são enumerados na Tabela 1 (Kader & Kitinoja, 1995).

Tabela 1 - Principais factores de perda de qualidade de produtos hortofrutícolas (Kader & Kitinoja, 1995).

<b>Grupos de Produtos</b>	<b>Principais factores de perda de qualidade</b>
Hortaliças de raiz, bolbo e tubérculo (cenoura, beterraba, cebola, alho, batata, batata-doce)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos mecânicos</li> <li>• Cura incompleta</li> <li>• Abrolhamento</li> <li>• Perda de água</li> <li>• Podridões</li> <li>• Danos pelo frio (batata, batata-doce)</li> </ul>
Hortaliças de folhas (alface, espinafre, couves)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perda de água</li> <li>• Amarelecimento</li> <li>• Danos mecânicos</li> <li>• Taxa de respiração elevada</li> <li>• Podridões</li> </ul>
Hortaliças de inflorescência (alcachofra, couve-flor, brócolos)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos mecânicos</li> <li>• Descoloração</li> <li>• Perda de água</li> <li>• Queda de flores</li> </ul>
Hortaliças de frutos imaturos (pepino, courgette, beringela, feijão-verde, quiabo)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podridão</li> <li>• Sobrematuração à colheita</li> <li>• Perda de água</li> <li>• Danos mecânicos</li> <li>• Danos pelo frio</li> </ul>
Frutos maduros (tomates, melões, bananas, mangas, maçã, uva de mesa, ameixa, pêsego)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podridão</li> <li>• Danos mecânicos</li> <li>• Sobrematuração à colheita</li> <li>• Perda de água</li> <li>• Danos pelo frio (alguns casos)</li> <li>• Alterações da composição</li> </ul>

### **2.3.5. Boas práticas no armazenamento em frio de produtos hortofrutícolas**

No *Código Internacional de Boas Práticas de Higiene para as Frutas e Hortaliças Frescas* (CAC, 2003) evidenciam-se boas práticas especificamente relacionadas com o armazenamento refrigerado de produtos hortofrutícolas, a ter em conta aquando da distribuição dos mesmos:

- As frutas e hortaliças frescas devem ser mantidas a baixas temperaturas depois do arrefecimento, com o propósito de reduzir ao mínimo a proliferação bacteriana;
- A temperatura do armazenamento no frio deve ser vigiada e controlada;
- A água condensada e descongelada proveniente dos sistemas de arrefecimento em zonas de armazenamento refrigerado não deve cair sobre as frutas e hortaliças frescas;

- O interior dos sistemas de arrefecimento deve manter-se em condições higiénicas, convenientemente limpo;
- Relativamente a hortofrutícolas frescos pré-cortados, as baixas temperaturas devem ser mantidas, à semelhança do armazenamento, nas diversas fases da cadeia de aprovisionamento, a fim de reduzir ao mínimo o desenvolvimento microbiológico.

### **2.3.6. Legislação vigente relativa a produtos hortofrutícolas**

A qualidade e segurança alimentar dos produtos disponibilizados aos cidadãos da União Europeia continua a ser uma preocupação para as autoridades competentes dos vários estados-membros. Leis, Regulamentos e Diretivas – gerais e setoriais – controlam muitos aspetos da produção de alimentos, sendo frequentemente reforçados pelos governos nacionais através de regulamentos locais.

Em anexo (Anexo III) é identificada e sistematizada a principal legislação em matérias de distribuição de produtos hortofrutícolas, em vigor em Portugal.

Para além do ónus imputado aos diversos agentes da cadeia de aprovisionamento alimentar, em termos de segurança alimentar, o consumidor desempenha um papel fulcral no enraizamento de uma cultura próspera nesta matéria. No entanto, sem que o consumidor tenha noção da relevância que a norma de segurança alimentar acarreta na saúde pública, nunca poderá exigir o seu cumprimento, pelo que o seu conhecimento dessas normas deve ser fomentado.

## **2.4. Sistemas de Apoio à Decisão**

### **2.4.1. Nota introdutória**

A qualidade e o preço de um produto estiveram desde sempre associados. São duas variáveis que se correlacionam, uma vez que o decaimento da qualidade de um produto

leva à alteração, no mesmo sentido, do preço do mesmo, por forma a haver uma compensação.

Relativamente a produtos perecíveis, como é o caso dos hortofrutícolas, esta relação evidencia-se ainda mais, uma vez que se estima que 15% destes géneros alimentícios se desperdiçam na fase de retalho, muito por culpa de estratégias ineficazes de gestão de *stock* (Ferguson & Ketzenberg, 2005). Contudo, é possível minimizar estes números, escoando existências excessivas através de estratégias adequadas de mercado, como é o caso de modelos de precificação adequados. É nestas diretrizes que se enquadra a adoção, por parte de retalhistas, de um Sistema de Apoio à Decisão que optimize a precificação de produtos perecíveis em função do tempo acumulado de armazenamento, que dita, proporcionalmente, o decaimento da qualidade dos mesmos.

Um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) é um sistema que, utilizando uma interface interativa e sendo devidamente suportado por um modelo e uma base de dados, tem como fim apoiar o utilizador na tomada de decisão e potencializar as suas capacidades aquando dessa tomada de decisão (Turban *et al.*, 2007).

Nesta fase, rever-se-ão os principais modelos matemáticos e linhas de pensamento no que respeita a crescimento microbiológico, previsão de validade e respetiva precificação ótima de produtos perecíveis elaborados até à data por diversos autores, sendo enunciados os que mais se adequam à construção do sistema de apoio à decisão a retalhistas conforme o idealizado na presente dissertação.

#### **2.4.2. Modelos de Precificação e de Previsão de Validade**

O modelo desenvolvido por Wu *et al.* (2009) tem como objetivo a determinação do preço de venda ideal e da duração do ciclo de reabastecimento, de modo que o lucro total por unidade de tempo tenha o máximo valor possível para o retalhista.

Nos modelos tradicionais de inventário, são assumidas várias suposições que não representam a realidade no que respeita à gestão de *stocks*: os produtos armazenados apresentam uma vida útil infinita, não sofrendo deterioração; o nível de procura é independente do preço de venda, entre outras. Outros modelos assumem que os bens sofrem deterioração instantânea assim que são produzidos e o nível de inventário é reduzido devido à deterioração no início de cada ciclo de reabastecimento.

Em Wu *et al.* (2009), é apresentado um modelo de inventário de deterioração de bens não instantânea, coordenando políticas de reabastecimento e precificação com a elasticidade do preço consoante a procura. Através do modelo elaborado, os autores provam, numa primeira fase, que para qualquer que seja o preço de venda do produto, o valor ótimo da duração do ciclo de reabastecimento não só existe, como também é único. Seguidamente, provam que existe um único preço de venda que maximiza o lucro total por unidade de tempo, quando a duração do ciclo de reabastecimento é dada.

Para desenvolverem o modelo salientado, os autores partiram dos seguintes pressupostos:

- Apenas se considera um único bem, que padece de deterioração não instantânea;
- A taxa de reabastecimento é infinita e o *lead time* é nulo;
- A taxa de procura vem em função do preço de venda e a procura do produto é elástica;
- Não existem roturas de *stock*;
- Durante o período temporal fixado, a deterioração do inventário ocorre a uma taxa constante;
- Não existe substituição ou reparação das unidades deterioradas do bem durante o período temporal considerado;
- O horizonte temporal é infinito.

Tratando-se de produtos hortofrutícolas, como bens perecíveis que são, considera-se que o tempo de deterioração é menor do que o seu tempo de ciclo de reabastecimento. Dadas estas condições, a função objetivo do modelo construído por Wu *et al.* (2009) é dada pela expressão matemática apresentada pelas Equações 1 e 2:

$$Z1(p,T) = (\text{Receitas de venda} - \text{Custo de colocação de encomenda} - \text{Custo de manutenção de stock} - \text{Custo de aquisição da encomenda}) / T \quad (1)$$

$$= (p - c)D(p) - \frac{D(p)}{T} \left\{ \frac{ht_d}{\theta} [e^{\theta(T-t_d)} - 1] + \frac{ht_d^2}{2} + \frac{(h+\theta c)}{\theta^2} [e^{\theta(T-t_d)} - \theta(T-t_d) - 1] \right\} - \frac{A}{T} \quad (2)$$

O modelo baseia-se em variáveis de custo de aquisição, manutenção de *stock*, tempo de ciclo, quantidade de encomenda, coeficientes de deterioração e sensibilidade do produto na variação de preço. Aqui:

$\theta$  = taxa constante de deterioração;

$\alpha$  = parâmetro de procura dependente do tamanho de mercado;

$\beta$  = coeficiente sensibilidade da procura ao preço do produto;

$A$  = custo de reabastecimento por cada encomenda;

$c$  = custo unitário do bem;

$h$  = custo unitário de manutenção de *stock* por unidade de tempo;

$T$  = tempo de ciclo de reabastecimento;

$t_d$  = momento em que a deterioração começa;

$p$  = preço de venda unitário;

$D$  = procura ( $ap^{-\beta}$ );

$Q$  = quantidade de encomenda por ciclo de reabastecimento;

$Z$  = lucro máximo.

Já Rabanni *et al.* (2016) apresentam um modelo que define políticas ótimas de precificação dinâmica e reabastecimento para produtos que padecem de deterioração, definida pelos mesmos autores como a diminuição simultânea da qualidade e quantidade dos inventários. O modelo objetiva a maximização do lucro total do sistema, determinando o ciclo ideal de reposição, preço inicial e taxa de desconto a aplicar aos produtos, em função da deterioração.

Destacam-se as premissas apresentadas inicialmente no modelo de Wu *et al.* (2009), incidentes na relação entre a precificação e a taxa de deterioração de um produto, que serviram de base ao modelo agora a enunciar.

Na formulação do problema, os autores consideram a deterioração qualitativa de um bem como um acontecimento que começa instantaneamente e se dá ao longo do tempo, até começar a afetar a quantidade física do mesmo bem, cuja deterioração segue um padrão não instantâneo. Para abordar a essência dinâmica do problema, o preço de

venda de um produto é definido como uma função dependente do preço inicial e da taxa de desconto, que varia consoante o tempo, incorporando também o efeito das mudanças no preço na procura do produto. Esta última vai depender da qualidade do inventário, expressa através da deterioração. Numa fase primária, o produto é vendido pelo preço inicial no período em que não existe qualquer tipo de deterioração; posteriormente, é atualizado com uma taxa de desconto exponencial, de forma a aumentar a sua procura (Rabanni *et al.*, 2016).

Para desenvolverem o modelo exposto em Rabanni *et al.* (2016), os autores partiram dos seguintes pressupostos:

- Apenas se considera um único bem;
- A procura é dada em função do preço de venda e da qualidade do bem, que, por sua vez, varia consoante o tempo;
- A deterioração abrange a qualidade e a quantidade do bem. A deterioração qualitativa é instantânea e a deterioração quantitativa é não instantânea;
- Tanto a deterioração qualitativa como a quantitativa seguem a distribuição de Weibull;
- Não existem roturas de *stock*;
- A taxa de reabastecimento é infinita e o *lead time* é nulo;
- O horizonte temporal é infinito.

Assim, e considerando que para produtos hortofrutícolas, o tempo de deterioração é menor que o ciclo de reabastecimento, a função objetivo do modelo construído por Rabanni *et al.* (2016) é dada pela Equação 3:

$$TP(p(t), T) = \frac{1}{T} (SR - OC - HC - PC - DC) \quad (3)$$

Onde:

**TP** = lucro total do sistema de inventário por unidade de tempo;

**p(t)** = preço unitário num determinado momento t;

**T** = tempo de ciclo de reabastecimento;

**SR** = receita total de vendas;

**OC** = custo total de encomenda;

**HC** = custo total de manutenção de inventários;

**PC** = custo total de compra dos bens;

**DC** = custo total de escoamento.

O objetivo de uma política de gestão de inventários passa pela maximização da vida útil total de *stocks*. Estratégias de gestão de inventários de produtos perecíveis sustentadas na avaliação de um bem alimentar, com base nos seus componentes qualitativos, minimizam as perdas económicas decorrentes do seu descarte (Rotstein *et al.*, 1997).

Em Rotstein *et al.* (1997), é defendido que o valor económico de um bem alimentar deve ser atribuído em função do estado de qualidade do mesmo. Os mesmos autores defendem, também, a imposição de penalizações à realização de operações comerciais de bens alimentares cujos limiares de qualidade mínima ou expectativas de vida útil foram ultrapassados, como forma de alteração da visão de políticas de gestão de *stocks* correntemente praticadas. Como tal, os autores apresentam um modelo matemático como forma de predição da restante *shelf life* (vida de prateleira) de um lote, baseando-se em parâmetros como o histórico de temperatura de armazenamento e o estado qualitativo estimado de um produto.

Neste modelo, o prazo de validade restante de um produto pode ser expresso matematicamente através da diferença entre o nível atual de qualidade estimada de um produto e o limiar intolerável de qualidade. Assim, para um valor arbitrário de qualidade estimada inicial ( $Q_o$ ), um valor de qualidade limiar correspondente ao fim de validade pode ser calculado ( $Q_{TH}$ ), para uma temperatura de armazenamento de referência ( $T_{REF}$ ). Os níveis de qualidade atuais dos alimentos num determinado momento  $n$  ( $Q_n$ ) podem ser previstos usando um modelo cinético de mudança de qualidade, em função do histórico (conhecido ou estimado) de temperatura do alimento. Consequentemente, lotes expostos a níveis de deterioração diferentes (em função de diferentes históricos de temperatura) podem ser comparados entre si em termos de expectativas de vida útil restantes, assumindo que os produtos serão expostos futuramente a uma temperatura igual à do seu histórico (Rotstein *et al.*, 1997).

Na Equação 4 apresenta-se a expressão algébrica proposta por Rotstein *et al.* (1997), que materializa a vida de prateleira sobranete de um produto:

$$L(Q_n) = \frac{Q_n - Q_{TH}}{k_0 \left( \frac{E_A}{R_g} \times \frac{1}{T_{REF}} \right)} \quad (4)$$

Onde:

$L(Q_n)$  = vida de prateleira máxima restante de um produto armazenado a uma temperatura de referência constante ( $T_{REF}$ );

$k_0$  = Fator expresso como taxa de variação de qualidade por unidade de tempo (pontuação da classificação sensorial/dia ou medição instrumental/dia);

$E_A$  = Termo de característica de temperatura expresso como energia de ativação (cal/mol);

$R_g$  = Constante universal dos gases perfeitos (1,987 cal/mol K).

O nível de qualidade atual ( $Q_n$ ) pode ser obtido através de medições do nível de qualidade real dos alimentos, dados conhecidos do histórico de temperatura e um algoritmo de simulação computacional, ou a partir da correlação da mudança na qualidade dos alimentos com indicadores de tempo-temperatura.

O modelo parte apenas do pressuposto de que o tempo de vida útil do produto até que o limiar de qualidade mínima seja atingido é maior que o tempo o produto demora a percorrer a sua normal cadeia de abastecimento.

### 2.4.3. Modelos de Previsão Microbiológica

A Microbiologia Preditiva baseia-se na premissa de reprodutibilidade da resposta dos microrganismos a fatores ambientais, recorrendo a observações anteriores dos seus comportamentos (Ross & McMeekin, 1994).

Cada microrganismo apresenta diferentes etapas de crescimento, tornando-se necessário recorrer a ferramentas que integrem a microbiologia preditiva no estudo cinético do crescimento microbiano, por forma a auxiliar a predição da duração de vida

útil dos alimentos em que os mesmos microrganismos proliferam (McMeekin, *et al.*, 2008).

Alguns autores sugerem o ano de 1922 como a origem de modelos preditivos, realçando os ensaios de Meyer & Esty (1922), que recorreram a um modelo linear por forma a caracterizar o processamento térmico de destruição de esporos de *clostridium botulinum* de neurotoxina tipo A.

A curva de crescimento microbiano descreve a densidade das populações de células em meio líquido, ao longo do tempo (minutos ou horas), através da medição da Densidade Ótica (*Optical Density* - OD) dessa população (Swinnen *et al.*, 2004). A típica curva de crescimento microbiano subdivide-se em 4 fases distintas, conforme constatável na Figura 14, nomeadamente:

- 1) Fase de *Lag* ou Latência, caracterizada pela inexistência de replicação microbiana. Dá-se a adaptação das células ao meio, rico em nutrientes, por forma a iniciar a replicação;
- 2) Fase Exponencial ou Logarítmica, caracterizada pela divisão celular acelerada;
- 3) Fase Estacionária, caracterizada pelo declínio da taxa metabólica devido ao esgotamento de nutrientes do meio;
- 4) Fase de Morte Celular, caracterizada pelo declínio exponencial de células vivas e do seu crescimento.

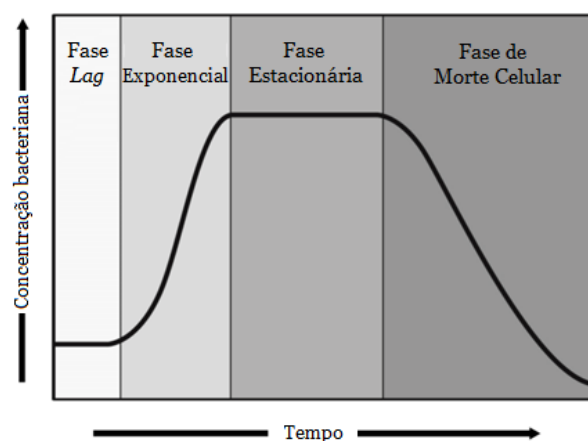


Figura 14 - Curva genérica de crescimento microbiano.

Os modelos preditivos caracterizam o crescimento microbiano em cada uma das fases, em função do tempo ( $t$ ), apresentando diferentes variáveis essenciais ilustradas na

Figura 15, como sejam a velocidade específica máxima de crescimento ( $\mu_{m\acute{a}x}$ ), o aumento logarítmico da população microbiana ( $A$ ) e a população microbiana máxima atingida ( $N_{m\acute{a}x}$ ). A estimativa da duração da fase *Lag* ( $\lambda$ ) poderá ser tida como um bom indicador da vida útil dos alimentos, sendo influenciada por fatores como o estado fisiológico das bactérias e as condições do ambiente em que se inserem (Swinnen *et al.*, 2004).

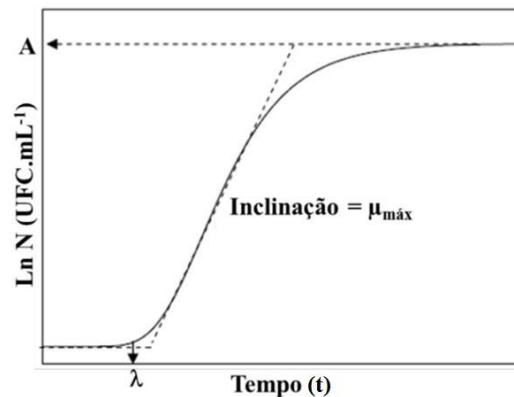


Figura 15 - Curva de crescimento microbiano em função do tempo, com descrição dos parâmetros de crescimento: duração da fase *Lag*; velocidade específica máxima de crescimento; aumento logarítmico da população (Zwietering *et al.*, 1990).

Whiting & Buchanan (1993) sugeriram que os modelos de microbiologia preditiva poderiam ser categorizados de 3 diferentes formas, consoante as variáveis que considerassem:

- Modelos primários: não consideram a variação de fatores ambientais. Descrevem, apenas, a concentração de microrganismos em função do tempo;
- Modelos secundários: modelos que consideram a variação de fatores ambientais, como a temperatura, pH (potencial de hidrogénio) ou atividade de água ( $a_w$ );
- Modelos terciários: modelos integrados e potenciados através de modelação computacional.

De entre os inúmeros modelos de microbiologia preditiva existentes, importa destacar o modelo proposto por Baranyi & Roberts (1994). É um dos modelos primários mais utilizados, devido à capacidade de ajuste aos dados e aos parâmetros facilmente interpretáveis. O modelo descreve um movimento aproximado a uma curva sigmoide, apesar de apresentar uma fase intermédia acercada a uma reta, ao contrário das curvas sigmoides clássicas (Schlei, *et al.*, 2018).

Uma das principais limitações apontadas aos modelos primários é a falta de fundamentos biológicos. Modelos algébricos propostos anteriormente eram deduzidos a partir de considerações mecánísticas insuficientemente sólidas. Ou seja, registava-se uma lacuna biológica nesses modelos, dificultando a interpretação mecánística dos parâmetros propostos (Schlei, *et al.*, 2018). Partindo dessa premissa, o modelo em questão foi desenvolvido a fim de levar em conta o mecanismo biológico de crescimento dos microrganismos: veio introduzir o conceito de estado fisiológico celular ( $h_0$ ) – definido como o efeito do histórico das células, passível de influenciar a fase de *lag* – dotando os modelos até então propostos de uma maior adequabilidade em termos biológicos (Subramaniam & Wareing, 2016). A Figura 16 apresenta a adaptação dos quatro parâmetros utilizados por Baranyi & Roberts (1994) à curva de crescimento microbiano.

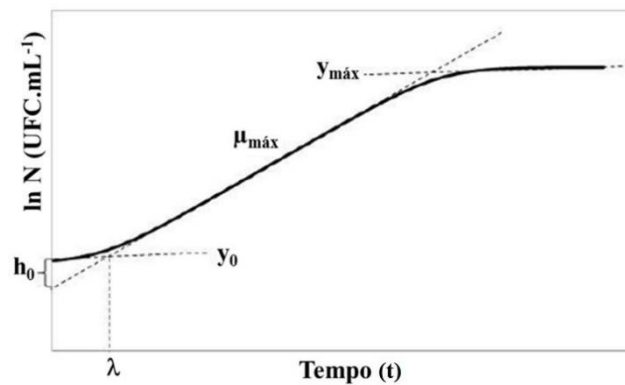


Figura 16 - Curva de crescimento microbiano com a descrição dos quatro parâmetros utilizados no modelo de Baranyi & Roberts (1994) *apud* Tsironi *et al.* (2017).

Os parâmetros de crescimento microbiano, segundo o modelo proposto por Baranyi & Roberts (1994), obtêm-se através do ajuste da curva de crescimento às expressões algébricas descritas em Tsironi *et al.* (2017) e apresentadas nas Equações 5 a 7:

$$y(t) = y_0 + kA(t) - \ln \left( 1 + \frac{e^{kA(t)} - 1}{e^{y_{max}} - y_0} \right) \quad (5)$$

$$A(t) = t + \frac{1}{k} \ln \left( \frac{e^{kt} + q_0}{1 + q_0} \right) \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{\ln \left( 1 + \frac{1}{q_0} \right)}{k} \quad (7)$$

Onde:

$y(t)$  = quantidade de microrganismos num momento  $t$ ;

$y_0$  = concentração inicial de microrganismos;

$k$  = velocidade de crescimento/replicação microbiana;

$y_{max}$  = concentração máxima de microrganismos;

$q_0$  = parâmetro teórico que expressa o estado fisiológico inicial das células;

$\lambda$  = duração da fase *lag*.

## **3. Materiais e Métodos**

### **3.1. Previsão de vida de prateleira**

#### **3.1.1. Nota introdutória**

Desde tempos imemoráveis, a espécie humana debate-se com a problemática da conservação de bens alimentares, recorrendo a várias técnicas de preservação de forma a maximizar o prazo em que a ingestão dos mesmos não trará efeitos nocivos à saúde de quem os consome.

O armazenamento contínuo de alimentos em ambiente frio revela-se como a única técnica de conservação do alimento no seu estado natural, desde que é produzido até ser consumido, ao contrário de outras técnicas de conservação (e.g. secagem, fumagem, salga, salmoura) que alteram características próprias do alimento, como a sua aparência ou sabor original. Tal facto deve-se ao fator temperatura, que se revela dos mais importantes à manutenção da qualidade dos produtos armazenados, já que a sua diminuição reduz a velocidade das reações que produzem a deterioração da qualidade dos alimentos e do crescimento microbiano (Gaspar *et al.*, 2009).

Aliados à temperatura, existem outros fatores intrínsecos aos alimentos, como a acidez ou atividade de água, que irão influenciar o crescimento microbiano nos mesmos.

No SAD a desenvolver, a previsão do crescimento bacteriano através da conjugação destes três fatores será o método adotado à previsão da vida de prateleira (VP) de hortícolas. Deste modo, a avaliação da qualidade e previsão de validade de hortícolas através do crescimento de outros tipos de microrganismos comuns em alimentos frescos, como fungos (e.g. leveduras, bolores) ou de quaisquer outros parâmetros de avaliação de qualidade (e.g. sensoriais, físicos, químicos) não serão considerados.

### **3.1.2. Hortícolas a analisar**

Antes de partir à análise dos métodos a aplicar na construção do SAD conforme proposto nesta dissertação, torna-se necessário fazer uma seleção prévia dos produtos hortícolas constantes da ferramenta. Esta inevitabilidade, que irá restringir a aplicabilidade do SAD à generalidade deste tipo de produtos, assenta na necessidade de reduzir a já por si extensa tarefa de recolha de dados, como constatável na secção 3.3.2.

Dada então esta restrição, mas sempre com o objetivo de potenciar a utilidade do SAD ao máximo, a seleção dos hortícolas a abordar passa pela lista das cinco espécies hortícolas mais comercializadas no setor de retalho em Portugal, segundo dados estatísticos recolhidos (INE, 2019; FAOSTAT, 2018).

Interpolando dados do INE (2019) e da plataforma estatística da FAO (FAOSTAT, 2018) relativos a hortícolas, em 2017, o maior aprovisionamento para consumo doméstico em Portugal ocorreu na batata (815 mil toneladas), tomate (612 mil toneladas), cebola (181 mil toneladas), couve repolho (137 mil toneladas), cenoura (108 mil toneladas) e alface (56 mil toneladas).

Deste modo, estes são os produtos hortícolas que integrarão o SAD. Importa, no entanto, referir que a abrangência desta ferramenta poderá ser estendida no futuro, por forma a incluir o estudo de outras espécies hortícolas ou frutícolas.

### **3.1.3. Fatores intrínsecos e extrínsecos**

Quimicamente falando, um bem alimentar revela-se uma matriz complexa. Prever se, ou com que rapidez, microrganismos crescerão num alimento é uma tarefa difícil. A maioria dos alimentos contém nutrientes suficientes que favorecem o crescimento microbiano, sendo que cada microrganismo se desenvolve a um ritmo diferente e perante condições diferentes. Existem vários fatores que incentivam, limitam ou impedem o crescimento de bactérias em bens alimentares, sendo agrupados em duas categorias: fatores intrínsecos e fatores extrínsecos do alimento (FDA, 2012).

Os fatores intrínsecos são os fatores inerentes aos próprios alimentos, que afetam o crescimento microbiano, como a atividade da água, a acidez, o potencial de oxidação/redução, a composição química do alimento ou a estrutura biológica do

alimento (Gaspar *et al.*, 2009). Na presente dissertação, os fatores intrínsecos a ter em consideração serão a atividade da água e a acidez:

- **Atividade de água ( $a_w$ ):** um dos fatores intrínsecos dos produtos suscetíveis de promover o crescimento microbiológico, já que as bactérias crescem normalmente em ambientes com muita água disponível. A atividade de água é definida como a razão entre a pressão do vapor de água no produto alimentar e a pressão de vapor de água saturado, à mesma temperatura, conforme apresentado na Equação 8. O seu valor varia entre 0 (osso seco) e 1 (água saturada) (Gaspar *et al.*, 2009).

$$a_w = \frac{p_v}{p_{vs}} \quad (8)$$

A atividade de água é diretamente influenciada pela humidade relativa do ambiente. Se o ar em contacto com um alimento possui uma humidade relativa menor, a água migra para o ar, aumentando a sua humidade relativa e reduzindo o conteúdo de humidade do alimento, até que se atinja o equilíbrio. Visto de forma inversa: se um alimento com baixa  $a_w$  está armazenado num ambiente com humidade relativa elevada, a  $a_w$  deste alimento irá aumentar, favorecendo a multiplicação de microrganismos (Rahman, 2007). Num sistema isolado, onde existam alimentos em condições de equilíbrio com a humidade relativa do ar ( $\phi$ ), a  $a_w$  desses alimentos pode ser definida através da Equação 9.

$$a_w = \frac{\phi}{100} \quad (9)$$

Por sua vez, a relação entre humidade relativa e temperatura não pode ser desprezada. Geralmente, quanto maior a temperatura de armazenagem, menor a humidade relativa, e vice-versa (Gaspar *et al.*, 2009). Os valores precisos de  $a_w$  de cada alimento são difíceis de tabelar, devido às dependências referidas do parâmetro. A Tabela 2 apresenta, em forma de valores mínimo, médio e máximo, a atividade de água específica para cada um dos frescos abordados nesta dissertação.

Tabela 2 - Intervalos e valor médio da atividade de água para cada hortícola (Chirife & Fontan, 1982).

Hortícola	$a_w$ mínima	$a_w$ máxima	$a_w$ média
Alface	–	–	0,996
Batata	0,988	0,997	0,9925
Cebola	0,974	0,990	0,982
Cenoura	0,983	0,993	0,988
Couve repolho	0,990	0,992	0,991

- **Potencial de Hidrogénio (pH):** O nível de acidez ou basicidade de um alimento é medido através de uma escala de pH, potencial de hidrogénio, definido a rigor como o logaritmo inverso da atividade de iões hidrogénio numa solução, conforme apresentado na Equação 10.

$$pH = \log_{10} \left( \frac{1}{a_{H^+}} \right) \quad (10)$$

O pH é também um fator importante no que respeita ao desenvolvimento de bactérias. Cada microrganismo tem um pH ótimo, no qual a sua multiplicação é máxima. Tanto o aumento como a diminuição do pH em relação ao valor de pH ótimo tornam o crescimento microbiano mais lento (FDA, 2012). O pH próprio dos produtos alimentares também influencia o crescimento microbiano. A redução do pH de um alimento contribui para a redução da capacidade de desenvolvimento bacteriano, e vice-versa (Lund *et al.*, 2000). Na Tabela 3 especificam-se os valores de pH típicos dos hortícolas em análise. Esses valores são dados em forma de intervalo devido às pequenas variações que cada hortícola pode apresentar entre si, mas também devido à existência de diversas espécies de cada um destes produtos, sendo que cada variedade possui características próprias – o pH é uma delas.

Tabela 3 - Intervalos de pH para cada hortícola (FDA, 2012; Bridges & Mattice, 1939; Engineering ToolBox, 2003).

Hortícola	pH mínimo	pH máximo
Alface	5,8	6,0
Batata	5,4	6,1
Cebola	5,3	5,9
Cenoura	4,9	6,4
Couve repolho	5,2	6,9

Relativamente aos fatores extrínsecos que afetam o crescimento microbiano, isto é, os fatores inerentes ao ambiente externo do alimento – como é o caso da temperatura, humidade relativa ou a composição do meio (Gaspar *et al.*, 2009) – na presente dissertação e no SAD construído apenas será considerada, de forma direta, a temperatura:

- **Temperatura (T):** A temperatura extrínseca de um bem alimentar – temperatura do ambiente onde este é armazenado – medida nesta dissertação através de uma escala de graus celsius (°C), condiciona a capacidade de multiplicação de organismos microbianos. À semelhança do que ocorre com o pH, estes organismos têm um intervalo de temperatura ideal que favorece a sua multiplicação. Tanto o aumento como a diminuição da temperatura em relação seu valor ótimo, torna a propagação microbiana mais lenta (FDA, 2012). Os próprios bens alimentares têm inerente uma temperatura ótima de conservação específica, relativamente à qual a deterioração da sua qualidade é mínima – incluindo, naturalmente, o crescimento microbiano – e o estado de plenitude do alimento é maximizado. Para os hortícolas em questão, o intervalo de temperatura de conservação recomendada é dado pela Tabela 4:

Tabela 4 - Intervalos de temperatura de conservação recomendada para cada hortícola (Mercantile Publishers, 1989).

Hortícola	$T_{\text{mín. recomendada}} (°C)$	$T_{\text{máx. recomendada}} (°C)$
Alface	0	4
Batata	4	8
Cebola	0	4
Cenoura	0	4
Couve repolho	0	4

### 3.1.4. O Método de previsão de crescimento bacteriano

#### 3.1.4.1. Plataforma ComBase

A estimação do prazo de validade de um produto hortícola, funcionalidade crucial do SAD, será realizada tendo por base o modelo de crescimento elaborado para a plataforma *ComBase*, sendo que este, por sua vez, se alicerça no modelo preditivo proposto por Baranyi & Roberts (1994), enunciado em 2.4.3.

Desenvolvido conjuntamente pela Universidade da Tasmânia, na Austrália e pelo *United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service (USDA-ARS)*, *ComBase – Combined Database for Predictive Microbiology* – é uma plataforma *online* dedicada à microbiologia alimentar preditiva, cujo objetivo principal é descrever e prever como certos microrganismos sobrevivem e crescem ao serem condicionados mediante uma série de fatores inerentes ao meio a que estão expostos, nomeadamente a temperatura, pH ou atividade de água (ComBase, 2020).

#### **3.1.4.2. Previsão da validade através do crescimento bacteriano**

O método de cálculo de validade de um alimento adotado na construção do presente SAD, anunciado como a previsão do crescimento bacteriano nos alimentos hortícolas em questão, trata-se, na realidade, da previsão do tempo até que a concentração infetante de uma determinada bactéria demora a ser atingida, partindo de uma determinada concentração inicial. Nesse momento, a segurança alimentar deixa de ser garantida e, conseqüentemente, o bem alimentar deixa de poder ser comercializado. Os valores da concentração bacteriana são expressos em Unidades Formadoras de Colónias de microrganismos (CFU - *Colony Forming Units*) por grama de produto (g), sendo que cada bactéria apresenta os seus valores próprios de CFU iniciais e CFU infetantes, recolhidos na bibliografia científica e apresentados na secção 3.1.5. Na mesma secção, são também apresentadas e aprofundadas as bactérias em estudo nesta dissertação. As diferentes espécies de bactérias que atuam sobre um alimento variam em função da sua fileira agro-alimentar, sendo que também podem variar em diferentes alimentos pertencentes à mesma fileira.

O intervalo temporal que se pretende como um dos *outputs* do SAD representa o período de tempo decorrido desde o momento em que o hortícola entra no armazém – instante no qual as respetivas concentrações bacterianas tomarão o valor das CFU iniciais respeitantes a cada bactéria –, até ao momento em que o valor de CFU infetantes de cada bactéria em estudo é atingido. Num determinado produto hortícola, diferentes espécies de bactérias proliferam. A vida de prateleira desse produto será ditada pela bactéria que mais rapidamente atingir a dose infetante. Ou seja, estuda-se o crescimento bacteriano (mediante as mesmas condições de conservação) das diferentes espécies presentes num hortícola. São comparados os tempos que cada bactéria demora a atingir a respetiva dose infetante. O menor desses tempos representará, então, a vida de prateleira do hortícola, uma vez que, atingida a concentração infetante de uma qualquer bactéria, o produto

deixa de apresentar condições de comercialização, uma vez que a segurança alimentar é comprometida.

No modelo de crescimento da plataforma *ComBase*, apenas são consideradas as três primeiras fases respeitantes à curva de crescimento microbiano: (I) fase de latência ou *lag*; (II) fase exponencial; (III) fase estacionária, sendo que a fase de declínio ou morte celular não é considerada, como constatável na Figura 17 (*ComBase*, 2020):

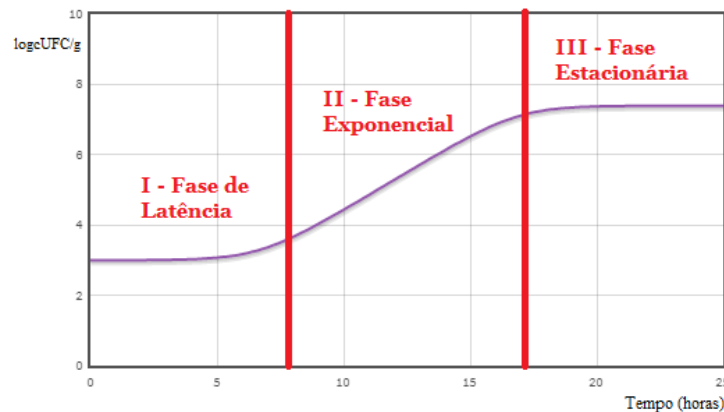


Figura 17 - Fases do crescimento bacteriano em *ComBase Growth Model* (2020).

Como referido anteriormente, o intervalo de tempo até que a concentração infetante de uma bactéria em replicação num produto hortícola seja atingida irá variar mediante as condições de conservação do hortícola. Isto é, a vida de prateleira do produto irá ser ditada essencialmente em função dos seus fatores intrínsecos e extrínsecos, explicitados na secção 3.1.3. – Atividade de água, pH e temperatura a que é armazenado. Além destes fatores, em *ComBase Growth Model*, outros dois *inputs* influenciarão o prazo de validade estimado: a concentração bacteriana inicial e o estado fisiológico inicial, conforme constatável na Figura 18.

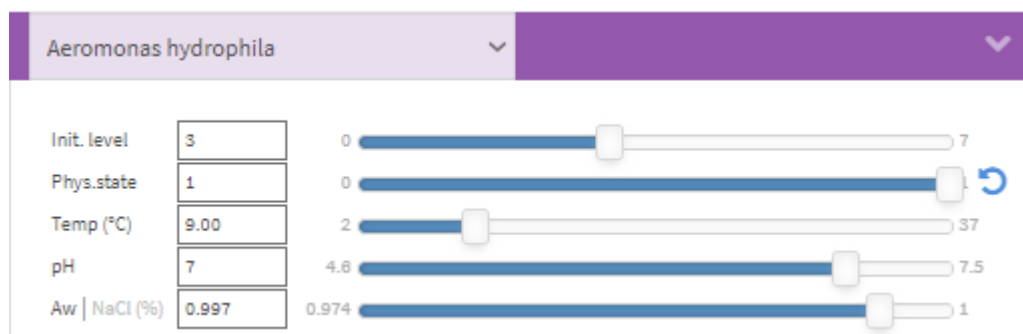


Figura 18 - *Inputs* necessários à previsão do crescimento bacteriano (*ComBase*, 2020).

Na Figura 18 representa-se, em *ComBase Growth Model* (2020), a seleção, a título exemplificativo, dos *inputs* que irão influenciar o crescimento da bactéria *Aeromonas hydrophila*: a concentração inicial desta espécie de bactéria assume um valor de  $10^3$  CFU/g de produto (“*Init. level*” na imagem, assumindo 3 como o valor do expoente da concentração, através da relação logarítmica explicitada na Equação 11; estado fisiológico inicial no valor de 1, cujo significado é explicitado no parágrafo seguinte (“*Phys. state*” na imagem); temperatura do meio envolvente de 20 °C, pH neutro (valor de 7) e atividade de água cifrada em 0,997. Nestas condições e, para já sem mais explicações, a concentração da bactéria *Aeromonas hydrophila* demoraria 20,2 horas até atingir o seu valor infetante, que será abordado na secção 3.1.5.

$$\text{Log}_a b = x \leftrightarrow a^x = b \quad (11)$$

Dos cinco *inputs* do método já mencionados, resta explicar estado fisiológico inicial. Trata-se do parâmetro introduzido pelo modelo apresentado por Baranyi & Roberts (1994), associado à primeira fase do crescimento bacteriano – ou seja, à fase de latência ou *lag* – e que a influenciará. O estado fisiológico inicial assume um número sem dimensão entre 0 e 1, que expressa a adaptação física das células ao meio ambiente. Se o seu valor for 0, o crescimento não ocorrerá (latência é infinita); se o valor for 1, o crescimento começará imediatamente (não existe fase de latência). A duração da latência não depende apenas do ambiente envolvente (temperatura, atividade de água, pH), mas também do historial das células. Stresses (e.g. térmicos ou osmóticos) podem aumentar significativamente os tempos de latência. Sinteticamente, o estado fisiológico inicial quantifica o efeito do histórico celular, que se reflete no tempo de latência do crescimento bacteriano (ComBase, 2020).

O tempo de latência ou *lag* deriva do estado fisiológico inicial das células através da Equação 12:

$$\text{lag} = \frac{-\log(\text{Phys. state})}{\text{Max. rate}} \quad (12)$$

Onde “*Phys. state*” representa o estado fisiológico inicial e “*Max. Rate*” o declive máximo da curva de crescimento. No método adotado, de forma a simular o efeito da cadeia de distribuição no crescimento bacteriano dos hortícolas, o *input* estado fisiológico inicial assumirá, em toda e qualquer circunstância, o valor máximo, cifrado em 1. Isto é, a fase de latência será desconsiderada no SAD, sendo somente associada ao tempo que os produtos demoram a percorrer a cadeia de distribuição. Deste modo, considera-se que o

crescimento bacteriano deixa de estar em latência e a concentração começa imediatamente a aumentar no momento zero do intervalo temporal do SAD, que representará o instante em que os hortícolas entram no armazém do retalhista, última instância antes de serem vendidos ao consumidor final. Para o mesmo exemplo representado na Figura 18, onde o estado fisiológico assume o valor de 1, a curva do crescimento bacteriano é representada na Figura 19:

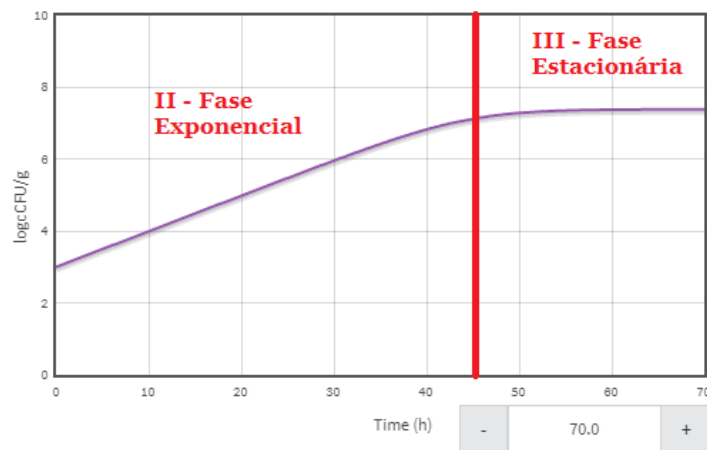


Figura 19 - Curva do crescimento bacteriano para um estado fisiológico inicial celular de valor máximo em *ComBase Growth Model* (2020).

Na Figura 19 é constatável a inexistência da fase de latência, sendo que o aumento da concentração bacteriana começa a dar-se logo a partir do momento zero.

A base de dados do SAD, construída através dos dados extraídos da plataforma *ComBase*, será constituída, para cada hortícola, por:

- Três cenários de atividade de água diferentes, de forma a simular os efeitos da humidade relativa do meio envolvente no aumento da concentração de bactérias. Os cenários adotados serão relativos à  $a_w$  mínima, média e máxima específicas de cada hortícola, cujos valores se encontram indicados na Tabela 2. O objetivo passa pela recolha, por parte do retalhista utilizador do SAD, do valor de  $a_w$  que o hortícola apresenta quando chega ao armazém final, enquadrando-o no cenário trabalhado mais aproximado. Na impossibilidade da recolha direta do valor de atividade da água, deve ser medido o valor da humidade relativa da atmosfera, fazendo uso da relação entre  $\phi$  e  $a_w$  apresentada na Equação 9. Para tal, considera-se que o estado de equilíbrio entre  $a_w$  e humidade relativa se atinge dentro de um curto intervalo temporal, como referido em Imre (1964), tornando, em termos de crescimento bacteriano, os efeitos até que se atinja a condição de

equilíbrio residuais e, portanto, desconsiderados. Apesar de não ser direto, este método de estimativa da atividade de água é mais intuitivo, uma vez que não implica a necessidade de instrumentos específicos de medição de  $a_w$ , nem tampouco o uso dos complexos processos de medição que daí advêm – apenas se torna necessário um indicador ou um medidor da humidade relativa do ar. Sendo estes produtos altamente perecíveis e, como tal, armazenados sob condições de temperatura – e, por vezes, humidade do ar – modificadas (por efeito de um sistema mecânico de refrigeração por compressão de vapor), é vulgar que estes sistemas possuam indicadores de temperatura e humidade relativa do ar de conservação. Este deverão ser os valores recolhidos pelo utilizador do SAD. Assim, este método torna-se, talvez, mais apetecível de adotar por parte dos utilizadores do SAD, uma vez que, sendo o mesmo direcionado aos pequenos retalhistas, não se espera que estes detenham conhecimentos técnicos na área.

- Para cada cenário de  $a_w$  (mínimo, médio ou máximo), serão estudados os efeitos no crescimento bacteriano da conjugação das várias temperaturas com os valores de pH intrínsecos a cada hortícola. Ou seja, para cada temperatura, é registado o tempo em horas até as doses infetantes das várias bactérias em atuação serem atingidas, para cada um dos valores do intervalo de pH de cada hortícola, abordado na Tabela 3. Para uma determinada temperatura conjugada com um determinado pH, são comparados os intervalos temporais registados de todas as diferentes espécies bacterianas em estudo, sendo que o menor desses tempos é definido como a vida de prateleira do hortícola para os valores de temperatura e pH em questão. Isto porque, depois de um produto atingir a dose infetante de uma determinada espécie bacteriana, a segurança alimentar é comprometida, mesmo que as doses infetantes das restantes bactérias em crescimento ainda demorem a ser atingidas. O intervalo de temperaturas em estudo começará no valor mínimo relativamente ao qual já se verifique crescimento bacteriano e vai até ao valor de temperatura em que, para uma determinada bactéria em estudo, os intervalos temporais registados sejam, para o leque completo de pH inerentes, todos inferiores a 24 horas. Deste modo, de hortícola para hortícola, o intervalo de temperatura em estudo poderá ser diferente no seu início e/ou no seu fim. A definição do intervalo de temperaturas em estudo para cada hortícola será um dos resultados pretendidos da presente dissertação. Resta referir que, para efeitos do SAD, as temperaturas assumirão valores inteiros e os valores de pH e dos cenários de  $a_w$  assumirão uma e duas casas decimais, respetivamente.

### 3.1.4.3. Limitações do método

As limitações associadas ao método adotado são agora expostas, de forma sucinta, ainda que tenham já sido previamente abordadas ao longo da descrição do método:

- O método adotado efetua a previsão temporal até que se atinja contaminação bacteriana no hortícola em questão, momento em que a segurança alimentar do hortícola é comprometida. No entanto, a carga bacteriana do alimento é passível de ser reduzida através de um qualquer processo de tratamento térmico, aplicado quando cozinhando o alimento. Nestes casos, a segurança alimentar volta a estar representada, pelo que os alimentos poderão ser consumidos. Esta limitação assume especial incidência quando se avalie um lote de batatas ou de couve-repolho – alimentos tipicamente consumidos em estado cozinhado. Desta forma, considera-se que o intervalo horário calculado pelo SAD represente um prazo de comercialização máximo, não um prazo de consumo máximo;
- A simulação dos efeitos da cadeia de distribuição no crescimento bacteriano é colmatada através da desconsideração da fase de latência. Deste modo, assume-se que a proliferação bacteriana (fase exponencial) se inicia no momento em que o hortícola é armazenado nas instalações do retalhista (estágio final antes de ser comercializado ao consumidor), definido como momento zero;
- Análise estática relativamente ao meio onde são armazenados os hortícolas. Ou seja, não existem trocas, em termos dos aspetos extrínsecos, com o meio envolvente. Como consequência, não há qualquer flutuação nos valores dos temperatura e humidade relativa na atmosfera de armazenamento dos hortícolas. Estes aspetos extrínsecos assumem um valor constante ao longo do tempo;
- Devido ao facto de o método adotado ter por base o crescimento bacteriano, o SAD e sua finalidade estão limitados, em termos de *input* e respetivo *output*, aos valores de temperatura e pH em que se registre crescimento das bactérias em estudo. Ou seja, o SAD apenas poderá calcular o prazo máximo de comercialização caso o produto em estudo se encontre armazenado em condições de temperatura e pH compreendidas nos intervalos em que as bactérias, pelos requisitos de proliferação que são inerentes a cada uma (a indicar na secção 3.1.5) registem multiplicação.

### 3.1.5. Bactérias associadas

A segurança alimentar é uma temática complexa, com implicações nos mais diversos segmentos da sociedade. De acordo com FDA (2012), um alimento considera-se adulterado quando:

- 1) Contiver uma substância nociva que, não se tratando de um constituinte natural inerente ao próprio alimento, se revele em concentração suficiente a representar uma possibilidade razoável de danos à saúde do consumidor. A título exemplificativo: uma toxina, produzida por um fungo, que contaminou um alimento; uma bactéria, se a concentração presente no alimento for prejudicial à saúde; ou ainda, um vírus patogénico.
- 2) Contiver uma substância constituinte natural do próprio alimento (não resultante de questões ambientais, agrícolas, contaminação industrial ou outra), cuja concentração se revele suficiente ao prejuízo da saúde do consumidor. Caso deste cenário será, por exemplo, a tetrodotoxina produzida naturalmente por algumas espécies de peixe-balão e que tornam o seu consumo prejudicial.

Em ambos os casos, o processo de adulteração de produtos alimentares através de qualquer um dos agentes descritos – que, em última instância, se traduz no comprometimento da segurança alimentar – tornam interdita a comercialização destes produtos (FDA, 2012).

Para efeitos da presente dissertação e, naturalmente, do respetivo SAD a desenvolver, conforme referido anteriormente, apenas se terá em consideração o efeito do crescimento bacteriano na vida de prateleira dos hortícolas em estudo, excluindo o efeito dos demais agentes patogénicos.

Como tal, e em função do método de previsão microbiológica adotado, são 14 as bactérias cujo crescimento é passível de ser estudado através de *ComBase Growth Model* (ComBase, 2020):

- *Aeromonas hydrophila*;
- *Bacillus cereus*;
- *Bacillus licheniformis*;

- *Bacillus subtilis*;
- *Brochothrix thermosphacta*;
- *Clostridium botulinum*;
- *Clostridium perfringens*;
- *Escherichia coli*;
- *Listeria monocytogenes*;
- *Pseudomonads*;
- *Salmonella*;
- *Shigella flexneri*;
- *Staphylococcus aureus*;
- *Yersinia enterocolitica*.

De entre as bactérias supramencionadas, esquematiza-se, através da Tabela 5, quais as espécies em atuação para cada um dos hortícolas em estudo, de acordo com FDA (2012) e Baptista & Venâncio (2003).

Tabela 5 - Bactérias presentes em *ComBase* responsáveis pela deterioração de cada hortícola em estudo (FDA, 2012; Baptista & Venâncio, 2003).

Hortícola \ Bactéria	Alface	Batata	Cebola	Cenoura	Couve Repolho
<i>Aeromonas hydrophila</i>	X		X	X	X
<i>Bacillus cereus</i>	X	X	X	X	X
<i>Listeria monocytogenes</i>	X				
<i>Salmonella</i>	X		X	X	X
<i>Shigella flexneri</i>		X	X	X	
<i>Staphylococcus aureus</i>		X			

Assim, no âmbito da previsão temporal de crescimento bacteriano projetada para a presente dissertação e SAD, estudar-se-ão, para cada um dos hortícolas em questão, as bactérias específicas mencionadas na Tabela 5, cujo crescimento nos respetivos hortícolas já havia sido relatado noutros estudos. Passa, então, a descrever-se, de forma breve, cada uma dessas mesmas bactérias:

- ***Aeromonas hydrophila***: Bactéria anaeróbia facultativa, gram-negativa, em forma de bacilo, encontrada em ambientes de água doce e de alguma salinidade. Esta bactéria é causadora de gastroenterites e outras infecções do trato gastrointestinal a humanos, quando consumindo alimentos ou água contaminados. Tratando-se de uma espécie bacteriana que se desenvolve em ambientes aquosos, pode ser encontrada em produtos hortícolas, frutícolas, peixes, mas também em diversas carnes (FDA, 2012). O crescimento desta bactéria ocorre em temperaturas entre os 2 °C e os 37 °C, num intervalo de pH entre 4,6 e 7,5 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,974 e 1. A sua concentração inicial fixa-se em 10<sup>3</sup> CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas 10<sup>5</sup> CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, a *aeromonas hydrophila* será considerada para a alface, cebola, cenoura e couve repolho.
- ***Bacillus cereus***: Bactéria anaeróbia facultativa, gram-positiva. As suas células têm a forma de bastonetes (bacilos) de grandes dimensões, geralmente móveis, e formam esporos. Pode causar dois diferentes tipos de doença: O primeiro dá-se aquando da ingestão de carnes, peixes, lacticínios ou hortícolas contaminados. A bactéria produz uma substância tóxica – enterotoxina – no intestino delgado humano, que pode causar sintomas como diarreia, cólicas, e, embora com menor frequência, náuseas. O segundo tipo ocorre quando a *bacillus cereus* produz um tipo diferente de enterotoxina, específica para alimentos ricos em amido, como é o caso do arroz. Nesta situação, após consumo deste tipo de alimentos em estado de contaminação, os sintomas passam por náuseas e vômitos (FDA, 2012). O crescimento desta bactéria ocorre em temperaturas entre os 5 °C e os 34 °C, num intervalo de pH entre 4,9 e 7,4 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,94 e 1. A sua concentração inicial fixa-se em 10<sup>1</sup> CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas 10<sup>5</sup> CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, a *bacillus cereus* será considerada para a alface, batata, cebola, cenoura e couve repolho.
- ***Listeria monocytogenes***: Bactéria anaeróbia facultativa, gram-positiva, que está entre as principais causas de morte por doenças transmitidas através de alimentos. Tratando-se de uma bactéria ubíqua no ambiente, existe

principalmente no solo e na água. As suas células têm a forma de pequenos bastonetes e a sua mobilidade é conferida por flagelos (a 25°C apresenta uma mobilidade do tipo “cambalhota”, e a 35°C é imóvel). A *listeria monocytogenes* é resistente: ao contrário de outros agentes patogénicos, é tolerante ao sal e não só consegue sobreviver em temperaturas muito reduzidas, como também consegue proliferar. O consumo de alimentos contaminados pode causar dois tipos de doença: o primeiro caracteriza-se por sintomas como náuseas, vômitos, cólicas e diarreia, que podem-se revelar-se de forma leve a intensa. O segundo, mais mortífero, ocorre quando a infeção se espalha através da corrente sanguínea para o sistema nervoso, resultando em meningites ou outras complicações potencialmente fatais. Os casos de infeção por *listeria monocytogenes* remontam à contaminação através de diversos tipos de alimentos: alface, leite ou outros laticínios não pasteurizados, peixe fumado, marisco ou charcutaria (FDA, 2012). O crescimento desta bactéria ocorre em temperaturas entre 1 °C e 40 °C, num intervalo de pH entre 4,4 e 7,5 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,934 e 1. A sua concentração inicial fixa-se em 10<sup>1</sup> CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas 10<sup>2</sup> CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, a *listeria monocytogenes* será considerada para a alface.

- **Salmonella:** Bactéria anaeróbia facultativa, gram-negativa. As suas células têm a forma de bastonetes (bacilos) imóveis ou móveis por flagelos. A contaminação por *salmonella* pode causar duas diferentes tipologias de doença: a primeira, do foro gastrointestinal, caracterizada por sintomas como náuseas, vômitos, diarreia ou cólicas. Em pessoas saudáveis, estes sintomas tendem a desaparecer sem necessidade de tratamento específico. A segunda – febre tifoide: febre alta, diarreia ou obstipação, cólicas, dores de cabeça, letargia (sonolência ou lentidão) e, por vezes, erupções cutâneas. Este tipo de infeção por *salmonella* revela-se mais nefasta, uma vez que até 10% das pessoas não tratadas para a febre tifoide morrem. A primeira tipologia de doença é tipicamente causada pelo consumo de carnes, ovos, frutícolas, hortícolas, sementes, ou ainda especiarias em estado de contaminação. A febre tifoide é normalmente associada ao consumo de água contaminada por águas residuais, ou pelo consumo de hortícolas irrigados com a mesma água contaminada (FDA, 2012). O crescimento desta bactéria ocorre em temperaturas entre os 7 °C e os 40 °C, num intervalo de pH entre 3,9 e 7,4 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,973 e 1. A sua

concentração inicial fixa-se em  $10^2$  CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas  $10^5$  CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, a *salmonella* será considerada para a alface, cebola, cenoura e couve repolho.

- ***Shigella flexneri***: Bactéria anaeróbia facultativa, gram-negativa. As suas células têm a forma de bacilos imóveis. Apesar de não serem particularmente exigentes no que a requisitos de proliferação respeita, em termos de sobrevivência, as *shigella* são muito sensíveis às condições ambientais: a sua sobrevivência é comprometida em ambientes de reduzida ou elevada temperatura e não resistem à pasteurização. A doença causada pela *shigella* é a shigelose (também conhecida por disenteria bacilar), tratando-se de uma infeção aguda do intestino de cariz contagioso. Os sintomas incluem febre, náuseas, vômitos, tenesmo e diarreia, com fezes geralmente sanguinolentas, sendo que esta última pode manifestar-se de forma pouco intensa ou de forma severa, passível de representar risco de vida para o enfermo. A shigelose surge através do consumo de alimentos ou água que tenham estado em contacto, direta ou indiretamente, com fezes contaminadas. No caso dos alimentos, o principal fator de contaminação é a falta de higiene pessoal dos diversos manipuladores destes produtos ao longo da cadeia de abastecimento que, revelando-se portadores da bactéria, podem tornar-se agentes ativos na disseminação da mesma. A *shigella flexneri* pode ser encontrada em frutícolas, legumes, saladas processadas e respetivos ingredientes (e.g. batata, atum, camarão, frango), leite e outros laticínios, ou ainda em carnes de aves (FDA, 2012). O crescimento da *shigella flexneri* ocorre em temperaturas entre os 15 °C e os 37 °C, num intervalo de pH entre 5,5 e 7,5 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,971 e 1. A sua concentração inicial fixa-se em  $10^0$  CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas  $10^2$  CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, esta bactéria será considerada para a batata, cebola e cenoura.
- ***Staphylococcus aureus***: Bactéria anaeróbia facultativa, gram-positiva. As suas células têm a forma de cocos, apresentam-se frequentemente agrupadas em cacho e são imóveis. Este microrganismo é comumente encontrado no ambiente: no solo, na água, em objetos, em superfícies e em alimentos. Quando nestes últimos, produz toxinas – enterotoxinas – que podem não ser aniquiladas

quando cozinhando o alimento, embora a bactéria em si possa ser destruída pelo calor. Assim, quando consumindo alimentos contaminados, as referidas enterotoxinas causam intoxicação alimentar estafilocócica, que se traduz em náuseas, cólicas, vômitos e diarreia. Em casos mais graves, as toxinas podem causar perda de fluidos corporais (desidratação), dor de cabeça, câibras musculares e mudanças temporárias na pressão arterial e na frequência cardíaca. Geralmente, os sintomas da doença são intensos, mas de curta duração (duram entre algumas horas e um dia). Muitos são os tipos de alimentos em que a *staphylococcus aureus* prolifera: carnes de aviário, ovos, saladas processadas e respetivos ingredientes, batata, produtos de pastelaria (em especial, produtos recheados), leite e outros laticínios (FDA, 2012). O crescimento desta bactéria ocorre em temperaturas entre os 7,5 °C e os 30 °C, num intervalo de pH entre 4,4 e 7,5 e em ambientes com atividades de água compreendidas entre 0,907 e 1. A sua concentração inicial fixa-se em 10<sup>1</sup> CFU/g, e a concentração infetante dá-se quando atingidas 10<sup>5</sup> CFU/g (ComBase, 2020). No âmbito do presente estudo, a *staphylococcus aureus* será considerada para a batata.

Resumem-se, na Tabela 6, os parâmetros mínimos, máximos e ótimos de crescimento e para as bactérias em questão. Na Tabela 7, especificam-se as respetivas doses iniciais, infantantes e finais para as mesmas bactérias.

Tabela 6 - Parâmetros mínimos, máximos e ótimos para o crescimento bacteriano (FDA, 2012; ComBase, 2020).

<b>Bactéria</b>	<b>T<sub>mín.</sub></b> <b>(°C)</b>	<b>T<sub>óti.</sub></b> <b>(°C)</b>	<b>T<sub>máx.</sub></b> <b>(°C)</b>	<b>pH</b> <b>mín.</b>	<b>pH</b> <b>óti.</b>	<b>pH</b> <b>máx.</b>	<b>a<sub>w</sub></b> <b>mín.</b>	<b>a<sub>w</sub></b> <b>óti.</b>	<b>a<sub>w</sub></b> <b>máx.</b>
<b><i>Aeromonas hydrophila</i></b>	2	27	37	4,6	6,7	7,5	0,974	0,998	1
<b><i>Bacillus cereus</i></b>	5	34	34	4,9	7,4	7,4	0,94	0,999	1
<b><i>Listeria monocytogenes</i></b>	1	40	40	4,4	6,9	7,5	0,934	0,994	1
<b><i>Salmonella</i></b>	7	37,5	40	3,9	6,4	7,4	0,973	0,997	1
<b><i>Shigella flexneri</i></b>	15	37	37	5,5	7,3	7,5	0,971	0,993	1
<b><i>Staphylococcus aureus</i></b>	7,5	30	30	4,4	6,5	7,5	0,907	0,99	1

Tabela 7 - Doses Iniciais, Infetantes e Finais de cada bactéria (FDA, 2012; ComBase, 2020).

<b>Bactéria</b>	<b>Colônia Inicial (CFU/g)</b>	<b>Colônia Infetante (CFU/g)</b>	<b>Colônia Final (CFU/g)</b>
<i>Aeromonas hydrophila</i>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7.39</sup>
<i>Bacillus cereus</i>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7.61</sup>
<i>Listeria monocytogenes</i>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>8.52</sup>
<i>Salmonella</i>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>8.52</sup>
<i>Shigella flexneri</i>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>2</sup>	10 <sup>8.78</sup>
<i>Staphylococcus aureus</i>	10 <sup>1</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>8.09</sup>

## 3.2. Precificação Dinâmica

### 3.2.1. Nota introdutória

A precificação dinâmica pode definir-se, segundo Liu *et al.* (2007), como a atribuição de preços diferentes ao mesmo produto ou a diferentes produtos de uma mesma categoria, tendo em linha de conta as características individuais de cada produto ou as mudanças no estado qualitativo do mesmo.

Os benefícios da adoção de uma estratégia de precificação dinâmica de um produto em detrimento do estabelecimento de um preço estático são, há muito, conhecidos na indústria. No entanto, no passado, empresas do setor fixavam o preço de venda de um produto de forma estática, ou seja, os preços mantinham-se inalterados por longos períodos de tempo. Tal era devido, maioritariamente, à ausência de informações precisas sobre fatores externos, como a procura; aos altos custos de transação associados às mudanças de preço; e ainda, aos avultados investimentos inerentes à aquisição de soluções, baseadas em *software* e *hardware*, necessárias à implementação de uma estratégia dinâmica de precificação (Elmaghraby & Keskinocak, 2003).

Atualmente, o paradigma tem vindo a sofrer alterações. Regista-se uma crescente adoção de políticas de preços dinâmicos, quer no setor da indústria, quer no setor do retalho. De acordo com Elmaghraby e Keskinocak (2003), foram três os fatores que contribuíram decisivamente para este fenómeno: (1) o aumento da disponibilidade de dados referentes à procura e outros parâmetros de mercado; (2) a facilidade na alteração de preços devido a tecnologias emergentes; (3) o surgimento de sistemas de apoio à decisão na

precificação de produtos a comercializar, através da análise das variáveis passíveis de influenciar o preço dos mesmos.

No setor do retalho alimentar, a qualidade de um produto representa o fator direto que maior influência desempenha no consumidor, aquando do processo de decisão de compra. O estado qualitativo de um produto acarreta, ainda, um ónus acrescido quando referindo a produtos alimentares perecíveis (Liu *et al.*, 2014).

A tarefa de precificar um produto perecível com base em critérios múltiplos revela-se árdua e inacessível à globalidade dos retalhistas, pois obriga a que os mesmos detenham informação, em tempo real, acerca de variáveis como taxa de deterioração, momento de início dessa deterioração, procura, elasticidade preço da procura, ou o custo de armazenagem unitário – conforme proposto pelos modelos analisados na secção 2.4.2.

Assim, por forma a simplificar o processo de precificação dos produtos hortícolas em análise, e tendo em conta tendo em conta o público-alvo da ferramenta a desenvolver nesta dissertação, variáveis como as suprarreferidas são desconsideradas. Deste modo, é adotado um modelo de precificação em que o estado qualitativo, expresso em termos de vida de prateleira restante, é tido como o único critério a considerar na precificação dinâmica dos hortícolas.

### **3.2.2. Modelo Linear**

Assumindo o tempo de vida útil sobranete de um hortícola como o único critério considerado no cálculo do preço de venda a praticar em cada dia, este assumirá um decréscimo de forma linear, em função do número de dias de vida de prateleira restantes. Ou seja, o preço a praticar em cada dia irá decrescer, de forma constante, à medida que se aproxima o fim do prazo de comercialização. Portanto, e à semelhança do modelo de precificação de produtos perecíveis apresentado por Zhao & Zheng (2000) – em que os autores defendem uma diminuição constante do preço à medida que o nível de existências vai diminuindo –, o preço a praticar em cada dia irá descrever o movimento de uma função afim, conforme ilustrado nas Figuras 20 e 21. Daqui, entenda-se:

**VP** = vida de prateleira restante;

**PV** = preço de venda a praticar,

$t$  = número de dias após a entrada do lote hortícola estudado em armazém (ou seja, número de dias após início de deterioração microbiológica);

$t_f$  = assíntota que representa o final do prazo de comercialização calculado.

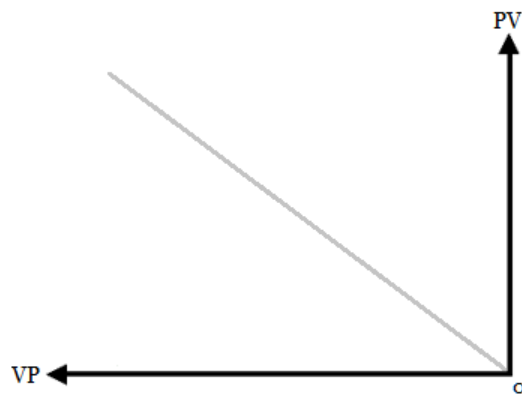


Figura 20 - Relação linear entre preço de venda e vida de prateleira restante.

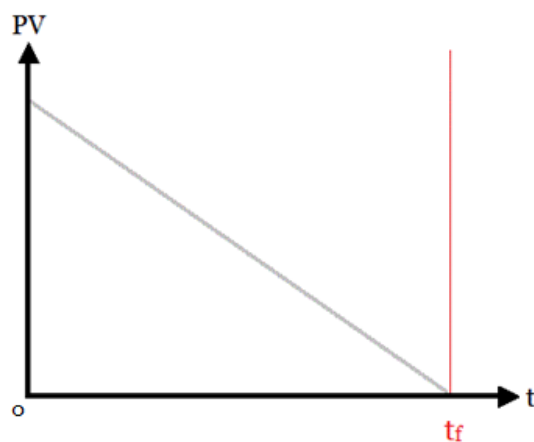


Figura 21 - Relação linear entre preço de venda fim de prazo de comercialização.

O modelo de precificação adotado assume os seguintes pressupostos:

- 1) À semelhança do modelo apresentado por Rabbani *et al.* (2016), analisado na secção 2.4.2, no momento de entrada do lote hortícola em armazém ( $t=0$ ) – ou seja, no momento em que termina a fase de latência e se dá o início da proliferação bacteriana – o preço de venda a praticar é máximo, sem que se aplique qualquer desconto, dado que o lote hortícola em estudo se encontra na

plenitude das suas características microbiológicas. Neste momento, regista-se o cenário de venda ideal e desejável: a comercialização dos produtos nesta data implica a segurança alimentar máxima para o consumidor e o lucro máximo ao retalhista;

- 2) No momento em que termina o prazo de comercialização calculado ( $t_f$ ) – ou seja, no momento imediatamente anterior àquele em que a dose infetante de alguma das bactérias em crescimento no hortícola em estudo é atingida – o preço de venda a praticar é o mínimo possível. Assim, o produto é vendido a preço de custo, de modo a evitar prejuízos para o retalhista. Este é o cenário de venda a evitar: aqui regista-se o menor nível de segurança alimentar para o consumidor, e o lucro do retalhista é nulo.
- 3) A data de fim de prazo de comercialização calculada nunca é anterior à data de entrada do hortícola em armazém, e vice-versa. Ou seja, considera-se que o hortícola estudado atravessa a sua normal cadeia de distribuição e chega ao armazém do retalhista em condições representativas de segurança, em termos microbiológicos.

Da relação entre os pressupostos enunciados e o decréscimo constante do preço, surge a Equação 13, definida como a fórmula de cálculo do preço de venda praticar para um determinado  $t$ , considerada pelo SAD proposto nesta dissertação:

$$PV(t) = PV(0) - \frac{PV(0) - PV(t_f)}{VP} \times t \quad (13)$$

Onde:

$t$  = número de dias após a entrada do lote hortícola estudado em armazém;

$PV(t)$  = preço de venda a praticar no dia  $t$ ;

$PV(0)$  = preço de venda inicial;

$PV(t_f)$  = preço de venda a praticar no dia final do prazo de comercialização – ou seja, preço de custo;

$VP$  = Vida de prateleira calculada.



## 4. Sistema de Apoio à Decisão

### 4.1. Materiais

Tendo em conta o objetivo primordial traçado para esta dissertação, que irá culminar no Sistema de Apoio à Decisão sobejamente referido, o único material necessário ao seu desenvolvimento (portanto, do ponto de vista do criador), será um *software* de processamento de cálculo.

Sendo necessário escolher uma plataforma sobre a qual desenvolver o SAD, a escolha recai sobre a folha de cálculo Microsoft Excel, uma vez que se trata de uma ferramenta relativamente intuitiva e cujo conhecimento está difundido pelo público-alvo do SAD, bem como pela população em geral. A materialização do SAD irá incidir, essencialmente, sobre duas importantes funcionalidades do Microsoft Excel: Funções avançadas e *macros*: as primeiras são nada mais que automatizações lógicas de fórmulas predefinidas pelo próprio *software*, geradas com o intuito de maximizar a produtividade que o utilizador possa retirar da ferramenta; as segundas, *macroinstructions*, executam-se através da gravação de uma sequência de comandos específicos e posterior replicação. Também estas são geradas a fim de maximizar a produtividade.

Assim, de modo a poder executar corretamente o Sistema de Apoio à Decisão, tratando-se este de um pequeno ficheiro em formato “xlsm”, o utilizador – pequeno retalhista – apenas terá de dispor de um computador com o *software* Microsoft Excel instalado, com a funcionalidade de *macros* ativa. No entanto, de modo a fiabilizar ao máximo os resultados obtidos através do SAD, recomenda-se ao seu utilizador, pelos motivos referidos na secção 3.1.4.2., a recolha dos diversos valores necessários a servir de *inputs* ao SAD através de:

- Um aparelho de medição da humidade relativa de armazenamento;
- Um termómetro ou indicador da temperatura de armazenamento;
- Um aparelho de medição de pH.

## 4.2. Nota introdutória

O SAD, na sua íntegra, será constituído por três áreas funcionais articuladas entre si: Base de Dados, Motor de Pesquisa e Interface do Utilizador. Assim, cada um dos hortícolas em estudo – estruturados em separadores distintos da folha de cálculo – irá integrar estas três componentes.

Ao longo da presente secção, seguindo uma sequência lógica, serão abordadas de forma individual e detalhada, cada uma das referidas componentes, que, no seu todo, formam o SAD conforme proposto.

Assim, e para já sem maiores detalhes: a formação da Base de Dados consiste na recolha e compilação dos dados referentes ao intervalo de tempo até que se atinja a dose infetante de uma determinada bactéria; o Motor de Pesquisa é dotado de todos os mecanismos necessários a que o SAD, através dos dados introduzidos na Interface do Utilizador, procure, trate e devolva informação pertinente ao utilizador; por sua vez, a Interface do Utilizador serve como plataforma de comunicação e interação com o utilizador do SAD. Aqui, são inseridos os *inputs* necessários ao funcionamento do SAD e exibidos os respetivos resultados.

Importa ainda salientar que todas as fases de desenvolvimento do SAD são acompanhadas de exemplo prático, de modo a facilitar a contextualização.

## 4.3. Base de Dados

A construção da primeira área funcional do SAD – Base de Dados – incide na recolha sucessiva, em *ComBase Growth Model*, dos valores horários restantes até que se atinja a dose infetante da bactéria em estudo, em função dos valores inseridos de  $a_w$ , temperatura e pH, conforme descrito anteriormente. Após a recolha, os dados são compilados sequencialmente em folha de cálculo de Microsoft Excel. Veja-se, a título exemplificativo, o caso da recolha do valor horário para a proliferação de *Bacillus cereus* na cebola – num cenário de atividade de água de 0,974, a uma temperatura de armazenamento de 5 °C e um pH de 5,5 –, ilustrado nas Figuras 22 a 25.

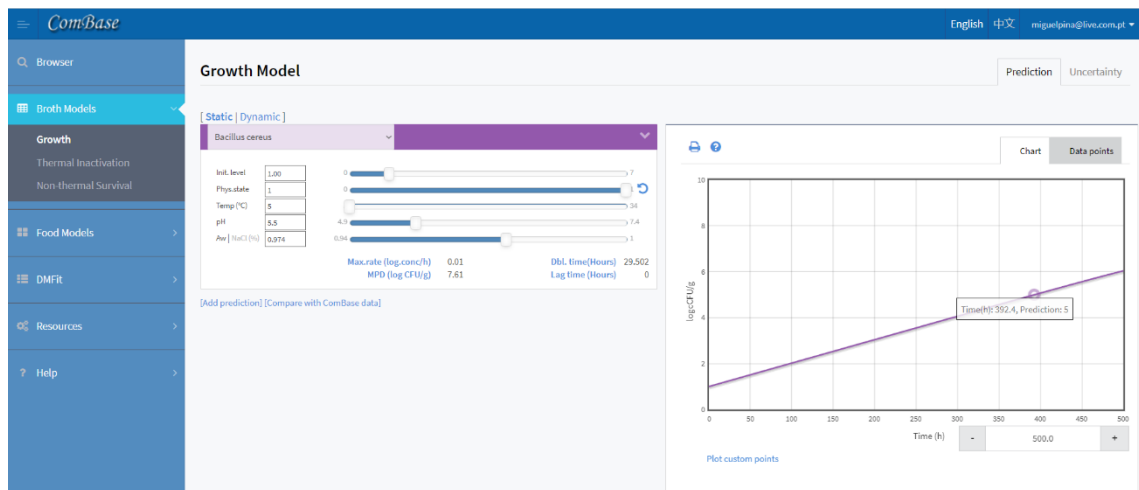


Figura 22 - Interface de utilização de *ComBase Growth Model* (2020).



Figura 23 - Painel de introdução dos valores em estudo, em *ComBase Growth Model* (2020).

Apresenta-se, na Figura 23, o painel disponibilizado por *ComBase Growth Model*, onde são inseridos os valores em relação aos quais se quer estimar o tempo, em horas, até que se atinja a dose infetante do microrganismo em estudo. No seguimento do exemplo anterior: A bactéria selecionada é a *Bacillus cereus*, com uma concentração inicial de  $10^1$  CFU/g (conforme referências bibliográficas, sintetizadas na Tabela 7), estado fisiológico inicial 1, pelos motivos descritos na secção 3.1.4.2.

Ao introduzir os *inputs* necessários, em *ComBase Growth Model* é gerada uma tabela onde consta a evolução da concentração da bactéria em estudo ao longo do tempo, em horas. Aqui recolhe-se o valor do intervalo horário que, em função dos *inputs* inseridos, se demora a atingir a dose infetante da bactéria. No caso da *Bacillus cereus*, a dose infetante dá-se quando atingidas  $10^5$  CFU/g (ver Tabela 7). No seguimento do exemplo em estudo, a referida dose limite atinge-se passadas 392,4 horas, como constatável na Figura 24. De referir que ao valor recolhido poderá estar associada uma margem de erro residual, decorrente da escolha da janela de visualização da tabela.

390.6	4.98
391.2	4.98
391.8	4.99
392.4	5
393	5
393.6	5.01
394.2	5.01
394.8	5.02
395.4	5.03
396	5.03

Figura 24 - Tabela de evolução da concentração da bactéria em função do tempo, para os *inputs* inseridos, em *ComBase Growth Model* (2020).

Como apresentado na Figura 25, o referido valor é recolhido e registado em folha de cálculo em Microsoft Excel, onde um *template* havia sido previamente preparado, de modo a compilar os dados recolhidos de forma sequencial.

Este processo é repetido na mesma proporção que o número de combinações possíveis entre os parâmetros extrínsecos e intrínsecos. São recolhidos e registados os inúmeros valores horários resultantes do leque completo de combinações possíveis entre valores de pH, temperatura de armazenamento e cenários de atividade de água, para cada uma das bactérias em proliferação em cada um dos hortícolas em estudo.

aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infetantes
0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	99999
0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	99999
0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	99999
0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	416,40
0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	404,40
0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	392,40
0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	381,60
0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	370,20
0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	360,00
0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	349,80
0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	354,00
0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	343,20
0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	333,00
0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	323,40
0,974	6	5,7	0,974%6º5,7	313,80
0,974	6	5,8	0,974%6º5,8	304,20
0,974	6	5,9	0,974%6º5,9	295,20
0,974	7	5,3	0,974%7º5,3	302,40
0,974	7	5,4	0,974%7º5,4	292,80
0,974	7	5,5	0,974%7º5,5	283,80
0,974	7	5,6	0,974%7º5,6	274,80
0,974	7	5,7	0,974%7º5,7	266,40
0,974	7	5,8	0,974%7º5,8	258,60

Figura 25 - Registo do intervalo horário recolhido em *ComBase Growth Model* na Base de Dados em Microsoft Excel.

Importa salientar que, quando não existe interseção entre os intervalos de temperatura ou de pH inerentes ao hortícola em estudo e os intervalos de temperatura ou pH nos quais existe crescimento da bactéria em estudo para o mesmo hortícola – ou seja, quando a bactéria, pelas condições inerentes ao seu crescimento, não prolifera num determinado leque de temperaturas ou valores de pH em estudo –, é registado um valor horário extremamente alto (no caso, 99.999 horas), de forma a assinalar o não crescimento da bactéria e, conseqüentemente, desconsiderar, para o valor de temperatura ou pH em questão, o seu efeito em sede da determinação do prazo de comercialização.

Veja-se o exemplo do crescimento da bactéria *Shigella flexneri* na mesma cebola. Conforme descrito na subsecção 3.1.4.2., o intervalo de estudo para este hortícola inicia-se numa temperatura de 2 °C, valor relativamente ao qual já se verifica crescimento bacteriano – neste caso, de *Aeromonas hydrophila*, bactéria cuja temperatura mínima de crescimento se fixa nos mesmos 2 °C. No entanto, nas condições de proliferação inerentes à *Shigella flexneri* apresentadas na Tabela 6, constata-se que a temperatura mínima ao seu crescimento se cifra em 15 °C.

Assim, para as temperaturas compreendidas no intervalo entre 2 °C e 14 °C (inclusive), não existe crescimento de *Shigella flexneri*, pelo que, em sede de Base de Dados, é feito o registo adequado, conforme verificado na Figura 26.

aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infetantes
0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	99999
0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	99999
0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	99999
0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	99999
0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	99999
0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	99999
0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	99999
0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	99999
0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	99999
0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	99999
0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	99999
0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	99999
0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	99999
0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	99999
0,974	6	5,7	0,974%6º5,7	99999
0,974	6	5,8	0,974%6º5,8	99999
0,974	6	5,9	0,974%6º5,9	99999
0,974	7	5,3	0,974%7º5,3	99999
0,974	7	5,4	0,974%7º5,4	99999
0,974	7	5,5	0,974%7º5,5	99999
0,974	7	5,6	0,974%7º5,6	99999
0,974	7	5,7	0,974%7º5,7	99999
0,974	7	5,8	0,974%7º5,8	99999

Figura 26 - Inexistência de proliferação bacteriana assinalada na Base de Dados.

## 4.4. Motor de Pesquisa

O Motor de Pesquisa – ilustrado na Figura 27 – representa o elo entre a Interface do Utilizador e a Base de Dados. É nesta área funcional do SAD que se encontram todos os mecanismos de pesquisa em Base de Dados, de tratamento dos valores recolhidos, e de posterior canalização dos dados finais à Interface do Utilizador, onde são apresentados ao utilizador.

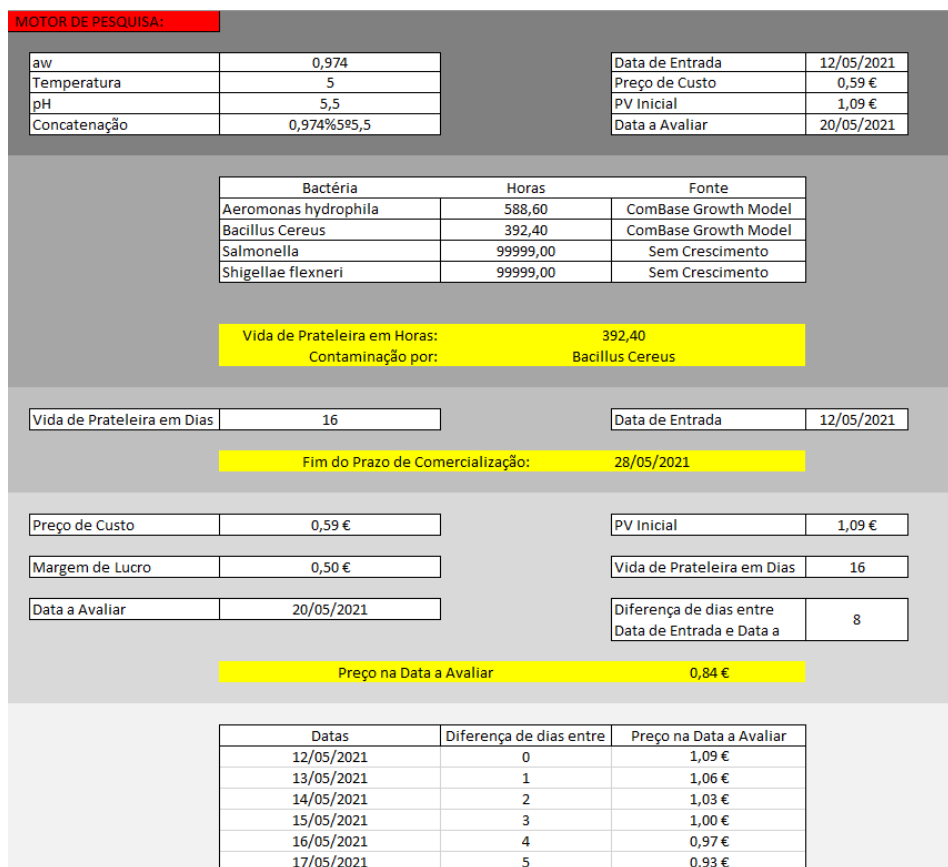


Figura 27 - Componente Motor de Pesquisa do SAD.

Todos os processos desenvolvidos nesta componente recorrem a funções de pesquisa, de tratamento de informação e de cálculo inerentes ao próprio Microsoft Excel. Na Figura 28 encontram-se esquematizados, de forma sequencial, todos os subprocessos desenvolvidos no Motor de Pesquisa, e respetivos *outputs*.

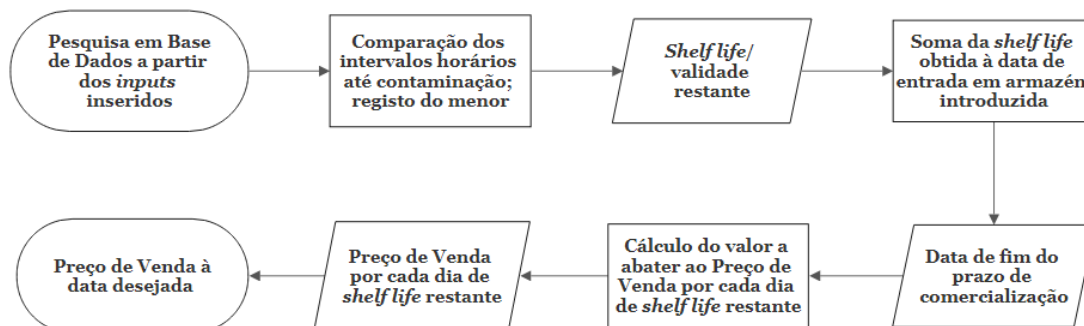


Figura 28 - Fluxograma dos subprocessos desenvolvidos no Motor de Pesquisa do SAD.

A mesma sequência é agora seguida, ao abordar cada um dos mesmos subprocessos, com o devido detalhe.

Assim, no Motor de Pesquisa, o processo inicia-se com a transcrição dos *inputs* – relativamente às condições de armazenamento e de precificação – introduzidos pelo utilizador na respetiva Interface, após a seleção do hortícola a ser estudado. Desta forma, todos os dados relevantes são compilados na área destinada ao Motor de Pesquisa, facilitando a sua identificação e utilização. Tal compilação pode ser constatada na Figura 29, onde é recuperado o exemplo de análise da cebola anteriormente utilizado ( $a_w = 0,974$ ;  $T = 5$  °C; pH = 5,5), ao qual se adicionam agora, também estes a título exemplificativo, os dados necessários à precificação dinâmica: a data de entrada do lote do hortícola objeto de estudo em armazém de retalhista (no caso, 12 de maio de 2021); o custo de aquisição, por quilograma, do mesmo lote (0,59€/kg); o habitual preço de venda, por quilograma, da cebola – ou seja, o preço de venda a praticar no primeiro dia de venda, quando o hortícola se encontra na plenitude do seu estado qualitativo (1,09€/kg); e ainda, a data à qual se deseja ver retornado o preço de venda do hortícola – apesar de esta ser inserida pelo utilizador em momento posterior, já após o cálculo do prazo final de comercialização.

MOTOR DE PESQUISA:			
aw	0,974	Data de Entrada	12/05/2021
Temperatura	5	Preço de Custo	0,59 €
pH	5,5	PV Inicial	1,09 €
Concatenação	0,974%5%5,5	Data a Avaliar	20/05/2021

Figura 29 - Compilação dos *inputs* no Motor de Pesquisa.

O procedimento seguinte é fulcral ao funcionamento do SAD. Através da função de Excel “PROCV” e em função dos valores inseridos, conforme relatado anteriormente, dá-se a pesquisa, em Base de Dados, do intervalo horário até que se atinja, para cada bactéria em proliferação, a respetiva dose contaminante. Veja-se a aplicação ao exemplo anterior, através das Figuras 30 e 31.

Bactéria	Horas	Fonte
Aeromonas hydrophila	588,60	ComBase Growth Model
Bacillus Cereus	392,40	ComBase Growth Model
Salmonella	99999,00	Sem Crescimento
Shigella flexneri	99999,00	Sem Crescimento

=PROCV(Y6;AP4:AQ360;2;FALSO)

Figura 30 - Aplicação da função "PROCV".

Esta função devolve os valores horários registados pelas bactérias referentes ao hortícola em estudo. No caso, nas condições selecionadas para a cebola, existe proliferação das bactérias *aeromonas hydrophila* e *bacillus cereus*, conforme constatável na Figura 31, onde se ilustram os valores horários devolvidos agora compilados na Base de Dados.

Bactéria:			<i>Aeromonas hydrophila</i>		Bactéria:			<i>Bacillus cereus</i>	
aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infe	aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infe
0,974	4	5,6	0,974%4º5,6	646,20	0,974	4	5,6	0,974%4º5,6	99999
0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	572,40	0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	99999
0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	513,00	0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	99999
0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	464,40	0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	99999
0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	790,20	0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	416,40
0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	678,60	0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	404,40
0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	588,60	0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	392,40
0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	516,60	0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	381,60
0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	459,00	0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	370,20
0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	410,40	0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	360,00
0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	372,60	0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	349,80
0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	637,20	0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	354,00
0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	547,20	0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	343,20
0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	475,20	0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	333,00
0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	417,60	0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	323,40

Bactéria:			<i>Salmonella</i>		Bactéria:			<i>Shigella flexneri</i>	
aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infe	aw	T (°C)	pH	Concatenação	Horas até UFC infe
0,974	4	5,6	0,974%4º5,6	99999	0,974	4	5,6	0,974%4º5,6	99999
0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	99999	0,974	4	5,7	0,974%4º5,7	99999
0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	99999	0,974	4	5,8	0,974%4º5,8	99999
0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	99999	0,974	4	5,9	0,974%4º5,9	99999
0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	99999	0,974	5	5,3	0,974%5º5,3	99999
0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	99999	0,974	5	5,4	0,974%5º5,4	99999
0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	99999	0,974	5	5,5	0,974%5º5,5	99999
0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	99999	0,974	5	5,6	0,974%5º5,6	99999
0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	99999	0,974	5	5,7	0,974%5º5,7	99999
0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	99999	0,974	5	5,8	0,974%5º5,8	99999
0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	99999	0,974	5	5,9	0,974%5º5,9	99999
0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	99999	0,974	6	5,3	0,974%6º5,3	99999
0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	99999	0,974	6	5,4	0,974%6º5,4	99999
0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	99999	0,974	6	5,5	0,974%6º5,5	99999
0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	99999	0,974	6	5,6	0,974%6º5,6	99999

Figura 31 - Intervalos horários até à dose infetante de cada uma das bactérias em proliferação na cebola, para as condições de armazenamento indicadas.

Assim, constate-se que, sujeito de forma constante às condições de armazenamento indicadas pelo utilizador, demoraria ao lote de cebola em estudo 588,6 horas a atingir a dose infetante de *aeromonas hydrophila* e 392,4 horas a atingir a dose infetante de *bacillus cereus* – ambas fixadas em  $10^5$  CFU/g. Nas mesmas condições, não existe qualquer crescimento das bactérias *salmonella* e *shigella flexneri*, pelos requisitos de crescimento que lhes são inerentes. Desta forma, através da função de Excel “SE”, é-lhes atribuído um rótulo “Sem Crescimento”. Resumidamente, aplica-se esta função de modo a que, sempre que o valor retornado pela “PROCV” seja 99.999 – portanto, quando não

existe crescimento bacteriano – tal facto seja assinalado. Sempre que exista crescimento bacteriano – ou seja, o valor retornado pela “PROCV” seja diferente de 99.999 – é atribuído um rótulo de “ComBase Growth Model”, por forma a assinalar a origem do valor devolvido. Veja-se a Figura 32.

Bactéria	Horas	Fonte
Aeromonas hydrophila	588,60	ComBase Growth Model
Bacillus Cereus	392,40	ComBase Growth Model
Salmonella	99999,00	Sem Crescimento
Shigella flexneri	99999,00	Sem Crescimento

Figura 32 - Aplicação da função "SE".

Neste processo, há a referir, ainda, o campo “Concatenação”, constatável nas Figuras 29 e 31. Trata-se de um parâmetro auxiliar associado, de forma única, a cada uma das inúmeras combinações de parâmetros de armazenamento possíveis. Tem uma função meramente indicativa: concatena valores de  $a_w$ , temperatura e pH num único campo, de forma a auxiliar e simplificar o mecanismo de pesquisa aplicado pela função “PROCV”.

Encontrados os intervalos horários até à contaminação por cada umas das bactérias em crescimento, segue-se a comparação dos mesmos, de modo a determinar o valor mais baixo. Este ditará, de forma perentória, a vida de prateleira, em horas, do lote hortícola em estudo, nas condições de armazenamento selecionadas. Para tal, recorre-se à função de Excel “MÍNIMO”, que devolve o número mais baixo num determinado intervalo. No caso, como constatável na Figura 33, o lote de cenoura em exemplo tem uma vida de prateleira restante de 392,4 horas.

Bactéria	Horas	Fonte
Aeromonas hydrophila	588,60	ComBase Growth Model
Bacillus Cereus	392,40	ComBase Growth Model
Salmonella	99999,00	Sem Crescimento
Shigella flexneri	99999,00	Sem Crescimento

Vida de Prateleira em Horas: 392,40

Figura 33 - Aplicação da função "MÍNIMO".

O menor intervalo horário encontrado é complementado com informação acerca da bactéria a que o mesmo respeita. Ou seja, nas condições sugeridas, o lote hortícola, contaminado por *Bacillus cereus*, atinge o limite da segurança alimentar 392,4 horas após a sua entrada em armazém. Para tal, utiliza-se a conjugação das funções de Excel “ÍNDICE” e “CORRESP”, de modo que seja retornada a informação constante na primeira coluna da tabela de registo dos valores horários, relativa à bactéria a que diz respeito o menor desses valores e que, conseqüentemente, define a vida de prateleira restante do hortícola. Este procedimento assume especial importância, pois através do mesmo é dado a conhecer ao utilizador do SAD, na respetiva Interface de Utilizador, a bactéria que contamina e compromete a segurança alimentar do hortícola em estudo, nas condições indicadas. A utilização destas fórmulas é ilustrada na Figura 34.

Bactéria	Horas	Fonte
Aeromonas hydrophila	588,60	ComBase Growth Model
Bacillus Cereus	392,40	ComBase Growth Model
Salmonella	99999,00	Sem Crescimento
Shigella flexneri	99999,00	Sem Crescimento

Vida de Prateleira em Horas:	392,40
Contaminação por:	Bacillus Cereus

=ÍNDICE(Y10:Z13;CORRESP(Z16;Z10:Z13;0);1)

Figura 34 - Aplicação das funções "ÍNDICE" e "CORRESP" conjugadas.

Como se pretende que o SAD devolva o tempo de vida útil restante do hortícola (e conseqüente prazo de comercialização) em dias, procede-se à divisão do valor da vida de prateleira em horas por 24, enquanto se utiliza a fórmula de Excel “ARRED”, por forma a obter o resultado em forma de número inteiro, sem quaisquer casas decimais, como constatável na Figura 35.

Vida de Prateleira em Dias	16	Data de Entrada	12/05/2021
----------------------------	----	-----------------	------------

=ARRED(Z16/24;0)

Figura 35 - Conversão da vida de prateleira em dias; aplicação da função “ARRED”.

O processo de definição da data final do prazo de comercialização do hortícola, replicado na Figura 36, é concluído quando se soma a vida de prateleira – em dias – apurada, com a data de entrada do hortícola em armazém, previamente indicada pelo utilizador.

Vida de Prateleira em Dias	16	Data de Entrada	12/05/2021
Fim do Prazo de Comercialização:		28/05/2021	=AB20+Y20

Figura 36 - Definição da data final do prazo de comercialização do hortícola.

Resumindo: para o exemplo que vem a ser seguido – um lote de cebolas, com entrada em armazém de retalhista a 12 de maio de 2021, armazenado a uma temperatura constante de 5 °C e numa humidade relativa constante de 97,4%, com um pH recolhido no valor de 5,5 – os alimentos estudados deverão ser vendidos até 28 de maio de 2021, 16 dias depois de terem dado entrada em armazém. Esta é a data imediatamente anterior ao momento em que se atinge o limite de segurança alimentar do lote através de contaminação por *bacillus cereus*, pelo que, até ao fim da mesma data, os hortícolas restantes do lote em questão deverão ser transacionados a preço de custo.

A data apurada é, neste momento, direcionada à Interface do Utilizador, onde é apresentada ao próprio. Aqui, já ciente da data de fim do prazo em que lhe é permitido comercializar o produto, o utilizador seleciona a data relativamente à qual deseja ver o preço de venda indicado, que se deverá situar entre a data de entrada do hortícola em armazém e a data de final de prazo de comercialização calculada.

Assim, desta fase em diante, todos os subprocessos realizados visam uma única finalidade: o cálculo do preço de venda ao consumidor, à data indicada pelo utilizador, através de um sistema de precificação que varia em função dessa mesma data. Na área ilustrada na Figura 37 dá-se a compilação de todos os dados relevantes e necessários à prossecução desse fim.

Preço de Custo	0,59 €	PV Inicial	1,09 €
Margem de Lucro	0,50 €	Vida de Prateleira em Dias	16
Data a Avaliar	20/05/2021	Diferença de dias entre Data de Entrada e Data a	8

Figura 37 - Compilação dos dados necessários ao cálculo do Preço de Venda a praticar na data indicada.

Na sequência do exemplo que tem vindo a ser seguido, e supondo que o utilizador desejava apurar o preço que deveria praticar no dia 20 de maio de 2021: para a vida de prateleira calculada anteriormente – 16 dias –, um custo de aquisição unitário da cebola de 0,59€/kg e um preço a praticar no primeiro dia de venda de 1,09€/kg, obtém-se um preço a praticar na data indicada de 0,84€/kg. Este valor é apurado através da aplicação da Equação 13. Para tal, e conforme constatável através da Figura 38, é calculada a margem de lucro ótima – no caso, 0,50€/kg –, que se define como a diferença entre o preço, por kg, a praticar no momento zero (primeiro dia de venda) e o custo de aquisição, por kg, do mesmo hortícola; e também a diferença, em dias, entre a data de entrada do lote em estudo no armazém do retalhista e a data a avaliar – no caso, 8 dias.

Preço de Custo	0,59 €	PV Inicial	1,09 €
Margem de Lucro	0,50 €	Vida de Prateleira em Dias	16
Data a Avaliar	20/05/2021	Diferença de dias entre Data de Entrada e Data a	8
Preço na Data a Avaliar		0,84 €	

$=AB25-Y25$   
 $=Y29-AB20$   
 $=AB25-(Y27/AB27)*AB29$

Figura 38 - Cálculo do Preço de Venda a praticar na data indicada.

Através da função “SEQUÊNCIA” são geradas todas as datas compreendidas entre o dia da entrada do lote e a data final do prazo de comercialização, inclusive. Isto de forma a possibilitar o cálculo do preço de venda a praticar em cada uma dessas datas. Exemplifica-se a aplicação desta função na Figura 39, bem como a aplicação da fórmula de cálculo do preço diário, entretanto já mencionada.

`=SEQUÊNCIA(1+AA22-AB20;1;AB20)`

`=AB$25-(Y$27/AB$27)*Z36`

Datas	Diferença de dias	Preço na Data a Avaliar
12/05/2021	0	1,09 €
13/05/2021	1	1,06 €
14/05/2021	2	1,03 €
15/05/2021	3	1,00 €
16/05/2021	4	0,97 €
17/05/2021	5	0,93 €
18/05/2021	6	0,90 €
19/05/2021	7	0,87 €
20/05/2021	8	0,84 €
21/05/2021	9	0,81 €
22/05/2021	10	0,78 €
23/05/2021	11	0,75 €
24/05/2021	12	0,72 €
25/05/2021	13	0,68 €
26/05/2021	14	0,65 €
27/05/2021	15	0,62 €
28/05/2021	16	0,59 €
	-44328	1 386,34 €
	-44328	1 386,34 €

Figura 39 - Aplicação da função "SEQUÊNCIA" e da fórmula de cálculo de preço de venda diário baseada na Equação 13.

Terminam aqui os subprocessos realizados na componente Motor de Pesquisa. Nesta fase, os preços a praticar são canalizados à Interface do Utilizador, onde são apresentados ao mesmo, indexando-se à data à qual respeitam.

## 4.5. Interface do Utilizador

Findada a construção da Base de Dados e Motor de Pesquisa do SAD, segue-se a estruturação da Interface do Utilizador. Esta será a única área funcional do SAD a que o utilizador terá acesso. As demais – Base de Dados e Motor de Pesquisa – estarão ocultas e protegidas. Desta forma, a Interface do Utilizador servirá como plataforma de comunicação entre o utilizador e o SAD na sua íntegra. Aqui, o utilizador poderá escolher o hortícola que deseja avaliar, inserir os dados de armazenamento e de preço relativamente aos quais deseja apurar resultados, bem como visualizar o retorno desses mesmos resultados, definidos como os *outputs* do SAD.

Esta componente é constituída por sete separadores: um separador inicial, um separador de informações e cinco separadores exclusivos a cada um dos hortícolas em estudo. Se os dois primeiros são formados por apenas uma página, os separadores de hortícolas

apresentam duas páginas distintas – a primeira, onde são introduzidos os dados a avaliar, a segunda onde são apresentados os resultados. Assim, a introdução do utilizador ao SAD far-se-á através da página inicial, ilustrada na Figura 40.

Aqui, o utilizador irá seleccionar o hortícola que pretende avaliar. Ao pressionar o respetivo botão, ao qual está atribuído uma *macro* específica, será direccionado ao separador do hortícola escolhido. O utilizador poderá, também, navegar entre os diferentes separadores ao seleccionar o pretendido no topo da página.

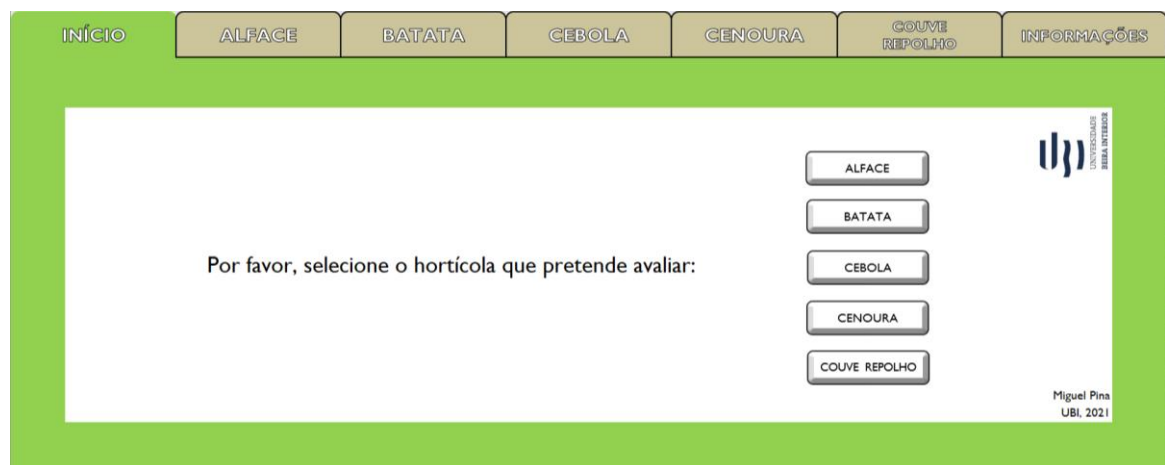


Figura 40 - Página de Início do SAD.

Recuperando o exemplo mencionado anteriormente: cebola, com um valor de atividade de água de 0,974 – que, pela Equação 9, se traduz num cenário de humidade de 97,4%, a uma temperatura de armazenamento de 5 °C e um pH de 5,5. Também os dados referentes à precificação dinâmica se mantêm os mesmos: entrada em armazém de retalhista a 12 de maio de 2021, com um custo de 0,62€/kg e um preço de venda inicial de 1,09€. Observa-se, na Figura 41, a aplicação das referidas condições na página de introdução dos *inputs* de armazenamento e preço do separador “Cebola”.

INÍCIO	ALFACE	BATATA	CEBOLA	CENOURA	GOUVE REPOLHO	INFORMAÇÕES
--------	--------	--------	--------	---------	---------------	-------------

Condições de armazenamento do hortícola:

**1** Temperatura (°C)  Humidade Relativa (%)

**2** pH do hortícola:

**3** Data de entrada do hortícola em armazém:

**4** Custo de aquisição, por kg, do hortícola:

**5** Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola:

LIMPAR VALORES

VOLTAR À PÁGINA INICIAL

VISUALIZAR RESULTADOS

Figura 41 - Introdução dos dados referentes a armazenamento e preço, em estudo, no separador da cebola.

Nesta página, os dados a introduzir são numerados de forma lógica. Depois de introduzidos, são canalizados e compilados na componente Motor de Pesquisa, como visto na secção 4.4. Numa fase inicial, há a introduzir os dados relativos às condições de armazenamento: em primeiro lugar, os fatores extrínsecos ao hortícola (i.e., temperatura e humidade relativa) e em seguida, o pH recolhido de uma amostra do lote hortícola em estudo. Nestes campos, os valores são selecionados de entre listas pré-definidas de temperatura, humidade relativa e pH concordantes com os valores em estudo para cada hortícola. Por forma a que as listas se soltem quando a respetiva célula a preencher é selecionada, conforme ilustrado na Figura 42, recorre-se à funcionalidade de “Validação de Dados” do *software*.

Condições de armazenamento do hortícola:

**1**

Temperatura (°C)	<input type="text" value="2"/>	Humidade Relativa (%)	<input type="text" value="97,40"/>
	3		98,20
	4		99,00
	5		
	6		
	7		
	8		
	9		

**2**

pH do h

5,3
5,4
5,5
5,6
5,7
5,8
5,9

Figura 42 - Listas dos valores de temperatura, humidade relativa e pH em estudo para a cebola, com recurso a Validação de Dados.

Da mesma forma, quando selecionadas, as três células em análise são acompanhadas de uma pequena mensagem de texto com instruções, como forma de auxílio ao seu preenchimento por parte do utilizador. Para tal, recorre-se novamente à funcionalidade de Validação de Dados. Veja-se a Figura 43.

O diagrama ilustra a validação de dados para três parâmetros: temperatura, humidade relativa e pH. Cada campo de entrada é acompanhado por uma mensagem de ajuda detalhada:

- Temperatura de armazenamento:** Seleccione, de entre a lista apresentada e da forma mais acercada à realidade possível, a temperatura em que o lote hortícola foi armazenado.
- Humidade relativa do ar:** Seleccione, de entre a lista apresentada e da forma mais acercada à realidade possível, a humidade relativa da atmosfera em que o lote hortícola foi armazenado.
- pH (Potencial de Hidrogénio):** Avalie, através de medição, e seleccione, de entre a lista apresentada e da forma mais acercada à realidade possível, o valor de pH do lote hortícola.

Os campos de entrada são representados por caixas com o rótulo e um espaço verde para a seleção. O rótulo para a humidade relativa está parcialmente cortado no original.

Figura 43 - Mensagem de entrada na introdução de temperatura, humidade relativa e pH, com recurso a Validação de Dados.

Quando os valores de temperatura, humidade relativa e pH não são selecionados de entre os apresentados pelas listas pré-definidas, sendo impostos pelo utilizador, a célula não valida o valor introduzido e surge uma mensagem de erro, sugerindo o retratamento do mesmo. Tal ilustra-se na Figura 44.

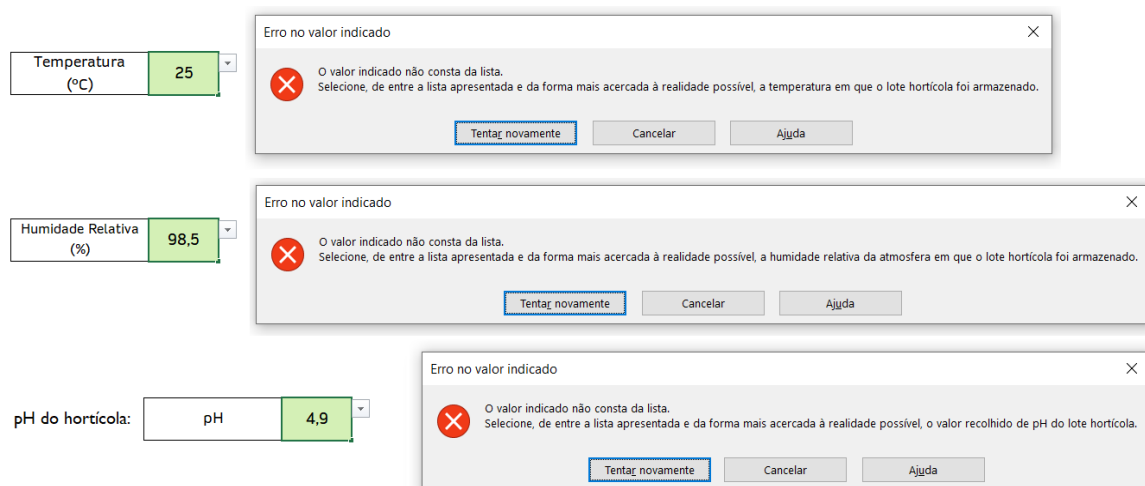


Figura 44 - Mensagem de erro para valores de temperatura, humidade relativa e pH que não constem da lista em estudo, com recurso a Validação de Dados.

Passam, agora, a introduzir-se os dados referentes ao sistema de precificação dinâmica: data de entrada em armazém do lote objeto de estudo, à qual corresponde o preço de venda inicial do hortícola, por kg – também este a introduzir – e ainda o custo de aquisição do hortícola, por kg. Também aqui há recurso à introdução de mensagens de entrada, por forma a auxiliar o utilizador, conforme se verifica através da Figura 45:

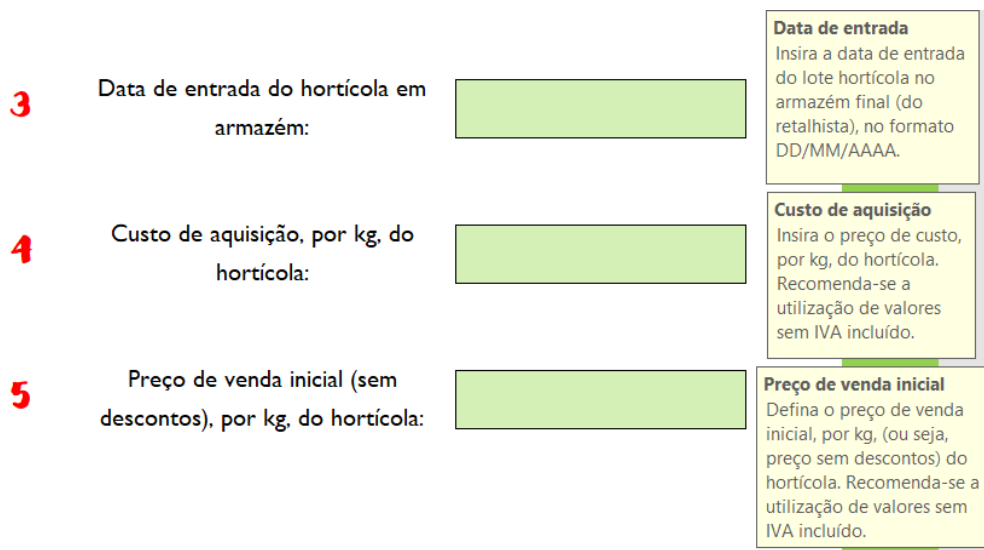


Figura 45 - Mensagem de entrada na introdução de dados referentes a precificação, com recurso a Validação de Dados.

Novamente com recurso à Validação de Dados, sempre que o utilizador introduza um custo de aquisição superior ao preço de venda inicial, ou vice-versa, surge uma mensagem de erro que o alerta para a impossibilidade desse facto – Figura 46.

4	Custo de aquisição, por kg, do hortícola:	1,09 €
5	Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola:	0,62 €

Erro no valor indicado ×

✘ O preço de venda inicial do hortícola deve ser, obrigatoriamente, maior ou igual que o seu custo de aquisição.

Figura 46 - Mensagem de erro para relação inadequada entre custo de aquisição e preço de venda inicial, com recurso a Validação de Dados.

Através da Figura 47, constata-se, ainda, a existência de três botões na margem inferior da página, aos quais estão atribuídas três *macros* distintas: “Limpar Valores”, que apaga todos os valores inseridos pelo utilizador até então; “Voltar à Página Inicial”, que deixa, também, todos os campos preenchidos em branco, transportando, seguidamente, o utilizador até à página inicial, onde poderá selecionar outro hortícola a avaliar; “Visualizar Resultados”, que, quando pressionado, transporta o utilizador para uma página nova, onde lhe serão dados a conhecer os resultados referentes ao prazo de comercialização e aos preços a praticar, inferidos em função dos dados introduzidos. Esta página encontra-se retratada na Figura 48.

descontos), por kg, do hortícola.

Figura 47 - *Macroinstructions* de limpeza e de transporte.

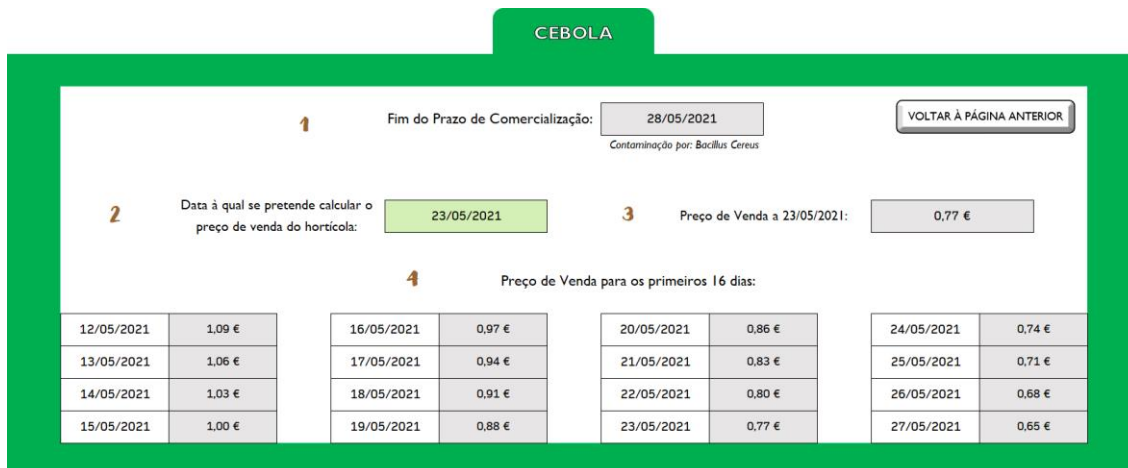


Figura 48 - Página de visualização de resultados da cebola.

Aqui são exibidos, ao utilizador, os resultados inferidos pelos mecanismos ocorrentes no Motor de Pesquisa previamente descritos, em função dos dados introduzidos.

Note-se, primeiramente, que os separadores de navegação que existiam no topo da página anterior são, nesta página, retirados. Da mesma forma, existe apenas um botão, ao qual está atribuída uma macro que executa o retorno à página anterior.

Também aqui, os campos de informação são sequenciados. Para o primeiro campo é transportado o fim do prazo de comercialização do lote calculado na componente Motor de Pesquisa. Se, por falta de introdução, por parte do utilizador, algum dado indispensável ao cálculo deste prazo na página anterior, através da função “SE.ERRO”, o utilizador é alertado para tal através de uma indicação no interior da célula, conforme constatável na Figura 49.

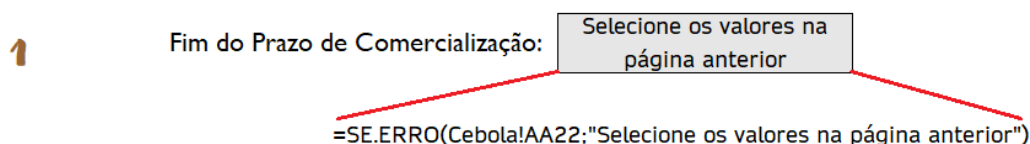


Figura 49 - Aplicação da função "SE.ERRO".

Quando a data final do prazo de comercialização é apurada, surge, em posição inferior à mesma célula, uma indicação relativamente à bactéria que fixa essa mesma data, ou seja, que bactéria atinge a respetiva dose infetante nessa data. Tal é possível através da conjugação da função “CONCATENAR”, que, como referido anteriormente, junta dois

blocos de texto – no caso, “Contaminação por” e a bactéria que define a vida de prateleira – e a função “SE.ERRO”, de modo a que quando não seja apurada a data final de prazo de comercialização, a célula se apresente vazia de qualquer texto. Os dois cenários são contemplados na Figura 50. Novamente, no exemplo que tem vindo a ser seguido, o fim do prazo de comercialização dá-se a 28 de maio de 2021, quando a dose infetante de *bacillus cereus* é atingida.

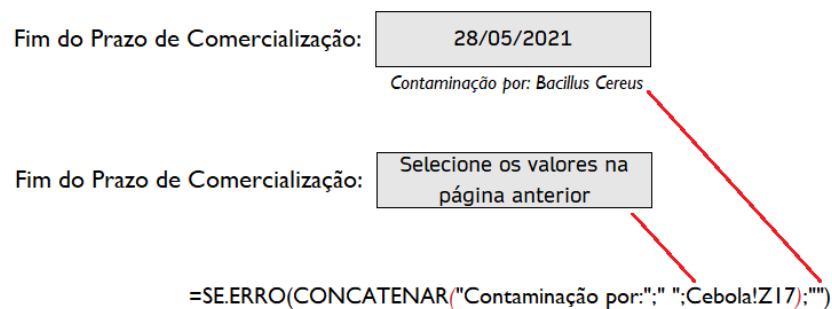


Figura 50 - Aplicação das funções "CONCATENAR" e "SE.ERRO" conjugadas.

Depois de obter informação acerca do final de prazo de venda do lote hortícola, o utilizador é convidado a inserir, no campo 2, a data à qual deseja ver retornado o preço de venda a praticar, sendo que essa data deverá compreender-se, obrigatoriamente, entre a data de entrada do lote hortícola em armazém e a data final de venda calculada. Nesta etapa, é novamente elaborada uma mensagem de entrada como forma de guia ao utilizador, com recurso à funcionalidade de Validação de Dados, conforme Figura 51.

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:

**Data à qual se pretende o PV**  
Insira a data acerca da qual deseja ver o preço de venda devolvido, no formato DD/MM/AAAA. Esta data deve ser, obrigatoriamente, maior ou igual à data de entrada e menor ou igual à data de fim de prazo de comercialização do lote hortícola.

Figura 51 - Mensagem de entrada na introdução da data a avaliar, com recurso a Validação de Dados.

Quando a data inserida não esteja compreendida no intervalo entre a data de entrada em armazém e a data final do prazo de venda, o valor não é aceite pela célula onde é inserida e, através de mensagem de erro, o utilizador é alertado para tal. Veja-se a Figura 52.

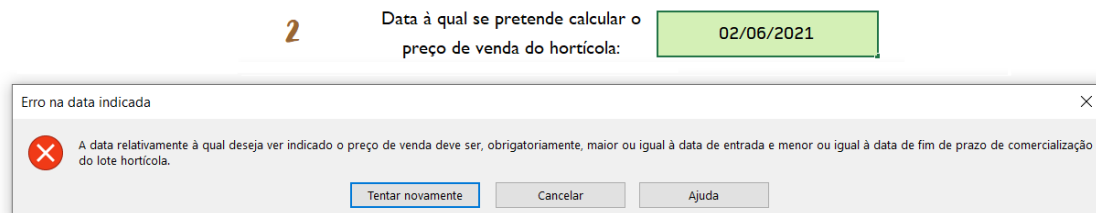


Figura 52 - Mensagem de erro para relação inadequada entre custo de aquisição e preço de venda inicial, com recurso a Validação de Dados.

Supondo que o utilizador pretende determinar, no âmbito das condições que têm vindo a ser seguidas, o preço de venda da cebola a praticar no dia 23 de maio de 2021: no caso, apura-se a um valor a praticar de 0,77€, calculado através dos mecanismos descritos na secção 4.4. Este valor é indicado ao utilizador através do campo 3, conforme ilustrado na Figura 53.



Figura 53 - Indicação do preço de venda a praticar no dia em avaliação.

Também na célula onde é revelado o preço a praticar, à data em avaliação, se revelam algumas particularidades: desde já, através da função “SE”, no caso de não ter havido lugar à introdução de uma data válida a avaliar no campo imediatamente anterior, o utilizador é alertado para tal através de uma indicação no interior da célula, à semelhança do verificado no campo indicativo do fim do prazo de comercialização (Figura 49). Neste caso, também a descrição do campo 3 sofre alterações. Através da conjugação das funções “SE”, “CONCATENAR” e “TEXTO”, a mensagem descritiva do campo permuta consoante a introdução ou não introdução, no campo anterior, de uma data a avaliar. No caso de ser inserida uma data válida, dá-se a concatenação de um bloco de texto próprio com a data inserida. Na Figura 54 constata-se os dois cenários.

=SE(H13=0;"Preço de Venda à data desejada:";CONCATENAR("Preço de Venda a:"&" ";TEXTO(H13;"dd/mm/aaaa");";"))

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:

**3** Preço de Venda à data desejada:

**3** Preço de Venda a 23/05/2021:

=SE(H13="";"Selecione a data anterior";Cebola!AA32)

Figura 54 - Aplicação das funções "SE", "CONCATENAR" e "TEXTO".

Por último, da componente Motor de Pesquisa são transportados e compilados os preços de venda a praticar nos 16 dias subsequentes à entrada do lote em estudo no armazém do retalhista. Na Figura 55 ilustra-se a aplicação desta funcionalidade ao exemplo supra referido.

**4** Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

12/05/2021	1.09 €	16/05/2021	0.97 €	20/05/2021	0.86 €	24/05/2021	0.74 €
13/05/2021	1.06 €	17/05/2021	0.94 €	21/05/2021	0.83 €	25/05/2021	0.71 €
14/05/2021	1.03 €	18/05/2021	0.91 €	22/05/2021	0.80 €	26/05/2021	0.68 €
15/05/2021	1.00 €	19/05/2021	0.88 €	23/05/2021	0.77 €	27/05/2021	0.65 €

Figura 55 - Preço de venda a praticar nos primeiros 16 dias de vida de prateleira.

Quando, nas condições de armazenamento indicadas pelo utilizador, a vida de prateleira estimada pelo SAD seja inferior aos referidos 16 dias – ou seja, sempre que da componente Motor de Pesquisa, à data em questão, não exista um preço a transportar, pelo facto de esta se encontrar fora do prazo máximo de comercialização apurado –, através das funções "SE" e "SE.ERRO" surge, no interior da célula do preço, a indicação "Fora do Prazo". Através da funcionalidade de "Formatação Condicional" inerente ao *software* de cálculo, essa indicação é realçada com uma cor encarnada. Tal cenário pode ser contemplado na Figura 56, onde é esquematizado o mesmo exemplo da cebola, com uma única modificação: armazenamento a uma temperatura de 12 °C, resultante numa vida de prateleira inferior a 16 dias (no caso, 6 dias).

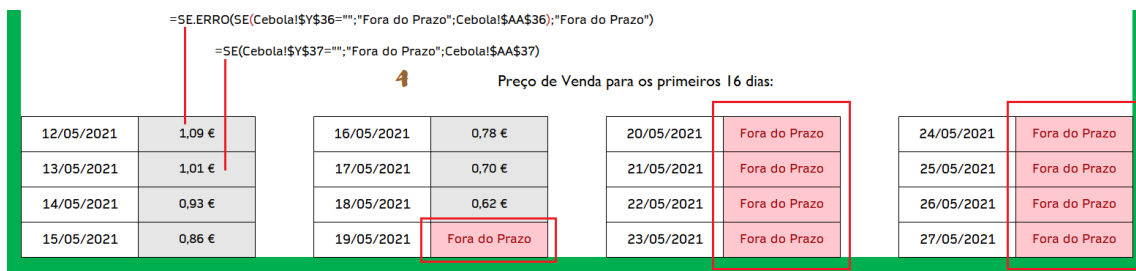


Figura 56 - Aplicação das funções "SE", "SE.ERRO" e da funcionalidade "Formatação Condicional".

Desta forma, é concluída a avaliação ao prazo de comercialização do hortícola escolhido, em função dos fatores intrínsecos e extrínsecos indicados pelo utilizador, bem como dos preços de venda a praticar ao longo do prazo apurado. Não obstante, importa salientar um outro recurso auxiliar a que o utilizador do SAD tem acesso. Trata-se da página "Informações", acessível através de navegação nos separadores do topo da janela de visualização. Esta página tem uma função meramente informativa, uma vez que faz a contextualização do SAD ao seu utilizador, servindo, também, como guia perante as diversas etapas que o mesmo SAD pressupõe. Na Figura 57 encontra-se exposta a referida página.

INÍCIO	ALFACE	BATATA	CEBOLA	CENOURA	COUVE REPOLHO	INFORMAÇÕES
--------	--------	--------	--------	---------	---------------	-------------

- ✓ A presente ferramenta foi concebida no âmbito do desenvolvimento de dissertação conducente a grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, pela Universidade da Beira Interior. A mesma destina-se, portanto, a fins meramente académicos.
- ✓ A ferramenta, definida como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD), surge no âmbito da redução do desperdício e do aumento da segurança alimentar no setor retalhista. Tem, como fim máximo, a determinação do prazo máximo de comercialização/consumo de um determinado lote de um produto hortícola, de entre aqueles em estudo (alface, batata, cebola, cenoura e couve repolho), de acordo com o gradual decaimento da sua qualidade microbiológica. O referido prazo máximo de comercialização do produto reporta à data em que se atinge a dose infetante de uma determinada bactéria em proliferação, resultando no
- ✓ Ao mesmo tempo, o presente SAD devolverá ao utilizador, de forma dinâmica e à medida da aproximação do referido prazo, o preço de venda, por kg, a adotar para o lote do hortícola em estudo, em função da aproximação do referido prazo e, consequentemente, da deterioração microbiológica do alimento.
- ✓ Como tal, e de modo a potenciar todas as funcionalidades do SAD, exige-se ao seu utilizador o fornecimento de alguns dados o mais acurados à realidade possível, que irão ditar, em última instância, o prazo de comercialização do lote de hortícolas em avaliação, bem como o preço de venda a praticar, de forma
  - 1 Avaliar e selecionar, de entre as listas disponíveis, as condições referentes ao ambiente - extrínsecas - em que o lote hortícola vai ser armazenado, nomeadamente a temperatura e a humidade relativa da atmosfera;
  - 2 Avaliar, através de medição, e selecionar, de entre a lista disponível, o valor de pH do lote hortícola em avaliação;
  - 3 Inserir a data de entrada do lote do hortícola em estudo no armazém final (do retalhista);
  - 4 Inserir o preço de custo, por kg, - custo de aquisição - do hortícola em questão. Este valor servirá como referência ao preço de venda do hortícola no momento em que a sua deterioração for máxima (último dia do prazo de comercialização, antes de ser comprometida a segurança alimentar do alimento). Recomenda-se, para o efeito, a utilização dos valores sem IVA incluído;
  - 5 Definir e inserir o preço de venda inicial, por kg, - ou seja, o preço sem descontos - do hortícola em questão. Este valor servirá como referência ao preço de venda do hortícola no momento em que a sua deterioração for mínima (dia de entrada do produto em armazém). Recomenda-se, para o efeito, a utilização dos valores sem IVA incluído;
- ✓ Após inseridos todos os dados requeridos pelo SAD, ao utilizador serão apresentados os resultados apurados, em função dos valores inseridos pelo mesmo, nomeadamente:
  - 1  fim do prazo de comercialização do hortícola em estudo, definido pela data em que é atingida a dose infetante de uma das bactérias consideradas para o hortícola em estudo.
  - 2 Após a aferição do fim do prazo de comercialização, é pedido ao utilizador que defina e insira a data relativamente à qual deseja ver o preço de venda devolvido. Se o objetivo passar por calcular o preço de venda para o próprio dia, deve ser inserida a data atual. A data introduzida deve compreender-se, obrigatoriamente, entre a data de entrada do lote do hortícola em estudo e a data final do prazo de comercialização apurada. É apresentado o Preço de Venda a praticar na data indicada na etapa anterior.
  - 3 Por fim, são apresentados os Preços de Venda a praticar nos 16 dias imediatamente subsequentes à data de entrada do lote do hortícola em estudo no armazém do retalhista. Sempre que o final do prazo máximo de comercialização se verifique no entretanto dos referidos 16 dias, surge uma indicação por forma a indicar que o produto se encontra fora do prazo máximo de comercialização e, como tal, não lhe é aplicado um preço de

[VOLTAR À PÁGINA INICIAL](#)

Figura 57 - Página de Informações.

De referir, ainda, o modo de ecrã inteiro associado ao ficheiro do SAD, possibilitado através da exploração da funcionalidade “Programador”, própria de Microsoft Excel. Relativamente a esta, através da adição das linhas de código em linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Applications*) vistas na Figura 58, o SAD é sempre exibido em modo de ecrã completo, eliminando as típicas funcionalidades de uma normal folha de cálculo, uma vez que se revelam desnecessárias ao propósito do ficheiro.

The figure displays three screenshots of the VBA code editor for a file named 'Sistema de Apoio à Decisão.xlsx - Estelvro (Code)'. The top-left window shows the 'IsLigarEcrãCompleto' macro, which performs actions such as hiding the ribbon, formula bar, status bar, and gridlines, and changing the application caption to 'Sistema de Apoio à Decisão'. The top-right window shows the 'IsDesligarEcrãCompleto' macro, which reverses these actions, showing the ribbon, formula bar, status bar, and gridlines, and restoring the application caption. The bottom window shows the 'Workbook\_Open' and 'Workbook\_Close' events, which call the respective macros to automatically switch the screen mode when the workbook is opened or closed.

```

Sub IsLigarEcrãCompleto()
    'Oculta todas as guias de menu
    Application.ExecuteExcel4Macro "SHOW.TOOLBAR("""Ribbon""", False) "

    'Oculta barra de fórmulas
    Application.DisplayFormulaBar = False

    'Oculta barra de status, disposta ao final da folha
    Application.DisplayStatusBar = False

    'Alterar o nome do Excel
    Application.Caption = "Sistema de Apoio à Decisão"

    With ActiveWindow
        'Oculta barra horizontal
        .DisplayHorizontalScrollBar = False

        'Oculta barra vertical
        .DisplayVerticalScrollBar = False

        'Oculta guias das folhas
        .DisplayWorkbookTabs = False

        'Oculta valores zero na folha
        .DisplayZeros = False

        'Oculta as linhas de grade da folha
        .DisplayGridlines = False
    End With
End Sub

Sub IsDesligarEcrãCompleto()
    'Reexibe os menus
    Application.ExecuteExcel4Macro "SHOW.TOOLBAR("""Ribbon""", True) "

    'Reexibir a barra de fórmulas
    Application.DisplayFormulaBar = True

    'Reexibir a barra de status, disposta ao final da folha
    Application.DisplayStatusBar = True

    'Reexibir o cabeçalho da zona de trabalho
    ActiveWindow.DisplayHeadings = True

    'Retornar o nome do Excel
    Application.Caption = ""

    With ActiveWindow
        'Reexibir barra horizontal
        .DisplayHorizontalScrollBar = True

        'Reexibir barra vertical
        .DisplayVerticalScrollBar = True

        'Reexibir guias das folhas
        .DisplayWorkbookTabs = True

        'Reexibir valores zero na folha
        .DisplayZeros = True

        'Reexibir as linhas de grade da folha
        .DisplayGridlines = True
    End With
End Sub

'Chama o procedimento de ecrã completo ao abrir a zona de trabalho
Private Sub Workbook_Open()
    IsLigarEcrãCompleto
End Sub

'Desliga o modo de ecrã completo ao fechar a zona de trabalho
Private Sub Workbook_Close()
    IsDesligarEcrãCompleto
End Sub

```

Figura 58 - Linhas de código, em linguagem VBA, para exibição de ecrã inteiro.



## 5. Análise e Discussão de Resultados

### 5.1. Nota introdutória

Concluído o desenvolvimento do SAD segundo os critérios e especificações técnico-científicas descritas inicialmente, destina-se o presente capítulo, de forma exclusiva, à apresentação, análise e discussão dos resultados obtidos, em termos de previsão de tempo de vida útil, para os hortícolas analisados.

Numa primeira fase, os resultados são expostos e analisados, de forma individual, por cada um dos casos de estudo – alface, batata, cebola, cenoura e couve-repolho. Relativamente à metodologia adotada de exposição e análise dos resultados: Primeiramente, são apresentados, por amostragem, os resultados obtidos, em termos de vida de prateleira. Esta exposição é acompanhada pela devida dissecação dos resultados. Em seguida, é realizada uma análise às variáveis passíveis de influenciar os resultados (atividade de água, temperatura e pH), relacionando os intervalos de crescimento bacteriano com essas mesmas variáveis. São, ainda, apresentados breves exemplos práticos da aplicação do SAD, contemplando a íntegra das suas funcionalidades. Por último, e desta feita, já de forma integrada, é realizada uma comparação dos resultados obtidos pelo SAD com os valores recolhidos na bibliografia.

### 5.2. Caso de Estudo 1 – Alface

#### 5.2.1. Resultados Obtidos

Para o estudo da alface foi considerado, em particular, um único cenário de atividade de água ( $a_w = 0,996$ ), conforme a bibliografia (ver Tabela 2), traduzido numa humidade relativa de  $\phi = 99,6\%$ . No que respeita às bactérias consideradas para este hortícola, foi estimado o crescimento bacteriano de *aeromonas hydrophila*, *bacillus cereus*, *listeria monocytogenes* e *salmonella*. A análise deste hortícola inicia-se numa temperatura de armazenamento  $T = 1\text{ }^\circ\text{C}$  – relativamente à qual se regista crescimento de *listeria monocytogenes* – e termina a  $T = 10\text{ }^\circ\text{C}$  – temperatura à qual, para a conjugação de todos

os valores de pH, se irá atingir o limiar de segurança alimentar em  $t \leq 24$  horas. Ou seja: a uma temperatura  $T = 10$  °C, para qualquer que seja o valor de pH em análise, o prazo de comercialização restante será sempre inferior a 24 horas. No final deste prazo, o limiar de segurança alimentar é alcançado através da contaminação de, neste caso, *listeria monocytogenes*. Por esta razão, desconsideram-se, para efeitos do SAD, quaisquer valores de temperatura superiores, dado que o prazo de comercialização obtido será sempre inferior a 24 horas, e, portanto, irrelevante para efeitos de precificação. Em termos de pH, foram considerados os valores compreendidos entre  $5,8 \leq \text{pH} \leq 6,0$ , de acordo com a Tabela 3. Dada a dimensão das combinações possíveis de analisar, a exibição dos dados obtidos, referentes ao tempo de vida útil restante, é realizada através de amostragem, conforme exposto na Tabela 8. A metodologia de seleção da amostra consiste na divisão do intervalo de temperaturas em quartis. Em cada quartil, é um elegido um valor de temperatura, relativamente ao qual se selecionam e analisam dois valores de pH, combinados com o único cenário de atividade de água proposto no caso da alface. Para cada possibilidade de combinação exposta, é indicado o número de horas restantes até que se atinja a dose infetante das diferentes bactérias em multiplicação nos parâmetros selecionados. Conforme subsecção 3.1.4.2, o menor desses intervalos dita a vida de prateleira sobranete do hortícola nas condições de armazenamento indicadas, também indicada na Tabela 8.

Os resultados expostos permitem constatar, de imediato, a influência da temperatura na vida de prateleira da alface. De entre as combinações estudadas, no cenário mais desfavorável ao crescimento bacteriano – temperatura e pH mínimos ( $T = 1$  °C;  $\text{pH} = 5,8$ ) – e, como tal, mais favorável à conservação de bens alimentares, a vida de prateleira é estabelecida no limiar da contaminação por *listeria monocytogenes* – única bactéria capaz de se replicar nas condições selecionadas –,  $t = 155,2$  horas após a entrada do hortícola em armazém. Por outro lado, quando a temperatura e pH selecionados são máximos para o intervalo em estudo ( $T = 10$  °C;  $\text{pH} = 6,0$ ) e, portanto, proporcionadoras do cenário mais favorável à replicação de bactérias, a vida de prateleira é ditada quando se atinge a contaminação por *aeromonas hydrophila*, após  $t = 20,5$  horas de armazenamento. Nas referidas condições de armazenamento, como cenário mais propício ao crescimento bacteriano, regista-se a proliferação de todas as bactérias em estudo, ao contrário do que acontecia na extremidade inversa do intervalo em análise.

Nos resultados observados, não se verificou qualquer caso de contaminação por *bacillus cereus* ou *salmonella*. Neste caso de estudo em particular, não foi possível apurar o efeito da humidade relativa no tempo de vida do hortícola, por falta de termo de comparação, uma vez que apenas se considerou um valor de atividade de água.

Tabela 8 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Alface.

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
1 °C	5,8	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	—	155,20	<i>Listeria monocytogenes</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	155,20		
			<i>Salmonella</i>	—		
	5,9	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	—	146,00	<i>Listeria monocytogenes</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	146,00		
			<i>Salmonella</i>	—		
4 °C	5,8	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	79,80	79,60	<i>Listeria monocytogenes</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	79,60		
			<i>Salmonella</i>	—		
	5,9	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	73,60	73,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	74,80		
			<i>Salmonella</i>	—		
7 °C	5,9	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	38,60	38,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	137,20		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	40,40		
			<i>Salmonella</i>	208,80		
	6,0	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	36,00	36,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	135,00		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	38,40		
			<i>Salmonella</i>	203,20		
10 °C	5,9	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	22,10	22,10	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	81,40		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	23,20		
			<i>Salmonella</i>	95,40		
	6,0	0,996	<i>Aeromonas hydrophila</i>	20,50	20,50	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	79,60		
			<i>Listeria monocytogenes</i>	22,00		
			<i>Salmonella</i>	93,20		

## 5.2.2. Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano

Pelos motivos já referidos, o intervalo de estudo fixado para a alface regista o seu início a uma temperatura de  $T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , terminando nos  $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente ao pH, para efeitos deste estudo, foi considerado o intervalo  $5,8 \leq \text{pH} \leq 6,0$  – valores inerentes ao próprio hortícola. Para esta análise, foi desconsiderado o parâmetro referente a atividade de água, uma vez que todas as bactérias em estudo se reproduziam, sem qualquer restrição, no valor de atividade de água adotado, conforme observado na Tabela 6.

A Figura 59 representa as intersecções, em termos de temperatura e pH, entre as condições de crescimento próprias de cada uma das bactérias investigadas na alface, que permitiu apurar o intervalo a considerar para o estudo deste hortícola – também representado.

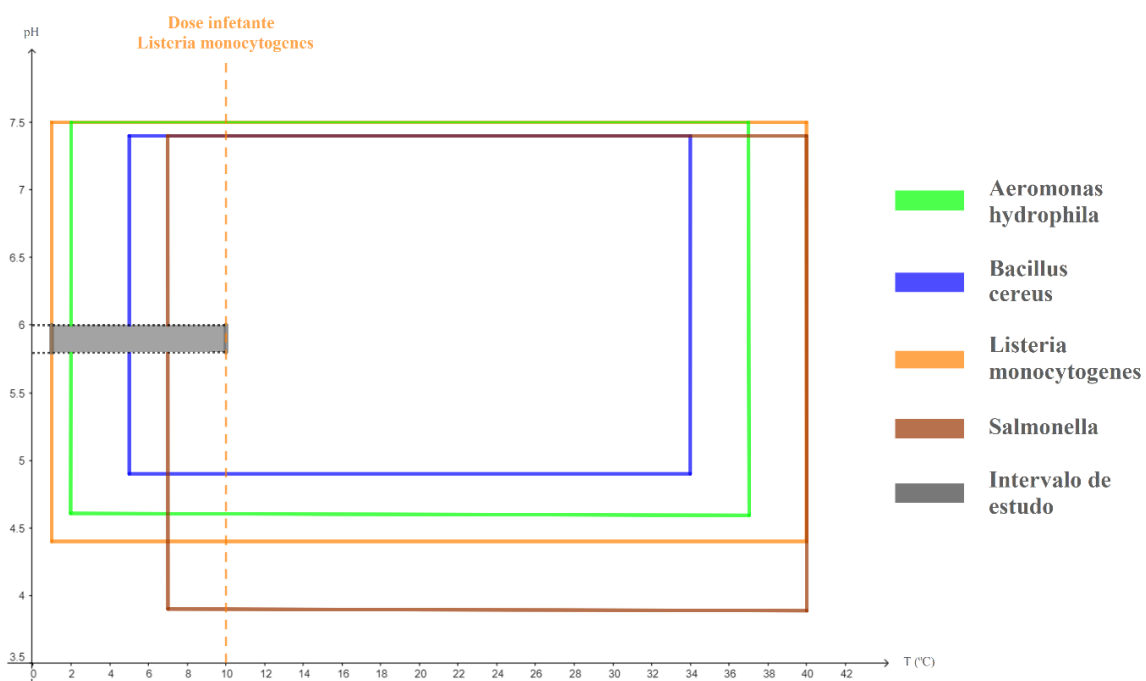


Figura 59 - Relação intervalo de estudo da Alface/ parâmetros de crescimento bacteriano.

Analisando o eixo das abcissas da Figura 59, correspondente aos valores de temperatura de armazenamento, em  $^{\circ}\text{C}$ , constata-se que o intervalo de estudo principia aquando do início do crescimento de *listeria monocytogenes*, registado a  $T = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta mantém-se a única espécie em proliferação até ao valor de temperatura imediatamente seguinte

( $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), quando se inicia a replicação de *aeromonas hydrophila*. Por sua vez, a  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  regista-se o início da proliferação de *bacillus cereus* e, a  $T = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de *salmonella*.

Relativamente ao eixo das ordenadas, onde se representam os valores de pH associados ao crescimento de cada bactéria, não se verifica qualquer tipo de restrição: o intervalo de estudo contempla o leque completo de valores de pH para todas as bactérias em análise.

### 5.2.3. Exemplo prático da utilização do SAD

De forma a exemplificar o estudo da alface pelo SAD, propõe-se o seguinte caso prático, constatável na Figura 60: Armazenamento a  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a uma humidade relativa de  $\phi = 99,6\%$  e um pH recolhido no valor de  $\text{pH} = 5,8$ . Entrada em armazém a 18 de junho de 2021; custo de aquisição de  $0,40\text{ €/kg}$ ; preço de venda inicial de  $0,90\text{ €/kg}$ .

INÍCIO	ALFACE	BATATA	CEBOLA	GENOURA	COUVE REPOLHO	INFORMAÇÕES
Condições de armazenamento do hortícola:		Data de entrada do hortícola em armazém:		18/06/2021		
1	Temperatura (°C): 5	Humidade Relativa (%): 99,60	3			
pH do hortícola: pH 5,8		4		Custo de aquisição, por kg, do hortícola: 0,40 €		
2		5		Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola: 0,90 €		
LIMPAR VALORES				VISUALIZAR RESULTADOS		
VOLTAR À PÁGINA INICIAL						

Figura 60 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Alface.

Os resultados obtidos para as condições de armazenamento seleccionadas (ver Figura 61) indicam o final do prazo de comercialização a 21 de junho de 2021 – ou seja, uma vida de prateleira restante de  $t = 3$  dias – data à qual o limiar da segurança alimentar é atingido por contaminação por *aeromonas hydrophila*, pelo que o hortícola deve ser comercializado a preço de custo ( $0,40\text{ €/kg}$ ). Relativamente às datas anteriores, o SAD indica um preço a praticar de  $0,57\text{ €/kg}$  a 20 de junho,  $0,73\text{ €/kg}$  a 19 de junho e o preço de venda sem desconto ( $0,90\text{ €/kg}$ ) no dia de entrada em armazém (18 de junho). Dado que o fim do prazo de comercialização se dá dentro dos 16 dias expostos pelo SAD, não existe necessidade de utilizar a funcionalidade de apuramento do preço a praticar noutras datas.

**ALFACE**

1 Fim do Prazo de Comercialização:  VOLTAR À PÁGINA ANTERIOR  
Contaminação por: *Aeromonas hydrophila*

2 Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:  3 Preço de Venda à data desejada:

4 Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

18/06/2021	0.90 €	22/06/2021	Fora do Prazo	26/06/2021	Fora do Prazo	30/06/2021	Fora do Prazo
19/06/2021	0.73 €	23/06/2021	Fora do Prazo	27/06/2021	Fora do Prazo	01/07/2021	Fora do Prazo
20/06/2021	0.57 €	24/06/2021	Fora do Prazo	28/06/2021	Fora do Prazo	02/07/2021	Fora do Prazo
21/06/2021	0.40 €	25/06/2021	Fora do Prazo	29/06/2021	Fora do Prazo	03/07/2021	Fora do Prazo

Figura 61 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Alface.

## 5.3. Caso de Estudo 2 – Batata

### 5.3.1. Resultados Obtidos

No que respeita ao estudo da batata, foram considerados valores de  $a_w = 0,988$ ,  $0,9925$  e  $0,997$  para a atividade de água, resultantes em cenários de humidade relativa de  $\phi = 98,8\%$ ,  $99,25\%$  e  $99,7\%$ , respetivamente. Relativamente às bactérias consideradas para este hortícola, foi estimado o crescimento bacteriano de *bacillus cereus*, *shigella flexneri* e *staphylococcus aureus*. A análise deste hortícola inicia-se a uma temperatura de armazenamento de  $T = 5$  °C, relativamente à qual se regista o início da replicação de *bacillus cereus* – e termina a  $T = 21$  °C – temperatura à qual, no cenário de humidade relativa mais propício ao crescimento microbiano, se atinge o limiar de segurança alimentar em  $t \leq 24$  horas, no leque completo de valores de pH conjugados, através da contaminação por *bacillus cereus*. Pelas razões já mencionadas, desconsideram-se, para efeitos do estudo proposto, quaisquer valores de temperatura superiores. Em termos de pH, como fator intrínseco que é, o intervalo de estudo contempla os valores inerentes à própria batata, compreendidos entre  $5,4 \leq \text{pH} \leq 6,1$ , conforme a Tabela 3.

Dada a dimensão das combinações possíveis de analisar, a exibição dos dados obtidos, referentes ao tempo de vida útil restante, é, novamente, realizada através de uma amostra – Tabela 9 – seguindo a metodologia de amostragem anteriormente adotada, porém readaptada à dimensão dos dados, dado que há agora a considerar três valores de

atividade de água. Desta feita, opta-se por dividir o intervalo de temperaturas em tercils, dada a maior dimensão dos dados. Em cada tercil, é selecionado um valor de temperatura, relativamente ao qual se elegem e analisam dois valores de pH, combinados com os cenários de atividade de água propostos. Para cada possibilidade de combinação exposta, é indicado o número de horas restantes até que se atinja a dose infetante das diferentes bactérias em multiplicação nos parâmetros selecionados. O menor desses intervalos dita a vida de prateleira restante do hortícola nas condições de armazenamento indicadas, também esta indicada na Tabela 9. Ao contrário do caso analisado anteriormente, o estudo da batata contempla três cenários de humidade distintos. Se, para temperaturas de armazenamento mais reduzidas, a existência de diferentes valores de atividade de água assume um efeito considerável (e.g., a  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e num  $\text{pH} = 5,4$ , a vida de prateleira restante é de  $t = 250,8$  horas para uma  $a_w = 0,988$ ;  $t = 222,4$  horas para uma  $a_w = 0,9925$ ; e  $t = 214$  horas para uma  $a_w = 0,997$ ), a uma temperatura mais elevada, a existência de diferentes atividades de água assume um efeito quase residual no tempo de prateleira restante. No entanto, na temperatura mais elevada de entre todas as observadas ( $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), independentemente do pH em questão, verificam-se contaminações por diferentes bactérias – e.g., a um  $\text{pH} = 6,0$ , quando a  $a_w$  assume valores de  $0,988$  ou  $0,9925$ , dá-se contaminação por *staphylococcus aureus*; se, por sua vez, para  $a_w = 0,997$ , a contaminação dá-se por *bacillus cereus* –, o que não acontecia nas temperaturas inferiores observadas.

No cenário mais desfavorável ao crescimento bacteriano – atividade de água, temperatura e pH mínimos ( $a_w = 0,988$ ;  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{pH} = 5,4$ ) – e, como tal, mais favorável à conservação de bens alimentares, a vida de prateleira é estabelecida no limiar da contaminação por *bacillus cereus* – única bactéria capaz de se replicar nas condições selecionadas –,  $t = 250,8$  horas após a entrada do hortícola em armazém. Por outro lado, quando a atividade de água, temperatura e pH selecionados são máximos para o intervalo em estudo ( $a_w = 0,997$ ;  $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $\text{pH} = 6,1$ ) e, portanto, proporcionadoras do cenário mais favorável à replicação de bactérias, a vida de prateleira é ditada quando se atinge o limiar da contaminação, também por *bacillus cereus*, após  $t = 14,9$  horas de armazenamento. Nas referidas condições de armazenamento, como cenário mais favorável ao crescimento bacteriano, regista-se a proliferação de todas as bactérias em estudo, ao contrário do que acontecia na extremidade inversa do intervalo em análise.

Nos resultados observados, não se verificou qualquer caso de contaminação por *shigella flexneri*.

Tabela 9 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Batata.

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
5 °C	5,4	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	250,80	250,80	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	—		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	222,40	222,40	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	—		
		0,997	<i>Bacillus cereus</i>	214,00	214,00	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	—		
	5,5	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	245,20	245,20	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	—		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	218,40	218,40	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	—		
0,997		<i>Bacillus cereus</i>	210,80	210,80	<i>Bacillus cereus</i>	
		<i>Shigella flexneri</i>	—			
		<i>Staphylococcus aureus</i>	—			
13 °C	5,7	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	64,20	64,20	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	86,20		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	55,60	55,60	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	82,60		
		0,997	<i>Bacillus cereus</i>	51,90	51,90	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	82,00		
	5,8	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	62,30	62,30	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	82,80		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	54,10	54,10	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	79,60		
0,997		<i>Bacillus cereus</i>	50,70	50,70	<i>Bacillus cereus</i>	
		<i>Shigella flexneri</i>	—			
		<i>Staphylococcus aureus</i>	79,20			

Tabela 9 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Batata (continuação).

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
21 °C	6,0	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	20,10	16,90	<i>Staphylococcus aureus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	27,70		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	16,90		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	16,90	16,50	<i>Staphylococcus aureus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	21,80		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	16,50		
		0,997	<i>Bacillus cereus</i>	15,30	15,30	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	22,20		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	16,80		
	6,1	0,988	<i>Bacillus cereus</i>	19,30	16,50	<i>Staphylococcus aureus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	26,80		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	16,50		
		0,9925	<i>Bacillus cereus</i>	16,30	16,20	<i>Staphylococcus aureus</i>
			<i>Shigella flexneri</i>	21,00		
			<i>Staphylococcus aureus</i>	16,20		
0,997		<i>Bacillus cereus</i>	14,90	14,90	<i>Bacillus cereus</i>	
		<i>Shigella flexneri</i>	21,40			
		<i>Staphylococcus aureus</i>	16,50			

### 5.3.2. Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano

Como referido, o intervalo de estudo fixado para a batata regista o seu início a uma temperatura de  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , terminando em  $T = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente ao pH, para efeitos deste estudo, foi considerado o intervalo  $5,4 \leq \text{pH} \leq 6,1$  – valores inerentes ao próprio hortícola. À semelhança da abordagem adotada no caso de estudo anterior, para efeitos desta análise, foi desconsiderado o parâmetro referente a atividade de água, uma vez que todas as bactérias em estudo se reproduzem, sem qualquer restrição, nos valores de atividade de água adotados, conforme constatável na Tabela 6.

A Figura 62 representa as intersecções, em termos de temperatura e pH, entre as condições de crescimento próprias de cada uma das bactérias investigadas na batata, consideradas no apuramento do intervalo de estudo deste hortícola – também representado.

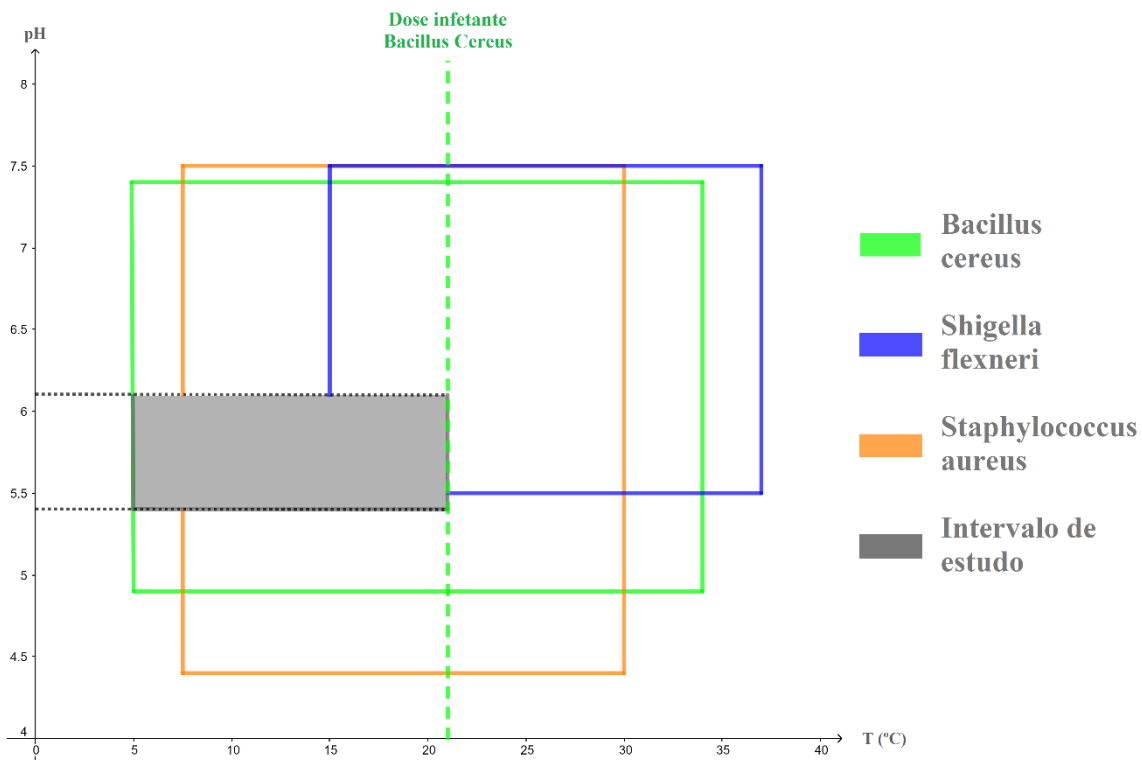


Figura 62 - Relação intervalo de estudo da Batata/ parâmetros de crescimento bacteriano.

Analisando os valores de temperatura de armazenamento presentes na Figura 62, constata-se que o início do intervalo de estudo da batata coincide com o princípio do

crescimento de *bacillus cereus*, registado a  $T = 5$  °C. Esta mantém-se a única bactéria em consideração até  $T = 8$  °C, quando, já em temperatura favorável a tal, se inicia a replicação de *staphylococcus aureus*. Relativamente à *shigella flexneri*, pelos requisitos de crescimento que lhe são próprios, apenas inicia a multiplicação a partir de  $T = 15$  °C, pelo que, no estudo do hortícola em discussão, só é considerada quando  $15$  °C  $\leq T \leq 21$  °C.

No que respeita aos valores de pH associados ao crescimento de cada bactéria, e tendo em conta os valores de acidez característicos da batata, verifica-se que *shigella flexneri* é desconsiderada quando o valor de pH = 5,4, uma vez esta bactéria só prolifera em meios com valores de pH compreendidos entre  $5,5 \leq \text{pH} \leq 7,5$ . Já as restantes bactérias são contempladas sem qualquer restrição, em termos de valores de pH, na íntegra do intervalo de estudo.

### 5.3.3. Exemplo prático da utilização do SAD

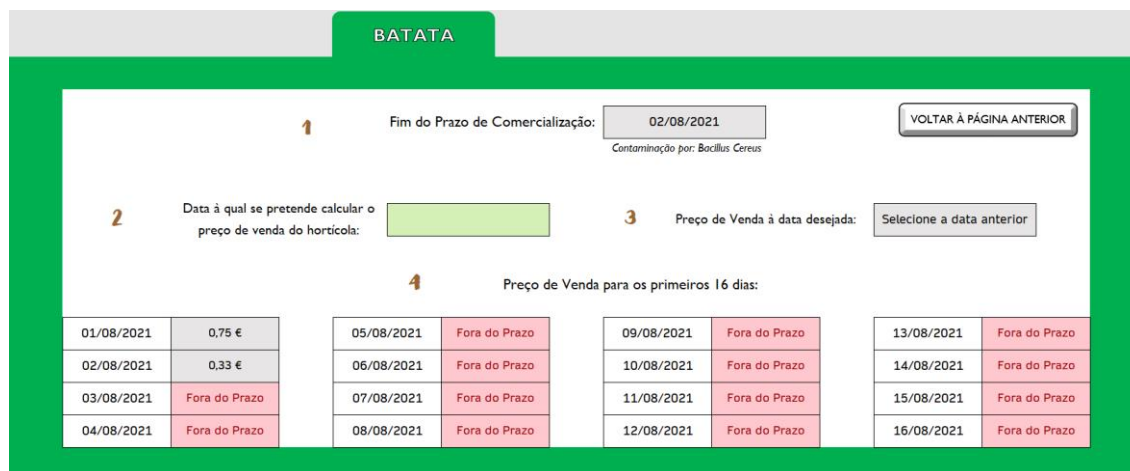
De forma a exemplificar o estudo da batata pelo SAD, propõe-se o seguinte caso prático, ilustrado na Figura 63: Armazenamento a  $T = 20$  °C, humidade relativa de  $\phi = 99,7\%$  e um pH = 5,9. Entrada em armazém a 1 de agosto de 2021; custo de aquisição de 0,33€/kg; preço de venda inicial de 0,75€/kg.

The screenshot shows the SAD software interface for Batata. At the top, there are navigation tabs: INÍCIO, ALFACE, BATATA (selected), CEBOLA, CENOURA, COUVE REPOLHO, and INFORMAÇÕES. The main content area is divided into two columns. The left column, labeled 'Condições de armazenamento do hortícola:', contains three input fields: 'Temperatura (°C)' with value 20, 'Humidade Relativa (%)' with value 99.70, and 'pH do hortícola:' with value 5.9. Below these are two buttons: 'LIMPAR VALORES' and 'VOLTAR À PÁGINA INICIAL'. The right column contains three input fields: 'Data de entrada do hortícola em armazém:' with value 01/08/2021, 'Custo de aquisição, por kg, do hortícola:' with value 0,33 €, and 'Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola:' with value 0,75 €. Below these is a button: 'VISUALIZAR RESULTADOS'. Red numbers 1, 2, 3, 4, and 5 are placed next to the respective input fields.

Figura 63 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Batata.

Os resultados obtidos para as condições de armazenamento selecionadas, representados na Figura 64, indicam o final do prazo de comercialização a 2 de agosto de 2021 – ou

seja, uma vida de prateleira restante de apenas  $t = 1$  dia – data à qual o limiar da segurança alimentar é atingido por contaminação por *bacillus cereus*, pelo que o hortícola deve ser comercializado a preço de custo (0,33€/kg). Na data que antecede (data de entrada do lote em avaliação em armazém do retalhista), deverá ser praticado o preço de venda inicial sem descontos, tal como indicado pelo SAD.



**BATATA**

1 Fim do Prazo de Comercialização: 02/08/2021  
Contaminação por: Bacillus Cereus

VOLTAR À PÁGINA ANTERIOR

2 Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:

3 Preço de Venda à data desejada: Seleccione a data anterior

4 Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

01/08/2021	0,75 €	05/08/2021	Fora do Prazo	09/08/2021	Fora do Prazo	13/08/2021	Fora do Prazo
02/08/2021	0,33 €	06/08/2021	Fora do Prazo	10/08/2021	Fora do Prazo	14/08/2021	Fora do Prazo
03/08/2021	Fora do Prazo	07/08/2021	Fora do Prazo	11/08/2021	Fora do Prazo	15/08/2021	Fora do Prazo
04/08/2021	Fora do Prazo	08/08/2021	Fora do Prazo	12/08/2021	Fora do Prazo	16/08/2021	Fora do Prazo

Figura 64 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Batata.

## 5.4. Caso de Estudo 3 – Cebola

### 5.4.1. Resultados Obtidos

Neste caso de estudo foram considerados valores de  $a_w = 0,974$ ,  $0,982$  e  $0,990$  como atividade de água, resultantes em cenários de humidade relativa de  $\phi = 97,4\%$ ,  $98,2\%$  e  $99\%$ , respetivamente. Relativamente às bactérias em análise para a cebola, foi considerado o crescimento bacteriano de *aeromonas hydrophila*, *bacillus cereus*, *salmonella* e *shigella flexneri*. A análise deste hortícola inicia-se a uma temperatura de armazenamento de  $T = 2$  °C, à qual se regista o início da replicação de *aeromonas hydrophila* – e termina em  $T = 18$  °C, pelas razões já mencionadas – temperatura à qual, no cenário de humidade relativa mais propício ao crescimento microbiano, se atinge o limiar de segurança alimentar em menos de 24 horas, no leque completo de valores de pH conjugados, pela dose infetante de *aeromonas hydrophila*. Relativamente aos níveis de acidez em questão, o intervalo de estudo contempla os valores de pH inerentes à própria cebola, compreendidos entre  $5,3 \leq \text{pH} \leq 5,9$ , conforme exposto na Tabela 3.

A exibição dos dados obtidos, referentes ao tempo de vida útil restante, é, novamente, realizada através de amostragem – Tabela 10 –, seguindo a metodologia anteriormente adotada (divisão do intervalo de temperaturas em tercis).

Quando, à temperatura mais reduzida passível de ser analisada pelo SAD ( $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), se comparam valores de pH iguais em atividades de água díspares, verifica-se o enorme diferencial provocado pelos diferentes cenários de humidade relativa propostos. A título exemplificativo, quando a temperatura é de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o pH = 5,4, para atividades de água de  $a_w = 0,974$ , 0,982 e 0,990, os tempos de vida útil restantes são, respetivamente, de  $t = 1580,4$ , 728,8 e 354,6 horas. Ou seja, a mudança do cenário de humidade relativa mínima para o cenário de humidade relativa máxima implica uma diminuição de  $\Delta t = 1225,8$  horas na vida de prateleira restante. No entanto, constata-se que este diferencial vai diminuindo, de forma expressiva, à medida que as temperaturas de armazenamento vão aumentando. Ou seja, para uma temperatura de  $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , um pH = 5,6, a vida de prateleira é de  $t = 173,4$ , 90,2 e 44,8 horas para  $a_w = 0,974$ , 0,982 e 0,990, respetivamente – uma diferença de  $\Delta t = 128,6$  horas entre os cenários mais aos extremos.

Na temperatura mais elevada de entre todas as observadas ( $T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), verifica-se, para o mesmo pH, contaminação por diferentes bactérias, em função do valor de atividade de água em questão – e.g., a um pH = 5,8, quando  $a_w = 0,974$ , dá-se contaminação por *salmonella*; se, por sua vez, a  $a_w$  assume um valor de 0,982 ou de 0,990, a contaminação dá-se por *aeromonas hydrophila*.

No cenário mais desfavorável ao crescimento bacteriano – atividade de água, temperatura e pH mínimos ( $a_w = 0,974$ ;  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; pH = 5,3) – e, como tal, mais favorável à conservação de bens alimentares, a vida de prateleira é estabelecida no limiar da contaminação por *aeromonas hydrophila* – única bactéria capaz de se replicar nas condições selecionadas –,  $t = 1580,4$  horas após a entrada do hortícola em armazém. Em sentido inverso, quando a atividade de água, temperatura e pH selecionados são máximos para o intervalo em estudo ( $a_w = 0,990$ ;  $T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; pH = 5,9) e, portanto, proporcionadoras do cenário mais favorável à replicação de bactérias, a vida de prateleira é ditada quando se atinge o limiar da contaminação, também por *aeromonas hydrophila*, após  $t = 11$  horas de armazenamento.

Nos resultados observados, não se verificou qualquer caso de contaminação por *shigella flexneri*.

Tabela 10 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cebola.

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
2 °C	5.3	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	1580,40	1580,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	728,80	728,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	354,60	354,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
	5.4	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	1359,00	1359,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	628,80	628,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
0,990		<i>Aeromonas hydrophila</i>	307,80	307,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
		<i>Bacillus cereus</i>	—			
		<i>Salmonella</i>	—			
		<i>Shigella flexneri</i>	—			
10 °C	5.5	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	221,40	179,70	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	179,70		
			<i>Salmonella</i>	213,00		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	102,40	102,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	131,70		
			<i>Salmonella</i>	156,80		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	50,60	50,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
		<i>Bacillus cereus</i>	100,80			
		<i>Salmonella</i>	121,00			
		<i>Shigella flexneri</i>	—			

Tabela 10 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cebola (continuação).

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
10 °C	5,6	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	194,40	173,40	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	173,40		
			<i>Salmonella</i>	205,80		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	90,20	90,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	127,80		
			<i>Salmonella</i>	151,20		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	44,80	44,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	98,20		
			<i>Salmonella</i>	117,00		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
18 °C	5,8	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	51,00	35,80	<i>Salmonella</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	55,40		
			<i>Salmonella</i>	35,80		
			<i>Shigella flexneri</i>	238,80		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	23,90	23,90	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	39,50		
			<i>Salmonella</i>	26,30		
			<i>Shigella flexneri</i>	109,20		
		0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	12,00	12,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	39,50		
			<i>Salmonella</i>	20,30		
			<i>Shigella flexneri</i>	59,60		
	5,9	0,974	<i>Aeromonas hydrophila</i>	46,20	34,90	<i>Salmonella</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	53,00		
			<i>Salmonella</i>	34,90		
			<i>Shigella flexneri</i>	229,20		
		0,982	<i>Aeromonas hydrophila</i>	21,70	21,70	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	38,00		
			<i>Salmonella</i>	25,70		
			<i>Shigella flexneri</i>	105,00		
0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	11,00	11,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>		
	<i>Bacillus cereus</i>	28,20				
	<i>Salmonella</i>	19,90				
	<i>Shigella flexneri</i>	57,40				

### 5.4.2. Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano

Como referido, o intervalo de estudo fixado para a cebola tem início a uma temperatura de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e termina em  $T = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente ao pH, para efeitos deste estudo, foi considerado o intervalo compreendido entre  $5,3 \leq \text{pH} \leq 5,9$ , valores inerentes ao próprio hortícola.

A Figura 65 representa as intersecções, em termos de temperatura e pH, entre as condições de crescimento próprias de cada uma das bactérias investigadas na cebola, consideradas no apuramento do intervalo de estudo deste hortícola – também representado.

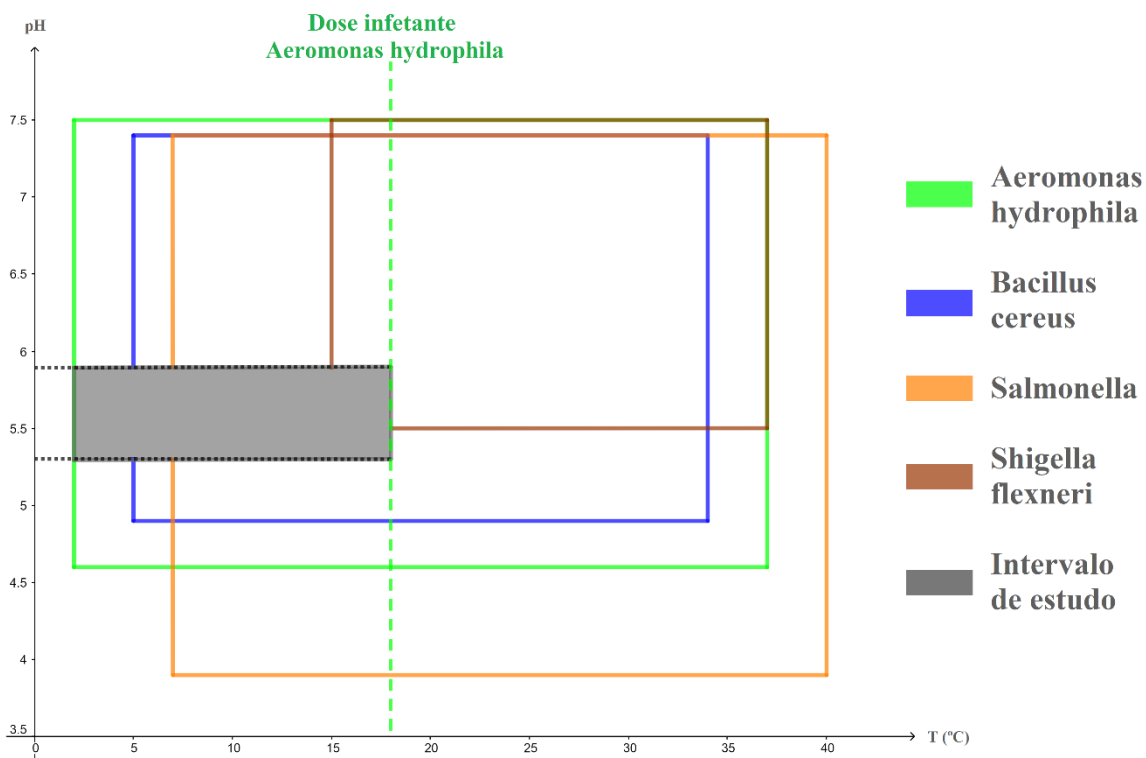


Figura 65 - Relação intervalo de estudo da Cebola/ parâmetros de crescimento bacteriano.

Analisando os valores de temperatura de armazenamento ditados no Figura 65, constata-se que o início do intervalo de estudo da batata coincide com o princípio do crescimento de *aeromonas hydrophila*, registado a  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta mantém-se a única bactéria em crescimento até  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura à qual se inicia a replicação de *bacillus cereus*. Já a *salmonella* é contemplada no intervalo de estudo em valores de  $T \geq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente

à *shigella flexneri*, pelos requisitos de crescimento que lhe são inerentes, apenas é considerada, em termos de temperatura, no intervalo situado entre os  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e para valores de pH compreendidos entre  $5,5 \leq \text{pH} \leq 5,9$ .

Já as restantes bactérias são contempladas sem qualquer restrição, em termos de valores de pH, na íntegra do intervalo de estudo.

### 5.4.3. Exemplo prático da utilização do SAD

De forma a exemplificar o estudo da cebola pelo SAD, propõe-se o seguinte caso prático, ilustrado na Figura 66: Temperatura de armazenamento de  $T = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , humidade relativa de  $\phi = 97,4\%$  e um  $\text{pH} = 5,6$ . Entrada em armazém a 5 de outubro de 2021; custo de aquisição de  $0,72\text{€}/\text{kg}$ ; preço de venda inicial de  $1,12\text{€}/\text{kg}$ .

The screenshot shows the SAD application interface for onion storage. At the top, there are navigation tabs: INÍCIO, ALFACE, BATATA, CEBOLA (selected), CENOURA, COUVE REPOLHO, and INFORMAÇÕES. The main content area is titled 'Condições de armazenamento do hortícola:'. It contains several input fields with red numbered callouts: 1 points to the 'Temperatura (°C)' field with value 4; 2 points to the 'pH do hortícola:' label; 3 points to the 'Data de entrada do hortícola em armazém:' field with value 05/10/2021; 4 points to the 'Custo de aquisição, por kg, do hortícola:' field with value 0.72 €; and 5 points to the 'Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola:' field with value 1.12 €. There are also buttons for 'LIMPAR VALORES', 'VOLTAR À PÁGINA INICIAL', and 'VISUALIZAR RESULTADOS'.

Figura 66 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cebola.

Os resultados obtidos para as condições de armazenamento selecionadas indicam um final do prazo de comercialização a 1 de novembro de 2021 – ou seja, uma vida de prateleira restante de  $t = 27$  dias – data à qual é o limiar de segurança alimentar é atingido por *aeromonas hydrophila*, pelo que o hortícola deve ser comercializado, no mesmo período, a preço de custo ( $0,72\text{€}/\text{kg}$ ).

Supondo que o retalhista queresse calcular o preço de venda do lote de cebola em análise a 23 de novembro de 2021, sendo que essa data se encontra fora dos 16 dias iniciais imediatamente expostos pelo SAD, teria à disposição a funcionalidade de cálculo

imediatamente para uma data específica, conforme visto na Figura 67. Neste caso, o SAD determina que, à data indicada, deverá ser praticado um preço 0,85€/kg.

CEBOLA

**1** Fim do Prazo de Comercialização:  VOLTAR À PÁGINA ANTERIOR

Contaminação por: *Aeromonas hydrophila*

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:  **3** Preço de Venda a 23/10/2021:

**4** Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

05/10/2021	1.12 €	09/10/2021	1.06 €	13/10/2021	1.00 €	17/10/2021	0.94 €
06/10/2021	1.11 €	10/10/2021	1.05 €	14/10/2021	0.99 €	18/10/2021	0.93 €
07/10/2021	1.09 €	11/10/2021	1.03 €	15/10/2021	0.97 €	19/10/2021	0.91 €
08/10/2021	1.08 €	12/10/2021	1.02 €	16/10/2021	0.96 €	20/10/2021	0.90 €

Figura 67 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cebola.

## 5.5. Caso de Estudo 4 – Cenoura

### 5.5.1. Resultados Obtidos

Neste caso de estudo foram considerados valores de  $a_w = 0,983$ ,  $0,988$  e  $0,993$  para atividade de água, originando cenários de humidade relativa de  $\phi = 98,3\%$ ,  $98,8\%$  e  $99,3\%$ , respetivamente. Relativamente às bactérias em estudo para este hortícola, foi considerado o crescimento bacteriano de *aeromonas hydrophila*, *bacillus cereus*, *salmonella* e *shigella flexneri*. A análise da cenoura pelo SAD inicia-se a uma temperatura de armazenamento de  $T = 2$  °C, à qual se verifica o início da proliferação de *aeromonas hydrophila*. Pelas razões já mencionadas, o intervalo de estudo é delimitado por *aeromonas hydrophila*, a  $T = 19$  °C. No que respeita aos níveis de acidez em análise, o intervalo de estudo contempla os valores de pH inerentes à própria cebola, compreendidos entre  $4,9 \leq \text{pH} \leq 6,4$ , conforme Tabela 3.

Os tempos até à contaminação por cada bactéria e consequentes tempos de vida útil apurados pelo SAD, para o hortícola estudado são, novamente, exibidos através de amostragem – Tabela 10 –, seguindo a metodologia anteriormente adotada (divisão do leque de temperaturas em tercis).

À semelhança do verificado no caso de estudo anterior – cebola –, quando analisando o armazenamento de cenoura à temperatura mais reduzida passível de ser estudada pelo SAD ( $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), comparando atividades de água diferentes no mesmo valor de pH, verifica-se o enorme diferencial provocado pelos diferentes cenários de humidade relativa propostos. A título exemplificativo, quando a temperatura é de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o pH = 5,0, para atividades de água de  $a_w = 0,983, 0,988$  e  $0,993$ , os tempos de vida útil restantes são de  $t = 1096,2, 689$  e  $451,8$  horas, respetivamente. Ou seja, a mudança do cenário de humidade relativa mínima para o cenário de humidade relativa máxima implica uma diminuição de  $\Delta t = 644,4$  horas na vida de prateleira restante. No entanto, também na cenoura se constata que este diferencial vai diminuindo, de forma expressiva, mediante o aumento das temperaturas de armazenamento.

Quando comparando diferentes valores de pH nas mesmas condições de temperatura e atividade de água, constata-se uma diferença algo considerável em temperaturas reduzidas, que, gradualmente, se vai tornando residual em temperaturas mais elevadas. Veja-se: a uma temperatura de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e a uma atividade de água de  $a_w = 0,988$ , o tempo de prateleira é de  $t = 829$  horas quando o pH = 4,9, e de  $t = 689$  horas quando o pH = 5,0 – diferença de  $\Delta t = 140$  horas. Já quando a temperatura de armazenamento passa a  $T = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e o valor de atividade de água se mantém inalterado ( $a_w = 0,988$ ), a vida de prateleira é de  $t = 126,4$  horas para um pH = 4,9 e de  $t = 123$  horas para um pH = 5,0 – diferença de  $\Delta t = 3,4$  horas.

No cenário mais desfavorável ao crescimento bacteriano – atividade de água, temperatura e pH mínimos ( $a_w = 0,983; T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}; \text{pH} = 4,9$ ) – e, como tal, mais favorável à conservação de bens alimentares, a vida de prateleira é estabelecida no limiar da contaminação por *aeromonas hydrophila* – única bactéria capaz de se replicar nas condições selecionadas –,  $t = 1321,6$  horas após a entrada do hortícola em armazém. Em sentido inverso, quando a atividade de água, temperatura e pH selecionados são máximos para o intervalo em estudo ( $a_w = 0,993; T = 19\text{ }^{\circ}\text{C}; \text{pH} = 6,4$ ) e, portanto, proporcionadoras das condições mais favoráveis à replicação de bactérias, a vida de prateleira é ditada quando se atinge o limiar da contaminação, também por *aeromonas hydrophila*, após  $t \geq 6$  horas de armazenamento.

A amostra em questão é fortemente marcada pela contaminação por *aeromonas hydrophila*. Nos dados observados, não se verificou qualquer caso de contaminação por *salmonella* ou *shigella flexneri*.

Tabela 11 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cenoura.

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:	
2 °C	4,9	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	1321,60	1321,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
			<i>Bacillus cereus</i>	—			
			<i>Salmonella</i>	—			
			<i>Shigella flexneri</i>	—			
	0,988	<i>Aeromonas hydrophila</i>	829,00	829,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>		
			<i>Bacillus cereus</i>			—	
			<i>Salmonella</i>			—	
			<i>Shigella flexneri</i>			—	
	0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	541,20	541,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>		
			<i>Bacillus cereus</i>			—	
			<i>Salmonella</i>			—	
			<i>Shigella flexneri</i>			—	
	5,0	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	1096,20	1096,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
				<i>Bacillus cereus</i>			—
				<i>Salmonella</i>			—
				<i>Shigella flexneri</i>			—
0,988		<i>Aeromonas hydrophila</i>	689,00	689,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>		
			<i>Bacillus cereus</i>			—	
			<i>Salmonella</i>			—	
			<i>Shigella flexneri</i>			—	
0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	451,80	451,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>			
		<i>Bacillus cereus</i>			—		
		<i>Salmonella</i>			—		
		<i>Shigella flexneri</i>			—		
10 °C	4,9	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	247,80	152,40	<i>Bacillus cereus</i>	
			<i>Bacillus cereus</i>	152,40			
			<i>Salmonella</i>	196,20			
			<i>Shigella flexneri</i>	—			
	0,988	<i>Aeromonas hydrophila</i>	155,60	126,40	<i>Bacillus cereus</i>		
			<i>Bacillus cereus</i>			126,40	
			<i>Salmonella</i>			166,40	
			<i>Shigella flexneri</i>			—	
	0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	101,40	101,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>		
			<i>Bacillus cereus</i>			107,60	
			<i>Salmonella</i>			146,60	
			<i>Shigella flexneri</i>			—	

Tabela 11 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Cenoura (continuação).

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
10 °C	5,0	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	205,20	148,00	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	148,00		
			<i>Salmonella</i>	186,60		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,988	<i>Aeromonas hydrophila</i>	129,20	123,00	<i>Bacillus cereus</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	123,00		
			<i>Salmonella</i>	158,40		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
		0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	84,60	84,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	105,00		
			<i>Salmonella</i>	139,20		
			<i>Shigella flexneri</i>	—		
19 °C	6,3	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	13,60	13,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	27,40		
			<i>Salmonella</i>	19,50		
			<i>Shigella flexneri</i>	62,60		
		0,988	<i>Aeromonas hydrophila</i>	9,00	9,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	22,90		
			<i>Salmonella</i>	16,40		
			<i>Shigella flexneri</i>	42,60		
		0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	6,20	6,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	19,60		
			<i>Salmonella</i>	14,60		
			<i>Shigella flexneri</i>	33,00		
	6,4	0,983	<i>Aeromonas hydrophila</i>	13,10	13,10	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	26,30		
			<i>Salmonella</i>	19,30		
			<i>Shigella flexneri</i>	60,80		
		0,988	<i>Aeromonas hydrophila</i>	8,60	8,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	22,00		
			<i>Salmonella</i>	16,30		
			<i>Shigella flexneri</i>	41,40		
		0,993	<i>Aeromonas hydrophila</i>	6,00	6,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	19,00		
			<i>Salmonella</i>	14,40		
			<i>Shigella flexneri</i>	32,20		

### 5.5.2. Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano

Como referido, o intervalo de estudo fixado para a cenoura tem início a uma temperatura de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e termina em  $T = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente ao pH, para efeitos deste estudo, foi considerado o intervalo compreendido entre  $4,9 \leq \text{pH} \leq 6,4$  – valores característicos do próprio hortícola. A Figura 68 representa as intersecções, em termos de temperatura e pH, entre as condições de crescimento próprias de cada uma das bactérias investigadas na cenoura, consideradas no apuramento do intervalo de estudo deste hortícola – também representado.

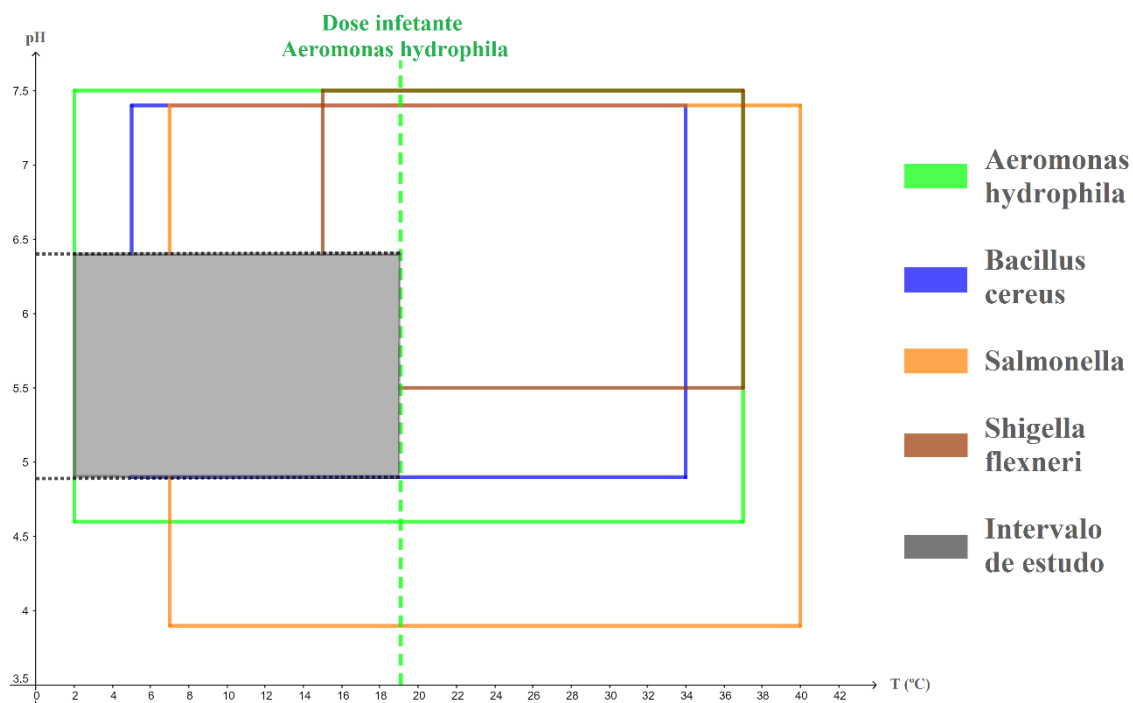


Figura 68 - Relação intervalo de estudo da Cenoura/ parâmetros de crescimento bacteriano.

Analisando, na Figura 68, o eixo referente aos valores de temperatura de armazenamento, constata-se que o início do intervalo de estudo da batata coincide com o princípio do crescimento de *aeromonas hydrophila*, registado a  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta mantém-se a única bactéria em crescimento até  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura à qual se inicia a replicação de *bacillus cereus*. A bactéria *salmonella* é contemplada no intervalo de estudo em valores de temperatura  $T \geq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Já a *shigella flexneri*, pelos requisitos de crescimento que lhe são inerentes, apenas é considerada, em termos de temperatura, no

intervalo situado entre os  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \leq T \leq 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e, relativamente a pH, no intervalo de valores compreendido entre  $5,5 \leq \text{pH} \leq 6,4$ .

Já as restantes bactérias são contempladas sem qualquer restrição, em termos de valores de pH, na íntegra do intervalo de estudo.

### 5.5.3. Exemplo prático da utilização do SAD

De forma a exemplificar o estudo da cenoura pelo SAD, propõe-se o seguinte caso prático, ilustrado na Figura 69: Temperatura de armazenamento de  $T = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ , humidade relativa de  $\phi = 98,3\%$  e  $\text{pH} = 5,3$ . Entrada em armazém a 18 de julho de 2021; custo de aquisição de  $0,23\text{€}/\text{kg}$ ; preço de venda inicial de  $0,75\text{€}/\text{kg}$ .

The screenshot shows the SAD software interface for carrot storage simulation. At the top, there is a navigation bar with tabs: INÍCIO, ALFACE, BATATA, CEBOLA, CENOURA (selected), COUVE REPOLHO, and INFORMAÇÕES. The main content area is titled 'Condições de armazenamento do hortícola:' and contains several input fields and buttons. On the left, there are three input fields: 'Temperatura (°C)' with value 14, 'Humidade Relativa (%)' with value 98,30, and 'pH do hortícola:' with value 5,3. Below these are two buttons: 'LIMPAR VALORES' and 'VOLTAR À PÁGINA INICIAL'. On the right, there are three input fields: 'Data de entrada do hortícola em armazém:' with value 18/07/2021, 'Custo de aquisição, por kg, do hortícola:' with value 0,23 €, and 'Preço de venda inicial (sem descontos), por kg, do hortícola:' with value 0,75 €. Below these is a button: 'VISUALIZAR RESULTADOS'. Red numbers 1 through 5 are placed next to the input fields to indicate the sequence of data entry.

Figura 69 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cenoura.

Os resultados obtidos para as condições de armazenamento selecionadas (ver Figura 70) indicam o final do prazo de comercialização a 21 de julho de 2021 – ou seja, uma vida de prateleira restante de  $t = 3$  dias – data à qual o limiar da segurança alimentar é atingido por presença, em dose infetante, de *salmonella*, pelo que o hortícola deve ser comercializado a preço de custo ( $0,23\text{€}/\text{kg}$ ). Relativamente às datas anteriores, o SAD indica um preço a praticar de  $0,40\text{€}/\text{kg}$  a 20 de julho,  $0,58\text{€}/\text{kg}$  a 19 de julho e o preço de venda sem desconto ( $0,75\text{€}/\text{kg}$ ) no dia de entrada em armazém (18 de julho).

**CENOURA**

**1** Fim do Prazo de Comercialização: 21/07/2021 VOLTAR À PÁGINA ANTERIOR  
Contaminação por: Salmonella

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:  **3** Preço de Venda à data desejada:

**4** Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

18/07/2021	0,75 €	22/07/2021	Fora do Prazo	26/07/2021	Fora do Prazo	30/07/2021	Fora do Prazo
19/07/2021	0,58 €	23/07/2021	Fora do Prazo	27/07/2021	Fora do Prazo	31/07/2021	Fora do Prazo
20/07/2021	0,40 €	24/07/2021	Fora do Prazo	28/07/2021	Fora do Prazo	01/08/2021	Fora do Prazo
21/07/2021	0,23 €	25/07/2021	Fora do Prazo	29/07/2021	Fora do Prazo	02/08/2021	Fora do Prazo

Figura 70 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Cenoura.

## 5.6. Caso de Estudo 5 – Couve repolho

### 5.6.1. Resultados Obtidos

Para o estudo do último hortícola abordado nesta dissertação, foram considerados valores de atividade de água de  $a_w = 0,990$ ,  $0,991$  e  $0,992$ , originando, por sua vez, cenários de humidade relativa de  $\phi = 99\%$ ,  $99,1\%$  e  $99,2\%$ , respetivamente. Relativamente às bactérias em estudo para este hortícola, foi considerado o crescimento bacteriano de *aeromonas hydrophila*, *bacillus cereus* e *salmonella*. A análise da cenoura pelo SAD inicia-se a uma temperatura de armazenamento de  $T = 2$  °C, à qual se verifica o início da proliferação de *aeromonas hydrophila*. Pelas razões já mencionadas, o intervalo de estudo é delimitado, também, por *aeromonas hydrophila*, a  $T = 17$  °C. Ao nível da acidez, o intervalo de estudo contempla os valores de pH compreendidos entre  $5,2 \leq \text{pH} \leq 6,9$ .

Na Tabela 12 observam-se os tempos restantes até que se atinja a contaminação por cada bactéria em proliferação e, conseqüentemente, os tempos de vida útil apurados pelo SAD, para o hortícola em análise. Novamente, estes são exibidos através de amostragem, seguindo a metodologia anteriormente adotada (divisão do leque de temperaturas em tercís).

A amostra em análise para a couve repolho é fortemente marcada pela contaminação por *aeromonas hydrophila*, uma vez que, para as combinações exibidas, não se verifica contaminação por nenhuma das restantes bactérias consideradas.

No cenário mais desfavorável ao crescimento bacteriano – atividade de água, temperatura e pH mínimos ( $a_w = 0,990$ ;  $T = 2$  °C; pH = 5,2) –, a vida de prateleira é estabelecida no limiar da contaminação pela única bactéria capaz de se replicar nas condições selecionadas – *aeromonas hydrophila* –,  $t = 413,4$  horas após a entrada do lote do hortícola estudado em armazém.

Na extremidade inversa do intervalo em estudo, quando a atividade de água, temperatura e pH selecionados são máximos para o intervalo em estudo ( $a_w = 0,992$ ;  $T = 17$  °C; pH = 6,9) a vida de prateleira é ditada quando se atinge o limiar de segurança alimentar, após  $t \geq 7,7$  horas de armazenamento.

Já a um cenário de armazenamento intermédio ( $a_w = 0,991$ ;  $T = 9$  °C; pH = 6), o prazo de comercialização termina  $t = 34$  horas depois da entrada do lote de couve repolho em estudo em armazém do retalhista.

Tabela 12 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Couve repolho.

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
2 °C	5,2	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	413,40	413,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	380,40	380,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
		0,992	<i>Aeromonas hydrophila</i>	350,40	350,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
	5,3	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	354,60	354,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	327,60	327,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	—		
			<i>Salmonella</i>	—		
0,992		<i>Aeromonas hydrophila</i>	301,80	301,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
		<i>Bacillus cereus</i>	—			
		<i>Salmonella</i>	—			
9 °C	6	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	36,60	36,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	104,40		
			<i>Salmonella</i>	134,40		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	34,00	34,00	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	102,00		
			<i>Salmonella</i>	130,80		
		0,992	<i>Aeromonas hydrophila</i>	31,60	31,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	99,80		
			<i>Salmonella</i>	127,80		
	6,1	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	34,20	34,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	101,80		
			<i>Salmonella</i>	131,20		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	31,70	31,70	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	99,60		
			<i>Salmonella</i>	128,00		
0,992		<i>Aeromonas hydrophila</i>	29,40	29,40	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
		<i>Bacillus cereus</i>	97,60			
		<i>Salmonella</i>	124,80			

Tabela 12 - Amostragem dos resultados apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira restante, para a Couve repolho (continuação).

Temperatura	pH	$a_w$	Bactérias	Tempo até à dose infetante (h)	Vida de prateleira restante (h)	Contaminação por:
17 °C	6,8	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	8,70	8,70	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	23,70		
			<i>Salmonella</i>	21,40		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	8,10	8,10	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	23,00		
			<i>Salmonella</i>	20,80		
		0,992	<i>Aeromonas hydrophila</i>	7,60	7,60	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	22,60		
			<i>Salmonella</i>	20,40		
	6,9	0,990	<i>Aeromonas hydrophila</i>	8,80	8,80	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	22,80		
			<i>Salmonella</i>	21,40		
		0,991	<i>Aeromonas hydrophila</i>	8,20	8,20	<i>Aeromonas hydrophila</i>
			<i>Bacillus cereus</i>	22,30		
			<i>Salmonella</i>	20,80		
0,992		<i>Aeromonas hydrophila</i>	7,70	7,70	<i>Aeromonas hydrophila</i>	
		<i>Bacillus cereus</i>	21,80			
		<i>Salmonella</i>	20,40			

## 5.6.2. Relação entre o intervalo de estudo e os parâmetros de crescimento bacteriano

Como referido, o intervalo de estudo fixado para a couve repolho tem início a uma temperatura de  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e termina nos  $T = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Relativamente ao pH, para efeitos deste estudo, foi considerado o intervalo compreendido entre  $5,2 \leq \text{pH} \leq 6,9$  – valores característicos do próprio hortícola. A Figura 71 representa as intersecções, em termos de temperatura e pH, entre as condições de crescimento próprias de cada uma das bactérias investigadas na couve repolho, consideradas no apuramento do intervalo de estudo deste hortícola.

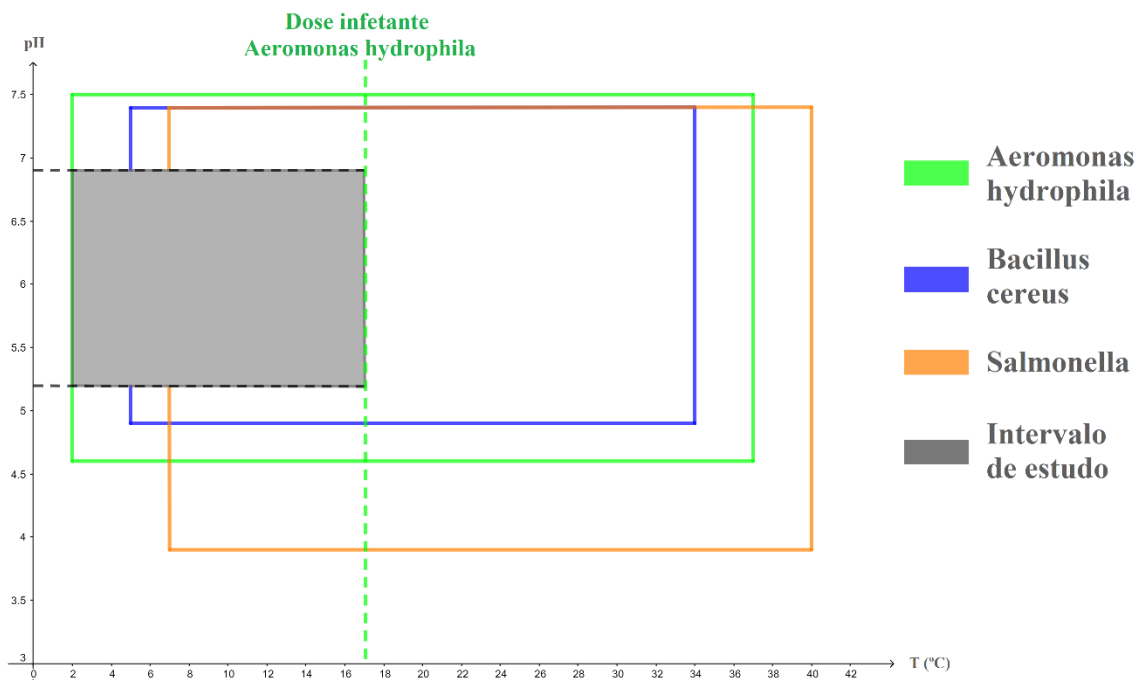


Figura 71 - Relação intervalo de estudo da Couve repolho/ parâmetros de crescimento bacteriano.

Analisando os valores de temperatura de armazenamento ditados na Figura 71, constata-se que o início do intervalo de estudo da couve repolho se deve ao início do crescimento de *aeromonas hydrophila*, a  $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esta mantém-se a única bactéria em crescimento até  $T = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura à qual se inicia a replicação de *bacillus cereus*. Já a *salmonella* é contemplada em valores de temperatura iguais ou superiores a  $T \geq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , até ao *terminus* do intervalo de estudo.

Relativamente aos níveis de pH associados ao crescimento de cada bactéria, não se verifica qualquer tipo de restrição. O intervalo de estudo contempla o leque completo de valores de pH para todas as bactérias em análise.

### 5.6.3. Exemplo prático da utilização do SAD

De forma a exemplificar o estudo da couve repolho pelo SAD, propõe-se o seguinte caso prático, ilustrado na Figura 72: Temperatura de armazenamento de  $T = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , humidade relativa de  $\phi = 99,2\%$  e  $\text{pH} = 5,9$ . Entrada em armazém a 7 de agosto de 2021; custo de aquisição de  $0,74\text{€}/\text{kg}$ ; preço de venda inicial de  $1,15\text{€}/\text{kg}$ .

The screenshot shows the SAD software interface for 'COUVE REPOLHO'. The interface has a green header with navigation tabs: INÍCIO, ALFACE, BATATA, CEBOLA, GENOURA, COUVE REPOLHO, and INFORMAÇÕES. The main content area is divided into two columns. The left column, under the heading 'Condições de armazenamento do hortícola:', contains input fields for 'Temperatura (°C)' (15), 'Humidade Relativa (%)' (99,20), and 'pH do hortícola:' (pH 5,9). Below these are buttons for 'LIMPAR VALORES' and 'VOLTAR À PÁGINA INICIAL'. The right column contains input fields for 'Data de entrada do hortícola em armazém:' (07/08/2021), 'Custo de aquisição, por kg. do hortícola:' (0,74 €), and 'Preço de venda inicial (sem descontos), por kg. do hortícola:' (1,15 €). A 'VISUALIZAR RESULTADOS' button is located at the bottom right. Red numbers 1 through 5 are overlaid on the interface to highlight specific elements.

Figura 72 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Couve repolho.

Os resultados obtidos para as condições de armazenamento selecionadas, representados na Figura 73, indicam o final do prazo de comercialização a 8 de agosto de 2021 – ou seja, uma vida de prateleira restante de apenas  $t = 1$  dia – data à qual o limiar da segurança alimentar é atingido por contaminação por *aeromonas hydrophila*, pelo que o hortícola deve ser comercializado a preço de custo ( $0,74\text{€}/\text{kg}$ ). Na data que antecede (data de entrada do lote em avaliação em armazém do retalhista), deverá ser praticado o preço de venda inicial sem descontos, tal como indicado pelo SAD.

**COUVE  
REPOLHO**

**1** Fim do Prazo de Comercialização: 08/08/2021 VOLTAR À PÁGINA ANTERIOR  
Contaminação por: *Aeromonas hydrophila*

**2** Data à qual se pretende calcular o preço de venda do hortícola:  **3** Preço de Venda à data desejada:  Seleccione a data anterior

**4** Preço de Venda para os primeiros 16 dias:

07/08/2021	1,15 €	11/08/2021	Fora do Prazo	15/08/2021	Fora do Prazo	19/08/2021	Fora do Prazo
08/08/2021	0,74 €	12/08/2021	Fora do Prazo	16/08/2021	Fora do Prazo	20/08/2021	Fora do Prazo
09/08/2021	Fora do Prazo	13/08/2021	Fora do Prazo	17/08/2021	Fora do Prazo	21/08/2021	Fora do Prazo
10/08/2021	Fora do Prazo	14/08/2021	Fora do Prazo	18/08/2021	Fora do Prazo	22/08/2021	Fora do Prazo

Figura 73 - Exemplo prático do funcionamento do SAD para a Couve repolho.

## 5.7. Comparação dos resultados obtidos com a literatura

A análise subsequente tem por base a comparação dos valores apurados pelo SAD, em termos de vida de prateleira, com os valores recolhidos aquando da revisão bibliográfica, em FAO (1989), Engineering ToolBox (2004) e USDA (2016), agora interpolados.

Neste caso, propõe-se, como cenário de comparação, a analogia entre as condições de armazenamento ótimas apuradas bibliograficamente (abordadas, em termos de temperatura, na Tabela 4) e as condições mais favoráveis à conservação de alimentos passíveis de ser estudadas pelo SAD (valores de atividade de água, temperatura de armazenamento e pH mínimos), como visto na Tabela 13. De referir que os valores recolhidos na literatura não especificam valores de pH, pelo que se presume que os intervalos de tempos de vida de prateleira indicados já consideram variações decorrentes dos diferentes valores de acidez próprios de cada hortícola em estudo.

Tabela 13 - Comparação dos valores obtidos pelo SAD, em termos de vida de prateleira, com valores recolhidos na literatura (FAO, 1989; Engineering ToolBox, 2004; USDA, 2016).

	Bibliografia				SAD			
	$T$ (°C)	$\phi$ (%)	pH	VP (dias)	$T$ (°C)	$\phi$ (%)	pH	VP (dias)
Alface	0	95-100	—	7-21	1	99,6	5,8	6
Batata	4	93-95	—	61-152	5	98,8	5,4	10
Cebola	0	65-75	—	14-91	2	97,4	5,3	66
Cenoura	0	95-100	—	31-152	2	98,3	4,9	55
Couve repolho	0	95-100	—	21-42	2	99	5,2	17

De uma forma generalizada, constata-se que os valores apurados pelo SAD são algo inferiores aos recolhidos na literatura. No entanto, a única discrepância considerável regista-se no estudo da batata.

Relativamente à alface, quando armazenada a uma temperatura de  $T = 0$  °C, numa atmosfera com um teor de humidade relativa compreendido entre  $95\% \leq \phi \leq 100\%$ , constata-se um tempo de vida útil restante entre  $7 \leq t \leq 21$  dias (FAO, 1989; Engineering ToolBox, 2004). Já o SAD desenvolvido determina um tempo de vida útil restante de  $t = 6$  dias, quando a temperatura de armazenamento se fixa em  $T = 1$  °C, o pH = 5,8 e a humidade relativa em  $\phi = 99,6\%$ . Este valor revela-se algo inferior ao intervalo recolhido na literatura.

A batata apresenta o valor de vida de prateleira com o maior contraste relativamente ao registado na bibliografia. De acordo com FAO (1989) e Engineering ToolBox (2004), quando armazenado a uma temperatura de  $T = 4$  °C e a uma humidade relativa entre  $93\% \leq \phi \leq 95\%$ , este hortícola apresenta uma vida de prateleira entre os  $61 \leq t \leq 152$  dias. Já o SAD, para uma temperatura de  $T = 5$  °C, um pH = 5,4 e uma humidade relativa de  $\phi = 98,8\%$ , aponta uma vida de prateleira de  $t = 10$  dias – valor consideravelmente inferior ao apresentado na literatura.

O SAD apura, para a cebola, tempos de VP que vão ao encontro dos valores recolhidos bibliograficamente. Quando o armazenamento se dá a  $T = 2$  °C, numa  $\phi = 97,4\%$  e o pH

= 5,3, o SAD determina uma VP de  $t = 66$  dias. Já em Engineering ToolBox (2004) e USDA (2016), constata-se uma VP entre  $14 \leq t \leq 91$  dias, quando o armazenamento se dá a  $T = 0$  °C e a humidade relativa se situa entre  $65\% \leq \phi \leq 75\%$ . Note-se, no entanto, um grande desfasamento nos teores de humidade relativa do ambiente de armazenamento dos dois casos.

Também a cenoura regista valores bastante condizentes nos dois casos, quando as condições de armazenamento são as mais propícias à conservação deste alimento – uma vida de prateleira de  $t = 66$  dias apurada pelo SAD, valor situado no intervalo de  $31 \leq t \leq 152$  recolhido em FAO (1989) e Engineering ToolBox (2004).

Relativamente ao último caso de estudo – couve repolho – e à semelhança do verificado no estudo da alface, o SAD apura valores ligeiramente inferiores comparativamente aos recolhidos na bibliografia. Quando armazenada numa humidade relativa de  $\phi = 99\%$ , a uma temperatura de  $T = 2$  °C e para um pH = 5,2, o SAD determina um tempo de vida útil para a couve repolho de  $t = 17$  dias. Já em FAO (1989) e Engineering ToolBox (2004), constata-se uma vida útil para a couve repolho situada entre  $21 \leq t \leq 42$  dias, quando armazenada a  $T = 0$  °C de temperatura e numa atmosfera com uma humidade relativa compreendida entre os  $95\% \leq \phi \leq 100\%$ .

## 6. Conclusões

### 6.1. Conclusões Gerais

A problemática do desperdício alimentar assume contornos crescentes e cada vez mais preocupantes. Aos dias de hoje, cerca de um terço dos alimentos produzidos no mundo são desperdiçados (FAO, 2020). Além dos graves impactos económicos e ambientais que esta problemática acarreta, o desperdício alimentar é também sentido ao nível social, uma vez que evidencia e acentua o hiato existente entre sociedades desenvolvidas e sociedades subdesenvolvidas. Por um lado, o desperdício alimentar verificado em sociedades desenvolvidas, somente coadunável com os valores consumistas nelas incutidos. No sentido inverso, a carência alimentar verificada nos países subdesenvolvidos e em vias de desenvolvimento que, muitas vezes, se encontra associada ao consumo de bens alimentares em estado impróprio para tal.

Constata-se, no entanto, que o consumo de alimentos cuja segurança alimentar não seja garantida não representa um fenómeno exclusivo de países subdesenvolvidos, apesar da maior incidência. Estima-se que, em 2019, 9,7% da população mundial tenha, em algum momento, sido exposta a alimentos em estado impróprio para consumo (FAO, 2020). A fim de diminuir estes números, torna-se imperativo a todos os intervenientes da cadeia de aprovisionamento de produtos alimentares, o conhecimento das especificidades relacionados com as boas práticas de higiene na manipulação e conservação deste tipo de bens, aliando-as a políticas adequadas de gestão de inventários. Esta preocupação assume uma majoração quando respeite a produtos hortícolas, como bens perecíveis que são.

O objetivo primordial traçado para a presente dissertação residia, precisamente, na abordagem das duas temáticas mencionadas, indissociáveis entre si. Surgiu com o propósito de explicar novas estratégias de escoamento de existências, como forma de apoio ao retalho alimentar tradicional, não só com o intuito de diminuir o desperdício alimentar de produtos hortícolas, mas também de promover a segurança alimentar na comercialização dos mesmos produtos, ao passo que se fomenta a inovação e a competitividade das pequenas entidades em atuação neste setor.

Como tal, com recurso a uma poderosa ferramenta de microbiologia preditiva – *ComBase Growth Model* –, foi desenvolvido um Sistema de Apoio à Decisão ao qual se

associam duas funções de maior: 1) a previsão da vida de prateleira restante de um produto hortícola de entre os cinco estudados, com base no seu estado de segurança alimentar/qualidade microbiológica, ditada pelas condições a que é armazenado; 2) a precificação dinâmica do mesmo hortícola, em função da aproximação ao fim do prazo de comercialização calculado, por forma a ditar uma maior procura e escoamento desse produto junto do consumidor.

Considera-se, no entanto, que, por forma a ser efetivamente adotado por aquele nicho de mercado, e encarado como uma ferramenta de utilização imprescindível no processo de comercialização de produtos pertencentes a esta fileira alimentar, o SAD desenvolvido necessitará, primeiramente, de ser aprimorado e estendido, de forma a colmatar algumas das limitações que apresenta, nos moldes atuais, enunciadas na secção seguinte.

## **6.2. Conclusões Específicas**

Como visto na secção 5.7, constata-se que, para condições ótimas de armazenamento, os valores apurados pelo SAD são, de forma generalizada, algo inferiores aos recolhidos na literatura. Não obstante, importa referir que estes últimos são ditados tendo em consideração um conjunto de fatores que não só a qualidade microbiológica, em termos bacterianos – único parâmetro adotado pelo SAD no cálculo de tempos de vida útil –, como sejam fatores sensoriais (e.g. aparência, odor ou textura), físicos ou químicos. O cálculo de tempos de vida útil através de múltiplos critérios, como visto na literatura, reflete-se, inclusivamente, na imprecisão desses tempos, uma vez que os intervalos recolhidos na bibliografia apresentam grandes amplitudes. Além do mais, na consideração dos tempos de vida útil de um bem alimentar, deverá sempre ser dada primazia ao critério microbiológico em detrimento de outros, uma vez que o alimento pode apresentar índices sensoriais satisfatórios e, ao mesmo tempo, carregar uma carga microbiana que vá além do limiar de segurança, revelando-se, como tal, prejudicial à saúde do consumidor. Conclui-se, assim, que a previsão conservadora providenciada pelo SAD se encontra alinhada com a crescente exigência em matérias de segurança e qualidade exigida por todos os intervenientes da cadeia de produtos alimentares, desde o produtor ao consumidor, passando pelos grossistas e retalhistas, assim como pelas entidades reguladoras e até governamentais.

Convém, ainda, ressaltar que a única discrepância considerável entre os valores recolhidos e os valores apurados pelo SAD, em termos de tempo de vida útil, é registada no estudo da batata. Relativamente a este hortícola em particular, julga-se ser necessário, uma reconsideração das condições de avaliação propostas pelo SAD, nomeadamente em termos de fatores extrínsecos – neste caso, dos cenários de humidade relativa em estudo – ou das bactérias consideradas. Relativamente à cebola, apesar dos resultados fortemente alinhados com a literatura, considera-se, também, que deverão ser investigados outros cenários de humidade, mais acercados às condições ótimas de armazenamento, segundo as referências bibliográficas – teor de humidade relativa situado entre os 65% e 75%, resultando num ambiente de armazenamento bastante mais seco que o proposto no modelo atual.

No que respeita à análise do crescimento bacteriano em cada um dos hortícolas estudados, constata-se que, na grande maioria dos exemplos contemplados no capítulo 5, as contaminações se dão por *aeromonas hydrophila*, pelo que se pode afirmar que esta é a bactéria que mais influencia os tempos de vida de prateleira determinados pelo SAD. A versatilidade nos requisitos de crescimento que lhes são inerentes poderá ajudar a justificar este facto, uma vez que a *aeromonas hydrophila* apresenta grandes amplitudes no que respeita aos intervalos de pH e, principalmente, de temperatura – de entre os microorganismos considerados nesta dissertação, é, a seguir à *listeria monocytogenes* (sendo que esta é considerada apenas no estudo da alface), a bactéria com capacidade de multiplicação à temperatura mais reduzida ( $T = 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), conforme observado na Tabela 6.

Por forma a que o SAD desenvolvido possa ser adotado e utilizado, com efetividade, junto do público-alvo a que se destina, considera-se que precisa, ainda, de sofrer algumas aprimorações. Desde já, os cenários de atividade de água estudados deverão ser estendidos para além dos valores mínimo, médio e máximo atualmente propostos, sofrendo readaptações quando se revele necessário. Este refinamento assume especial importância em casos em que o diferencial entre cenários de  $a_w$ , se revele considerável, em termos de tempo de vida útil, como visto nos casos apresentados nas secções 5.4. (cebola) e 5.5. (cenoura), quando as temperaturas de armazenamento eram reduzidas. Esta lacuna prende-se apenas pela limitação na recolha de dados, dada a extensa dimensão da tarefa, sendo, como tal, colmatada de forma relativamente descomplicada; Os efeitos da cadeia de distribuição no crescimento bacteriano dos hortícolas deverão ser quantificados de forma mais eficaz do que a simples desconsideração da fase de *lag*, uma vez que este factor poderá afetar, tanto positiva como negativamente, os tempos de vida de prateleira calculados; Por último, deverão ser consideradas flutuações dos fatores

extrínsecos no armazenamento dos hortícolas. O modelo proposto assume que a temperatura e a humidade relativa do ambiente de armazenamento se mantêm constantes ao longo do tempo, desde a entrada do hortícola em armazém até ao momento em que é comercializado. Tal não se verifica na prática, ainda que essas flutuações possam ser residuais.

Pelo conjunto dos factos enunciados, considera-se que, apesar do potencial apresentado pelo SAD desenvolvido no âmbito desta dissertação, o mesmo não se encontra ainda num suficiente estado de maturação a ponto de se revelar uma arma eficaz no combate ao desperdício e à promoção da segurança alimentar. Na secção que se segue, são enumeradas as diretrizes orientadoras de futuras investigações no âmbito do trabalho realizado até então, por forma a que lhe seja dada continuidade.

### **6.3. Sugestões de trabalhos futuros**

Com o intuito de dar robustez aos resultados obtidos no presente estudo e no seguimento do que já foi referido, são sugeridas as seguintes linhas de investigação, com o objetivo de aperfeiçoar o SAD desenvolvido:

- Adoção de um método que quantifique, efetivamente, os efeitos do processo de distribuição dos hortícolas no seu estado de qualidade microbiológica;
- Extensão dos cenários de atividade de água, por forma a tornar mais precisos os efeitos da humidade relativa de armazenamento nos tempos de vida de prateleira dos hortícolas;
- Adoção de um modelo de avaliação dinâmico, ou seja, que considere os efeitos de flutuações dos fatores extrínsecos aos alimentos, ainda que mínimos;
- Integrar e conciliar o método de avaliação da qualidade dos hortícolas adotado com outros critérios de avaliação, como sensoriais, físicos ou químicos.
- Extensão do estudo a outros hortícolas e frutícolas;
- Na eminência de direcionar o estudo a públicos-alvo de maior dimensão no setor da distribuição alimentar a retalho, integrar outros critérios no modelo de precificação, como sejam a procura ou a elasticidade preço da procura;
- Validação experimental dos resultados do SAD.

## Referências Bibliográficas

- Almeida, D. (2005). *Manuseamento de Produtos Hortofrutícolas* (1ª ed.). Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação. Obtido em 13 de Novembro de 2019, de [http://www.spi.pt/documents/books/valorizacao\\_exportacoes\\_agriculas/docs/Manualval\\_II.pdf](http://www.spi.pt/documents/books/valorizacao_exportacoes_agriculas/docs/Manualval_II.pdf)
- ASAE. (2019). *Segurança Alimentar: Informações sobre atividades económicas na área alimentar - Hortofrutícolas*. Obtido em 19 de Janeiro de 2020, de Autoridade de Segurança Alimentar e Económica: <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/informacoes-sobre-atividades-economicas-na-area-alimentar/hortofruticolas.aspx>
- Banco Mundial. (2020). *Poverty and Shared Prosperity 2020: Reversals of Fortune*. World Bank, Washington, DC. doi:10.1596/978-1-4648-1602-4
- Banco Mundial. (2021). *Global Economic Prospects, January 2021*. Washington, DC. doi:10.1596/978-1-4648-1612-3
- Baptista, P. (2006a). *Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentares - Vol. 3*. Guimarães: Forvisão - Consultoria em Formação Integrada. Obtido em 13 de Janeiro de 2020, de <https://elearning.iefp.pt/course/view.php?id=872>
- Baptista, P. (2006b). *Higiene e Segurança Alimentar no Transporte de Produtos Alimentares - Vol. 1*. Guimarães: Forvisão – Consultoria em Formação Integrada. Obtido em 13 de Janeiro de 2020, de <https://elearning.iefp.pt/course/view.php?id=872>
- Baptista, P., & Venâncio, A. (2003). *Os Perigos para a Segurança Alimentar no Processamento de Alimentos*. Guimarães: Forvisão – Consultoria em Formação Integrada. Obtido em 15 de Janeiro de 2020, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/33398>
- Baptista, P., Gaspar, P. D., & Oliveira, J. (2006). *Higiene e Segurança Alimentar na Distribuição de Produtos Alimentares - Vol. 2*. Guimarães: Forvisão - Consultoria em Formação Integrada. Obtido em 11 de Janeiro de 2020, de <https://elearning.iefp.pt/course/view.php?id=872>
- Baranyi, J., & Roberts, T. (novembro de 1994). A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3–4), pp. 277–294. doi:10.1016/0168-1605(94)90157-0
- BCG. (2018). *Tackling the 1.6 billion ton food loss and waste crisis*. Obtido em 29 de Outubro de 2019, de [https://afccc.org.au/images/resources/BCG-Tackling-the-1.6-Billion-Ton-Food-Waste-Crisis\[1\].pdf](https://afccc.org.au/images/resources/BCG-Tackling-the-1.6-Billion-Ton-Food-Waste-Crisis[1].pdf)
- Bridges, M., & Mattice, M. (1939). Over two thousand estimations of the pH of representative foods. *American Journal of Digestive Diseases*, 6(7), pp. 440-449. doi:10.1007/bf02996505

- CAC. (2003). Code of Hygienic Practice for Fresh Fruits and Vegetables (Vols. CAC/RCP-53). Obtido de [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B53-2003%252FCXC\\_053e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXC%2B53-2003%252FCXC_053e.pdf)
- Campos, I., Baptista, P., Pires, I., & Vaz, S. (2012). Do Campo ao Garfo. Desperdício Alimentar em Portugal (1ª ed.). Lisboa: CESTRAS. Obtido em 6 de Novembro de 2019
- Chirife, J., & Fontan, C. (1982). Water activity of fresh foods. *Journal of Food Science*(47), pp. 661-663.
- ComBase. (2020). ComBase. (U. d. Tasmânia, & USDA-ARS, Produtores) Obtido em 14 de Março de 2020, de ComBase Predictor: Growth Model: [https://browser.combase.cc/ComBase\\_Predictor.aspx?model=1](https://browser.combase.cc/ComBase_Predictor.aspx?model=1)
- DECO. (2013). Desperdício Alimentar: Reciclar comida também é poupar. Obtido em 07 de Novembro de 2019, de [www.deco.proteste.pt/alimentacao/supermercados/dicas/desperdicio-alimentar-reciclar-comidatambem-](http://www.deco.proteste.pt/alimentacao/supermercados/dicas/desperdicio-alimentar-reciclar-comidatambem-)
- Elmaghraby, W., & Keskinocak, P. (2003). Dynamic Pricing in the Presence of Inventory Considerations: Research Overview, Current Practices, and Future Directions. *Management Science*, 49(10), pp. 1287–1309. doi:10.1287/mnsc.49.10.1287.17315
- Engineering ToolBox. (2003). Food and Foodstuff - pH Values. Obtido em 15 de Março de 2020, de [https://www.engineeringtoolbox.com/food-ph-d\\_403.html](https://www.engineeringtoolbox.com/food-ph-d_403.html)
- Engineering ToolBox. (2004). Fruits and Vegetables Optimal Storage Conditions. Obtido em 12 de abril de 2020, de [https://www.engineeringtoolbox.com/fruits-vegetables-storage-conditions-d\\_710.html](https://www.engineeringtoolbox.com/fruits-vegetables-storage-conditions-d_710.html)
- Eriksson, M. (2012). Retail Food Wastage - a Case Study Approach to Quantities and Causes. Faculty of Natural Resources and Agricultural Sciences, Department of Energy and Technology, Uppsala. Obtido em 10 de Novembro de 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/281450930\\_Retail\\_Food\\_Wastage](https://www.researchgate.net/publication/281450930_Retail_Food_Wastage)
- Esty, J. R., & Meyer, K. F. (1 de Dezembro de 1922). The heat resistance of the spores of *B. botulinus* and allied anaerobes. *The Journal of Infectious Diseases*, 31(6), pp. 650–663. Obtido em 13 de março de 2020, de <https://academic.oup.com/jid/article-abstract/31/6/650/873030?redirectedFrom=PDF>
- FAO. (1989). Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables and Root Crops - A Training Manual. Roma. Obtido em 22 de abril de 2021, de <http://www.fao.org/sustainable-food-value-chains/training-and-learning-center/details-materials/en/c/266236>
- FAO. (2011). Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Roma. Obtido em 4 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>
- FAO. (2013). Food wastage footprint: Impacts on natural resources - Summary report. Obtido em 4 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/3/i3347e/i3347e.pdf>

- FAO. (2020). World Food and Agriculture - Statistical Yearbook 2020. Roma. doi:<https://doi.org/10.4060/cb1329en>
- FAO; FIDA; UNICEF; PAM; OMS. (2019). The State of Food Security and Nutrition in the World 2019: Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Roma. Obtido em Novembro de 2 de 2019, de <http://www.fao.org/3/ca5162en/ca5162en.pdf>
- FAOSTAT. (2018). FAOSTAT. Obtido em 03 de Março de 2020, de Food and Agriculture Data: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>
- FDA. (2012). Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins (2<sup>a</sup> ed.). Obtido em 05 de Março de 2020, de <https://www.fda.gov/food/foodborne-pathogens/bad-bug-book-second-edition>
- Ferguson, M., & Ketzenberg, M. E. (30 de Maio de 2005). Information Sharing to Improve Retail Product Freshness of Perishables. Obtido em 23 de Janeiro de 2020, de <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.581.8654&rep=rep1&type=pdf>
- FMI. (2020). IMF Annual Report 2020: A Year Like No Other. Obtido em 29 de Dezembro de 2020, de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/ar/2020/eng/downloads/imf-annual-report-2020.pdf>
- Gaspar, P. D., Domingues, C., Gonçalves, L., & Andrade, L. P. (2009). Avaliação da qualidade e segurança alimentar pela previsão do crescimento microbiano em diferentes condições de conservação. V Congresso Ibérico y III Congresso Iberoamericano de Ciencias y Técnicas del Frío. Obtido em 20 de Fevereiro de 2020, de <https://ubibliorum.ubi.pt/handle/10400.6/7307>
- Ghamrawy, M. (2019). Food loss and waste and value chains – Learning guide. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Cairo.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (28 de Fevereiro de 2012). The water footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9). Obtido em 08 de Novembro de 2019, de <https://www.pnas.org/content/pnas/109/9/3232.full.pdf>
- Imre, L. (1964). The Measurement of Equilibrium Relative Humidity, Part II. Polytechnical University, Department of General Mechanics, Budapest. Obtido em 8 de Junho de 2020, de <https://pp.bme.hu/ee/article/view/5274/4379>
- INE. (2019). Estatísticas Agrícolas 2018. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P. Obtido em 02 de Março de 2020, de [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=358629204&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=358629204&PUBLICACOESmodo=2)
- Jesus, C. M. (2017). Do excesso de alimentos à carência alimentar na sociedade da abundância e do bem-estar. O exemplo do Movimento Re-Food no combate ao desperdício alimentar em Portugal. Relatório de Estágio, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Departamento de Sociologia,

Lisboa. Obtido em 3 de Novembro de 2019, de <https://run.unl.pt/handle/10362/29546>

- Kader, A., & Kitinoja, L. (1995). *Postharvest Handling of Perishable Crops*. University of California. Obtido em 2020 de Janeiro de 13, de <https://books.google.pt/books?id=O1zhx2OWftQC&pg=PA490&dq=Postharvest+Handling+of+Perishable+Crops+kitinoja&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwis7dDi5pLnAhVGDWMBHb8tBC4Q6AEIMjAB#v=onepage&q=Postharvest%20Handling%20of%20Perishable%20Crops%20kitinoja&f=false>
- Liu, G., Zhang, J., & Tang, W. (15 de julho de 2014). Joint dynamic pricing and investment strategy for perishable foods with price-quality dependent demand. *Annals of Operations Research*, 226(1), pp. 397-416. doi:10.1007/s10479-014-1671-x
- Liu, X., Tang, O., & Huang, P. (janeiro de 2007). Dynamic pricing and ordering decision for the perishable food of the supermarket using RFID technology. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 20(1), 7-22. doi:10.1108/13555850810844841 , 20(1), pp. 7-22. doi:10.1108/13555850810844841
- Lund, B., Baird-Parker, T., & Gould, G. (2000). *The microbiological safety and quality of food*. Gaithersburg: Aspen Publishers, Inc. Obtido em 06 de Março de 2020, de [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=lks9dALNzZAC&oi=fnd&pg=PR19&dq=The+microbiological+safety+and+quality+of+food+2000&ots=OM2hEar1Ta&sig=qE3MCWH6LOb5INLQYCPPTkmcw8&redir\\_esc=y#v=onepage&q=The%20microbiological%20safety%20and%20quality%20of%20f](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=lks9dALNzZAC&oi=fnd&pg=PR19&dq=The+microbiological+safety+and+quality+of+food+2000&ots=OM2hEar1Ta&sig=qE3MCWH6LOb5INLQYCPPTkmcw8&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20microbiological%20safety%20and%20quality%20of%20f)
- McMeekin, T., Bowman, J., McQuestin, O., Mellefont, L., Ross, T., & Tamplin, M. (2008). The future of predictive microbiology: Strategic research, innovative applications and great expectations. *International Journal of Food Microbiology*, 128(1), pp. 2-9. Obtido em 13 de março de 2020
- Mercantila Publishers. (1989). *Guide to Food Transport – Fruits and Vegetables*. Copenhagen: Mercantila. Obtido em 15 de Março de 2020
- ONU. (2016). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Obtido em 2019 de Novembro de 2019, de <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>
- ONU. (2019a). *World Population Prospects 2019: Highlights*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Obtido em 29 de Outubro de 2019, de [https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019\\_Highlights.pdf](https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf)
- ONU. (2019b). *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Environment, Nairobi. Obtido em 29 de Outubro de 2019, de [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27539/GEO6\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27539/GEO6_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Parlamento Europeu. (2011). *Como evitar o desperdício de alimentos: estratégias para melhorar a eficiência da cadeia alimentar na UE*. Bruxelas. Obtido em 6 de

Novembro de 2019, de  
[http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-  
//EP//TEXT+REPORT+A7-2011-0430+0+DOC+XML+Vo//PT](http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+REPORT+A7-2011-0430+0+DOC+XML+Vo//PT)

- Pereira, M. S. (Setembro de 2014). O desperdício alimentar de produtos hortofrutícolas. Caso de Estudo - Pêra Rocha do Oeste. Dissertação, Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Lisboa. Obtido em 4 de Novembro de 2019, de <https://run.unl.pt/handle/10362/14260>
- Rabbani, M., Zia, N. P., & Rafiei, H. (2016). Joint optimal dynamic pricing and replenishment policies for items with simultaneous quality and physical quantity deterioration. *Applied Mathematics and Computation*, 287 - 288, pp. 149 - 160. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2016.04.016>
- Rahman, M. (2007). *Handbook of Food Preservation* (2<sup>a</sup> ed.). Boca Raton: CRC Press. Obtido em 05 de Março de 2020, de [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=sKgtq62GB\\_gC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Handbook+of+Food+Preservation&ots=DHPa-KOIBS&sig=vExte1JxTsfRMVKpbe0Ha1aRJo0&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Handbook%20of%20Food%20Preservation&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=sKgtq62GB_gC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Handbook+of+Food+Preservation&ots=DHPa-KOIBS&sig=vExte1JxTsfRMVKpbe0Ha1aRJo0&redir_esc=y#v=onepage&q=Handbook%20of%20Food%20Preservation&f=false)
- Ross, T., & McMeekin, T. A. (1994). Predictive microbiology - Review Paper. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3-4), pp. 241-264. doi:[10.1016/0168-1605\(94\)90155-4](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90155-4)
- Rotstein, E., Singh, R. P., & Valentas, K. J. (1997). *Handbook of food engineering practice*. Salem, Massachusetts: CRC Press. Obtido em 15 de Março de 2020, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32897364/handbook-of-food-engineering-practice.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCRC\\_Press\\_Boca\\_Raton\\_New\\_York\\_Acquiring.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYY](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32897364/handbook-of-food-engineering-practice.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCRC_Press_Boca_Raton_New_York_Acquiring.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYY)
- Schlei, K. P., Reiter, M. G., Bertoli, S. L., Licodiedoff, S., Carvalho, L. F., & Souza, C. (1 de agosto de 2018). Microbiologia Preditiva: Aspectos gerais e tendências. *Perspectivas da Ciência e Tecnologia*, 10. doi:[10.22407/1984-5693.2018.v10.p.52-68](https://doi.org/10.22407/1984-5693.2018.v10.p.52-68)
- Stenmarck, Å., Jensen, C., Quedsted, T., & Moates, G. (2016). Estimates of European food waste levels. Stockholm. Obtido em 7 de Novembro de 2020, de <https://www.eufusions.org/phocadownload/Publications/Estimates%20of%20European%20food%20waste%20levels.pdf>
- Subramaniam, P., & Wareing, P. (2016). *The Stability and Shelf Life of Food - Second Edition*. Cambridge: Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/C2015-0-06842-3>
- Swinnen, I. A., Bernaerts, K., Dens, E. J., Geeraerd, A. H., & Impe, J. F. (15 de julho de 2004). Predictive modelling of the microbial lag phase: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(2), pp. 137-159. doi:[10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.006](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.01.006)

- Tsironi, T., Dermesonlougrou, E., Giannoglou, M., Gogou, E., Katsaros, G., & Taoukis, P. (2 de janeiro de 2017). Shelf-life prediction models for ready-to-eat fresh cut salads: Testing in real cold chain. *International Journal of Food Microbiology*, 240(2), pp. 131–140. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2016.09.032
- Turban, E., Aronson, J., & Liang, T.-P. (2007). *Decision support systems and intelligent systems (7<sup>a</sup> ed.)*. Nova Deli: Prentice - Hall of India. Obtido em 2020 de Janeiro de 29, de [https://www.academia.edu/26910803/Decision\\_support\\_systems\\_and\\_intelligent\\_systems](https://www.academia.edu/26910803/Decision_support_systems_and_intelligent_systems)
- UNRIC. (2016). Guia sobre Desenvolvimento Sustentável: 17 objetivos para transformar o nosso mundo. Obtido em 28 de Outubro de 2019, de [https://www.unric.org/pt/images/stories/2016/ods\\_2edicao\\_web\\_pages.pdf](https://www.unric.org/pt/images/stories/2016/ods_2edicao_web_pages.pdf)
- USDA. (junho de 16 de 2016). Commercial Item Description - Onions, Bulb, Ready-to-use. Obtido em 22 de abril de 2021, de [https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/A-A-20193D\\_Onions\\_Bulb\\_RTU.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/A-A-20193D_Onions_Bulb_RTU.pdf)
- Whiting, R., & Buchanan, R. (1993). A classification of models in predictive microbiology – reply. *Food Microbiology*, 10(2), pp. 175–177. Obtido em 19 de março de 2020
- Wu, K.-S., Ouyangb, L.-Y., & Yang, C.-T. (12 de Dezembro de 2009). Coordinating replenishment and pricing policies for non-instantaneous deteriorating items with price-sensitive demand. *International Journal of Systems Science*, 40(12), pp. 1273 - 1281. doi:10.1080/00207720903038093
- Zhao, W., & Zheng, Y.-S. (2000). Optimal Dynamic Pricing for Perishable Assets with Nonhomogeneous Demand. *Management Science*, 46(3), pp. 375–388. doi:10.1287/mnsc.46.3.375.12063
- Zwietering, M. H., Jongenburger, I., Rombouts, F. M., & Riet, K. v. (junho de 1990). Modeling of the Bacterial Growth Curve. *Applied And Environmental Microbiology*, 56(6), pp. 1875–1881. doi:10.1128/AEM.56.6.1875-1881.1990

## Anexos

### Anexo I – Perigos associados à distribuição de produtos alimentares, as suas origens e as medidas de controlo para garantia da segurança alimentar

Tabela 14 - Principais perigos associados ao transporte de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantila Publishers, 1989 *apud* Baptista *et al.*, 2006).

<b>Transporte</b>	
<b>Perigos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura no transporte;</li><li>• Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados;</li><li>• Contaminação por manutenção deficiente do equipamento de frio do veículo e das condições físicas da caixa de carga;</li><li>• Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação na preparação da carga (rotura, golpes, sobrecarga, proteção insuficiente das embalagens);</li><li>• Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens devido a mau acondicionamento no transporte;</li><li>• Contaminação química do produto por transporte conjuntamente com produtos químicos (e.g. detergentes) ou veículos utilizados no transporte de produtos não alimentares.</li></ul>
<b>Medidas de Controlo</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Regulação da temperatura do sistema de frio para as condições de transporte requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados);</li><li>• Calibração das sondas de temperatura associadas à monitorização e controlo da temperatura no transporte (para produtos refrigerados e congelados);</li><li>• Acondicionamento do produto de forma a assegurar uma adequada circulação de ar (para produtos refrigerados e congelados);</li><li>• Monitorização da temperatura do veículo durante o transporte (para produtos refrigerados e congelados);</li><li>• Controlo das condições à receção do veículo: estado de limpeza dos veículos (incluindo odores estranhos), temperatura do veículo à receção;</li><li>• Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares, na carga e descarga de produtos alimentares;</li><li>• Supervisão das práticas de manipulação, na carga de produtos alimentares;</li><li>• Cumprimento dos planos de limpeza e desinfeção estabelecidos para os veículos de transporte;</li><li>• Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfeção dos veículos de transporte;</li><li>• Manutenção dos sistemas de refrigeração dos veículos;</li><li>• Manutenção do bom estado das caixas de carga dos veículos;</li><li>• Utilização de embalagens adequadas com suficiente proteção;</li><li>• Limitação da altura de sobreposição de embalagens de forma a evitar sobrecargas que provoquem danos no produto;</li><li>• Respeitar as condições de paletização do produto.</li></ul>

Tabela 15 - Principais perigos associados ao armazenamento de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantile Publishers, 1989 *apud* Baptista *et al.*, 2006).

<b>Armazenamento</b>	
<b>Perigos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura nos locais de armazenagem;</li> <li>• Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados no armazém;</li> <li>• Contaminação por manutenção deficiente das condições físicas das instalações;</li> <li>• Contaminação por manutenção deficiente das condições de higiene das instalações;</li> <li>• Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação nos armazéns; (rotura, golpes, sobrecarga, proteção insuficiente das embalagens);</li> <li>• Contaminação química do produto por armazenamento conjuntamente com produtos químicos (e.g. detergentes).</li> </ul>
<b>Medidas de Controlo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação da temperatura das câmaras de refrigeração e de congelação para as condições de armazenamento requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados);</li> <li>• Utilização de cais de descarga refrigerados para a receção de produtos refrigerados ou congelados;</li> <li>• Calibração das sondas de temperatura associadas à monitorização e controlo da temperatura no armazenamento (para produtos refrigerados e congelados);</li> <li>• Minimização do tempo entre a receção de produtos refrigerados e congelados e a sua colocação nas respetivas câmaras de frio;</li> <li>• Monitorização da temperatura das câmaras de refrigeração e de congelação durante o armazenamento e da temperatura nos cais de descarga refrigerados;</li> <li>• Não colocação/manutenção de produtos refrigerados ou congelados fora das câmaras apropriadas;</li> <li>• Manutenção das portas das câmaras de refrigeração e de congelação encerradas, abrindo-as apenas o tempo mínimo indispensável para realizar operações de manuseamento de produto;</li> <li>• Planeamento da necessidade de reposição de produto para minimizar as aberturas de câmaras de refrigeração ou de congelação;</li> <li>• Controlo da rotação/gestão de <i>stocks</i>;</li> <li>• Estabelecimento de regras de armazenagem dos diferentes lotes, a fim de poder controlar e isolar qualquer tipo de problema;</li> <li>• Controlo das condições à receção: estado das embalagens, estado de limpeza do veículo, temperatura do veículo e do produto à receção, verificação das cargas transportadas;</li> <li>• Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares;</li> <li>• Supervisão das práticas de manipulação;</li> <li>• Cumprimento do plano de limpeza e desinfeção estabelecido;</li> <li>• Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfeção dos locais;</li> <li>• Manutenção dos sistemas de frio das câmaras de refrigeração e de congelação;</li> <li>• Utilização de embalagens adequadas com suficiente proteção;</li> <li>• Evitar sobrecargas, limitando a altura de sobreposição de embalagens;</li> <li>• Respeito pelas condições de paletização do produto;</li> <li>• Desenho funcional e manutenção do bom estado físico das instalações.</li> </ul>

Tabela 16 - Principais perigos associados aos pontos de venda de produtos alimentares, as suas origens e medidas de controlo para garantia da segurança alimentar (Mercantila Publishers, 1989 *apud* Baptista *et al.*, 2006).

<b>Ponto de venda ao consumidor</b>	
<b>Perigos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento microbiológico devido a condições inadequadas de temperatura nos expositores;</li> <li>• Contaminação por manipulação inadequada de produtos alimentares não embalados no ponto de venda;</li> <li>• Contaminação por manutenção deficiente das condições físicas das instalações e dos equipamentos;</li> <li>• Contaminação por manutenção deficiente das condições de higiene das instalações e dos equipamentos;</li> <li>• Contaminação por perda de hermeticidade das embalagens, derivada da má manipulação no ponto de venda; (rotura, golpes, sobrecarga, proteção insuficiente das embalagens).</li> </ul>
<b>Medidas de Controlo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulação da temperatura dos expositores de refrigerados e congelados para as condições requeridas pelo produto (para produtos refrigerados e congelados);</li> <li>• Calibração das sondas de temperatura dos expositores de refrigeração e congelação associados à monitorização e controlo da temperatura nos expositores (para produtos refrigerados e congelados);</li> <li>• Monitorização das temperaturas dos expositores de produtos refrigerados e de produtos congelados;</li> <li>• Não colocação/manutenção de produtos refrigerados ou congelados fora das câmaras apropriadas;</li> <li>• Não colocação de produto em excesso nos expositores de produtos refrigerados e congelados;</li> <li>• Comunicação/sensibilização de boas práticas aos consumidores (e.g. manter portas – de expositores – fechadas);</li> <li>• Reposição rápida de produtos nas prateleiras ou arcas (para produtos refrigerados ou congelados);</li> <li>• Verificação da rotação dos produtos no linear, nomeadamente assegurando a não existência de produto com o prazo de validade expirado;</li> <li>• Colocação dos lotes de produto mais antigos na parte frontal dos lineares;</li> <li>• Verificação do estado de integridade das embalagens dos produtos aquando da sua colocação nos lineares;</li> <li>• Cumprimento de boas práticas de higiene na manipulação de produtos alimentares;</li> <li>• Supervisão das práticas de manipulação;</li> <li>• Cumprimento do plano de limpeza e desinfeção estabelecido;</li> <li>• Comprovação do cumprimento dos programas de limpeza e desinfeção dos locais;</li> <li>• Desenho funcional e manutenção das instalações e dos equipamentos, nomeadamente dos sistemas de frio dos expositores de refrigeração e de congelação;</li> <li>• Utilização de embalagens adequadas com suficiente proteção;</li> <li>• Disposição do produto em condições que minimize o impacto do consumidor quando o manipula.</li> </ul>

## Anexo II - Características das principais enfermidades causadas por bactérias em produtos hortofrutícolas

Tabela 17 - Características das principais enfermidades causadas por bactérias em produtos hortofrutícolas (Baptista & Venâncio, 2003)

Bactéria	Alimento associado	Período de incubação	Enfermidade causada	Sintomas	Duração dos sintomas
<i>Shigella spp.</i> <i>Shigella sonnei</i> <i>Shigella boydii</i> <i>Shigella flexneri</i> <i>Shigella dysenteriae</i>	Saladas – batata, vegetais crus	15 a 50 horas	Desintéria bacilar (ou shigelose)	Dor abdominal, cólicas, diarreia, vômito, fezes com sangue, pus, muco	—
<i>Vibrio cholerae</i>	Frutas e vegetais crus	6 horas a 5 dias	Cólera	Diarreia, fezes com aspecto de água de arroz, cólica abdominal, náusea, vômito, desidratação	—
<i>Aeromonas</i>	Vegetais	—	Enterite	Diarreia (fezes líquidas e febre moderada)	—
<i>Listeria monocytogenes</i>	Vegetais crus	1 hora a 3 semanas	Listeriose	Septicemia, meningite, meningoencefalite, encefalite, infecção intra-uterina ou cervical em gestantes, febre persistente, vômito e diarreia	60 horas.
<i>Bacillus cereus</i>	Vegetais, saladas	6 a 15 horas	Diarreia e vômitos	Diarreia aquosa, cólicas abdominais e dor. Náusea e vômitos (tipo emético) Cólicas abdominais e diarreia	24 a 48 horas

<i>Clostridium botulinum</i> A, B, E e F C e D	Milho enlatado, pimenta, feijão verde, beterraba, espargo, cogumelos, azeitonas	18 a 36 horas	Botulismo humano Botulismo animal	Fadiga extrema, fraqueza, vertigens, visão dupla, dificuldade em falar e engolir, boca seca, dor abdominal, diarreia ou constipação	—
<i>Staphylococcus aureus</i>	Batatas	1 a 6 horas	Intoxicação estafilócica	Náusea, vômitos, ânsia de vômitos, cólica abdominal, prostração, dores musculares, alterações temporárias da pressão arterial e da pulsação (casos mais graves)	—

## Anexo III - Legislação vigente relativa a produtos hortofrutícolas

Referências Legais (ASAE, 2019):

Tabela 18 - Legislação geral

Legislação	Descrição
<b>Código Penal</b> , aprovado pelo Decreto-Lei nº 400/82, de 23 de setembro e subsequentes alterações e republicações – designadamente o crime p.p. no Art. 282º.	Corrupção de Substâncias Alimentares ou Medicinais.
<b>Decreto-Lei nº 28/84</b> , de 20 de janeiro	Estabelece o regime em vigor em matéria de infrações antieconómicas e contra a saúde pública.
<b>Código do Processo Penal</b>	—

Tabela 19 - Legislação relativa ao licenciamento das atividades de comércio e armazenagem

Legislação	Descrição
<b>Dec-Lei nº 370/99</b> , de 18 de setembro	Regula a instalação dos estabelecimentos de comércio ou armazenagem de produtos alimentares e não alimentares e prestação de serviços
<b>Portaria nº 33/2000</b> , de 28 de janeiro	Designa os estabelecimentos abrangidos pelo DL nº 370/99 de 18 de setembro
<b>Portaria nº 1061/2000</b> , de 31 de outubro	Aprova o modelo de alvará de licença de utilização dos estabelecimentos previstos no DL nº 370/99, de 18 de setembro
<b>Dec-Lei nº 12/2004</b> , de 30 de março	Regulamentação do licenciamento comercial
<b>Dec-Lei nº 462/99</b> , de 5 de novembro	Estabelece o regime de inscrição no cadastro dos estabelecimentos comerciais

Tabela 20 - Legislação relativa a mercados abastecedores, mercados municipais, feiras e mercados retalhistas, vendas ambulantes

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 258/95</b> , de 30 de setembro	Estabelece o regime dos mercados abastecedores
<b>Dec-Lei nº 340/82</b> , de 08 de maio	Regras aplicáveis aos mercados municipais
<b>Dec-Lei nº 252/86</b> , de 25 de agosto	Aprova o regime jurídico da atividade de feirante
<b>Dec-Lei nº 122/79</b> , de 08 de maio, alterado pelo Decreto-Lei nº 252/93, de 14 de julho	Regulamenta a atividade de venda ambulante

Tabela 21 - Legislação relativa a condições técnico-funcionais e HACCP

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Regulamento (CE) nº 852/2004</b> do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril	Regras de higiene nos géneros alimentícios
<b>Regulamento (CE) nº 178/2002</b> do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro	Determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios
<b>Portaria nº 149/88</b> , de 09 de março	Fixa as regras de asseio e higiene
<b>Dec-Lei nº 113/2006</b> , de 12 de junho	Assegura a execução e garante o cumprimento do Regulamento (CE) nº 852/2004, de 29 de abril

Tabela 22 - Legislação relativa à água de consumo

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 243/2001</b> , de 5 de setembro	Regula a qualidade da água destinada ao consumo humano tendo por objetivo proteger a saúde humana dos efeitos nocivos resultantes de contaminação

Tabela 23 - Legislação relativa a hortofrutícolas frescos

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Despacho Normativo nº 246/94</b> , de 18 de abril	Estabelece a obrigatoriedade de inscrição dos operadores e/ou importadores de frutas e produtos hortícolas, abrangidos pelo Regulamento (CE) nº 2200/96, do Conselho de 28 de outubro
<b>Regulamento (CE) nº 1148/2001</b> , de 12 de junho	Relativo aos controlos de conformidade com as normas de comercialização aplicáveis no setor das frutas e produtos hortícolas frescos
<b>Regulamento (CE) nº 2200/96</b> , do Conselho de 28 de outubro	Estabelece a organização comum de mercado no sector das frutas e produtos hortícolas
<b>Regulamento (CE) nº 1135/2001</b> , de 8 de junho	Altera as disposições em matéria de calibragem, de apresentação e de rotulagem das normas de comercialização fixadas para certos produtos hortícolas frescos e altera o regulamento (CE) nº 659/97

Tabela 24 - Legislação específica relativa à comercialização de hortofrutícolas frescos

<b>Normas de Comercialização para Produtos Hortofrutícolas Frescos, abrangidos pelo Regulamento (CE) nº 2200/96, do Conselho de 28 de outubro</b>	
<b>1. Frutos</b>	<b>Legislação</b>
Abacate	<b>Regulamento (CE) nº 387/2005</b> , da Comissão de 8 de março, que altera o Regulamento (CE) nº 831/97, da Comissão de 7 de maio
Ameixa	<b>Regulamento (CE) nº 848/2000</b> , da Comissão de 27 de abril, que altera o Regulamento (CE) nº 1168/99, da Comissão de 3 de junho
Ananás	<b>Portaria nº 961-B/85</b> , de 30 de dezembro
Avelã	<b>Regulamento (CE) nº 1284/2002</b> , da Comissão de 15 de julho
Banana	<b>Regulamento (CE) nº 228/2006</b> , da Comissão de 9 de fevereiro, que altera o Regulamento (CE) nº 2257/94, da Comissão de 16 de setembro
Cereja	<b>Regulamento (CE) nº 214/2004</b> , da Comissão de 6 de fevereiro
Citrinos	<b>Regulamento (CE) nº 2173/2003</b> , da Comissão de 12 de dezembro, que altera o Regulamento (CE) nº 1799/2001, da Comissão de 12 de setembro

Damasco	<b>Regulamento (CE) nº 851/2000</b> , da Comissão de 27 de abril
Kiwi	<b>Regulamento (CE) nº 1673/2004</b> , da Comissão de 24 de setembro
Maçã	<b>Regulamento (CE) nº 85/2004</b> , da Comissão de 15 de janeiro
Melancia	<b>Regulamento (CE) nº 1862/2004</b> , da Comissão de 26 de outubro
Melão	<b>Regulamento (CE) nº 1016/2006</b> , da Comissão de 4 de julho, que altera o Regulamento (CE) nº 1615/2001, da Comissão de 7 de agosto
Morango	<b>Regulamento (CE) nº 843/2002</b> , da Comissão de 21 de maio
Noz com casca	<b>Regulamento (CE) nº 80/2003</b> , da Comissão de 17 de janeiro, que altera o Regulamento (CE) nº 175/2001, da Comissão de 26 de janeiro
Pêra	<b>Regulamento (CE) nº 86/2004</b> , da Comissão de 15 de janeiro
Pêssego e Nectarina	<b>Regulamento (CE) nº 1861/2004</b> , da Comissão de 26 de outubro
Uva de mesa	<b>Regulamento (CE) nº 2789/99</b> , da Comissão de 22 de dezembro
<b>2. Hortícolas</b>	<b>Legislação</b>
Aboborinha	<b>Regulamento (CE) nº 1757/2003</b> , da Comissão de 3 de outubro
Alcachofra	<b>Regulamento (CE) nº 1466/2003</b> , da Comissão de 19 de agosto
Alface, chicória frisada e escarola	<b>Regulamento (CE) nº 1543/2001</b> , da Comissão de 27 de julho
Aipo de talo	<b>Regulamento (CEE) nº 1591/87</b> , da Comissão de 16 de maio
Alho	<b>Regulamento (CE) nº 2288/97</b> , da Comissão de 18 de novembro
Alho francês	<b>Regulamento (CE) nº 2396/2001</b> , da Comissão de 7 de dezembro
Batata	<b>Portaria nº 979/2000</b> , de 12 de outubro
Beringela	<b>Regulamento (CEE) nº 1292/81</b> , da Comissão de 12 de maio
Cebola	<b>Regulamento (CE) nº 1465/2003</b> , da Comissão de 19 de agosto, que altera o Regulamento (CE) nº 1508/2001, da Comissão de 24 de julho
Cenoura	<b>Regulamento (CE) nº 730/99</b> , da Comissão de 7 de abril
Cogumelo	<b>Regulamento (CE) nº 1863/2004</b> , da Comissão de 26 de outubro
Couve de Bruxelas	<b>Regulamento (CEE) nº 1591/87</b> , da Comissão de 5 de junho
Couve-flor	<b>Regulamento (CE) nº 963/98</b> , da Comissão de 7 de maio

Couve repolho	<b>Regulamento (CE) nº 634/2006</b> , da Comissão de 25 de Abril
Endívias ou Chicória Witloof	<b>Regulamento (CEE) nº 2213/83</b> , da Comissão de 28 de julho
Ervilha e ervilha de vagem	<b>Regulamento (CE) nº 2561/99</b> , da Comissão de 3 de dezembro
Espargo	<b>Regulamento (CE) nº 1050/2005</b> , da Comissão de 5 de julho, que altera o Regulamento (CE) nº 2377/99, da Comissão de 9 de novembro
Espinafre	<b>Regulamento (CEE) nº 1591/87</b> , da Comissão de 5 de junho
Feijão verde	<b>Regulamento (CE) nº 912/2001</b> , da Comissão de 10 de maio
Pepino	<b>Regulamento (CEE) nº 1677/88</b> , da Comissão de 15 de junho
Pimento doce	<b>Regulamento (CE) nº 2147/2002</b> , da Comissão de 2 de dezembro, que altera o Regulamento (CE) nº 1455/99, da Comissão de 1 de julho
Tomate	<b>Regulamento (CE) nº 790/2000</b> , da Comissão de 14 de abril

Tabela 25 - Legislação relativa a rotulagem

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 560/99</b> , de 18 de dezembro, retificado pela Declaração de Retificação nº 31/2002, de 7 de outubro e alterado pelo Decreto-Lei nº 183/2002, de 20 de agosto, Decreto-Lei nº 20/2003, de 3 de fevereiro, Decreto-Lei nº 50/2003, de 25 de março, Decreto-Lei nº 229/2003, de 27 de setembro, Decreto-Lei nº 126/2005, de 5 de agosto, Decreto-Lei nº 148/2005, de 29 de agosto e pelo Decreto –Lei nº 195/2005, de 7 de novembro, este alterado pelo Decreto-Lei nº 37/2006, de 20 de fevereiro	Relativo à rotulagem e embalagem dos géneros alimentícios
<b>Dec-Lei nº 167/2004</b> , de 7 de julho	Estabelece as normas a que obedece a rotulagem nutricional dos géneros alimentícios que se encontram no estado em que vão ser fornecidos ao consumidor final

Tabela 26 - Legislação relativa a alimentos ultracongelados

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 251/91</b> , de 16 de julho	Define alimentos ultracongelados e estabelece as regras relativas à sua preparação, acondicionamento e rotulagem

Tabela 27 - Legislação relativa a controlo metrológico dos instrumentos de medição e registo de temperatura

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 291/90</b> , de 20 de setembro	Controlo metrológico dos instrumentos de medição
<b>Portaria nº 1150/97</b> , de 12 de novembro	Regulamento do controlo metrológico dos instrumentos de medição e registo de temperaturas a utilizar nos meios de transporte e nas instalações de depósito e armazenagem dos alimentos ultracongelados

Tabela 28 - Legislação relativa a materiais e objetos em contacto com alimentos

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Regulamento (CE) nº 1935/2004</b> do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de outubro	Relativo a materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos
<b>Dec-Lei nº 175/2007</b> , de 8 de maio	Assegura a execução e garante o cumprimento, no ordenamento jurídico interno, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) nº 1935/2004

Tabela 29 - Legislação relativa a preços

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 162/99</b> , de 13 de maio, altera e republica o DL nº 138/90, de 26/04, retificado pela Declaração de Retificação nº 10-AF/99, de 31/05	Regula a forma e a obrigatoriedade de indicação de preços dos bens e serviços colocados à disposição do consumidor no mercado

Tabela 30 - Legislação relativa ao Livro de Reclamações

<b>Legislação</b>	<b>Descrição</b>
<b>Dec-Lei nº 156/2005</b> , de 15 de setembro	Regula os procedimentos do Livro de Reclamações