

# **Estratégias para redução e valorização de co-produtos de uma indústria hortofrutícola**

**Délio Dias Raimundo**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Alimentar**

Orientadores: Doutora Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu  
Doutora Margarida Gomes Moldão Martins

**Júri:**

Presidente: Doutora Fernanda Maria dos Reis Torroaes Valente, Professora Auxiliar,  
ISAUL

Vogais: Doutor Vítor Manuel Delgado Alves, Professor Auxiliar, ISAUL  
Doutora Marta Maria Moniz Nogueira de Abreu, Investigadora, INIAV

Lisboa, 2018

**U LISBOA**

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA

Esta Dissertação foi elaborada segundo as normas internas do Instituto Superior de Agronomia descritas no “Regulamento Geral dos Mestrados no ISA”. (Regulamento n.º 334/2015 publicado no Diário da República, 2.ª série — N.º 113 — 12 de Junho de 2015).

Esta dissertação respeita a ortografia anterior ao actual acordo ortográfico.

## **AGRADECIMENTOS**

*“Quem agradece, o mérito reconhece. Pois o ingrato a si mesmo trai.”* Elanklever

Desenvolver um trabalho desta natureza na azáfama do dia-a-dia só foi possível graças à colaboração e apoio de algumas pessoas, às quais apresento o meu profundo e sincero agradecimento:

Em primeiro à minha orientadora, Professora Doutora Margarida Moldão, porque foi quem, logo de início me motivou para finalizar os estudos de mestrado, mostrando-se sempre disponível, no meio de tanto trabalho, leccionamento, coordenação de curso, gestão de projectos entre outros, ainda incentiva os alunos para estes desafios e prontifica-se de imediato a auxiliá-los no que necessitarem.

Não menos importante, a minha orientadora, Doutora Marta Abreu, pela incitação para a conclusão do mestrado em cada uma das reuniões em que nos encontrávamos, pela veemência e motivação na sua orientação, excelente investigadora, exemplo de profissionalismo na comunidade científica. Sempre disponível para me receber, para me ajudar e para me esclarecer. Agradeço também toda a amabilidade, amizade, o auxílio na orientação e correcções e de um modo geral, agradeço o apoio incansável, boa disposição e total disponibilidade demonstrada desde o início deste meu objectivo.

Não posso deixar passar este agradecimento sem lembrar de uma forma muito especial à minha mulher Mónica Miguel que também desde sempre me entusiasmou a finalizar este projecto e regularmente me recordava dos objectivos pendentes e da necessidade de os concluir, a ela e ao meu filho Salvador, por tantas horas de privação de convívio e presença familiar e por todo o encorajamento e motivação.

Reconheço ainda a minha família, nomeadamente a minha avó, a minha mãe e os meus irmãos, os pilares base da minha construção pessoal e que permitiram chegar até aqui.

Um abraço também de agradecimento à Doutora Carla Alegria e ao Doutor Miguel Leão pela sua disponibilidade e amabilidade, prontamente disponível para ajudar e a rever todo este trabalho.

Por último à empresa CAMPOTEC, de uma forma muito especial à minha equipa de técnicos Eng.ªs Susana Costa, Hélia Gouveia, Carina Trindade, Daniela Firmino, Anastasiya Belo e Andreia Santos também Eng.ºs João Freire, Ricardo Santos e Diogo Duarte grandiosa equipa de trabalho, que muito me orgulham fazer parte dela.

## RESUMO E PALAVRAS-CHAVE

O desperdício alimentar é problemático face ao crescimento da população demográfica, à escassez de recursos naturais e ao impacto ambiental. As principais estratégias de combate passam pela implementação de políticas de gestão e valorização de resíduos agro-industriais. Neste propósito, efectuou-se o levantamento do desperdício gerado numa empresa de hortofrutícolas – produtos da IV Gama e para mercado *in natura*, onde são descartadas quantidades significativas de matéria vegetal, resíduos e subprodutos, respectivamente. Foi efectuado o levantamento documental dos quantitativos gerados, a caracterização e a identificação dos respectivos circuitos de escoamento. Na produção de IV gama, constataram-se valores de quebra, de cerca de 40%, cuja valorização actual associa fraco retorno económico. A redução do volume de resíduos pelo aumento da eficiência dos processos tecnológicos e o encaminhamento dos mesmos para a produção de energia renovável, avizinham-se como estratégias adequadas, face à natureza perecível e aos elevados níveis de contaminação. Por outro lado, cerca de 10 a 20% do total de matéria-prima laborada para mercado em fresco é desviada para destinos de valor económico reduzido. Estes subprodutos apresentam maior estabilidade fisiológica/bioquímica do que os resíduos e, em consequência, o potencial bioactivo associado permite encará-los como ‘novas matérias-primas/ingredientes’. Assim, conjecturam-se como vias de valorização, a sua utilização no desenvolvimento de novos produtos e/ou como matrizes para extracção de compostos bioactivos. Os subprodutos que não reúnam características edíveis (frutos e tubérculos contaminados) poderão ser canalizados para a produção energética em complemento dos resíduos. Os custos associados às diferentes propostas alternativas são ainda elevados face aos imputados na gestão tradicional destes materiais, obrigando a um faseamento temporal na respectiva implementação. Salienta-se por fim que o desenvolvimento de novas linhas de produção de alimentos e tecnologias de extracção inovadoras, encontram-se ainda em fases incipientes exigindo um contínuo esforço de colaboração entre a investigação e a indústria.

**Palavras-chave:** Resíduos, Subprodutos, Estratégias de valorização de Hortofrutícolas, Bioenergia, Economia Circular.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS**

Food waste is a global problem further aggravated by population growth, natural resources scarcity and environmental constraints. This issue has influenced current public and political agenda where the implementation of management policies and valorisation of agro-industrial waste are important strategies to reduce it.

Fruit and vegetable wastes (FVW) produced in large quantities in a fresh-cut company were characterized as it represents losses of valuable biomass, nutrients and economic value. The quantitative survey of generated FVW, its characterization and identification of the respective valorisation circuits were performed. About 40% of FVW are discharged by the fresh-cut production and, under current management practices it poses as a weak to null economic return to the company. Reducing the volume of waste by increasing technological process efficiency and its utilization for bioenergy recovery are achievable strategies, considering the high perishability and high contamination levels of these materials. It was estimated that 10 to 20% of the total raw material processed for the fresh market is discharged to other destinations with low economic profit (example: juice industry). These by-products include fruits and potato that are damaged, unripe or lack the qualitative standards required for market and have greater physiological/biochemical stability than the waste from fresh-cut production. Hence, the associated bioactive potential allows them to be regarded as 'new raw materials/ingredients'. Their uses for the development of new products and/or as a source for the extraction of bioactive compounds are considered as potential added-value strategies. By-products without edible characteristics (decay) can be channelled into bioenergy production. The costs associated with those alternative proposals are still high compared to those charged in the traditional FVW management, requiring a time-scaled implementation. Finally, the development of new food production lines and innovative extraction technologies is still its early stages requiring a continuous collaborative effort between research and industry.

**Key words:** Waste, By-products, Valorisation Strategies for Fruits and Vegetables, Bioenergy, Circular Economy

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMO E PALAVRAS-CHAVE</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT AND KEYWORDS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ENQUADRAMENTO DO TRABALHO</b> .....	<b>xii</b>
<b>1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>2</b>
1.1 DESAFIO DA PRODUÇÃO ALIMENTAR .....	2
1.1.1 Desperdício alimentar .....	2
1.1.2 Alteração do paradigma nas políticas em matéria de resíduos .....	3
1.1.3 Enquadramento de termos e definições .....	4
1.1.4 Conceito de biorefinaria .....	6
1.2 CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DE HORTOFRUTÍCOLAS .....	7
1.2.1 Origem e tipos de co-produtos .....	7
1.2.1.1 Subprodutos do mercado em fresco .....	7
1.2.1.2 Resíduos de processamento mínimo (IV Gama) .....	10
Mercado de hortofrutícolas minimamente processados .....	10
Operações tecnológicas de processamento mínimo .....	11
Resíduos de Hortofrutícolas .....	13
Dificuldades de gestão inerentes à elevada perecibilidade .....	15
1.2.2 Composição bioactiva de interesse .....	15
1.2.2.1 Principais fitoquímicos .....	15
Compostos fenólicos .....	15
Carotenóides .....	17
Fibra .....	18
1.2.2.2 Principais fontes vegetais .....	18
1.3 VIAS DE VALORIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS .....	21
1.3.1 Recuperação de fitoquímicos bioactivos .....	22
1.3.1.1 Aplicações de biomoléculas recuperadas .....	24
Enriquecimento de alimentos .....	24
Desenvolvimento de novos produtos .....	25
1.3.2 Valorização energética .....	26
1.3.2.1 Digestão Anaeróbia .....	26
Recuperação de biogás .....	28
<b>2 CASOS DE ESTUDO</b> .....	<b>31</b>
2.1 OBJECTIVOS .....	31
2.1.1 Metodologias de identificação das classes de subprodutos .....	31

2.1.1.1 Metodologia utilizada no levantamento de dados da empresa.....	31
2.1.1.2 Tratamento estatístico.....	32
2.2 Caracterização e tipificação de resíduos e subprodutos .....	32
2.2.1 Resíduos provenientes do processamento em IV Gama .....	32
2.2.1.1 Classificação e características gerais .....	32
2.2.1.2 Identificação de pontos de quebra .....	37
2.2.1.3 Quantificação das quebras .....	41
2.2.2 Subprodutos provenientes do processamento para mercado em fresco .....	43
2.2.2.1 Caracterização quantitativa de quantitativos comercializados .....	43
2.2.2.2 Identificação de pontos de quebra .....	44
2.2.2.3 Quantificação das quebras .....	49
2.2.3 Perfil dos circuitos de valorização.....	50
2.2.3.1 Conclusões parciais e propostas de redução e valorização para resíduos .....	54
2.2.3.2 Conclusões parciais e propostas de valorização de subprodutos .....	56
<b>3 CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>61</b>
<b>5 ANEXOS .....</b>	<b>72</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Destino geral das perdas alimentares .....	9
Tabela 2 - Resíduos gerados na indústria de hortofrutícolas minimamente processados. ....	14
Tabela 3 - Resíduos alimentares de origem vegetal, fontes e correspondentes ingredientes-alvo de recuperação.....	19
Tabela 4 - Compostos fenólicos em diferentes tecidos de hortofrutícolas .....	22
Tabela 5 - Extracção de compostos bioactivos de diferentes subprodutos.....	23
Tabela 6 - Listagem de diferentes estudos, evidenciando o resíduo utilizado, tipologia do reactor, temperatura do processo e volume de biogás gerado.....	29
Tabela 7 - Grupos de subprodutos gerados nas linhas de processamento da IV gama.....	32
Tabela 8 - Aspecto geral de cada um dos 6 grupos de resíduos do processamento mínimo....	35
Tabela 9 - Caracterização dos grupos de resíduos de processamento da IV gama face ao tipo de material rejeitado e tipo de degradação principal .....	36
Tabela 10 - Comparação de quebras (%) por grupo num período de 5 anos (2012 a 2017). ...	43
Tabela 11 - Hortofrutícolas comercializados no mercado em fresco.....	45
Tabela 12 - Critérios de selecção/rejeição .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cartaz publicitário dos EUA no período da II Guerra Mundial.....	2
Figura 2 – Discriminação dos possíveis destinos resultantes da matéria-prima e termos associados.....	6
Figura 3 - Perdas alimentares anuais na cadeia de aprovisionamento em Portugal .....	7
Figura 4 – Perdas alimentares e desperdício alimentar. ....	8
Figura 5 - Esquema ilustrativo das diferentes perdas observadas na cadeia de aprovisionamento .....	8
Figura 6 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento dos Hortofrutícolas, Raízes e Tubérculos e Frutos .....	9
Figura 7 - Evolução do valor das vendas do segmento de Preparação e Conservação de Frutos e Produtos Hortícolas em Portugal. ....	11
Figura 8 - Diagrama tecnológico geral do processamento mínimo de hortofrutícolas .....	12
Figura 9 - Estrutura base dos compostos fenólicos .....	15
Figura 10- Estruturas gerais das subclasses de flavonóides.....	16
Figura 11 - Estruturas representativas de carotenóides .....	17
Figura 12 - Estrutura representativa da $\beta$ -ionona .....	18
Figura 13 – Grupos de resíduos ordenados por ordem crescente de perecibilidade.....	36
Figura 14 - Diagrama Geral de Processamento Mínimo.....	37
Figura 15 - Aspecto geral do tipo de resíduos gerados no processamento mínimo, resultantes de ineficiências de equipamentos. ....	38
Figura 16 - Fotografia do reboque de depósito de resíduos.....	40
Figura 17 - Resíduos do descasque da batata, recolhidos pelos equipamentos da estação de tratamento de águas .....	40
Figura 18 - Estimativa das quebras (%) anuais para cada um dos 6 grupos de resíduos de processamento mínimo ao longo de 5 anos. ....	41
Figura 19 - Correlação linear entre as variáveis: Quebra (%) e Anos, para os grupos Folhosas e Hortícolas. ....	42
Figura 20 - Quantidades comercializadas por ano relativo aos grupos: batata, maçã, pera e outros frutos.....	43
Figura 21 - Quantidades comercializadas por ano (cotas %) para cada um dos grupos - batata, maçã, pera e outros frutos, relativo ao período de 2012 a 2017. ....	44
Figura 22 - Diagrama Geral de processamento de frutos (esquerda) e batata (direita).....	46
Figura 23 - Exemplo de defeitos em batata, cortes, esverdeamento, doenças epidérmicas e desidratação.....	47
Figura 24 - Exemplos ilustradores de falta de aptidão culinária de batata .....	47

Figura 25 - Diferentes destinos para subprodutos da fruta.....	49
Figura 26 – Diagrama geral do processamento de fruta para o mercado em fresco, com distribuição e quantificação das quebras por etapas. ....	49
Figura 27 - Contabilização das quebras associadas ao processamento da IV gama. ....	51
Figura 28 - Distribuição dos destinos (cotas em %) para a maçã e pera, por ano, relativo ao período de 2012 a 2017. ....	52
Figura 29 - Distribuição dos destinos (cotas em %) para a maçã e pera, relativo ao período de 2012 a 2017.....	53
Figura 30 – Quantitativos transaccionados (%) por tipologia de produtos e destino, entre 2012 e 2017.....	54
Figura 31 – Detalhes de ineficiências e equipamentos que promovem eficiência do processo	56
Figura 32 - Proposta de intervenção para diminuir o impacto económico e ambiental associado à geração de co-produtos (resíduos e subprodutos) da empresa. ....	58
Figura 33 – Proposta de metas temporais a implementar no âmbito das propostas alternativas de valorização de co-produtos (resíduos e subprodutos. ....	59

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

aw	Actividade da água
BRC	British Retail Consortium
CQO	Carência Química de Oxigénio
CSTR	Continuous Stirred-tank Reactor
DGAV	Direcção Geral de Agricultura e Veterinária
FAO	Food and Agriculture Organization
FSSC22000	Food Safety System Certification 22000
GFSI	Global Food Safety Initiative
IFS	International Food Standard
NSF	National Sanitation Foundation
SV	Sólidos Voláteis

## ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

As indústrias de hortofrutícolas e, em particular, de produtos minimamente processados, têm vindo a aumentar os volumes de produção ao longo dos anos por oferecerem produtos de qualidade e conveniência, num mercado cada vez mais exigente, no qual o consumidor valoriza muito a rapidez e praticidade aliada aos conhecidos benefícios para a saúde. Porém, é um problema e uma preocupação emergente no sector a quantidade de desperdício, refugo, subprodutos e resíduos que se geram nas actividades de transformação.

Decorrente do processamento mínimo, nomeadamente nas operações tecnológicas de descasque, selecção, corte e embalamento, são gerados volumes muito significativos de resíduos, originando quebras que podem variar de 5% a 55% em função do tipo de hortofrutícola laborado. Este material vegetal rejeitado, é de natureza muito diversificada podendo incluir talos, folhas, extremidades de raízes, cascas de frutos, entre outros. Os destinos tradicionais mais comuns para os desperdícios da indústria do processamento mínimo, ainda encarados como resíduos, são a alimentação animal, a incineração e a compostagem. Na gíria desta área de actividade, a matéria vegetal em causa é designada por comumente e de uma forma genérica de refugo, representando para as empresas um problema quer pela quantidade gerada, quer pela complexa gestão fabril a que a respectiva natureza perecível obriga. A elevada perecibilidade é atribuída à elevada presença de matéria orgânica e teores de humidade (70-95%) e actividade da água igualmente elevada sobretudo ao nível da água livre disponível para o desenvolvimento microbológico e enzimático. Em consequência, o risco de desenvolvimento microbiano nestes materiais é elevado podendo constituir a sua presença um foco de contaminação cruzada nas linhas de processamento. Acresce que a propagação de aves e murídeos entre outros, ao redor dos locais onde estes refugos são temporariamente armazenados é igualmente um foco de preocupação. Adicionalmente e face ao actual quadro legislativo, nomeadamente o cumprimento estrito de normas legais e também à importância dada pelos organismos nacionais e europeus reforçando e redefinindo políticas de minimização e mitigação do desperdício além de requisitos de certificação, obrigam a uma logística complexa e dispendiosa de gestão destes materiais.

Nas centrais hortofrutícolas, a quantidade de matéria vegetal desperdiçada é igualmente significativa podendo ascender em termos quantitativos de 6000 toneladas/ano correspondendo a 26% das matérias-primas recepcionadas num ano e estimando-se representarem mais de 4 milhões de euros. Podem-se incluir ainda neste caso, as frutas não valorizadas no mercado em fresco, por possuírem pequenos defeitos superficiais, tamanho não conforme entre outras características físicas não apreciadas pelo consumidor (comumente designada de 'fruta feia'). Na actualidade o destino mais comum para os excedentes da referida fruta não conforme é a indústria dos sumos e polpas, porém esta também não tem capacidade de absorver todo o produto gerado. Um segundo destino associado a este produto é as doações para instituições como o Banco Alimentar Contra a Fome também com retorno que não suporta os custos de produção.

Os custos de gestão associados quer aos resíduos quer a frutos não conformes designadamente em operações de transporte, de armazenagem e de expedição, não geram retorno económico para as referidas empresas podendo mesmo representar custos económicos que afectam negativamente a operação financeira.

Para ambos os casos (refugos e excedentes de frutos) a elevada quantidade de nutrientes e de compostos bioactivos presentes, com interesse alimentar, focaliza a importância de passar a considerá-los como potenciais matrizes de extracção, consubstanciando a respectiva valorização para reutilização alimentar e/ou farmacêutica. Estes materiais podem igualmente ser valorizados como substratos energéticos na produção de bioenergia.

Existem inúmeros estudos centrados nesta temática nos quais se demonstra o potencial fitoquímico e/ou energético destes materiais, ajudando a alterar a forma de os encarar, em lugar de resíduos e/ou excedentes agrícolas passar a considerá-los com matérias-primas. Perspectivam-se assim, alternativas de lhes acrescentar valor económico, superando o fraco retorno económico obtido nas abordagens tradicionais.

As possíveis aplicações são diversas tais como recuperar para utilizar os fitoquímicos de interesse no desenvolvimento de aditivos alimentares naturais, de novos ingredientes alimentares e na produção de biogás. Finalmente, o reaproveitamento e valorização dos refugos / excedentes agrícolas pode contribuir igualmente para a diminuição do desperdício alimentar e diminuição do impacto ambiental, objectivos muito valorizados no contexto actual de consciencialização ambiental e de limitação de recursos pela Europa.

Com base no levantamento de quantitativos reais de subprodutos e resíduos gerados numa empresa com actividade predominante no sector de minimamente processados e da análise bibliográfica, o presente trabalho visa apresentar soluções viáveis para a valorização de subprodutos industriais. Como estratégia inicial, considerámos o levantamento do volume e das principais características de subprodutos e/ou de resíduos, gerados na unidade industrial. Com base nesta informação foi igualmente nosso objectivo definir categorias de resíduos, identificando-lhes valor específico (bioactivo, energético ou ambos) como forma de adequar e perspectivar as estratégias de gestão /valorização.

Por último importa referir que este estudo foi elaborado no âmbito do projecto ProEnergy suportado pelo programa do PDR2020 e com um prazo de execução definido entre 2017 – 2021, onde as alternativas de valorização serão estudadas e validadas pelas instituições de investigação envolvidas no consórcio.

# 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

# 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 DESAFIO DA PRODUÇÃO ALIMENTAR

### 1.1.1 Desperdício alimentar

O futuro da alimentação humana num mundo em crescimento demográfico, com dietas em rápida mutação, com escassez crescente de recursos cruciais tais como, a água, a energia e o solo fértil, e num contexto de alterações climáticas cada vez mais visíveis, coloca hoje desafios monumentais à ciência e à tecnologia, às políticas públicas nos mais diversos domínios e a todos os cidadãos e consumidores (Santos *et al.*, 2013).

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) relativa à Alimentação e a Agricultura, cerca de um terço dos alimentos produzidos, globalmente, para consumo humano são perdidos ou desperdiçados. Esse montante representa cerca de 1,3 biliões de toneladas / ano e, respeita, não só aos resíduos gerados no processamento alimentar, mas também a outras formas de "perdas alimentares" (Gustavsson *et al.*, 2011).

No cômputo destas 'perdas de alimentos' que correspondem a uma diminuição de massa alimentar edível, incluem-se todos os materiais edíveis rejeitados ou degradados nas diferentes fases da cadeia alimentar, nomeadamente aos níveis: da produção agrícola, do manuseamento pós-colheita, do processamento alimentar, da distribuição e do consumo final (Gustavsson *et al.*, 2011; Parfitt *et al.*, 2010).

A questão do desperdício alimentar era já uma preocupação no período da II Guerra Mundial, e alvo de sensibilização ao nível das famílias, através de estratégias publicitárias (Baptista *et al.*, 2012) (Figura 1).



Figura 1 - Cartaz publicitário dos EUA no período da II Guerra Mundial (Baptista *et al.*, 2012).

Para a realidade europeia, os números do desperdício alimentar são igualmente críticos tendo sido estimado que as actividades de processamento alimentar produzem quantidades de subprodutos e resíduos elevados, na ordem de ca de 2,500 toneladas por ano, a que se associam igualmente quantidades relevantes de efluentes com elevados níveis de carência química de oxigénio (CQO) (Federici *et al.*, 2009).

Na actualidade, os resíduos do processamento alimentar são parcialmente valorizados por vias que associam níveis baixos de valor acrescentado (alimentação animal, compostagem). No entanto, a maioria dos resíduos continuam ainda a ser tratados como desperdício tendo como consequência um impacto negativo para o ambiente e a para a sustentabilidade geral do processamento de alimentos (Federici *et al.*, 2009).

As projecções de crescimento demográfico vêm agravar o problema. Segundo a FAO, o crescimento da população mundial para o ano 2050 é de 9 mil milhões tendo o mesmo que ser acompanhado por um aumento da produção alimentar de 20% (FAO, 2009). Previsões mais recentes, efectuadas pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, são ainda mais dramáticas e referem que a produção mundial de alimentos terá de aumentar para cerca de 60% até 2050 (Galanakis, 2012).

Por todos estes motivos é premente reflectir e actuar sobre o sistema alimentar global, sendo por isso necessário produzir mais com menos recursos naturais, para alimentar uma população prevista de 9 mil milhões em meados deste século, mantendo, ao mesmo tempo, a pegada ecológica da nossa alimentação dentro de limites sustentáveis. É necessário reduzir os actuais níveis de desperdício alimentar, mudar comportamentos e escolhas alimentares e proporcionar a todos o acesso a uma alimentação nutritiva e saudável (Santos *et al.*, 2013).

### **1.1.2 Alteração do paradigma nas políticas em matéria de resíduos**

Nos últimos anos, as políticas da União Europeia no que se refere ao combate do desperdício alimentar e à gestão de resíduos/subprodutos gerados no processamento alimentar reflectem o encorajamento no sentido da implementação de vias de valorização alternativas e economicamente atraentes, tal como atestam as resoluções que se assinalam de seguida.

- Em 2011, o parlamento europeu manifestou a sua preocupação (Resolução de 19 de Janeiro de 2011, Ponto 3) relativa ao facto de existirem diariamente inúmeros alimentos tratados como resíduos, representando problemas do ponto de vista ético, social e ambiental, para além de representar custos económicos elevados. Face a esta realidade foi colocado um desafio à comissão europeia na elaboração de um plano de acção com vista à redução para metade do desperdício alimentar bem como para a prevenção da geração de resíduos alimentares, até 2025.
- O ano de 2014 foi definido como “o ano do combate ao desperdício alimentar” pela Comissão Europeia em conjunto com importantes Organizações Não Governamentais. Foram definidas medidas com o intuito de reduzir para metade, o desperdício alimentar até ao ano de 2020. O Parlamento Europeu reforçou também a importância destas medidas estabelecendo a mesma meta com prazo mais alargado, 2025.
- Em 2015, os 193 Estados-Membros da Organização das Nações Unidas ratificaram os “Objectivos do Desenvolvimento Sustentável”, no contexto dos quais se estabelece uma meta, para 2030, de redução para metade do desperdício alimentar global.
- Em 2016 a Assembleia da República Portuguesa, declarou esse ano como “Ano Nacional de Combate ao Desperdício Alimentar”, de onde surgem recomendações para prevenir o desperdício.

- Segundo as orientações para uma Europa de recursos eficientes, a Comissão Europeia prevê que, até 2020, os resíduos sejam geridos como um recurso, e por isso a reciclagem e reutilização de resíduos, para além da sua elevada relevância, tornaram-se opções economicamente atraentes” (Pintado & Teixeira, 2015).

Em Portugal, as orientações estratégicas para a gestão de resíduos foram consagradas em vários planos específicos de gestão de resíduos, sobretudo a partir de finais da década de 90. Como exemplos mais relevantes contam-se o Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), o Plano Estratégico de Resíduos Hospitalares (PERH) e o Plano Estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI). A gestão sustentável dos resíduos exige, no entanto, a formalização de uma estratégia orientadora e abrangente que garanta uma política nacional de resíduos, numa óptica de protecção do ambiente e desenvolvimento do país, com uma perspectiva sistémica dos diversos aspectos ligados à gestão dos recursos naturais (Ferrão *et al.*, 2011).

Na actualidade, a valorização dos ‘resíduos’ agro-industriais é uma das principais estratégias do novo plano de financiamento da Comunidade Europeia, no Programa Horizonte 2020 - Programa Portugal 2020. Este novo plano de financiamento tem como principais objectivos a promoção e criação de oportunidades para o desenvolvimento de um sector agro-industrial sustentável e competitivo (Pintado & Teixeira, 2015).

Mais recentemente, e reforçando a importância da temática em que este trabalho se foca, em Abril do presente ano, foi aprovada a Estratégia Nacional de Combate ao Desperdício Alimentar (ENCDA) em Conselho de Ministros. Esta havia sido elaborada durante o ano de 2017 pela Comissão Nacional de Combate ao Desperdício Alimentar (CNCDA) com o objectivo de reduzir em cerca de metade o actual desperdício alimentar, estimado em 1 milhão de toneladas por ano, definindo a meta até ao ano de 2030. Esta estratégia em epígrafe, define 14 medidas de combate ao desperdício alimentar e iniciativas que promovam o aproveitamento de alimentos, destacando-se ainda criação de um selo de reconhecimento para as empresas que realizem acções pioneiras a este nível. Destacam-se ainda outras medidas de redução do desperdício, tais como regulamentação da venda de produtos em fim de validade, criação de plataformas de doação de produtos que una a oferta à procura e recolha de dados estatísticos por parte do INE a este respeito.

### **1.1.3 Enquadramento de termos e definições**

O termo "resíduos alimentares" refere-se a materiais de elevada carga orgânica, originados durante o processamento de matérias-primas na produção alimentar tanto nas formas líquida ou sólida. O facto destes materiais serem removidos no processo de produção como materiais indesejáveis define-os como "resíduos" na maioria das legislações europeias (Directiva 2008/98/CE). A eliminação destes resíduos não considera a possibilidade da sua reutilização na cadeia alimentar. Por esta razão, o termo "co-produtos alimentares" é cada vez mais utilizado entre os investigadores com o propósito de assinalar que estes materiais podem ser valorizados de diferentes formas. A valorização pode incluir a extracção de compostos de elevado valor e

fitoquímicos de interesse, tais como: proteínas, polissacáridos, fibras, compostos de aroma, que podem ser reutilizados como ingredientes ou aditivos de elevado valor funcional / nutricional no fabrico alimentar ou na indústria farmacêutica e/ou cosmética (Federici *et al.*, 2009).

De acordo com o Regulamento 442/1975/CEE (posteriormente revogado pela Directiva 2006/12/CE que viria a ser revogada também pela Directiva 2008/98/CE) a designação de resíduo alimentar corresponde a resíduos de carga orgânica elevada, os quais são geralmente obtidos durante transformação de matérias-primas em produtos alimentares resultando em forma líquida ou sólida. A designação de subproduto refere-se a “resíduos alimentares” para a recaptura de compostos funcionais com viabilidade no desenvolvimento de novos produtos com valor de mercado (Pintado e Teixeira, 2015).

O conceito de subproduto, regulado a nível nacional pelo artigo n.º 44-A do Regime Geral de Gestão de Resíduos (Diploma DGGR), é aplicado a compostos secundários que resultam de um processo produtivo, e que podem ser aplicados directamente, sem qualquer outro processamento, que não seja o da prática industrial normal (D.L. 178/2006).

Segundo o decreto lei 178/2006, podem ser considerados 'subprodutos e não resíduos' quaisquer substâncias ou objectos resultantes de um processo produtivo cujo principal objectivo não seja a sua produção quando verificadas as seguintes condições:

- Existir a certeza de posterior utilização da substância ou objecto;
- A substância ou objecto poder ser utilizado directamente, sem qualquer outro processamento que não seja o da prática industrial normal;
- A produção da substância ou objecto ser parte integrante de um processo produtivo;
- A substância ou objecto cumprir os requisitos relevantes como produto em matéria ambiental e de protecção da saúde e não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana, face à posterior utilização específica.

No âmbito deste trabalho tendo em conta a realidade da empresa iremos considerar como **co-produtos** o conjunto de matéria vegetal eliminada nos dois tipos de processamento, IV gama e mercado em fresco (Figura 2):

- **Resíduos** – matéria vegetal descartada ao longo de várias fases do processo de fabrico de produtos da IV gama (vulgarmente designado por refugo, quebra e desperdícios).
- **Subprodutos** – produtos gerados nas actividades de selecção de acordo com critérios estabelecidos para mercado em fresco.

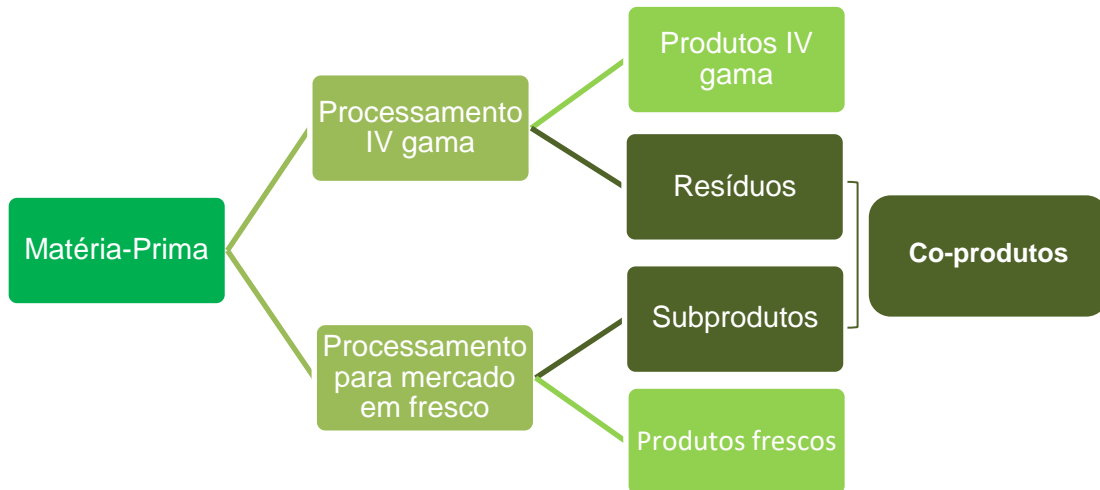


Figura 2 – Discriminação dos possíveis destinos resultantes da matéria-prima e termos associados.

#### 1.1.4 Conceito de biorefinaria

Os resíduos agro-industriais, no contexto actual anteriormente mencionado, apresentam potencialidades como fontes importantes passíveis de serem utilizadas na produção de novos materiais, de produtos químicos e de energia. O desenvolvimento e implementação de processos sustentáveis capazes de converter biomassa em vários produtos de valor acrescentado é uma necessidade absoluta para valorizar os resíduos agro-industriais e contribuir para minorar o impacto ambiental.

A valorização de resíduos pode ser vista à luz do conceito de 'Biorefinaria' com vista à optimização e eficiência do processamento alimentar e da redução do impacto ambiental. Assim, em analogia às refinarias de petróleo, a biorefinaria utiliza-se da biomassa como matéria-prima ao serviço da produção de vários produtos de valor acrescentado. Este conceito propõe a mudança de uma visão tradicional da gestão de resíduos orgânicos, para uma abordagem que tenha em consideração a inter-relação "resíduos-energia-alimentos", contribuindo para a sustentabilidade da agro-indústria e para uma economia hipocarbónica.

Biorefinaria é uma unidade produtiva que integra a geração de energia e produtos de valor acrescentado a partir de biomassa. O conceito de biorefinaria é fundamentado na conversão integral de recursos renováveis como fonte de macromoléculas a exemplo da celulose, hemicelulose, lignina, pectina, taninos, amido, ácidos gordos, colagénio, quitosano, corantes naturais e outros fitoquímicos, em produtos processados de valor acrescentado (energia, produtos químicos, biomateriais e alimentos). Esse conceito preconiza ainda a minimização dos impactos ambientais e a maximização do uso de recursos renováveis, considerando o ciclo de vida dos produtos obtidos (Fernando *et al.*, 2006). O uso da análise do ciclo de vida no desenvolvimento de produtos auxilia os empreendimentos, baseando-se no conceito de biorefinaria por facilitar a identificação de pontos críticos e a escolha de rotas tecnológicas com menor potencial de impacto.

O conhecimento advindo de estudos de análise do ciclo de vida em biorefinarias permite a identificação de materiais e fontes de energia, a escolha de processos de produção, o design de produtos e a identificação de estratégias de disposição de resíduos que acarretam menor impacto ambiental. Dentro do conceito de biorefinaria, a biomassa é convertida numa variedade de produtos, com pouco desperdício e emissões, trazendo novas oportunidades de ganho. O processo envolve um conjunto de rotas tecnológicas capazes de fraccionar, extrair, separar e converter a matéria-prima em diferentes produtos intermediários ou finais, incluindo alimentos, produtos químicos, biomateriais e energia, maximizando os ganhos económicos, minimizando os aspectos ambientais negativos, e melhorando a eficácia e sustentabilidade das cadeias agro-industriais.

## 1.2 CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DE HORTOFRUTÍCOLAS

### 1.2.1 Origem e tipos de co-produtos

#### 1.2.1.1 Subprodutos do mercado em fresco

As perdas alimentares em Portugal, de acordo com a figura 3, são superiores a 1000 toneladas por ano, sendo que conjuntamente o desperdício da produção primária e da transformação industrial tem um peso quase equivalente à grande distribuição ou ao desperdício dos alimentos pelos consumidores.

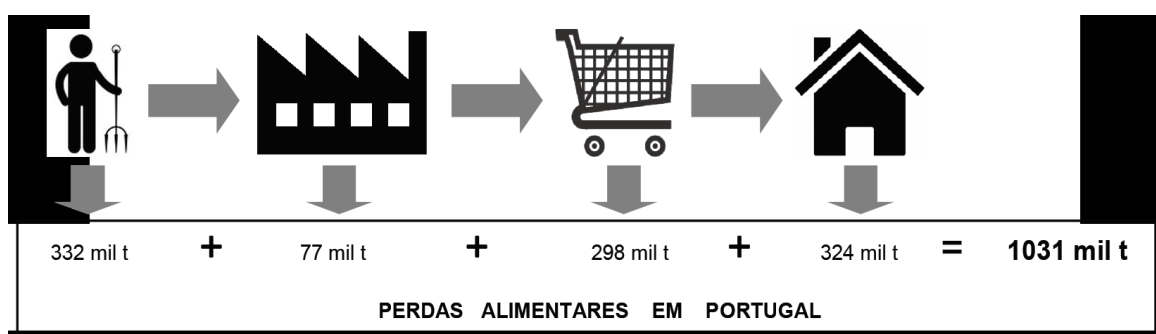


Figura 3 - Perdas alimentares anuais na cadeia de aprovisionamento em Portugal (Baptista *et al.*, 2012).

Na figura 4, distingue-se o termo **Perdas**, aquelas que derivam da produção primária e da transformação, do termo **Desperdício Alimentar**, associado ao desperdício de um alimento apto a consumir, e da designação de **Resíduos**, detalhando que os Resíduos associados a Perdas Alimentares são designados de Subprodutos.

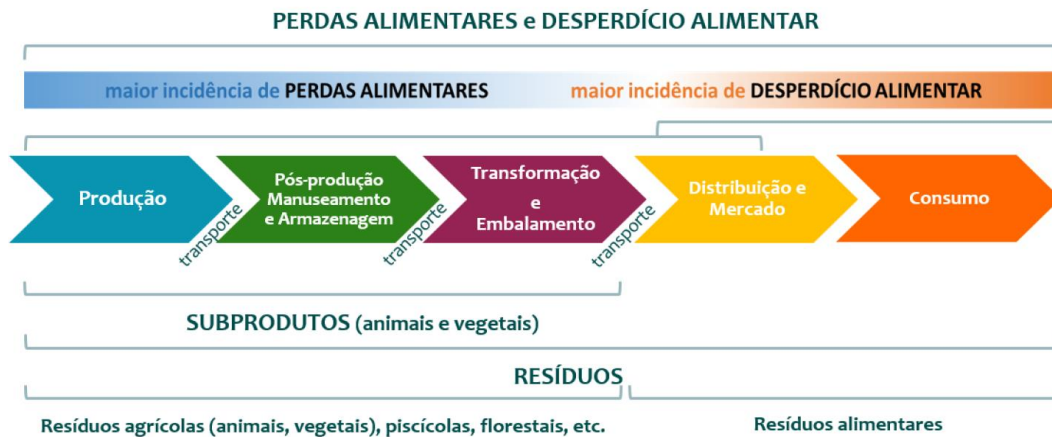


Figura 4 – Perdas alimentares e desperdício alimentar (Estratégia Nacional e Plano de Acção de Combate ao desperdício Alimentar, 2017).

Na figura 5 pode observar-se a composição do total de perdas da cadeia de aprovisionamento. Salienta-se que cerca de ¾ das perdas observadas na cadeia de aprovisionamento referem-se a produtos hortícolas, cereais, frutos e lacticínios.

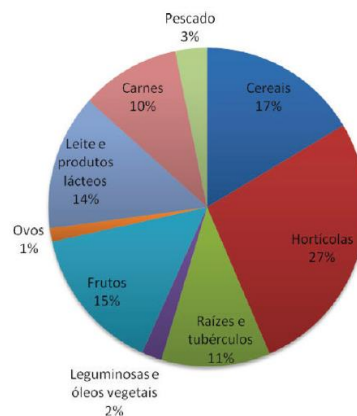


Figura 5 - Esquema ilustrativo das diferentes perdas observadas na cadeia de aprovisionamento (Baptista *et al.*, 2012).

O tomate representa uma fatia muito significativa dos hortícolas produzidos em Portugal, sendo maioritariamente constituído por tomate designado “tomate de indústria”. O tomate canalizado para a indústria obedece a características muito estritas de maturação sendo apenas admitidos para laboração frutos em estado maduro. Desta selecção, na altura da colheita, resultam perdas elevadas devido a muito tomate verde que fica nos campos, em quantidade que pode significar cerca 18% do total da produção.

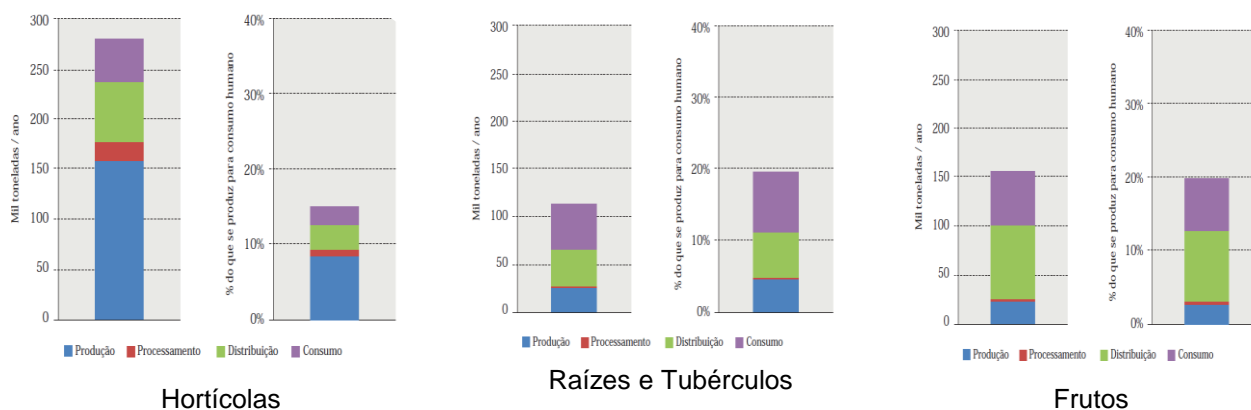


Figura 6 - Perdas alimentares em cada etapa da cadeia de aprovisionamento dos Hortofrutícolas, Raízes e Tubérculos e Frutos (Baptista *et al.*, 2012).

Como se pode observar na figura 6, as perdas alimentares nas diferentes etapas da cadeia de aprovisionamento dependem do tipo de hortofrutícolas em questão, verificando-se que, no caso dos hortícolas, a etapa da produção é a mais crítica e envolve maiores perdas.

Num estudo, a nível nacional, realizado em 2012 e intitulado Projecto de Estudo e Reflexão sobre o Desperdício Alimentar (PERDA), concluiu-se que o total de perdas e desperdício alimentar ascendem a 1 milhão de toneladas (17% da produção anual), correspondendo a 96,8 kg de desperdício alimentar per capita (Estratégia Nacional e Plano de Acção de Combate ao desperdício Alimentar, 2017), em que:

- 32,2% ocorrem na actividade agro-pecuária e piscatória;
- 7,5% na indústria alimentar;
- 28,9% na distribuição;
- 31,4% ao nível do consumo.

Os principais destinos das perdas alimentares são apresentados na tabela 1. A canalização de frutos não conformes no mercado em fresco, para a indústria de concentrados, é um dos principais motivos que permite ao sector frutícola nacional minimizar as perdas. Para esta indústria, a qualidade da matéria-prima para laboração não é tão exigente acrescentando ainda o facto de se poder fazer o processamento das cascas.

Existem ainda outras formas de reaproveitamento das frutas, tais como, a oferta a plataformas de solidariedade social, e o processamento industrial de vinagre ou destilados. Existe ainda forma de aproveitamento relacionada com snacks de produtos desidratados, snacks de barras alimentares estabilizadas, doces, compotas e geleias, ainda ao nível das bebidas, as cidras e, em última análise, para os frutos de qualidade inferior, o reaproveitamento para a alimentação animal.

Tabela 1 - Destino geral das perdas alimentares (Baptista *et al.*, 2012)

Produtores	Indústria	Distribuição	Consumidores
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo animal</li> <li>• Venda para produtos secundários</li> <li>• Doação para instituições de solidariedade</li> <li>• Incorporação no próprio terreno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformação em subprodutos (geralmente para consumo animal)</li> <li>• Encaminhamento para os serviços de gestão de resíduos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Venda a preços mais baixos dos produtos a aproximarem-se do prazo de validade</li> <li>• Encaminhamento para compostagem e serviços de gestão de resíduos</li> <li>• Doação para consumo animal</li> <li>• Doação para instituições de solidariedade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Encaminhamento para os serviços de gestão de resíduos</li> <li>• Alimentação de animais domésticos</li> <li>• Compostagem doméstica</li> </ul>

### 1.2.1.2 Resíduos de processamento mínimo (IV Gama)

Os produtos hortofrutícolas constituem uma componente importante na dieta humana e podem ser apresentados ao consumidor sob formas muito diversas, e com diferentes graus de transformação (Vasconcelos, 2005). Os produtos minimamente processados são produtos com carácter em fresco, dentro da classe dos refrigerados, que estão prontos a consumir, sem necessidade de preparação prévia ao consumo. A popularidade comercial dos hortofrutícolas minimamente processados assenta na crescente consciencialização do papel no consumo de hortofrutícolas na saúde e bem-estar, bem como na oferta de um produto de conveniência para os consumidores.

#### Mercado de hortofrutícolas minimamente processados

Nos países industrializados, a procura por produtos hortofrutícolas minimamente processados tem revelado um contínuo crescimento apesar de serem mais caros em relação à matéria-prima que lhes serviu de base. Para além do consumo a retalho, o contributo da restauração tem também um peso significativo nesta tendência, explicada por razões de maior facilidade na gestão do desperdício, praticidade e segurança alimentar (Vasconcelos, 2005).

Em Portugal, o segmento de Preparação e Conservação de Frutos e Produtos Hortícolas por Processos, onde se inserem as indústrias de produtos hortofrutícolas minimamente processados, constitui um dos segmentos do sector alimentar com maior crescimento.

De acordo com a figura 7, constata-se que, em Portugal, o valor das vendas do segmento de Preparação e Conservação de Frutos e Produtos Hortícolas por Processos foi de 637 milhões de euros em 2016, mais 40 milhões que no ano anterior (INE, 2018). Pela referida análise, a taxa de crescimento médio deste segmento (2008-2016) foi de aproximadamente 4%.

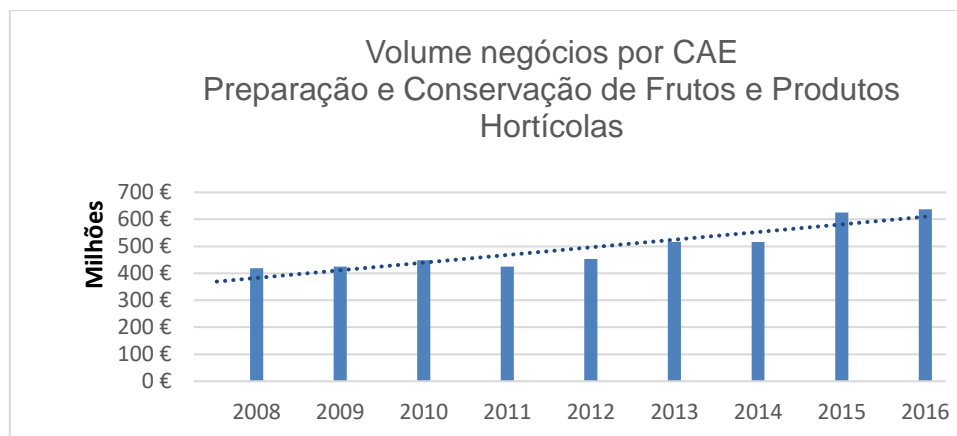


Figura 7 - Evolução do valor das vendas do segmento de Preparação e Conservação de Frutos e Produtos Hortícolas em Portugal (INE, 2018).

A comercialização de produtos hortofrutícolas minimamente processados no nosso país ainda depende muito dos operadores da grande distribuição / cadeias de supermercados, uma vez que são estas empresas que asseguram uma grande capacidade de rotação de *stocks*.

Face ao crescimento da indústria de produção de produtos hortofrutícolas minimamente processados e ao aumento do consumo deste tipo de produtos, torna-se extremamente importante conhecer os vários processamentos que lhes são aplicados uma vez que os problemas tendem a aumentar com o volume de vendas.

### **Operações tecnológicas de processamento mínimo**

O processamento mínimo depende do tipo de hortofrutícola a ser processado, do tipo de produto desejado e da sua finalidade (Vasconcelos, 2005). Os hortofrutícolas prontos a cozinhar, prontos a comer e prontos a utilizar requerem muitas operações de processamento.

De uma forma simplificada, o fabrico de produtos hortofrutícolas minimamente processados pode resumir-se ao diagrama geral apresentado na figura 8, onde também se encontram referidos, de forma concisa, os objectivos e considerações genéricas de cada uma das operações. O conjunto destas operações permite que se obtenham produtos com segurança alimentar e com capacidade de retenção, quase na íntegra, das características nutricionais dos hortofrutícolas frescos que lhes deram origem. Na óptica da geração de resíduos as operações de processamento mínimo mais relevantes são: a recepção, a escolha e calibração, o descasque e a redução de dimensões. Das mesmas são obtidos volumes elevados de matéria vegetal entre os quais matérias-primas de qualidade deficiente bem como cascas, sementes, talos, folhas velhas entre outros.

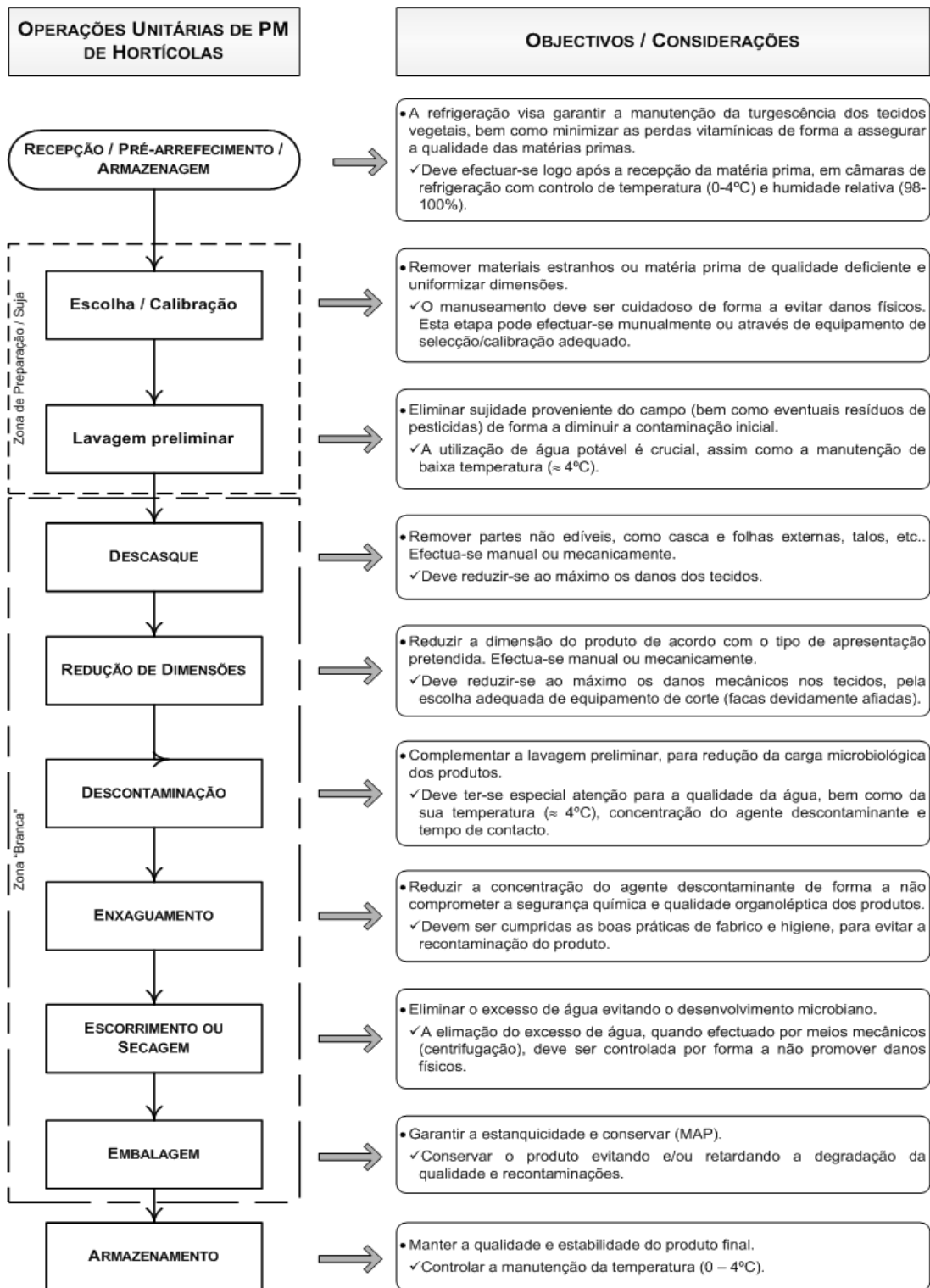


Figura 8 - Diagrama tecnológico geral do processamento mínimo de hortofrutícolas (Alegria, 2007).

Na etapa da recepção é efectuada uma escolha preliminar por forma a eliminar hortofrutícolas que apresentem lesões causadas por factores de natureza fisiológica, fitossanitária e/ou mecânicas decorrentes do transporte. Por sua vez, na escolha e calibração é feita a remoção de matérias-primas de qualidade deficiente ou com calibres inapropriados. Nestas duas etapas o material rejeitado corresponde essencialmente a produtos inteiros, os quais ainda não sofreram

qualquer tipo de processamento. As etapas de descasque e de redução de dimensões são aquelas onde se geram os maiores volumes de produtos rejeitados, uma vez que são removidas as partes não edíveis como a casca, folhas, caules, etc. e também gerados materiais decorrentes de perdas durante a redução de dimensões.

Os materiais rejeitados são muitas vezes designados erroneamente por resíduos, o que de acordo com esta designação, os considera como materiais a serem eliminados sem qualquer aproveitamento. Na realidade, a matéria vegetal rejeitada é um subproduto desta indústria, ou seja, um produto que apesar não fazendo parte do processo produtivo principal pode ser reutilizado e valorizado em diferentes sectores devido à respectiva composição fitoquímica (FIPA, 2007).

### **Resíduos de Hortofrutícolas**

A indústria de hortofrutícolas minimamente processados produz grandes quantidades de resíduos, estimadas em ca de 800 000 toneladas/ano de hortofrutícolas processados em fresco (Ayala-Zavala *et al.*, 2010).

Os resíduos gerados nesta indústria incluem cascas, sementes, caules e folhas de diferentes formas e tamanhos. Estes materiais são muito perecíveis e por isso difíceis de acondicionar, o que representa um importante problema ambiental se não forem devidamente geridos pelas indústrias de processamento mínimo (Ayala-Zavala *et al.*, 2010; Arvanitoyannis e Varzakas *et al.*, 2008). Por outro lado, a elevada contaminação microbiana desta matéria vegetal coloca problemas adicionais na óptica da segurança alimentar enquanto a sua presença representa um foco de contaminação nas linhas de fabrico. Na tabela 2 encontram-se representadas as percentagens médias de resíduos gerados nas indústrias de processamento de hortofrutícolas.

Estudou-se as quantidades de resíduos gerados na produção de diferentes hortofrutícolas minimamente processados e concluiu-se que em alguns dos casos a quantidade de resíduos gerada é superior à quantidade de produto final obtido. No caso da maçã fatiada, são gerados ca de 11% de resíduos provenientes da polpa e do coração, correspondendo a um rendimento de 89% no produto final. Esta situação agrava-se no caso do processamento de ananás, em que apenas 48% da matéria-prima é edível representando o material remanescente, resíduos (9,1% de coração, 13,5% de casca, 14,5% de polpa e 14,5% da coroa) (Ayala-Zavala *et al.*, 2010).

Um estudo similar concluiu que no processamento mínimo de batata são gerados 15-40% (casca) de resíduos, quantitativo significativamente superior àquele gerado na indústria de transformação do tomate em que apenas 3-7% (peles e sementes) são desperdiçados (Schieber, 2001).

As abordagens tradicionais de aproveitamento dos resíduos hortofrutícolas incluem a alimentação animal, a incineração e a compostagem.

A utilização de matéria vegetal na alimentação animal dá origem, na maioria das vezes, a matrizes desequilibradas associando diversas limitações em termos nutricionais (Laufenberg, 2003). Por exemplo, a utilização de resíduos provenientes do processamento mínimo de batata

é inadequada para a alimentação animal devido ao teor de compostos fenólicos e de glicoalcalóides presentes (Cavaleiro, 2011).

Tabela 2 - Resíduos gerados na indústria de hortofrutícolas minimamente processados.

Matéria-prima	Resíduo	% Parte Edível	Referência
Maçã	11% (polpa e coração)	89%	Ayala-Zavala <i>et al.</i> , 2010
Banana	40-50% (casca)	70%	Schieber <i>et al.</i> , 2001
Cenoura	30-40% (casca e bagaço)	60-70%	Schieber <i>et al.</i> , 2001
Goiaba	10-15% (casca e sementes)	85-90%	Schieber <i>et al.</i> , 2001
	13,5% (sementes), 11% (casca) e 17,9% (polpa inutilizável)	58%	Ayala-Zavala <i>et al.</i> , 2010
Manga			
Laranja	66% (casca)	44%	Li <i>et al.</i> , 2006
	8,5% (sementes), 8,5% (casca), e 32,1% (polpa inutilizável)	53%	Ayala-Zavala <i>et al.</i> , 2010
Papaia			
Maracujá	75% (casca e sementes)	25%	Schieber <i>et al.</i> , 2001
	9,1% (coração), 13,5% (casca), 14,5% (polpa) e 14,5% (coroa)	48%	Ayala-Zavala <i>et al.</i> , 2010
Ananás			
Batata	15-40% (casca)	60-85%	Schieber <i>et al.</i> , 2001
Tomate	3-7% (pele e sementes)	93-97%	Schieber <i>et al.</i> , 2001

A via de incineração, como forma de valorização deste tipo de produtos, não constitui também uma alternativa viável tendo em conta o baixo calor específico de combustão e os elevados teores em água inerentes. Esta via acarreta ainda impactos ambientais negativos entre os quais a libertação de gases e a produção de águas residuais e cinzas (AEP, 2011).

Os processos de compostagem exigem, na maioria das vezes, a aplicação de pré-tratamentos como a remoção de água e a neutralização do pH, de forma a garantir melhores condições ao crescimento e desenvolvimento microbiano. É ainda de acrescentar que se encontram associados à compostagem elevados períodos de incubação, não constituindo um processo expedito na sua aplicação prática (Schaub e Leonard, 1996).

Com base nas considerações anteriormente referidas, conclui-se que, parte considerável dos hortofrutícolas aquando do seu processamento corresponde a co-produtos, pelo que deve ser realçada e considerada a possibilidade de criar processos que atribuam valor acrescentado a este tipo de material. Além disso, economicamente, a utilização de processos sustentáveis vai repercutir-se na redução de custos e aumento da receita destas indústrias (Wognum *et al.*, 2011).

## Dificuldades de gestão inerentes à elevada perecibilidade

A gestão dos resíduos de hortofrutícolas é muito condicionada pela natureza muito perecível com implicações na segurança alimentar nas centrais. Os resíduos industriais são altamente perecíveis por várias razões:

- As operações de escolha e corte são conducentes a uma maior exposição a agentes contaminantes e oxidações com o aumento da área superficial e rompimento celular que possibilita o contacto entre enzimas e substratos;
- O facto dos hortofrutícolas apresentarem um elevado  $a_w$ , tipicamente superior a 92%, tornam-se altamente vulneráveis às degradações resultantes de ataques microbiológicos, frequentemente por microflora de degradação endógena.

O efeito do corte ao provocar o rompimento celular, altera a permeabilidade das membranas e a organização celular. A indução da síntese de etileno e o aumento da taxa respiratória são igualmente respostas ao corte dos tecidos. As respostas são proporcionais à intensidade do corte e à perecibilidade do hortofrutícola (Sasaki, *et al.* 2006).

### 1.2.2 Composição bioactiva de interesse

Muitos dos compostos existentes nas plantas – fitoquímicos, possuem actividade biológica importante. Os efeitos benéficos dos fitoquímicos para a saúde, nomeadamente na diminuição do risco de doenças crónicas degenerativas, têm sido evidenciados em inúmeros estudos.

Os excedentes de frutos rejeitados pelas centrais fruteiras (subprodutos alimentares) e a matéria vegetal rejeitada pela indústria de minimamente processados (subprodutos industriais) apresentam assim uma composição diversificada em fitoquímicos, nomeadamente de compostos com alegada capacidade antioxidante cujo valor bioactivo pode sustentar a respectiva recuperação a partir das referidas matrizes. Neste sentido, segue-se uma descrição sumária daqueles que apresentam potencialidade como marcadores bioactivos, nomeadamente compostos fenólicos, carotenóides e fibra, assinalando-se posteriormente as matrizes de extracção destes compostos.

#### 1.2.2.1 Principais fitoquímicos

##### Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos compreendem uma grande diversidade de estruturas moleculares abrangendo mais de 8000 compostos, desde formas simples (ex.: ácidos hidroxibenzóicos) a formas complexas de elevada massa molecular (ex. antocianinas), cujo elemento estrutural comum é a presença, nas suas moléculas, de pelo menos um grupo hidroxilo (-OH) ligado directamente a um anel aromático, o benzeno (figura 9).

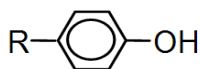


Figura 9 - Estrutura base dos compostos fenólicos (Fonte: <http://www.fotosimagenes.org/imagenes/fenol-6.jpg>).

As propriedades antioxidantes destes compostos consistem em retardar a oxidação de vários compostos, inibindo a iniciação ou a propagação de reacções em cadeia (Amarowicz *et al.*, 2004). O interesse pelos compostos fenólicos tem aumentado de forma evidente, não só pela sua capacidade de neutralizar os radicais livres associados a doenças, mas também, por exemplo, devido ao seu efeito vasodilatador. Uma vez que estes compostos não são sintetizados pelo organismo humano, os mesmos têm que ser obtidos através da ingestão de certos alimentos ou de suplementos nutritivos.

Dependendo dos radicais ligados à estrutura química base dos compostos fenólicos, estes podem agrupam-se em diferentes classes das quais se destacam os ácidos fenólicos, os flavonóides e os taninos e os respectivos derivados (Harborne, 1989). O tipo e a quantidade dos compostos fenólicos nos hortofrutícolas variam com o estado de maturação do produto e as condições de processamento e armazenamento (Ayala-Zavala *et al.*, 2010).

De entre as classes referidas, os flavonóides agrupam mais de 3000 estruturas químicas C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> ligadas a diferentes radicais (açúcares), dando origem a cinco subclasses: flavonóides e flavonas, as calconas e auronas, as flavanonas, os isoflavonóides e as antocianinas (figura 10) (Ratnam *et al.*, 2006).

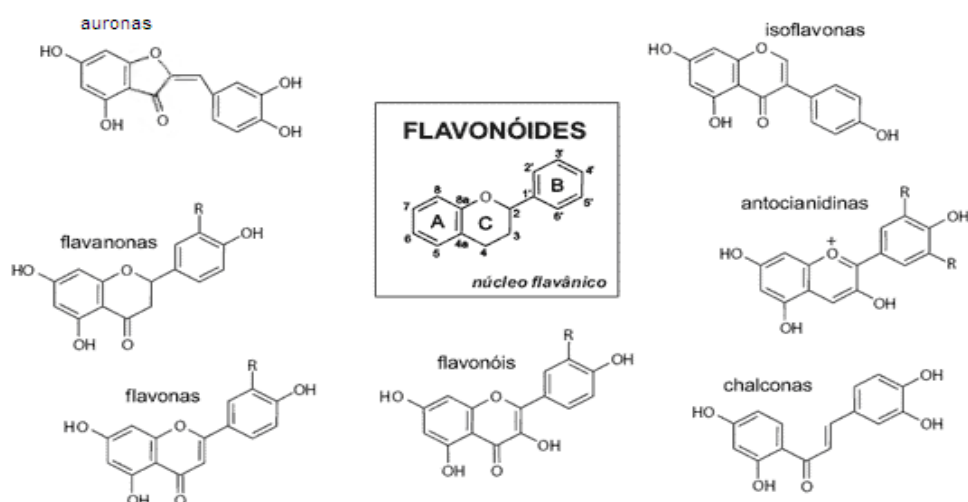


Figura 10- Estruturas gerais das subclasses de flavonóides. (Fonte: <http://www.ragc.cesga.es/RRAGC/revista2009/quimica.html>)

Os flavonóides contêm pelo menos dois anéis aromáticos, com um ou dois grupos hidroxilo. A posição dos grupos OH• na estrutura da molécula, as duplas ligações dos anéis benzénicos e a dupla ligação da função oxo (-C=O) de algumas moléculas de flavonóides proporcionam a estes compostos a sua capacidade antioxidante.

Estes compostos compreendem um grupo amplamente distribuído nas frutas e nos vegetais e são responsáveis pela cor dos hortofrutícolas, contribuindo para a qualidade sensorial dos mesmos. Estes compostos estão mesmo entre as moléculas com maior actividade antioxidante (Rice-Evans *et al.*, 1996; (Robards *et al.*, 1999). Estudos descreveram benefícios para a saúde aquando do consumo de alimentos ricos em flavonóides, referindo melhorias na função cognitiva e actividade antidepressiva (Samman *et al.*, 2003). Para além das suas propriedades biológicas, os flavonóides também são de grande interesse na alimentação, cosmética, e na indústria

farmacêutica, devido ao facto de poderem ser usados como substitutos de antioxidantes sintéticos.

## Carotenóides

Os carotenóides são pigmentos lipossolúveis localizados nos cromoplastos, podendo apresentar coloração variada (amarela, laranja, vermelha ou violeta) e encontram-se amplamente representados nos hortofrutícolas, como por exemplo, cenoura, tomate, alperce, papaia e abóbora (Cardoso, 2003; Stahl e Sies, 2005). Nos cromoplastos encontram-se associados a proteínas, membranas e outros componentes, o que os tornam bastante estáveis, pelo que, mesmo durante a maturação dos frutos, as perdas e as alterações associadas a estes compostos ocorrem muito lentamente. No entanto, aquando da ruptura dos tecidos, ocorre a destruição de carotenóides pela acção de enzimas e de outros processos de oxidação (Britton e Méndez, 1997).

Estes compostos não são sintetizados no organismo humano, pelo que é através da ingestão de alimentos ricos em carotenóides que suprem as respectivas necessidades (Olson, 1994).

A maioria dos carotenóides encontrados nos hortofrutícolas apresenta um esqueleto de 40 átomos de carbono ( $C_{40}$ ) que são biossintetizados a partir de duas moléculas intermediárias  $C_{20}$ , dando origem ao fitoeno, molécula precursora da vasta gama de carotenóides presentes no reino vegetal. Os carotenóides compreendem duas classes de moléculas (figura 11), os carotenos ( $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno e licopeno), estritamente hidrocarbonetos, e as xantofilas (zeaxantina e luteína), derivados oxigenados de hidrocarbonetos. Estruturalmente, os carotenóides podem ser acíclicos (licopeno) ou conter um anel de cinco ou seis carbonos, numa ou ambas as extremidades da molécula ( $\beta$ -caroteno) (Schiber e Carle, 2001).

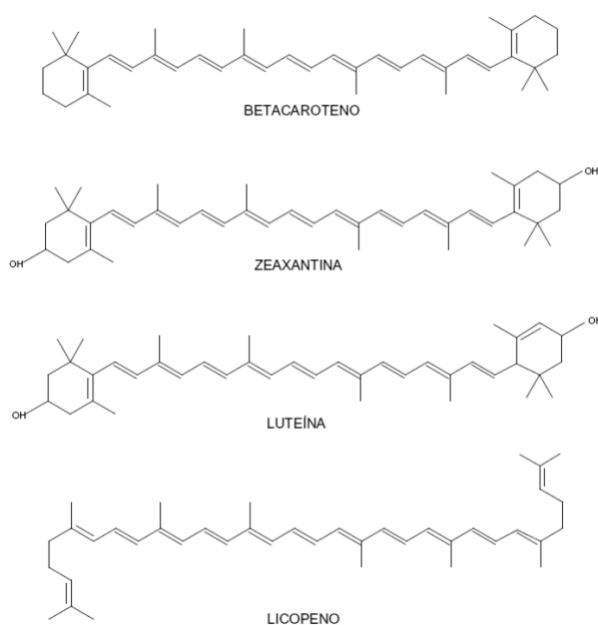


Figura 11 - Estruturas representativas de carotenóides. (Fonte: [http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/importancia\\_nutricional\\_pigmentos\\_carotenoides.as](http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/importancia_nutricional_pigmentos_carotenoides.as))

Alguns carotenóides apresentam a estrutura cíclica  $\beta$ -ionona (figura 12) nas suas moléculas sendo, por isso, identificáveis como precursores de vitamina A, principal função fisiológica destes compostos. São exemplos deste tipo de carotenóides o  $\alpha$ -caroteno e o  $\beta$ -caroteno, sendo o  $\beta$ -caroteno convertido em vitamina A na sua totalidade (100%), enquanto a conversão do  $\alpha$ -caroteno é de ca. 50% (Panalaks e Murray, 1970).

Diversos estudos apontam que o carácter antioxidante dos carotenóides desempenha um papel importante na redução do risco de doenças cancerígenas, doenças degenerativas e doenças do foro cardiovascular (Damodaran e Fennema, 2008).

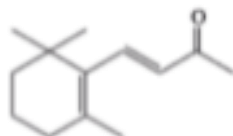


Figura 12 - Estrutura representativa da  $\beta$ -ionona. (Fonte: Panalaks e Murray, 1970)

## Fibra

A fibra é o maior constituinte dos hortofrutícolas e a sua importância na nutrição e na saúde é amplamente reconhecida. Esta, não constitui um grupo químico definido mas uma combinação heterogénea de substâncias. O termo fibra dietética foi originalmente definido como a porção de polímeros de glúcidos das paredes celulares vegetais, a qual não era nem digerida nem absorvida pelo intestino humano (Trowell, 1976). Nesta óptica, nos hortofrutícolas encontra-se a celulose e a hemicelulose, substâncias pécticas e a lenhina.

Contudo, o reconhecimento de que outros componentes poderiam ter efeitos semelhantes aos oriundos das paredes celulares vegetais levou a uma redefinição do termo fibra dietética, incluindo todos os componentes não digeríveis. Assim, a fracção indigestível dos hortofrutícolas é definida não só pela fibra dietética (de acordo com o conceito tradicional) mas também por outros compostos que provem resistência à acção das enzimas digestivas tais como amido dietético (amido resistente), algumas proteínas e polifenóis, entre outros compostos (Saura-Calixto *et al*, 2000, 2007).

Estas substâncias, apesar de não possuírem capacidade energética, reconstrutiva ou de regulação bioquímica, através do seu volume e consequente acção mecânica sobre o intestino delgado e intestino grosso, contribuem para o seu normal funcionamento, ao favorecerem a regulação da flora bacteriana, a absorção de água e de nutrientes.

### 1.2.2.2 Principais fontes vegetais

Segundo Galanakis (2012), os resíduos alimentares são constituídos por um conjunto complexo de ingredientes podendo ser classificados em dois grupos principais, atendendo à origem vegetal ou animal. No âmbito deste trabalho iremos focar-nos apenas no primeiro grupo e nas respectivas quatro subcategorias, definidas pelo tipo de fonte vegetal (Tabela 3).

Nos países mais pobres, os resíduos alimentares são predominantemente gerados na produção agrícola e posteriormente durante o manuseamento e/ ou armazenamento pós-colheita. Nos

países industrializados, as perdas alimentares são compartilhadas entre as fases agrícola e de consumo (Gustavsson *et al.*, 2011). Por outro lado, os investigadores dedicam-se principalmente à recuperação de compostos funcionais derivados de subprodutos agrícolas e do processamento alimentar. Essas fontes são abundantes, concentradas em poucos locais e menos susceptíveis à deterioração em comparação com os resíduos produzidos no final da cadeia de abastecimento alimentar. Estes últimos materiais seriam distribuídos numa extensa gama de famílias e, posteriormente, seriam acumulados em várias regiões como resultado da preparação das refeições. Esse facto complica sua valorização como fontes de recuperação de ingredientes de interesse, uma vez que é necessária uma etapa de colecta adicional e a instabilidade biológica é acentuada devido ao desenvolvimento de agentes patogénicos.

Tabela 3 - Resíduos alimentares de origem vegetal, fontes e correspondentes ingredientes-alvo de recuperação (adaptado de Galanakis, 2012).

Origem Vegetal	Fontes	Compostos de interesse	Referência
<b>Cereais</b>	Farelo de arroz	Albumina e globulina	Prakash <i>et al.</i> , 1996
		Hemicelulose e fibra dietética insolúvel	Hu <i>et al.</i> , 2009
	Sêmea de trigo	Arabinoxilano	Ramseyer <i>et al.</i> , 2011
	Palha de trigo	Hemicelulose	Sun and Tomkinson 2002
	Farelo de trigo	Glucuronoarabinoxilanos	Hollmann and Lindhauer 2005
	Pó de aveia	b-Glucano	Patsioura <i>et al.</i> , 2011
	Malte em pó	Glucose, arabinose & galactose	Fischer and Bipp 2005
	Grão gasto da cerveja	Arabinoxilanos	Roos <i>et al.</i> , 2009
<b>Raízes e tubérculos</b>	Casca de batata	Fenóis	Oreopoulou e Tzia, 2007
	Melaço de beterraba	Ácidos orgânicos	Fischer e Bipp 2005
<b>Oleaginosas</b>	Sementes de girassol	Fitoesteróis	Copeland e Belcher 2001
	Sementes de soja	Fitoesteróis	Copeland e Belcher 2001
	Resíduos de óleo de soja	Fitoesteróis	Yang <i>et al.</i> , 2010
	Águas residuais de soja	Albumina	Jishan <i>et al.</i> , 2009
	Bagaço de azeitona	Fenóis	Obied <i>et al.</i> , 2005
	Águas residuais de azeitona	Fenóis & pectina	Galanakis <i>et al.</i> , 2011

Tabela 3 (cont.) - Resíduos alimentares de origem vegetal, fontes e correspondentes ingredientes-alvo de recuperação (adaptado de Galanakis, 2012).

Origem Vegetal	Fontes	Compostos de interesse	Referência
<b>Hortofrutícolas</b>	Casca de tangerina	Narirutina	Kim <i>et al.</i> , 2004
	Casca de laranja	Hesperidina	Di Mauro <i>et al.</i> , 1999
		Apocarotenóide	Chedea <i>et al.</i> , 2010
		Limoneno	Farhat <i>et al.</i> , 2011
	Sub-produto de limão	Pectina	Masmoudi <i>et al.</i> , 2008
	Bagaço de maçã	Pectina	Wang <i>et al.</i> , 2007
	Casca de maçã	Fenóis	Schieber <i>et al.</i> , 2001
	Bagaço de pêssigo	Pectina	Pagan <i>et al.</i> , 1999
	Caroço de alperce/damasco	Proteína	Sharma <i>et al.</i> , 2010
	Bagaço de uva	Fibra dietética	Schieber <i>et al.</i> , 2001
	Casca de uva	Fenóis	Pinelo <i>et al.</i> , 2006
	Borra de vinho	Tartarato de cálcio	Braga <i>et al.</i> , 2002
		Enocianina	Braga <i>et al.</i> , 2002
	Casca de banana	Cianidina-3-rutinosídeo	Pazmino-Duran <i>et al.</i> , 2001
	Kiwis rejeitados e processados	Fibra dietética solúvel e insolúvel	Martin-Cabrejas, <i>et al.</i> , 1995
	Casca de cenoura	$\beta$ -caroteno	Chantaro <i>et al.</i> , 2008
		Fenóis	Chantaro <i>et al.</i> , 2008
	Bagaço de tomate	Licopeno	Lavecchia e Zuurro 2008
	Casca de tomate	Carotenóides	Strati e Oreopoulou 2011
	Floretes e coalhada de couve-flor	Pectina	Femenia <i>et al.</i> , 1997

No que diz respeito aos cereais, o trigo é o principal cereal nos países industrializados e semi industrializados, enquanto o arroz é mais prevalente no Sul e no Sudeste Asiático (Gustavsson *et al.*, 2011). A moagem de trigo e o descasque de arroz geram subprodutos como farelo ou palha, que são ricos em proteínas de elevado valor nutricional (Prakash, 1996), fibras dietéticas e em particularmente os glucuronoarabinoxilanos (Hollmann e Lindhauer, 2005; Sun e Tomkinson, 2002). Os resíduos da indústria de aveia foram sugeridos para a extração de  $\beta$ -glucano com propriedades de gelificação avançadas (Patsioura *et al.*, 2011).

De entre as raízes e tubérculos, a batata é produto mais produzido em todo o mundo, enquanto a mandioca é muito popular no sul da Ásia e na América (FAOSTAT, 2009). O processamento de batatas é predominante na produção de batatas fritas e os resíduos sólidos resultantes incluem cascas ou batatas defeituosas (Schieber *et al.*, 2001). As cascas de batata e o processamento de águas residuais foram testados com vista à extração de compostos fenólicos

(Oreopoulou e Tzia, 2007). A casca de mandioca foi estudada como substrato para enriquecimento de proteínas microbianas (Falade e Akingbala, 2011) e não para a preparação de aditivos alimentares. No caso das culturas oleaginosas, o girassol e a soja são as culturas predominantes na Europa e América do Norte, respectivamente, enquanto as sementes são destinadas à extracção de fitoesteróis (Copeland e Belcher, 2001). Azeitona é uma cultura muito popular na região do Mediterrâneo e o respectivo bagaço e águas residuais foram amplamente valorizados como fonte de compostos fenólicos bioactivos e, mais recentemente, de pectina (Galanakis *et al.*, 2010a, Obied *et al.*, 2005).

Os resíduos de processamento de hortofrutícolas têm sido alvo de intensa investigação enquanto matrizes para a extracção de diferentes tipos de antioxidantes e fibras alimentares. Isto justifica-se porque são matrizes com concentrações elevadas em compostos de bioactivos e cujos tecidos brandos facilitam os processos extractivos. Os citrinos são dos frutos mais cultivados a nível mundial e a partir deles é obtida pectina e flavonóides (Kim *et al.*, 2004; Masmoudi *et al.*, 2008). A casca de laranja também foi utilizada para a recuperação de flavonóides (por exemplo, hesperidina), óleos essenciais e carotenóides (Chedea *et al.*, 2010; Di Mauro *et al.*, 1999; Farhat *et al.*, 2011). Os últimos compostos foram extraídos de cascas e bagaço de cenoura e em pele de tomate (Chantaro *et al.*, 2008; Strati e Oreopoulou, 2011).

### **1.3 VIAS DE VALORIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS**

A valorização da matéria vegetal gerada na actividade agro-alimentar é mínima ou nula. Actualmente, apenas uma pequena parte é aproveitada para alimentação directa de animais ou para compostagem.

Estas vias de valorização apresentam um fraco retorno económico para as empresas, acarretando, na maioria das vezes, custos mais elevados dos que os que são estimados.

- Alimentação animal: Os preços de venda dos resíduos para alimentação animal dificilmente compensam os custos de transporte, devido ao elevado teor de água (> 70% ou acima de 90%) à instabilidade microbiana que impossibilita trajectos longos e demorados (Bouallagui *et al.* 2005).
- Compostagem: A técnica de compostagem que, segundo Gadelha *et al.* (2008), é uma forma de tratamento biológico da parcela orgânica, permite uma redução de volume dos resíduos e a transformação destes em compostos passíveis de serem utilizados como adubo na agricultura (Olinto *et al.*, 2012).

A alternativa de enviar esta matéria vegetal para aterros envolve igualmente custos elevados de transporte e depósito a que podem acrescer problemas ambientais, nomeadamente relacionados com as emissões de gases com efeito estufa (produção de gás metano de forma excessiva e descontrolada).

Neste ponto serão identificadas vias alternativas de aproveitamento de resíduos/subprodutos, tendo em conta que esses materiais contêm importantes teores de nutrientes e de compostos bioactivos. Estas estratégias de gestão para além de introduzirem valor acrescentado a estes

materiais poderão contribuir para a diminuição significativa da carga poluente resultante da actividade agro-industrial.

### 1.3.1 Recuperação de fitoquímicos bioactivos

Os subprodutos gerados representam uma fonte importante de açúcares, minerais, ácidos orgânicos, fibra, e compostos bioactivos tais como os compostos fenólicos, especialmente os flavonóides, e os carotenóides (Djilas e Canadanovic-Brunet, 2009).

Diversos autores sublinham ainda que o potencial antioxidante e o conteúdo em compostos fenólicos é superior nas cascas e sementes de alguns frutos (Tabela 4), comparativamente com a parte edível, indicando assim que se aplicadas tecnologias adequadas, este tipo de materiais podem ser utilizados como matrizes de extracção de compostos bioactivos, com diversas potencialidades de uso.

O teor em compostos fenólicos nas cascas de limões, laranjas e toranjas é em média 15% superior ao avaliado na polpa destes frutos (Gorinstein *et al.*, 2001). Por sua vez, de oito cultivares de pêsego estudadas, verificou-se que as cascas continham 2 vezes a 2,5 o teor de compostos fenólicos totais verificados na parte edível do produto (Chang *et al.*, 2000).

Tabela 4 - Compostos fenólicos em diferentes tecidos de hortofrutícolas (mg / 100 g peso fresco).  
(Adaptado de Ayala-Zavala *et al.*, 2010)

Matéria-prima	Casca/Pele	Polpa	Resíduo	Referência
Maçã	3300*			Wolfe e Liu, 2003
Banana	928*	232*		Someya <i>et al.</i> , 2002
Couve-flor			110-180	Llorach <i>et al.</i> , 2003
Chicória			77-82	Llorach <i>et al.</i> , 2004
Toranja	155	135		Gorinstein <i>et al.</i> , 2001
Goiaba	59			Jimenez-Escrig <i>et al.</i> , 2001
Limão	190	164		Gorinstein <i>et al.</i> , 2001
Alface			14-156	Llorach <i>et al.</i> , 2004
Manga	7000			Larrauri <i>et al.</i> , 1996
Laranja	179	154		Gorinstein <i>et al.</i> , 2001
Pêssego	133,7	41,5		Chang <i>et al.</i> , 2000
Romã	24990	2440		Li <i>et al.</i> , 2005
Tomate cherry	10,4-40	9,20-27		George <i>et al.</i> , 2004

\*peso seco.

Cascas de maçãs, pêsegos e pêras continham o dobro do teor de compostos fenólicos totais face aos verificados na polpa destes produtos (Gorinstein *et al.*, 2001). A parte edível da banana

contem 232 mg/100 g de peso seco de fenólicos, valor este que representa 25% do existente na casca (Someya *et al.*, 2002). As cascas de maçã, num estudo realizado por Wolfe e Liu (2003) continham um acréscimo de 3000 mg/100 g peso seco de compostos fenólicos face à polpa. De acordo com Schienber *et al.*, (2001), os compostos fenólicos identificados nas cascas de maçã corresponderam a proantocianidinas, a flavonóides, a antocianidinas e aos ácidos fenólicos (ácido clorogénico).

A análise dos subprodutos da couve-flor revelou a presença de flavonóides e ácidos hidroxicinamicos (ácido cafeico e ácido sinápico). Diferentes combinações de flavonóis com ácido sinápico e glucose são os principais compostos fenólicos presentes (Llorach *et al.*, 2003). O estudo dos subprodutos da alface revelou a ocorrência de ácidos hidroxicinamicos e flavonóides. O perfil de flavonóides dos resíduos da alface é composto por flavonas e flavonóis (Llorach *et al.*, 2004). As peles e sementes do tomate contêm igualmente teores fenólicos superiores face à polpa do tomate. O estudo do teor fenólico em 12 genótipos de tomate revelou igualmente uma concentração fenólica superior nas cascas face à polpa (10,4 a 40 mg/100 g nas peles face 9,2 a 27 mg/100 g na polpa) (George *et al.*, 2004). Toor e Savage (2005) constataram ainda que a incorporação resíduos do tomate (cascas e sementes) que contêm níveis elevados de compostos fenólicos totais, flavonóides totais, licopeno, ácido ascórbico, e actividade antioxidante podem aumentar entre 40% a 53% no produto final.

Em geral, o teor de compostos fenólicos é superior nos resíduos do que na polpa. Para além de estudos de caracterização composicional dos resíduos é igualmente extensa a investigação actual no campo da extracção de compostos bioactivos a partir de diferentes resíduos hortofrutícolas, tal como se pode consultar na Tabela 5.

Tabela 5 - Extracção de compostos bioactivos de diferentes subprodutos (Adaptado de Shilpi *et al.*, 2013, Ahluwalia *et al.*, 2013).

Resíduos	Composto extraído	Referência
Casca de banana	Óleo essencial	Comin <i>et al.</i> , 2010
Polpa de laranja	Óleo de laranja	Benelli <i>et al.</i> , 2010
Pele de uva	Compostos fenólicos, antioxidantes e antocianinas.	Ghafoor <i>et al.</i> , 2010
Bagaço de uva	Compostos fenólicos	Pinelo <i>et al.</i> , 2007
Caroço de pêsego	Óleo do caroço de pêsego	Natalia <i>et al.</i> , 2010
Pele do tomate	Licopeno	Chun <i>et al.</i> , 2009 Shi <i>et al.</i> , 2009 Lamin <i>et al.</i> , 2008
Sementes de Abóbora	Óleo sementes de abóbora	Mitra <i>et al.</i> , 2009
Batata	Compostos fenólicos	Cavaleiro <i>et al.</i> , 2011
Cascas e sementes de Maçã e Pêra	Compostos fenólicos	Abreu <i>et al.</i> , 2011

A aplicação de fitoquímicos pode ser vasta nomeadamente como substitutos aos aditivos sintéticos ou como ingredientes de interesse terapêutico, nas indústrias alimentar e farmacêutica, respectivamente (Ahluwalia *et al*, 2013).

### **1.3.1.1 Aplicações de biomoléculas recuperadas**

A reutilização de nutrientes extraídos a partir de resíduos / subprodutos é uma prática utilizada no processamento alimentar desde a metade do século XX (Reilly, 1996) e, tem como objectivos reforçar o valor nutritivo e prevenir ou corrigir deficiências em um ou mais nutrientes (Anvisa, 2006). Os fitoquímicos extraídos podem assim ser incluídos em produtos alimentares ou serem utilizados como matérias-primas secundários noutros processos.

Os compostos fenólicos e carotenóides podem ser reutilizados como conservantes naturais em alimentos ou bebidas, actuando como conservantes naturais uma vez que podem prolongar o período de vida útil do produto, prevenir a formação de sabores indesejáveis e ou prevenir fenómenos de rancificação (Oreopoulou e Tzia, 2007). A pectina, igualmente extraída destes co-produtos pode ser utilizada como agente gelificante no processamento de confeitados ou como substituto de gordura em produtos cárneos (Galanakis, Tornberg e Gekas, 2010c). As fibras insolúveis em água (hemiceluloses) têm propriedades na regulação intestinal (Rodríguez *et al.*, 2006) podendo ser utilizados em formulações alimentares ou integrar refeições prontas.

### **Enriquecimento de alimentos**

Uma ampla variedade de fitoquímicos com origem em fontes naturais pode ser incluída em produtos extrudidos. Em particular, quatro tipos de compostos merecem ser mencionados:  $\gamma$ -orizanol a partir de farelo de arroz, que é um antioxidante potente, um agente de redução do colesterol, um agente inibidor de tumores e um agente de prevenção no tratamento da síndrome da menopausa (Gutierrez, 2004);  $\beta$ -glucanos extraídos da farinha de cevada, que melhoram o metabolismo lipídico, reduzem o índice glicémico e diminuem o colesterol plasmático (Izydorczyk *et al.*, 2008). Concentrados de lignano a partir de linhaça, que actuam como agentes anticancerígenos, antioxidantes, antibacterianos, antivirais e anti-inflamatórios (Zanwara *et al.*, 2011) e compostos fenólicos extraídos de cascas de cereais, que actuam como antioxidantes e fornecem resistência contra danos causados pelos radicais livres, cancro e doenças cardiovasculares (Kim *et al.*, 2006)

A incorporação bem-sucedida de várias fracções de  $\beta$ -glucanos em produtos como macarrão, cereais para pequeno-almoço e produtos lácteos foi promissora. A cevada 'perolada', se enriquecida com  $\beta$ -glucanos, pode ser incorporada em sêmola de trigo duro originando uma massa que exhibe boa qualidade de cozimento (Perretti *et al.*, 2003)

As sementes de linhaça ou de linhaça ricas em lignanos podem ser adicionadas convenientemente a várias formulações à base de cereais, como pão, 'muffins' e outros produtos de panificação. De acordo com Viscidi *et al.* (2004), na produção de aveia enrolada, compostos fenólicos extraídos de fontes naturais, como benzoína, catequina, ácido clorogénico e ácido

ferrúlico, podem ser misturados com os demais ingredientes antes da extrusão para obter produtos mais resistentes à oxidação (atraso de formação hexanal).

Os produtos finais têm um conteúdo fenólico mais elevado que os convencionais, embora o processamento resulte numa redução de 24% a 26% na quantidade de compostos fenólicos adicionados. As pectinas podem ser encontradas na maioria dos frutos e, após a extração e a purificação, podem ser adicionados como agentes gelificantes em inúmeros produtos alimentares, como compotas, coberturas, doces, etc. As pomóideas também fornecem outros aditivos alimentares, incluindo fibras dietéticas, ácido láctico, pigmentos, vinagre, edulcorantes naturais e celulose (Nawirska *et al.*, 2005). Alguns frutos tropicais contêm enzimas que degradam a proteína (papaína em papaia ou bromelina em abacaxi), utilizados como agentes de amolecimento de carne ou na clarificação de cerveja. As pectinas são classificadas com base no grau de metilação em pectinas de elevado metóxilo (grau de metilação > 50%) e pectinas de baixo metóxilo (grau de metilação < 50%). As pectinas de alta metóxilo apresentam capacidade para gelificar na presença de pelo menos 55% de sólidos solúveis e a  $\text{pH} \leq 3,5$ , enquanto as pectinas de baixo teor de metóxilo para gelificar necessitam da presença de íons de cálcio (Waldron, 2009).

### **Desenvolvimento de novos produtos**

Exemplificam-se alguns de estudos dedicados ao reaproveitamento de co-produtos (resíduos e subprodutos) para elaboração de novos produtos:

- Borges *et al.* (2004) desenvolveram um estudo sobre a viabilidade da utilização de resíduos das indústrias de conserva de abacaxi da região de Pelotas – RS para a produção de sumo. O processamento do sumo-base foi feito a partir da obtenção das cascas, centros e aparas da fruta e consistiu das etapas de branqueamento, prensagem e filtragem. Concluiu-se que é viável a elaboração de sumo de abacaxi a partir de resíduos de transformação da conserva de abacaxi.
- Ferrari *et al.* (2004) realizaram um estudo para caracterizar e verificar um melhor aproveitamento das sementes descartadas no processamento do sumo do maracujá na alimentação humana. Segundo os autores, na actualidade, as cascas e sementes de maracujá provenientes do processo de corte e extração da fruta para obtenção do sumo, são em grande parte rejeitadas. Os montantes rejeitados podem ascender a inúmeras toneladas, e acrescentar valor a estes subprodutos tem interesse económico, científico e tecnológico.
- Kobori e Jorge (2005) realizaram um estudo cuja finalidade foi caracterizar os óleos extraídos das sementes de laranja, maracujá, tomate e goiaba, como aproveitamento de resíduos industriais. Os resultados indicaram que os óleos obtidos possuem características físico-químicas semelhantes a alguns óleos comestíveis, podendo os mesmos constituir uma nova fonte de óleos para o consumo humano.
- Reda *et al.* (2005) fizeram a caracterização dos óleos essenciais de limão rosa e de limão siciliano, considerados resíduos industriais, e concluíram que têm propriedades semelhantes aos dos óleos comestíveis com boa perspectiva de utilização na produção de alimentos.

- Rocha e Tulla, (2013) estudaram a utilização de maçã no fabrico da bebida “Sidra das Astúrias” tendo dado origem a uma bebida com Denominação de Origem Protegida (DOP), em 2003. O incentivo ao cultivo deste fruto e/ou a utilização de excedentes de produção e a expansão do mercado consumidor desta bebida demonstrou-se promissor.
- Fernanda *et al.* (2018) desenvolveram um produto desidratado – cubos de maçã - através de processos de desidratação osmótica (60ºBrix / sorbitol) e liofilização, com boa aceitação sensorial. Estes resultados constituem uma alternativa de aproveitamento de excedentes de fruta e de criação de valor acrescentado.

### 1.3.2 Valorização energética

Os resíduos de frutas são muito perecíveis originando em consequência a produção de odores, formação de pragas e geração de efluentes que podem contaminar os solos. Nesse sentido, a digestão anaeróbia constitui uma via com grande potencial para o respectivo tratamento nas indústrias do sector. Esta alternativa possibilita reduzir os encargos com o destino final, controlar os odores e o volume de efluentes gerados, reduzir gastos com as taxas de admissão de resíduos nos sistemas municipais de tratamento, além de se poder utilizar o biogás produzido para substituir alguns combustíveis na própria unidade industrial (Crespo, 2013).

Existem diversos estudos que confirmam esta via de valorização para subprodutos hortofrutícolas, uma vez que estes materiais apresentam elevada percentagem de humidade, conteúdo orgânico elevado (> 95% de SV do total de sólidos) e são facilmente bio degradados (Appels *et al.* 2011; Arvanitoyannis e Varzakas, 2000). A digestão anaeróbia desses resíduos permite a conversão de 70 a 95% da matéria orgânica em metano. Porém, esse tipo de resíduo apresenta rápida acidificação, diminuindo o pH no digestor e uma elevada produção de ácidos orgânicos voláteis, podendo levar a uma inibição das bactérias metanogénicas e deste modo limitar o processo (Crespo, 2013).

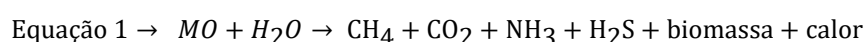
Assim, a alternativa mais promissora à inceneração e à compostagem deste tipo de subprodutos é a digestão anaeróbia (Bouallagui *et al.* 2005). A principal vantagem deste processo resulta da produção de biogás, que pode ser utilizado como fonte energética, a par da obtenção de um efluente valioso que ainda pode ser utilizado como fertilizante dos solos (Mata-Alvarez *et al.* 2000).

#### 1.3.2.1 Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia é uma tecnologia antiga e bem estudada para a estabilização de resíduos orgânicos devido ao seu elevado potencial de valorização energética associado ao baixo impacto ambiental em comparação com outras formas de tratamento (Ariunbaatar *et al.*, 2014).

De forma simplificada, a digestão anaeróbia é um processo realizado por microrganismos que converte a matéria orgânica (MO) complexa principalmente em metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), na ausência de oxigénio (O<sub>2</sub>) (Gonzalez-Fernandez *et al.*, 2015).

A digestão anaeróbia pode ser representada pela equação 1:



O resultado da reacção apresentada, corresponde à produção de biogás cuja composição é caracterizada, em média, por 55 a 70% de metano e 30 a 45% de dióxido de carbono (Brancoli, 2014).

A digestão anaeróbia que ocorre de forma espontânea nos aterros não tem a mesma eficiência que a digestão anaeróbia em digestores específicos, visto que na primeira situação ocorre a libertação de 50% ou mais dos gases no ambiente causando grande impacto no meio. Com digestores e em condições controladas, previne-se a libertação do metano para a atmosfera, convertendo-o em energia.

Como podem ser utilizados diferentes tipos de substratos, e cada um reage de uma forma aos efeitos da digestão anaeróbia, é necessário conhecer detalhadamente toda a cadeia de reacções envolvidas no processo (Ariunbaatar *et al.*, 2014).

Pode-se dividir o processo da digestão anaeróbia em quatro etapas distintas: hidrólise, acidogénese, acetogénese e metanogénese (Izumi *et al.*, 2010).

*Hidrólise* - Nesta primeira etapa ocorre a redução de polímeros orgânicos complexos (lípidos, proteínas e hidratos de carbono), em moléculas solúveis mais simples (ácidos gordos de cadeia longa, aminoácidos e açúcares) através de enzimas, ou seja, as moléculas de maior peso molecular são transformadas em compostos de menor peso molecular.

Um dos passos limitantes do processo é a conversão de compostos insolúveis, tais como lenhina e material celulósico. A hidrólise destes compostos tem influência no nível de carbono disponível para a produção de biogás, assim como no tamanho das partículas e a proporção de nutrientes. Para os substratos que se apresentam em grandes partículas, pode verificar-se a inibição do processo pela acumulação excessiva de ácidos orgânicos voláteis, dado que a elevada dimensão reduz a sua superfície de contacto com os microrganismos (Crespo, 2013). A concentração de gases na hidrólise pode chegar a 80% de dióxido de carbono e a 20% de hidrogénio (Pereira, 2013).

A *acidogénese* é igualmente designada de fermentação ácida já que os compostos que foram reduzidos na fase anterior (hidrólise) são degradados por bactérias fermentativas, obrigatórias e facultativas. Essas bactérias possuem um metabolismo variado de onde resultam produtos fermentativos diversos como os ácidos gordos voláteis de cadeias curtas e álcoois (Alves, 2015). Nesta fase, o hidrogénio (H<sub>2</sub>) tem um papel muito importante, já que a quantidade e o tipo de produtos obtidos, depende da sua pressão parcial no digestor, que está associado à actividade das bactérias utilizadoras de H<sub>2</sub> (Alves, 2015). Em digestores anaeróbios com boas condições operacionais, a concentração de hidrogénio é normalmente muito baixa devido ao respectivo consumo pelas bactérias (Pereira, 2013).

A hidrólise e a acidogénese são consideradas como as fases limitantes da velocidade do processo de digestão anaeróbia, uma vez que ambas as etapas influenciam a transferência de massa e a disponibilidade de alimento no processo (Izumi *et al.*, 2010).

Na etapa da *acetogénese*, as bactérias acetogénicas continuam a degradação dos compostos formados durante a acidogénese, como os ácidos gordos, álcoois, entre outros. Os produtos

resultantes da degradação desses compostos formam os substratos directos para as bactérias metanogénicas, responsáveis pela produção de metano (hidrogénio, dióxido de carbono e acetato) (Brancoli, 2014).

Existem dois tipos de bactérias acetogénicas intervenientes, as produtoras obrigatórias de hidrogénio e as consumidoras. As primeiras transformam, por oxidação anaeróbia, os ácidos gordos voláteis em acetato e as segundas produzem acetato a partir de dióxido de carbono e hidrogénio, contribuindo baixar a pressão de hidrogénio no sistema (Pereira, 2013).

Na etapa *metanogénese*, etapa final do processo de degradação anaeróbia, são produzidos os gases, metano e o dióxido de carbono através do consumo de acetato, dióxido de carbono e hidrogénio (Inoue, 2008; Pereira, 2013). Nesta fase, o metano gerado pelas bactérias metanogénicas pode ser produzido através de duas vias principais que se diferenciam pelo tipo de substrato utilizado. Uma pelas bactérias hidrogenotróficas, que utilizam o hidrogénio e o carbono proveniente do dióxido de carbono para dar origem ao metano, e a outra através das bactérias acetoclásticas, que utilizam o acetato como fonte para a produção do metano (Brancoli, 2014). Aproximadamente 70% do metano é proveniente do acetato, sendo, portanto, produzidos pelas bactérias acetoclásticas (Crespo, 2013). Além disso, essas bactérias participam no controle do pH no digestor, uma vez que a remoção de ácido acético está associada à produção de CO<sub>2</sub> que se dissolve no meio, formando uma solução tampão de bicarbonatos (Pereira *et al.*, 2013). As bactérias metanogénicas dependem do bom funcionamento de todas as fases anteriores para o fornecimento dos substratos adequados para a sua actividade (Alves, 2015). O biogás produzido nesta etapa, é composto por aproximadamente 60% de CH<sub>4</sub> e 40% de CO<sub>2</sub> (Pereira, 2013). A velocidade das reacções nas diferentes etapas da digestão anaeróbia depende de diversos factores tais como a temperatura, o pH, a relação C/N, o teor de sólidos, o tempo de retenção hidráulico (TRH), a agitação e os inibidores do processo.

### **Recuperação de biogás**

O biogás, constituído de 55 a 70% por metano (CH<sub>4</sub>) e 30 a 45% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), é considerado uma fonte de energia renovável com várias vantagens sociais e ambientais, visto que produz energia, reduz o potencial tóxico das emissões de metano e constitui uma alternativa de tratamento de resíduos. O biogás pode ser utilizado em quase todas as aplicações que usam gás natural, devido ao seu elevado poder calorífico igual ao do gás (Appels *et al.*, 2011). São quatro as alternativas mais básicas: produção de calor e vapor, geração/co-geração de electricidade, combustível para veículos e produção de produtos químicos. A nível mundial a principal forma de utilização do biogás é para gerar calor e electricidade (Pereira *et al.*, 2015).

Em 2013, na União Europeia foram produzidos 13,4 milhões de TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo) de biogás, por meio da produção de metano a partir de lamas de depuração nas estações de tratamento de águas residuais, do biogás produzido nos aterros, e das demais formas, que incluem os digestores cuja matéria-prima são resíduos orgânicos, lixo doméstico, culturas energéticas, entre outros. Por muitos anos essas demais formas de produção de biogás, classificadas como "Outros Biogás", lideram a produção de energia na UE, tendo uma margem

de 69%, enquanto o biogás de aterro tem 21,6% e o de estações de tratamento 9,4% (EurObserv'ER, 2014). Portugal encontra-se entre os países com menor produção de energia a partir do biogás, tendo registado apenas 65,3 mil TEP, ou seja, 0,48% da produção na União Europeia (EurObserv'ER, 2014). Na literatura são encontrados diversos estudos que demonstram a produção de biogás de forma quantitativa e qualitativa, recorrendo a diversas fontes e em diversas condições de operação, conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Listagem de diferentes estudos, evidenciando o resíduo utilizado, tipologia do reactor, temperatura do processo e volume de biogás gerado (Adaptado de Fiore *et al.* 2016).

Tipo de Resíduo	Tipo de Reactor	Temperatura (°C)	Volume Biogás (m <sup>3</sup> /Kg <sub>sv</sub> )	Referência
Palha de arroz	Batch	35	220	Kalra e Panwar (1986)
Tomate	Batch	40	420	Dinuccio <i>et al.</i> (2010)
Talos de Algodão	Batch	38	440	Araldi <i>et al.</i> (2012)
Resíduos de Cervejaria	Batch	36,5	510	Kafle <i>et al.</i> (2013)
Pão	Batch	36,5	580	Kafle <i>et al.</i> (2013)
Estrume de Vaca	CSTR	37 e 55	220-230	Giuliano <i>et al.</i> (2013)
Frutas e Vegetais	Batch	35-40	320-630	Gunaseelan (2004)
Milho	CSTR	37 e 55	730-820	Giuliano <i>et al.</i> (2013)
Batata	CSTR	37 e 55	830-920	Giuliano <i>et al.</i> (2013)
Cebola	CSTR	37 e 55	920-1050	Giuliano <i>et al.</i> (2013)

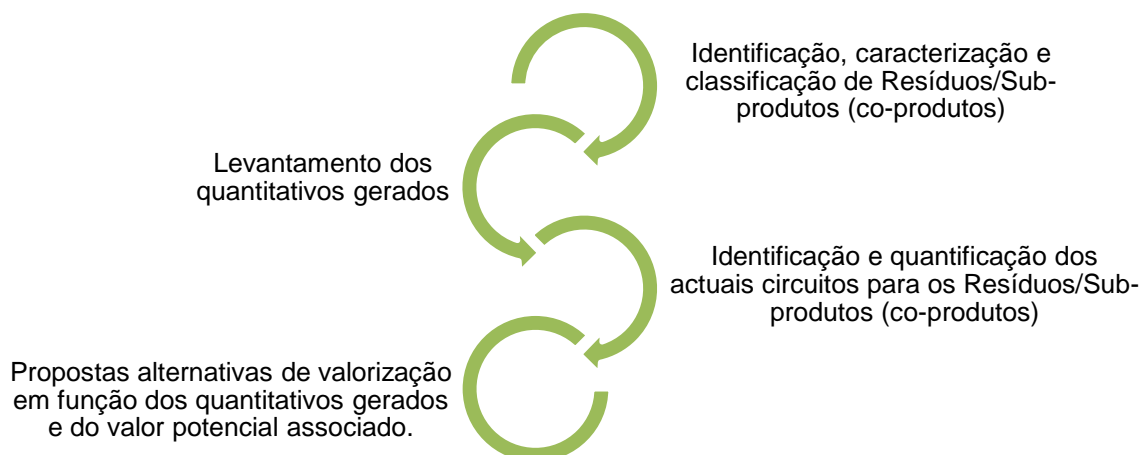
## 2. CASO DE ESTUDO

---

## 2 CASOS DE ESTUDO

### 2.1 OBJECTIVOS

Com vista a adequar soluções para gerir a quantidade elevada de material vegetal descartado, quer proveniente do processamento de produtos da IV Gama quer resultante dos excedentes do mercado em fresco, foram estabelecidos os seguintes objectivos específicos:



#### 2.1.1 Metodologias de identificação das classes de subprodutos

A metodologia utilizada centrou-se na pesquisa e revisão da literatura sobre o assunto, incluindo a análise de informação e legislação associadas.

##### 2.1.1.1 Metodologia utilizada no levantamento de dados da empresa

Numa empresa de transformação hortofrutícola, Campotec S.A., que labora produtos da IV gama e comercializa produtos hortofrutícolas *in natura* para o mercado em fresco, efectuou-se o levantamento dos volumes e tipos de co-produtos (resíduos e subprodutos) produzidos através de uma avaliação documental dos registos de produção. Para tal consideraram-se as quantidades (kg) dos produtos comercializados e dos produtos expedidos nas diferentes vias existentes (eg. produto principal comercializado, doações, via indústria, etc.). Foram igualmente identificados os actuais circuitos e destinos dos co-produtos.

A estimativa do cálculo da quantidade de desperdício gerado teve ainda em conta valores médios de desperdício, para cada tipo de matéria-prima, fornecidos pela empresa e calculados com base na experiência real de laboração.

A recolha de dados foi efectuada com recurso ao *software* Phc CS Enterprise 21:

- As compras foram obtidas pela listagem “Entradas por natureza”, no menu de “Mapas definidos”, “Mapas de linhas e cabeçalhos”;
- As vendas foram obtidas pelas “Análises Multidimensionais” das “Vendas por guia de expedição”.

Escolha dos intervalos de tempo:

- Os intervalos de tempo definidos foram entre 01 de Agosto a 31 de Julho de cada ano, alinhado com a metodologia utilizada pela empresa na obtenção dos dados de cada exercício para o relatório de contas;
- O período de amostragem considerado foi entre os anos de 2012 de 2017, correspondendo ao período onde foi possível obter o máximo de informação dado que a empresa mudou de plataforma de gestão entre 2011 e 2012.

Limitações - Esta metodologia de contabilização de co-produtos pode sofrer algum enviesamento nomeadamente quando, em dois intervalos de tempo consecutivos, se verificam sobreposições entre stocks de matéria-prima, de produtos comercializados e de produtos devolvidos.

#### **2.1.1.2 Tratamento estatístico**

O tratamento estatístico dos resultados foi efectuado com recurso ao Software Statistica™ v.8.0 da Statsoft (2007), por análise de variância (ANOVA), sendo utilizado o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para separação de médias. Foi ainda determinado o coeficiente de correlação de Pearson das variáveis em estudo para avaliação da qualidade da correlação linear.

## **2.2 Caracterização e tipificação de resíduos e subprodutos**

### **2.2.1 Resíduos provenientes do processamento em IV Gama**

#### **2.2.1.1 Classificação e características gerais**

Para os hortofrutícolas da IV gama foram identificadas 6 categorias de resíduos, tal como se apresenta na tabela 7. Esta classificação baseia-se, em primeiro lugar, no tipo de produtos laborado na empresa, sendo que nalguns casos agrega também diferentes tipos de estruturas botânicas: folhas, raízes e bolbos e frutos.

Tabela 7 - Grupos de subprodutos gerados nas linhas de processamento da IV gama.

Grupos	Tipos de hortofrutícolas	Tipo de produto	Observações
I. <b>Batata</b>	Batata	Batata descascada para restauração	Relevante pela quantidade laborada
II. <b>Folhosas</b>	Alfaces, Canónigos, Aromáticas, Agrião, Espinafre	Hortícolas de folha utilizadas em diferentes tipos de saladas	Estrutura botânica folhas
III. <b>Hortícolas</b>	Alho Francês, Alho seco, Nabiça, abóbora, mistura de legumes, Salteados e Preparados	Hortícolas diversos utilizados em diferentes misturas para sopas	Estrutura botânica diversa
IV. <b>Raízes e bolbos</b>	Cenoura, Nabo, Beterraba, Cebola, Gengibre	Hortícolas que podem entrar tanto em misturas de sopas como saladas e isolados	Estrutura botânica raízes e bolbos
V. <b>Frutas</b>	Abacaxi, Uva, Maçã, Pêra, meloa	Frutas singulares ou em mistura	Frutos não hortícolas
VI. <b>Outros Frutos</b>	Pepino, Pimento, Beringela, Curgete, Tomate	Frutos hortícolas isolados ou em mistura	Frutos hortícolas

O grupo I, da Batata é considerado em separado por razões de ordem quantitativa uma vez que representa, na unidade fabril, a matéria-prima mais laborada (kg). No grupo II, das Folhosas são incluídos os hortícolas de folhas comercializados em isolado ou utilizados na preparação de saladas simples ou mistas. O grupo III dos Hortícolas (sopas e couves) inclui diversos hortícolas também comercializados em isolado ou utilizados na preparação de sopas, independentemente da estrutura botânica (folhas, caule, fruto). O grupo VI, das Raízes e bolbos inclui os hortícolas como esta estrutura botânica utilizados tanto para comercialização em isolado como fazendo parte integrante das misturas de saladas ou das misturas de sopas, salteados e outros preparados. No grupo V e VI, das Frutas e Outros frutos, respectivamente, são incluídos uma diversidade de frutos e frutos hortícolas utilizados nas misturas e, portanto, podem ser vendidos isoladamente ou em mistura.

De um modo genérico, a laboração de cada tipo de hortofrutícola é específica, incluindo uma sequência particular de operações, no entanto, as operações unitárias em si e os equipamentos utilizados são comuns no fabrico de todos os produtos. As linhas de processamento são reservadas temporalmente para cada tipo de produto, o que na óptica de gestão dos co-produtos (resíduos e subprodutos) possibilita a recolha de tipos particulares. Se isso for relevante, é possível segregá-los por categorias / grupos ou mesmo isoladamente, em alternativa à mistura.













Neste caso, a classificação com base no tipo de estrutura botânica (ex. folhas, raízes e frutos) pode ainda ser útil para a gestão destes materiais, enquanto permite identificar, *á priori*, o potencial composicional (perfil composicional genérico) e o risco microbiológico associado a cada grupo. Por exemplo, é sabido que as raízes face aos hortícolas de folha são de maior risco de contaminação patogénica. Todos estes factores terão de ser tidos em conta na gestão dos co-produtos (resíduos e subprodutos) e nas potenciais vias de valorização.

O grau de perecibilidade de cada um dos grupos é variável dependendo de muitos factores nomeadamente da disponibilidade de água e de nutrientes, do tipo de estruturas vegetais, do tipo e extensão de corte a que foram sujeitos e do grau de mistura em que se encontram. Salienta-se ainda que as eliminações das partes não edíveis resultantes dos processos de selecção referem-se a partes dos hortofrutícolas tais como folhas exteriores, cascas, pedúnculos entre outros, em que os teores microbiológicos aeróbios mesófilos, de bolores e leveduras e de enterobactereaceas são normalmente muito elevados, por vezes superiores a  $10^6$  ufc/g (Gilbert *et al.*, 2000) considerando-se inclusive microbiota típica. O facto de estes materiais estarem cortados facilita o acesso dos microrganismos aos conteúdos celulares e o que implica o rápido desenvolvimento e degradação dos produtos. Tipicamente, elevados teores de água presente nestes produtos correspondem a produtos muito perecíveis, com elevadas taxas de degradação à temperatura ambiente.

Da experiência fabril, o caso do tomate - do grupo VI, ou das alfaces - do grupo II, ambos com elevados teores de água, apresentam-se muito perecíveis ocorrendo a respectiva degradação num curto espaço de tempo. O grupo I (Batatas) e o grupo III (Hortícolas) denotam, em comparação com os anteriores, uma taxa de degradação mais lenta. O Grupo das Folhosas é de entre todos o que se degrada de forma mais lenta, estando mais exposto a fermentações.

Na Tabela 8 apresentam-se imagens dos resíduos dos diferentes grupos do processamento mínimo.

Tabela 8 - Aspecto geral de cada um dos 6 grupos de resíduos do processamento mínimo

Grupos	Tipo de resíduo	
I. Batata		
II. Folhosas		
III. Hortícolas		
IV. Raízes e bolbos		
V. Frutas		
VI. Outros Frutos		

A ordenação por ordem crescente de perecibilidade dos grupos identificados é de acordo com a figura 13.

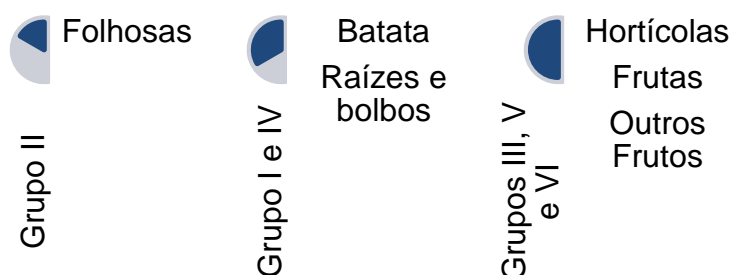


Figura 13 – Grupos de resíduos ordenados por ordem crescente de perecibilidade.

É importante conhecer as diferentes taxas de degradação dos resíduos, bem como o tipo de degradação predominante (Tabela 9) de forma a adequar a respectiva gestão, nomeadamente na definição das operações de recolha e armazenagem. Dependentes do tipo de destino, os resíduos poderão exigir uma manipulação cuidada nomeadamente ao nível da segregação e da armazenagem com necessidade de refrigeração. No entanto, tendo em conta a susceptibilidade à degradação prevê-se sempre uma grande brevidade para a recolha e armazenagem dos destes resíduos.

Tabela 9 - Caracterização dos grupos de resíduos de processamento da IV gama face ao tipo de material rejeitado e tipo de degradação principal

Grupos	Tipo de material rejeitado	Tipos de degradação
<b>Batata</b>	Cascas e porções não conformes, devido a podridões e danos de conservação e colheita, doenças ou inserção de grelos	Escurecimento / Apodrecimento / fermentações
<b>Folhosas</b>	Folhas externas, zona de caule imediatamente a seguir à raiz, danos, amarelecimentos.	Amolecimento / Desidratação e podridão
<b>Hortícolas</b>	Talos, cascas, extremidades de caules, folhas externas.	Escurecimento / Desidratação / fermentações
<b>Raízes e bolbos</b>	Cascas, porções e unidades não conformes, devido por exemplo a podridão.	Escurecimento/ Desidratação / Amolecimento
<b>Frutas</b>	Cascas, caroços ou troços, pedúnculos, sementes e unidades não conformes, devido, por exemplo, a excesso ou falta de maturação.	Escurecimento / fermentação alcoólica / Apodrecimento
<b>Outros Frutos</b>	Extremidades e unidades não conformes devido, por exemplo, a podridão.	Escurecimento/ Desidratação / Apodrecimento / fermentações

### 2.2.1.2 Identificação de pontos de quebra

Na figura 14, apresenta-se o diagrama geral de processamento mínimo, identificando-se na zona fabril (zonas de baixo risco e de elevado padrão higiénico) as operações unitárias onde é descartado matéria vegetal - pontos de quebra e tipo de material.

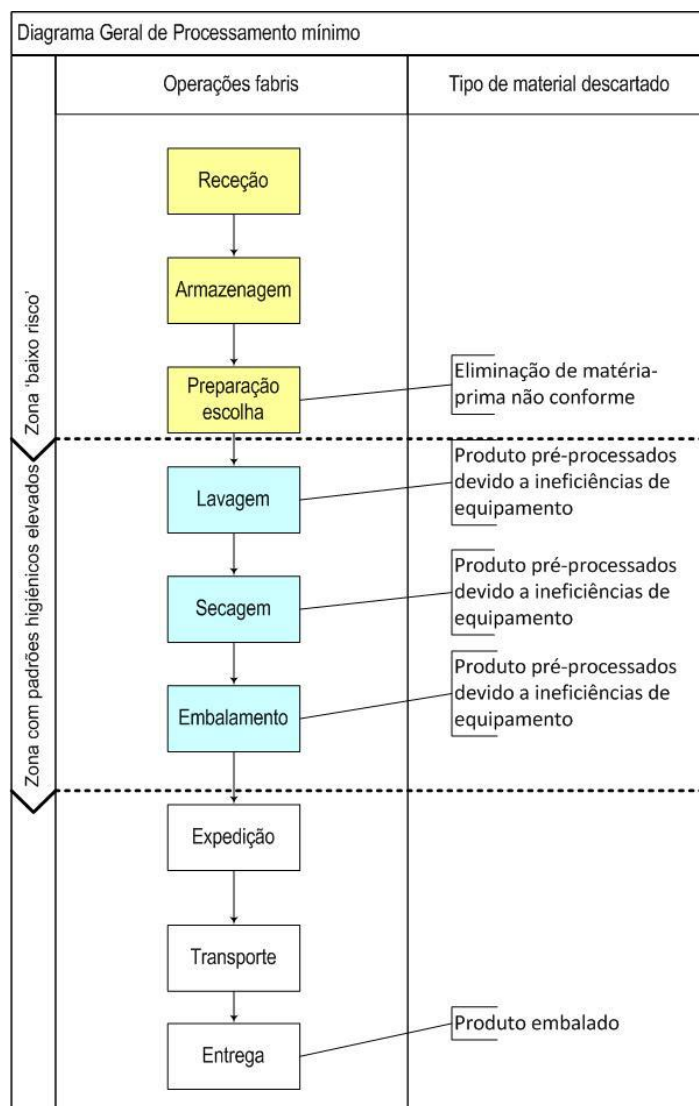


Figura 14 - Diagrama Geral de Processamento Mínimo.

Os resíduos gerados no fabrico referem-se ao material rejeitado durante o processamento, tal como se exemplifica nas fotos da tabela 8 e da figura 15, podendo incluir matéria vegetal de natureza muito diversa, tais como raízes, talos, folhas exteriores, cascas, caroços:

- Porções não edíveis (exemplo: partes contaminadas com pragas instaladas);
- Porções edíveis que se já sofreram processos vários, tais como cortes ou lavagens.



Figura 15 - Aspecto geral do tipo de resíduos gerados no processamento mínimo, resultantes de porções edíveis que se perdem devido ineficiências de equipamentos.

O conjunto destes materiais representa a quebra gerada no processamento e são várias as proveniências ao longo do processo de fabrico:

- a) **Operação de selecção** – eliminação de matéria-prima não conforme face aos critérios estabelecidos na empresa (fichas técnicas ou cadernos de encargos) por razões diversas:
  - Falta de Frescura, cor, sabor, calibre, aroma e odor;
  - Armazenamento ou expedição inadequada resultando em devoluções.
- b) **Operações corte e lavagem** - eliminação de produto pré-processados devido a ineficiências de equipamento.
- c) **Passagem entre equipamentos de processamento e passadeiras de transporte** - eliminação de produto pré-processados devido a ineficiências de equipamento, ou resultante de etapas de escolha intermédias.
- d) **Operação de embalagem** – Eliminação de material processado por ineficiência do processo de embalagem (variações de peso por excesso ou defeito ou embalagens mal seladas).
- e) **Operação de armazenagem** - eliminação de produto processado por incumprimento das especificações de armazenagem:
  - Quebra da cadeia de frio;
  - Excesso de frio;
  - Danos físicos na manipulação da mercadoria.
- f) **Falhas de logística** - eliminação de produto processado com origem em erros face às encomendas, alterações de encomenda ou excesso de stock do produto feito por previsão antes da recepção da encomenda.

De acordo com o levantamento efectuado, podem distinguir-se dois tipos de material rejeitado:

- material não edível, gerados na operação a)
- material parcialmente processado, gerado no conjunto de operações de b) a f).

Salienta-se que a variação dos valores de quebra em função do tipo de hortofrutícola laborado deve-se aos tipos de preparação a que as diferentes matérias-primas são sujeitas. Os hortofrutícolas que necessitam ser descascados, cortadas as extremidades / topos envolvem sempre perdas maiores. Os hortícolas de folhas em que é feita a remoção das folhas externas / danificadas, as perdas são menores. De entre dos frutos podem igualmente assinalar-se variações consideráveis. Por exemplo, o ananás é um fruto que envolve a eliminação de muitos tecidos (coroa, eixo central, topo e cascas), podendo o produto final representar cerca de 30% do material inicial.

Os resíduos descartados na linha de processamento (material edível e não edível) são recolhidos regularmente (recipientes plásticos de grandes dimensões - palotes) e encaminhados para um local exterior à fábrica dedicado à de gestão de refugos (parque de resíduos).

Do diagrama geral de processamento (figura 14) é possível verificar que existem mais pontos de quebra para materiais edíveis. Salienta-se que a eliminação de material já processado, por ineficiências de vária ordem no curso do processamento (pontos de b) a d)) ou, originadas por falhas no equipamento e/ou humanas (pontos e) e f)) associam perdas económicas superiores, em comparação com as perdas associadas nas fases de preparação e escolha da matéria-prima. Nesses casos as perdas somam aos custos da matéria-prima conforme os custos gastos de processamento, nomeadamente, mão-de-obra, energia, desinfectantes, água e material de embalagem.

Por outro lado, o carácter edível ou não edível dos materiais rejeitados (grau de contaminação microbiana entre outros) é determinante nas potenciais vias de valorização e, em consequência, um factor de ponderação na gestão destes materiais.

Na actualidade, os circuitos destes materiais cumprem as seguintes etapas:

- Acondicionar o material vegetal em palotes, independentemente do tipo de produtos hortofrutícolas que lhes deram origem (na maioria das vezes são misturas de vários) no interior da unidade;
- Encaminhar os resíduos (independentemente do tipo hortofrutícola) no mais curto período de tempo para um reboque (figura 16) que se localiza no exterior da fábrica, numa zona designada Parque de Resíduos.
- O reboque é por norma substituído no final da manhã e no final da tarde, conforme os montantes gerados. No entanto, o tempo de residência máximo é de 12 horas. O reboque é sempre tapado com uma cobertura para evitar a propagação de pragas de insectos.



Figura 16 - Fotografia do reboque de depósito de resíduos

No presente, a maioria dos resíduos é depositada e misturada o mais rapidamente possível no denominado Parque de Resíduos, localizado no exterior da fábrica. A premência na remoção rápida destes materiais das linhas de processamento como boa prática fabril, prende-se com a prevenção de focos de contaminação microbiológica, contaminações cruzadas para os produtos. Além do circuito anteriormente assinalado alguns resíduos (ex.: purés resultantes de operações de descasque de raízes e tubérculos ou pequenas porções de hortofrutícolas; figura 17) são reencaminhados conjuntamente com os efluentes industriais da unidade, acabando por serem recolhidos pelos primeiros equipamentos existentes na estação de tratamento de águas (Parafuso sem-fim e tamisador rotativo), sendo recuperados por esta via e, portanto, passíveis de seguirem outro destino.



Figura 17 - Resíduos do descasque da batata, recolhidos pelos equipamentos da estação de tratamento de águas

Existem normas de segurança alimentar, das quais se destacam o BRC, IFS e o FSSC22000, todas reconhecidas mundialmente pelo GFSI, um consórcio que se dedica a validar o enquadramento dos diferentes referenciais nas questões mais emergentes de Segurança Alimentar. Estes referenciais normativos dedicam alguns pontos do seu conteúdo de auditoria à problemática de gestão de resíduos e/ou desperdícios. No entanto, na prática fabril estes critérios têm demonstrado muitas dificuldades de cumprimento, especialmente quando os níveis de produção são significativos.

A rápida eliminação de resíduos é uma boa prática de organização, mas tornar os processos expeditos é de extrema importância. Os transportes devem ser feitos com as cargas o mais completas possível e, por outro lado, o tempo de permanência na empresa deve ser o menor possível. A referida prática acarreta uma logística complexa, mas imprescindível para evitar a proliferação de pragas, principalmente murédeos, insectos e aves que encontram alimento fácil e

acabam por se fixar e reproduzir ao redor das instalações fabris incitando o início de um ciclo de contaminação.

### 2.2.1.3 Quantificação das quebras

A quantificação das quebras (%), por grupo de resíduo (I a VI) considerado, ao longo de 5 anos (estimativas obtidas pela diferença entre as entradas de matérias-primas e saídas de produto final) é apresentada na figura 18.

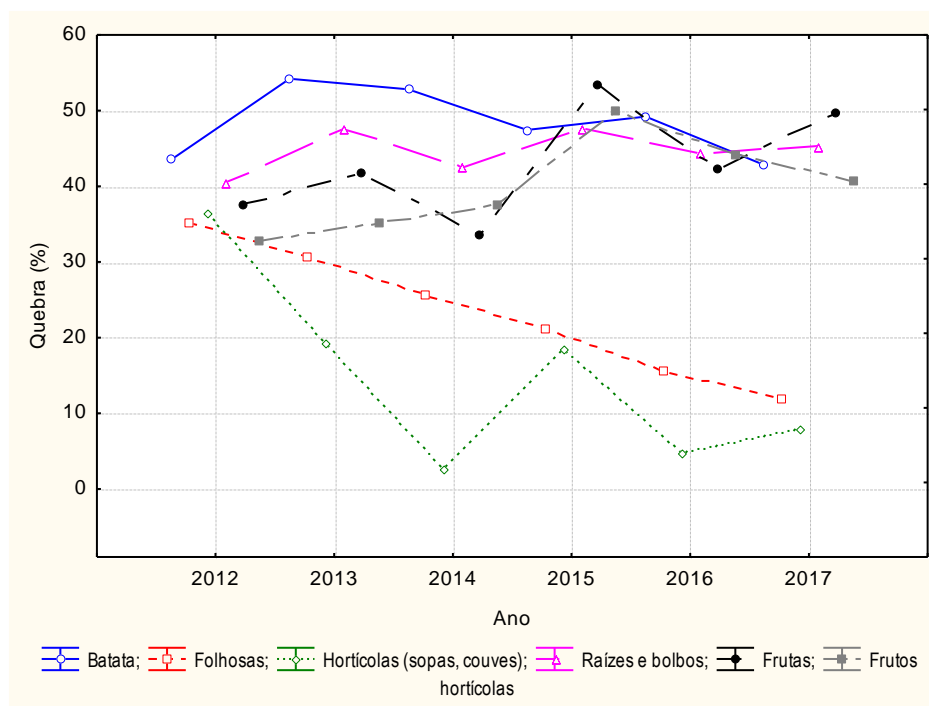


Figura 18 - Estimativa das quebras (%) anuais para cada um dos 6 grupos de resíduos de processamento mínimo ao longo de 5 anos.

Da figura 18, é possível distinguir os grupos de resíduos que originam quebras acima de cerca de 40%, como os casos de Batata, Raízes e bolbos, Frutas e Frutos hortícolas, daqueles cujos montantes gerados são inferiores, designadamente Folhosas e os Hortícolas.

Salienta-se ainda que para os primeiros 4 grupos as variações nos quantitativos gerados ao longo do período considerado não reflectem uma tendência consistente. Contrariamente, nos grupos das Folhosas e dos Hortícolas, verifica-se uma tendência de diminuição dos quantitativos gerados ao longo dos anos e, tal como se mostra na figura 19, essa tendência é linear.

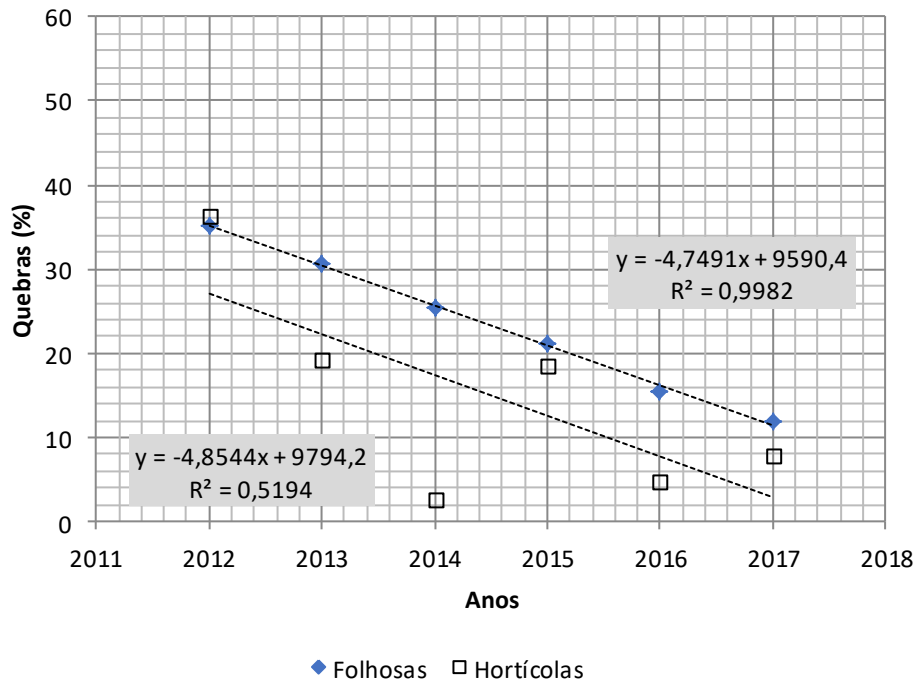


Figura 19 - Correlação linear entre as variáveis: Quebra (%) e Anos, para os grupos Folhosas e Hortícolas.

As taxas de diminuição dos resíduos em função do tempo (declive das rectas) são próximas nos dois casos, no entanto, o coeficiente de correlação linear para as Folhosas é maior e próximo da unidade face ao Hortícolas (0.998 vs. 0.519, respectivamente), traduzindo uma correlação negativa muito mais forte. Feita esta ressalva, a tendência de diminuição nos valores de quebra para estes dois grupos estima-se, em cerca de 5% por ano, alcançando no último ano valores próximos dos 10%.

Esta tendência reflecte a evolução na produção agrícola de vegetais, dos hortícolas mais convencionais para os vegetais *babyleaf*, culturas jovens com 6 a 8 folhas verdadeiras, nomeadamente alfaces, espinafres, agrião, rúcula, canónigos e outros vegetais de folha jovem. A colheita mecanizada destas culturas em folha é muito precisa, permitindo a recepção na fábrica de matéria-prima de elevada qualidade, reduzindo consideravelmente os níveis de rejeição, ficando muitas vezes as perdas associadas apenas a ineficiências dos equipamentos.

O grupo dos Hortícolas, para além de vegetais em folha inclui também outros vegetais (raízes e bolbos) utilizados em diferentes proporções nas diversas formulações de sopa. Este facto dificulta a aferição correcta de valores individuais de quebra introduzindo erros que podem reflectir-se nas variações constatadas.

Na tabela 10, apresentam-se os resultados da comparação estatística das quebras médias, por grupo de resíduos, no período de 5 anos. Estes resultados esclarecem que existem diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) entre os grupos de resíduos (Batata, Raízes e bolbos, Frutas e Frutos hortícolas) face aos (Folhosas e os Hortícolas), anteriormente assinalada. Contabilizam-se ainda as perdas médias geradas por grupo considerado, no período de 5 anos, organizadas por ordem decrescente de geração de resíduos.

Tabela 10 - Comparação de quebras (%) por grupo num período de 5 anos (2012 a 2017).

Grupo	Média ± Erro padrão	Intervalo confiança (-95,0%~+95,0%)
<b>Batata</b>	48,3 <sup>b</sup> ±3,2	41,9 -54,8
<b>Raízes e bolbos</b>	44,7 <sup>b</sup> ±3,2	38,2-51,1
<b>Frutas</b>	43,0 <sup>b</sup> ±3,2	36,6-49,5
<b>Outros Frutos hortícolas</b>	40,0 <sup>b</sup> ±3,2	33,5-46,5
<b>Folhosas</b>	23,3 <sup>a</sup> ±3,2	16,9-29,8
<b>Hortícolas</b>	14,9 <sup>a</sup> ±3,2	8,5-21,4

Na mesma coluna, letras diferentes correspondem a diferenças significativas a  $p=0.05$  (teste LSD).

Deste ponto de vista, os grupos da Batata e das Raízes e bolbos representam as situações mais críticas podendo alcançar valores de quebra próximos de 50%. Os Frutos e Frutos hortícolas situam-se em valores médios de quebra na ordem dos 40%. Os valores indicados para as Folhosas e Hortícolas, de cerca de 20 e 15 %, respectivamente, reflectem uma tendência de diminuição referida ao longo do tempo.

## 2.2.2 Subprodutos provenientes do processamento para mercado em fresco

### 2.2.2.1 Caracterização quantitativa de quantitativos comercializados

A empresa comercializa hortofrutícolas em fresco incluindo batata, maçã, pêra e outros frutos. Este último grupo abrange uma variedade de frutos, tais como: pêsego, nectarina, melancia, abrunho, marmelo e é contabilizada em conjunto porque de *per si* as cotas de comercialização são muito baixas, por motivos de sazonalidade e perecibilidade, entre outras razões.

Nas figuras 20 e 21 são apresentadas, respectivamente, as quantidades comercializadas (kg x 10<sup>6</sup>) e as cotas anuais (%) para cada um dos 4 grupos (batata, maçã, pêra e outros frutos) durante o período temporal de 2012 a 2017.

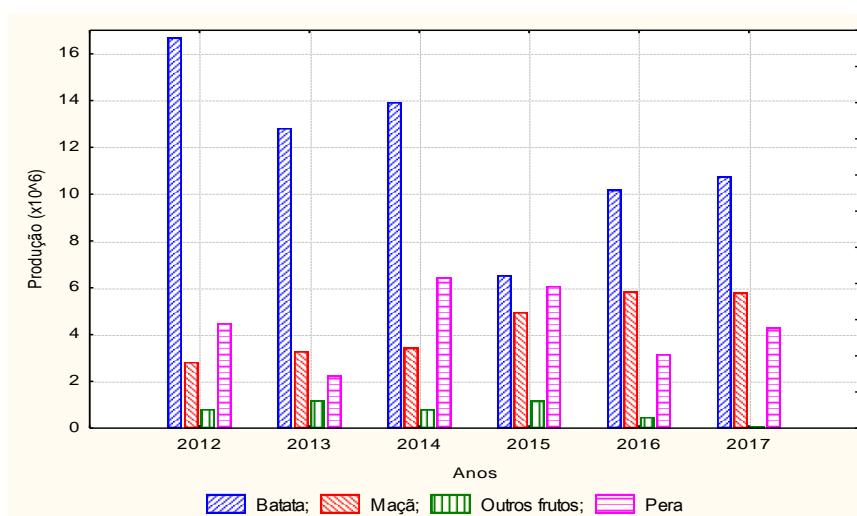


Figura 20 - Quantidades comercializadas por ano relativo aos grupos: batata, maçã, pêra e outros frutos.

Das figuras 20 e 21, verifica-se que no período indicado, a batata é, e de entre os grupos considerados, o produto mais representativo (> 50% de cota anual), correspondendo a valores transaccionados acima de 10000 toneladas por ano, com excepção do ano de 2015, cujos valores foram inferiores (ca de 6000 t e 35% da cota anual). Ao longo do período considerado (2012 a 2017), assiste-se a uma tendência de diminuição das quantidades comercializadas (queda de ca de 35%), no entanto, a batata apresenta sempre uma grande superioridade face aos frutos.

A maçã e a pêra seguem-se em termos de valores comercializados, variando no período considerado, de 3000 a 6000 t/ano com cotas anuais (figura 21) a variar entre 11% a 35%. Até ao ano de 2014 verificou-se uma alternância da importância relativa entre a pêra e a maçã.

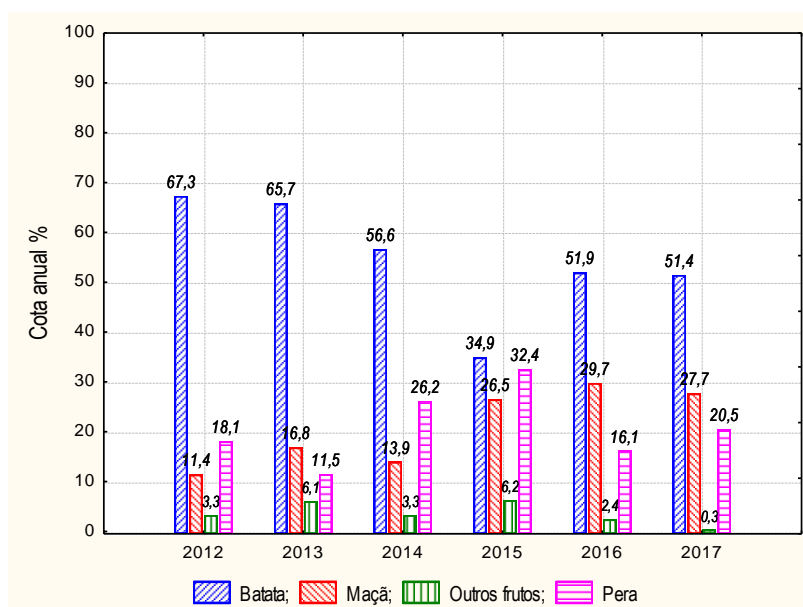


Figura 21 - Quantidades comercializadas por ano (cotas %) para cada um dos grupos - batata, maçã, pêra e outros frutos, relativo ao período de 2012 a 2017.

Entre 2014 e 2015 ocorreu a superioridade da pêra e, nos últimos dois anos, a superioridade da maçã (30% e 28% de cota anual, respectivamente). No período em estudo, os valores comercializados de maçã têm vindo a aumentar de forma consistente. A representatividade do grupo "Outros frutos" é marginal em comparação com os restantes, nunca tendo sido ultrapassados valores de 1200 t/ano. A partir de 2015, verificou-se para além disso, uma tendência de diminuição destes valores, tendo alcançado em 2017 valores muito baixos de cota anual (0.3%).

### 2.2.2.2 Identificação de pontos de quebra

Neste ponto serão apenas focados o grupo dos frutos, maçã e pêra, e da batata, porque como se assinalou no ponto anterior, o grupo dos Outros frutos apresenta uma expressão quantitativa muito reduzida, com tendência para desaparecer.

Na tabela 11, exemplificam-se as principais variedades de batata e pomóideas (maçã e pêra) comercializadas pela empresa.

Tabela 11 - Hortofrutícolas comercializados no mercado em fresco.

Produto	Variedades
<b>Batata</b>	Inúmeras, a cada ano, novas variedades propostas e cultivadas (Agrida, Mozart, Vivaldi, Red Scarlet, Asterix, Monalisa, Annabele, Fontane, Hermes, Adora, Ágata, Caesar, Fábula, Markies, Melody, Rodeo)
<b>Maçã</b>	Royal Gala; Fuji; Story; Starking; Granny Smith; Reineta; Golden Delicious; Red Delicious; Casanova de Alcobaça; Jonagold; Crispy Pink
<b>Pêra</b>	Rocha; Packhams; Williams; Conference

Na figura 22 apresentam-se os diagramas gerais de processamento (frutos à esquerda e batata à direita), com identificação das operações que geram quebras (perdas de matéria vegetal) e os locais onde as mesmas ocorrem.

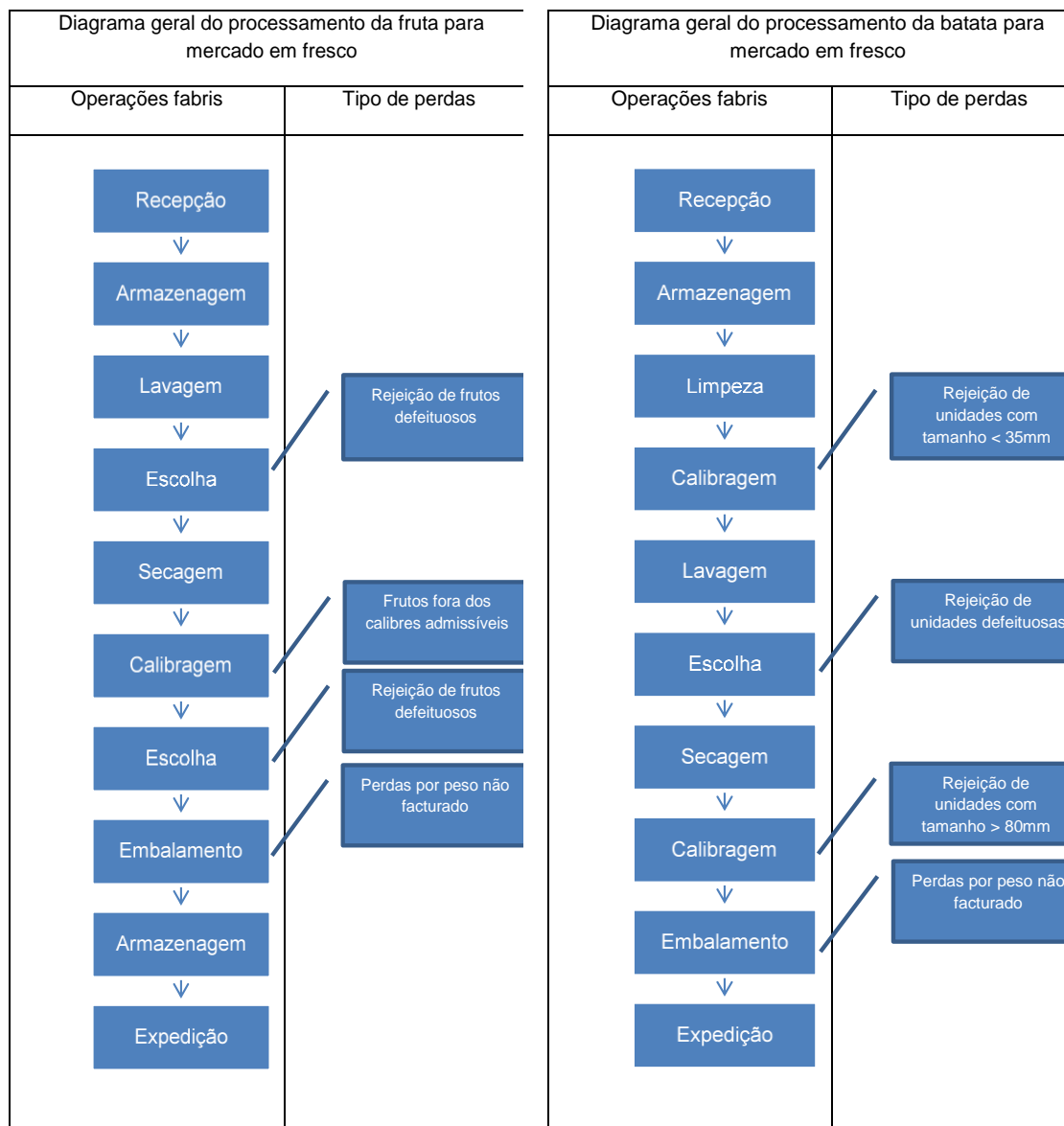


Figura 22 - Diagrama Geral de processamento de frutos (esquerda) e batata (direita)

As quebras associadas referem-se principalmente aos seguintes motivos, no caso dos frutos:

- Perdas de massa por desidratação durante a armazenagem prolongada;
- Eliminação de frutos por não cumprimento de determinados padrões de qualidade comercial (ex.: calibre, presença de defeitos físicos);
- Eliminação de frutos por apresentação de podridões visíveis;
- Perdas de massa por desidratação do produto embalado (taxas de perda de água e coeficientes de transpiração, conhecido pelas 'Perdas no último quilómetro' (Zhang e Zhang, 2016)).

Em anexo (Anexo 1) consta um exemplar de ficha técnica da maçã, baseado na legislação.

Os subprodutos gerados neste tipo de processamento referem-se apenas a produtos rejeitados (de b) a c)), podendo incluir matéria vegetal com qualidade para alimentação humana ou animal, dependendo dos motivos da rejeição.

No caso da batata, as quebras associadas referem-se principalmente aos seguintes motivos:

- Esverdeamento do tubérculo, associado a presença de Solanina, um glicoalcoide tóxico associado a complicações renais graves e alguns tipos de cancro (figura 23);
- Formação de grelos e desidratação (figura 23);
- Doenças e desordens fitossanitárias múltiplas, que podem afectar o interior ou exterior do tubérculo;
- Amolecimento por degradação da estrutura celular e conversão de amido em açúcares;
- Cortes, esfolas e pancadas resultantes da colheita (figura 23);
- Desvios ao uso culinário esperado (figura 24);

Em anexo (Anexo 2) constam os requisitos de qualidade para batata de consumo, baseados na legislação. Os subprodutos gerados neste tipo de processamento (de b) a e)) podem incluir matéria vegetal com qualidade para alimentação humana ou animal, dependendo dos motivos da rejeição.



Figura 23 - Exemplo de defeitos em batata, cortes, esverdeamento, doenças epidérmicas e desidratação



Figura 24 - Exemplos ilustrativos de falta de aptidão culinária de batata

Os critérios utilizados na selecção dos produtos para comercialização em fresco, são apresentados na tabela 12. Os subprodutos, gerados neste tipo de processamento, referem-se aos hortofrutícolas (Tabela 11) cujos requisitos de qualidade não cumprem os padrões impostos pela legislação europeia ou nacional, ou mesmo, por critérios impostos pelos clientes (eg. empresas de distribuição).

Tabela 12 - Critérios de selecção/rejeição

Produto	Critérios de rejeição
<b>Maçã</b>	<i>Cor e Textura não características; Baixo grau Brix; Bitter pit; Pisaduras; Cracking; Vitricência; Deformações</i>
<b>Pera</b>	<i>Cor e Textura não características, Baixo grau Brix; Carepa; Deformações; Riscado; Perfuração do pedúnculo</i>
<b>Batata</b>	<i>Abrolhamento, danos de colheita, defeitos epidérmicos, danos associados a doenças, esverdeamento, baixo teor de amido</i>

*Nota: defeitos visíveis não tolerados ou quantificáveis, não admissíveis.*

Os frutos e a batata que não cumprem os requisitos padrão para comercialização em fresco, são encaminhados para outras vias, dependendo dos motivos de rejeição.

Os principais destinos considerados incluem (figura 25):

- **Processamento mínimo.** A batata rejeitada por não cumprir padrões de calibre, ou por apresentar irregularidades de forma sem haver comprometimento da qualidade edível (eg. ausência podridões, esverdeamento) são canalizados para a linha de processamento mínimo.
- **Outras indústrias:** Os frutos rejeitados por não cumprir padrões de calibre, ou por apresentar irregularidades de forma sem haver comprometimento da qualidade edível (eg. ausência podridões) são escoados/vendidos para outras indústrias, designadamente, de sumos e polpas.
- **Outros mercados abastecedores:** Lotes de batata rejeitados por não cumprir os padrões da empresa, do ponto de vista da aptidão culinária (não fritam ou não cozem adequadamente; figura 24) são canalizados para mercados menos exigentes.
- **Doações:** Normalmente associado a desvios que levam a que os frutos e a batata não possam ser incluídos nas categorias Extra e I, sendo um produto de categoria II ou inferior. A valorização por esta via pode representar um benefício fiscal (emissão de donativo declarado) ou, no caso de doação ao Banco Alimentar Contra a Fome, ser beneficiada por fundos estatais.
- **Alimentação animal:** Os frutos e tubérculos severamente afectados (eg. podridões visíveis, abrolhamento) são canalizados para alimentação animal. Esta via corresponde à última opção da valorização.



Indústria



Exemplares para doação



Alimentação animal

Figura 25 - Diferentes destinos para subprodutos da fruta

### 2.2.2.3 Quantificação das quebras

Na figura 26 apresenta-se o diagrama geral de processamento de frutos destinados ao mercado em fresco (pêra, maçã) com indicação de estimativas médias de quebra, por etapa do processamento fabril.

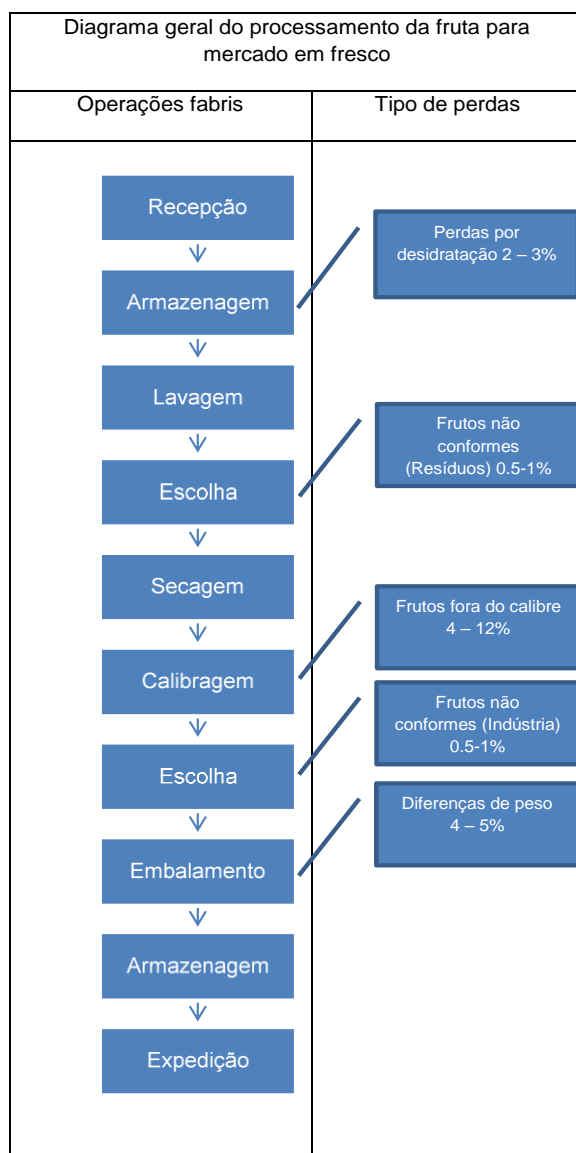


Figura 26 – Diagrama geral do processamento de fruta para o mercado em fresco, com distribuição e quantificação das quebras por etapas.

Através das estimativas assinaladas na figura 26, verifica-se que é na operação de calibragem que são rejeitados os maiores quantitativos (4-12%). Estes frutos não provêm apenas da rejeição de calibres inferiores podendo o motivo ser atribuído à presença de deformações e defeitos epidérmicos. O não cumprimento destes últimos critérios, pode inviabilizar a comercialização em fresco mas não se traduzir na perda de qualidade edível, recebendo na actualidade a designação de 'fruta feia'.

A eliminação de frutos, não conformes, representa perdas de cerca de 0,5 a 1,5% e pode incluir frutos com podridões visíveis podendo reflectir contagens microbiológicas elevadas (bolores e leveduras) e torná-los inapropriados ao consumo humano. Por esse motivo, o respectivo destino é mais limitado como seja a alimentação animal.

As perdas por desidratação com origem no armazenamento prolongado podem variar de 2 a 3% e têm carácter irreversível. As estratégias para as minimizar, designadamente a utilização de sistemas de nebulização para humidificar o ar no interior da câmara, em curso na empresa, contribuem para a sua prevenção e simultaneamente para a manutenção da qualidade inicial dos frutos.

As diferenças de peso ao nível da entrega são elevadas, na ordem de 4 a 5%, no entanto, difíceis de evitar. Para os produtos pré-embalados em sacos (eg. maçã), o recurso a equipamentos de pesagem dinâmicos, cujo funcionamento permite a pesagem em contínuo é uma forma de minimizar este tipo de perdas (designado de "give away").

### **2.2.3 Perfil dos circuitos de valorização**

O material rejeitado nas linhas de processamento mínimo (IV Gama) tem na actualidade destinos diversificados. Parte destina-se à alimentação animal, mediante a autorização da Direcção Geral de Veterinária, que atesta a conformidade dos materiais para esta finalidade. Outra parte é canalizada através de donativos para instituições havendo ainda uma outra parte que é enviada para aterros. Faz-se notar que só a primeira situação é que tem retorno económico ainda que quase nulo para a empresa, que identificaremos como quebra com retorno económico. Contrariamente, os materiais canalizados para aterro sanitário, poderão ter impacto económico negativo associado à respectiva gestão fabril, nomeadamente custos associados ao transporte, armazenamento e expedição.

Globalmente, a contabilização dos destinos dados aos resíduos da IV gama, relativo no período de 2012 a 2017 é apresentada na figura 27.

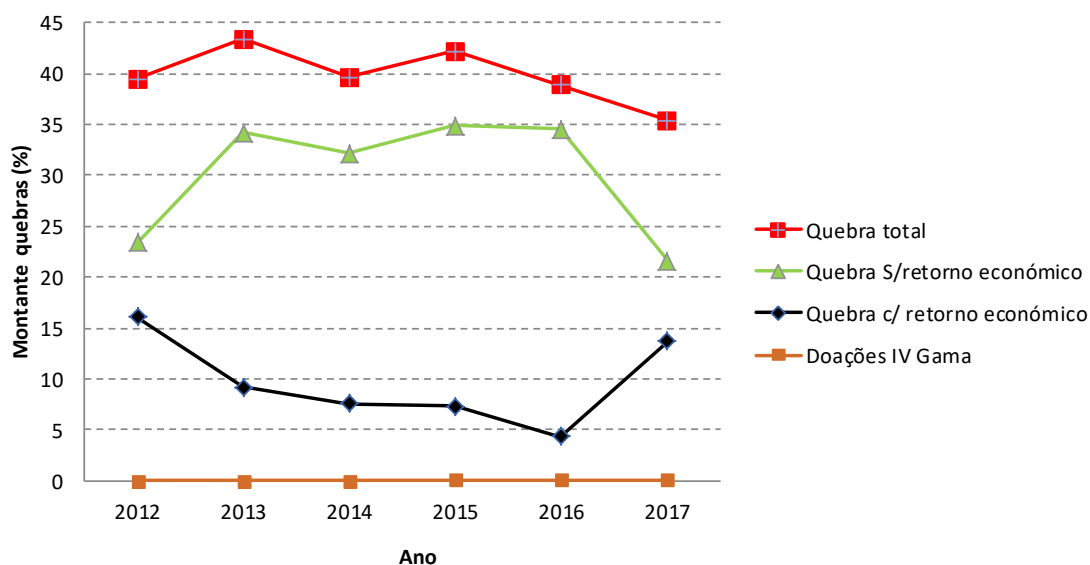


Figura 27 - Contabilização das quebras associadas ao processamento da IV gama.

Constata-se, que as quebras decorrentes deste processamento oscilam em torno de  $40\% \pm 4\%$ . No entanto, de 2016 para 2017, assistiu-se a uma diminuição da quebra, tendo-se no último ano verificado o menor valor de quebra (ca. 35%) relativo ao período de 6 anos. Esta situação a manter-se poderá indicar a uma tendência de diminuição na geração de resíduos.

Os valores de quebra sem retorno económico rondam valores próximos de 35% com excepção dos anos de 2012 e 2017 com valores bastante inferiores (24% e 20%, respectivamente). Por outro lado, os valores de quebra com retorno económico rondam valores de 7% exceptuando-se os anos de 2012 e 2017 com valores bastante superiores (ca de 15%). Retirando as excepções (2012 e 2017) verifica-se uma grande disparidade entre os valores de quebra com e sem retorno económico, constatando-se perdas médias de ca de 28% traduzindo perdas económicas elevadas. As doações não têm ainda qualquer expressão neste cômputo, tendo-se verificado valores nulos no período de 2012 a 2014 e de 0.06% nos restantes.

Relativamente aos produtos transaccionados *in natura* – maçã, pêra e batata, apresenta-se na figura 28, a respectiva distribuição relativa no período considerado (2012 a 2017). A maior percentagem, para todos os produtos, destina-se à comercialização para o mercado em fresco, com cotas a variar entre 60% a 90%, sem grandes alterações ao longo dos anos considerados. Assim, a pêra é praticamente escoada no mercado em fresco, com valores a variar entre 70% a 90%, a batata, a variar entre 70% e 80% e a maçã, a variar entre 60% a 84%.

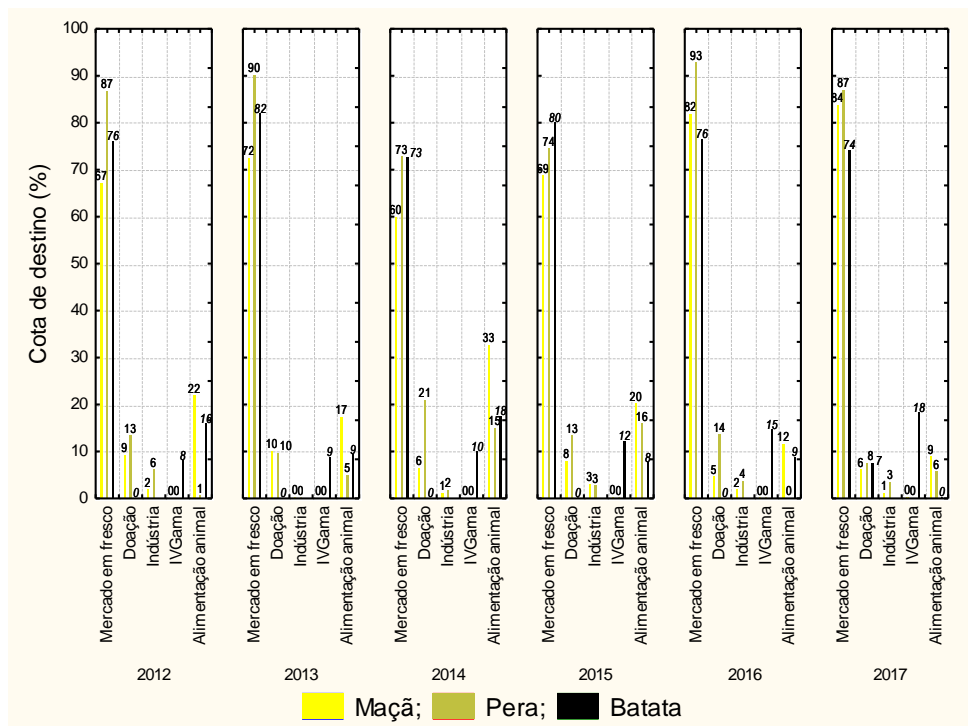


Figura 28 - Distribuição dos destinos (cotas em %) para a maçã e pêra, por ano, relativo ao período de 2012 a 2017.

Apenas a batata se destaca no escoamento para processamento em IV gama, com valores a variar de 8% a 18% (figura 28). É interessante notar o aumento consistente deste aproveitamento, ao longo do período considerado (com duplicação de valores de 2012 para 2017).

Já o destino indústria é sobretudo para os frutos, representando valores baixos dado que nunca ultrapassou os 3%. A doação é também um destino preferencial para os frutos com valores globais, a variar de 5 a 14%. A batata só foi canalizada para este destino (doação) no ano de 2017 (8%). Os valores destinados à alimentação animal para a maçã variam de 9 a 22%, para a pêra de 1 a 15% e para a batata de 8% a 18%. Nestes valores são contabilizadas as perdas por desidratação e/ou desvios de peso que não são recuperáveis. Faz-se esta nota para esclarecer que os quantitativos de subprodutos gerados efectivos são menores do que os apresentados uma vez que dentro desta quebra teremos de considerar as perdas por desidratação e as perdas por entrega ao cliente, de peso superior ao facturado, pelos motivos referidos anteriormente.

No gráfico da figura 29, foi possível efectuar a comparação entre as cotas percentuais entre a maçã e a pêra. No período considerado, os frutos (maçã e pêra) foram maioritariamente canalizados para o mercado em fresco (> 70%), verificando-se uma superioridade significativa ( $p < 0.05$ ) da pêra face à maçã (83.7% vs. 72.3%). Tal pode dever-se ao facto dos critérios relacionados com maçã serem mais estritos que os da pêra rocha, a variedade com que se trabalha, e esta variedade só existir a nível mundial no Oeste, pelo que, as tolerâncias da procura poderão variar em função da oferta.

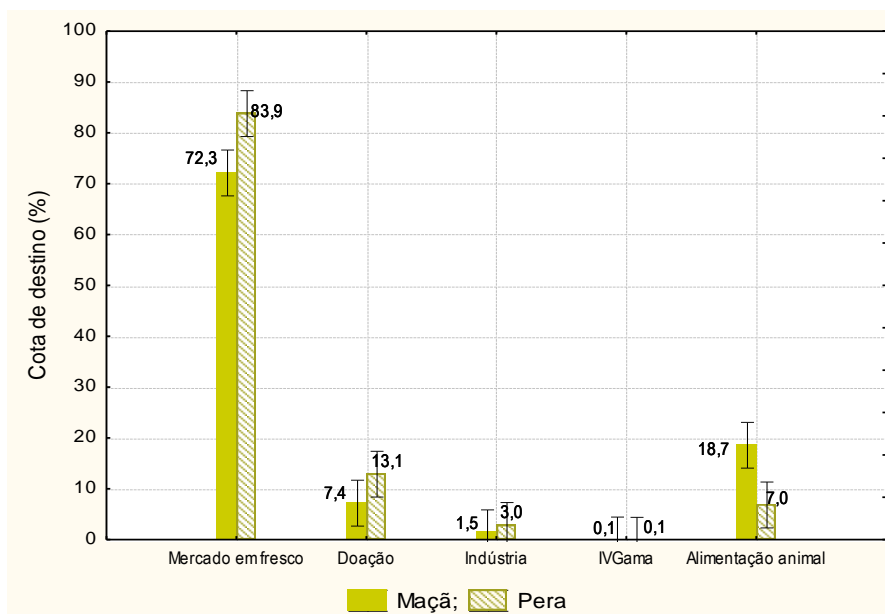


Figura 29 - Distribuição dos destinos (cotas em %) para a maçã e pêra, relativo ao período de 2012 a 2017.

Uma parte dos frutos foi canalizada para doação (2,8% e 7,4 %, respectivamente pêra e maçã), não existindo neste caso diferenças significativas entre frutos. O destino indústria de sumos representa cotas relativamente baixas de 1,5 e 6,3% para a maçã e pêra, respectivamente, sem diferenças ( $p>0,05$ ) entre si. A transformação em processamento mínimo (IV gama) tem um peso marginal, e semelhante ( $p>0,05$ ) de 0.1% para maçã e 0.2% para pêra.

Os quantitativos destinados à alimentação animal são significativamente diferentes ( $p<0,05$ ) entre frutos, representando os valores da maçã mais do dobro do da pêra (18,7% vs. 7%). Como fora explicado acima, considera-se que pelo facto de existir uma oferta de maçã generalizada à escala nacional e global, os critérios de selecção serão mais apertados que para a pêra rocha de Denominação de Origem Protegida (DOP), cujas quantidades serão consideravelmente mais limitadas a nível mundial uma vez que a produção se cinge apenas ao oeste de Portugal, entre os concelhos de Pombal e Sintra.

Avaliação de tendências e cotas (em %) por tipologia de produtos e destino (resíduos e subprodutos), entre 2012 e 2017 é mostrado na figura 30.

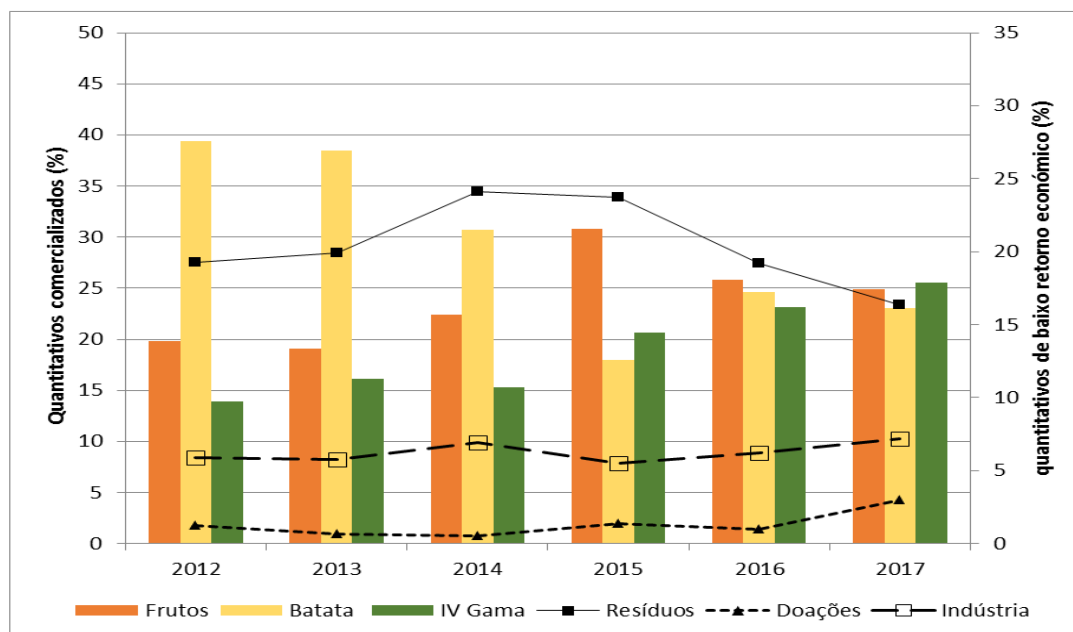


Figura 30 – Quantitativos transaccionados (%) por tipologia de produtos e destino, entre 2012 e 2017.

Os resíduos (em média ca de 20%, figura 30) essencialmente provenientes da IV gama que poderiam ser canalizados para alimentação animal são pouco valorizados pelos produtores de bovinos e suínos por não lhes ser reconhecido valor alimentar equilibrado face a rações. Assim, este destino traduz-se num retorno económico quase nulo, sendo por vezes, encaminhados para aterros sanitários.

O destino indústria (em média ca de 6%, figura 30) inclui frutos fora de calibre e frutos com pequenos defeitos epidérmicos, representando igualmente uma valorização com pouca expressão económica dado que os mesmos são pagos a valores muito reduzidos pela elevada oferta. Por este motivo, uma boa parte destes frutos destina-se a doações que na actualidade tem ainda expressão muito reduzida.

### 2.2.3.1 Conclusões parciais e propostas de redução e valorização para resíduos

No processamento mínimo, a constatação dos valores elevados de quebra (cerca de 40%), o fraco retorno económico (cerca de 0,02€/kg) e o impacto ambiental associado (parte são encaminhados para aterros), justificam a adopção de dois tipos de estratégias sobretudo porque se estima que estas matérias-primas representem um valor superior a 3 milhões de euros. A primeira centrada na redução do volume de resíduos e a outra, na implementação de vias de valorização alternativas às actualmente existentes.

A redução dos volumes gerados pode ser concretizada através de medidas que contribuam para o aumento da eficiência dos processos tecnológicos.

#### I. Eficiência do processamento tecnológico

A existência de linhas de processamento com várias discontinuidades (tapetes transportadores curtos ou vários tapetes em vez de um só) ou mudanças de direcção (em vez da marcha em frente) origina muitos pontos de quebra nos quais se perde material edível de qualidade. Neste sentido, a alteração do *layout* fabril com vista a minimizar

descontinuidades e mudanças de direcção entre tapetes transportadores é uma proposta com vista à redução dos resíduos gerados. Nomeiam-se alguns exemplos:

- ☑ Sensores de abastecimento/carga de linhas, detectam produto em linha e bloqueiam as linhas anteriores evitando-se acumulação de vegetais em determinados locais onde a acção mecânica vai levá-los a cair para o chão;
- ☑ Sistemas de varrimento de vegetais, por sopro por ar comprimido, jacto de água ou de varredura (vassouras, teflon, barreiras físicas de inox) para transição entre tapetes;
- ☑ Tapetes duplos sobrepostos (pulmão).

O aumento na eficiência em operações unitárias chave (associadas a maiores perdas), tais como, a Preparação e Escolha, o Corte e a Embalagem, concorrem igualmente para o mesmo objectivo. Nomeiam-se alguns exemplos:

- ☑ Preparação de vegetais para o corte (Formação e sensibilização no fraccionamento);
  - ☑ Lâminas de corte (afiadas com controlo regular, sistemas de lavagem de lâminas em contínuo);
  - ☑ Linhas de lavagem adaptadas ao tipo de produtos a lavar (prevendo ingredientes pesados, não flutuantes ou muito finos);
  - ☑ Embaladoras adequadas à tipologia de produtos a embalar (cones de grande inclinação e sistemas vibratórios intensos);
  - ☑ Controlo de desvios admissíveis no produto embalado (*Reject/Give away*, balancear o custo da matéria-prima nesta fase, perdida vs. custo da embalagem a abrir).
- ✓ A recepção de matéria-prima de elevada qualidade (vegetais *baby leaf*) demonstrou ter um impacto significativo na redução do material rejeitado ao nível das operações iniciais de selecção. Com a mesma lógica, a adopção de critérios mais estritos para a qualidade das matérias-primas recepcionadas na empresa (exemplo de ficha técnica no Anexo 3), através da selecção dos respectivos fornecedores pode constituir outra medida com vista à redução do desperdício. Nomeiam-se alguns exemplos:
- ☑ Regras ao nível da dimensão máxima de caules para produtos em que se aplica;
  - ☑ Calibres muito bem equacionados no âmbito previsto e no tipo de equipamentos a utilizar;
  - ☑ Regras para o acondicionamento, evitando produto acalcado, macerado e produto que se quebra ao retirar da caixa;
  - ☑ Alinhar o mais possível a especificação de uma matéria-prima recepcionada com a especificação do produto final, dispensando a apresentação (cortes) pode auxiliar na definição de critérios de aceitação;
  - ☑ Controlo de qualidade das matérias-primas à recepção, muito meticuloso que verifique os pressupostos acima.
- ✓ A agricultura de precisão e estratégias agrícolas adequadas como reforço da polinização asseguram melhorias nomeadamente no calibre e características intrínsecas do produto reduzindo o desperdício alimentar e aumentando a produtividade.

Apresentam-se na figura 31 alguns exemplos das ineficiências de equipamento supracitadas bem como sistemas/equipamentos alternativos que visam a diminuição das quebras identificadas.



Figura 31 – Detalhes de ineficiências e equipamentos que promovem eficiência do processo

## II. Vias alternativas de valorização

Neste âmbito e atendendo à natureza deste tipo de resíduos, de elevada perecibilidade e de elevado risco de contaminação, propõem-se as seguintes estratégias:

- a) Utilização dos resíduos como substrato para a produção de energia renovável:
  - i. Esta medida envolve a implementação de uma unidade móvel de produção *in-situ* de biogás através do processo de co-digestão anaeróbia. A qualidade do biogás e valor energético associado dependem da composição da matéria vegetal utilizada no processo de digestão anaeróbia e que terá de ser optimizada;
  - ii. Quantificação da conversão do biogás em energia térmica potencialmente utilizável no processo produtivo;
  - iii. Acresce ainda a utilização do co-produto, resultante da co-digestão anaeróbia, com vista à utilização como fertilizante agrícola com qualidade e padrões higio-sanitário assegurados.
- b) Utilização de resíduos da batata como matriz para a extracção de compostos fenólicos. Esta proposta baseia-se no facto de na empresa este hortícola ser o mais representativo e em que os volumes de desperdício são muito significativos (41,9 -54,8%, no período estudado). Por outro lado, o elevado teor fenólico da batata justifica-a para o efeito (Oreopoulou e Tzia, 2007).

### 2.2.3.2 Conclusões parciais e propostas de valorização de subprodutos

As vias de valorização de subprodutos actualmente adoptadas na empresa, nomeadamente os destinos indústria ou alimentação animal, associam retorno económico mínimo.

Estes subprodutos representam 10 a 20% (ca 2250 a 4500 toneladas/ano) do total de matéria-prima laborada pela empresa, representando cerca de 1,2 a 2,2 Milhões de euros o que justifica a implementação de alternativas mais rentáveis. Por outro lado, estes subprodutos, com excepção de hortofrutícolas com manifestação visível de infecção/doenças, apresentam à partida uma qualidade 'sanitária' muito superior face aos resíduos eliminados no processamento mínimo. Desde logo enquanto produtos inteiros (células vegetais intactas) apresentam também maior estabilidade fisiológica/bioquímica o que facilita a conservação do potencial bioactivo de recuperação, simplificando o manuseamento/armazenagem e respectivo transporte. Estes factos são muito importantes, permitindo encará-los como 'novas matérias-primas' ou novos ingredientes. Neste sentido, podem conjecturar-se as seguintes vias de valorização:

- a) Desenvolvimento de novos produtos, optimização e implementação de processos tecnológicos de novos produtos de valor acrescentado, nomeadamente o fabrico de polpas ou sumos de marca própria. Outros exemplos poderão ser vinagres, doces e compotas, sidras, vegetais e frutas desidratadas, farinha e biscoitos.
- b) Utilização de subprodutos como matrizes de eleição para extracção de compostos bioactivos a incorporar nas referidas tecnologias de fabrico, designadamente compostos fenólicos e pectinas.
  - i. Na tecnologia de polpas ou sumos a adição destes ingredientes pode desempenhar múltiplas funções, actuar como aditivos/agentes de conservação e, tendo em conta a actividade antioxidante destes compostos, servir como 'suplementação funcional' do novo produto e promover a qualidade sensorial (cor e aroma).
- c) Para os subprodutos que não reúnam características edíveis (frutos contaminados) poderão ser canalizados para a produção energética em complemento dos resíduos de processamento mínimo ou como anteriormente referido utilizar esta biomassa para a recuperação/fertilização de solos.

O aumento da eficiência dos processos, designadamente a conservação pós-colheita de longa duração para as pomóideas, com a promoção da qualidade e diminuição da incidência de fitopatologias, contribui para diminuir os frutos rejeitados.

### 3 CONCLUSÕES GERAIS

De acordo com o levantamento efectuado e com vista a aumentar a eco-sustentabilidade da empresa, conclui-se que será necessário intervir em duas vertentes principais: minimizar os volumes gerados e explorar vias de valorização dos resíduos / subprodutos (figura 32), em lugar de os encaminhar para as vias de fraca valorização económica vigentes.

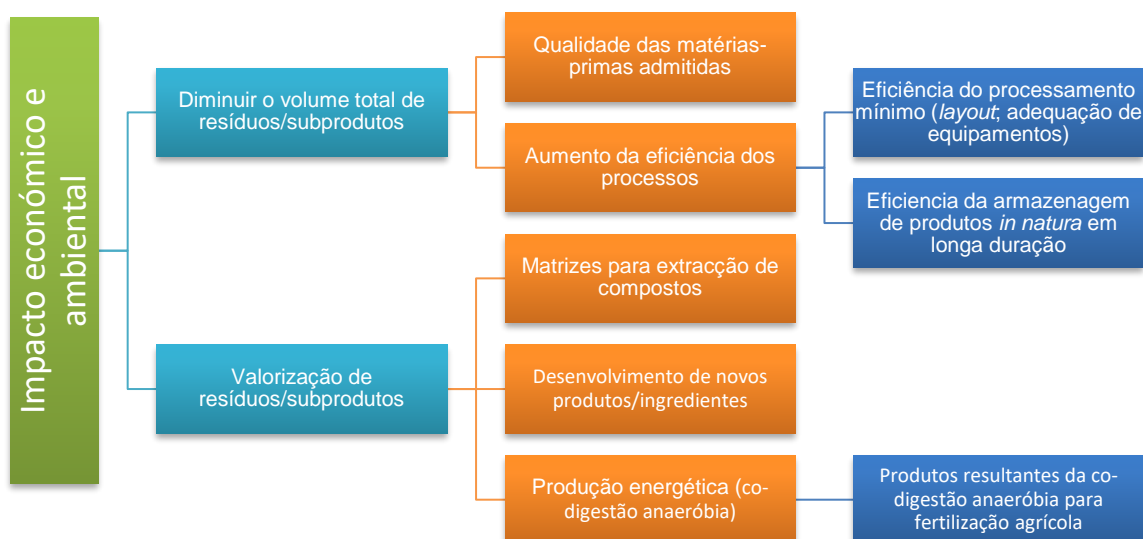


Figura 32 - Proposta de intervenção para diminuir o impacto económico e ambiental associado à geração de co-produtos (resíduos e subprodutos) da empresa.

A introdução das propostas assinaladas tem implicações genéricas na actual gestão dos resíduos, designadamente ao nível da respectiva manipulação e armazenagem. Destacam-se alguns procedimentos a implementar:

- Segregação de resíduos por grupo, com vista a viabilizar a caracterização de parâmetros físico-químicos chave para a avaliação do potencial energético e posteriormente otimizar a preparação das misturas para o processo de co-digestão.
- Segregação dos resíduos da batata, maçã e pêra com exigência de acondicionamento e transporte refrigerado.
- Optimização das condições de armazenagem temporária de resíduos, no que respeita ao dimensionamento dos recipientes (em função da quantidade gerada por cada período do dia).

Todas as propostas referidas envolvem investimentos económicos significativos (exemplo: adaptação / compra de equipamentos e vasilhame) o que implica uma planificação faseada, uma definição temporal de metas e a quantificação do impacto das estratégias propostas em termos de retorno financeiro. Tendo em conta a implementação das propostas anteriores e o necessário faseamento, sugerem-se as metas temporais apresentadas na figura 33.

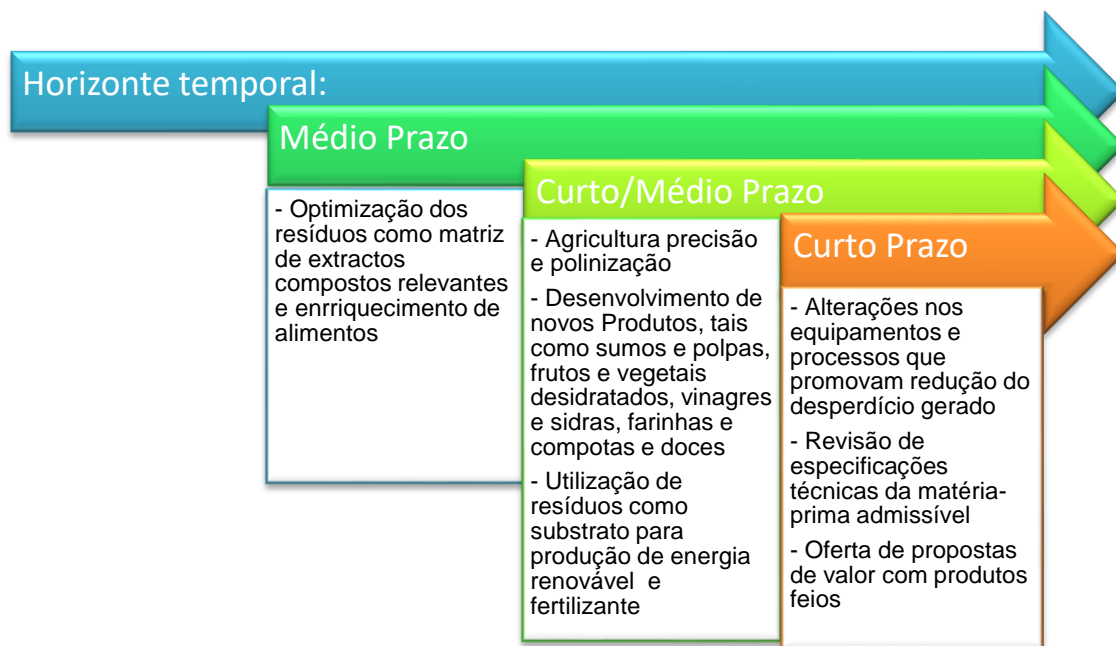


Figura 33 – Proposta de metas temporais a implementar no âmbito das propostas alternativas de valorização de co-produtos (resíduos e subprodutos).

Salienta-se, no entanto, que a reutilização/valorização de co-produtos se encontra ainda numa fase incipiente sendo necessário elevados investimentos na área da investigação, nomeadamente nas áreas das novas tecnologias de extracção e/ou de novas linhas de produção de alimentos. No presente, os custos associados às novas abordagens são mais elevados face aos que actualmente estão associados à gestão tradicional destes materiais.

Na actualidade, as acções realizadas pela indústria alimentar têm-se focalizado nos esforços de redução do consumo de energia e água e, de forma marginal, na recuperação de energia a partir de resíduos. Por estes motivos, o desenvolvimento desta área necessita de uma estreita colaboração entre a investigação e a indústria, no que respeita à adaptação e utilização de tecnologias já existentes, da existência de unidades fabris para a recuperação de biomoléculas a partir de resíduos/subprodutos e, não menos importante, a aplicação de economias de escala que possibilitem o tratamento de grandes volumes de biomassa caracterizada por baixos valores económicos específicos. Em particular, salienta-se a necessidade de adoptar novas tecnologias de extracção capazes de reduzir o consumo de solventes e, em consequência, capazes de aumentar a eco-sustentabilidade geral do ciclo de vida dos alimentos.

Por outro lado, o desenvolvimento de novos produtos laborados a partir de subprodutos ou incorporados com biomoléculas recuperadas, deverá obedecer a duas preocupações principais, designadamente serem sensorialmente apelativos e apresentarem preços acessíveis ao consumidor. Em paralelo, terão de se desenvolver campanhas de sensibilização junto do consumidor com o objectivo de promover a compra destes novos produtos alimentares a esclarecer os respectivos benefícios.

O consórcio entre empresas do sector e entidades do Sistema Científico e Tecnológico Nacional (ISA e o INIAV), através das actividades do Grupo Operacional ProEnergy (Novos produtos alimentares e bioenergia a partir de frutos de baixo valor comercial e resíduos agro-industriais) representa, tal como referido, o esforço colectivo necessário.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, M., Alegria, C., Pinheiro, J., Duthoit, M., Gonçalves, E.M. (2011). Extração de compostos fenólicos de cascas e sementes de pera Rocha e maçã Royal Gala. (Capítulo IV - Dispositivos Experimentais e Tecnologias Laboratoriais e de Campo). In Coelho, P. S., & Reis, P., Ed. Agrorural: Contributos científicos (pp. 848-857). Edição Instituto Nacional de Recursos Biológicos, I.P. e Imprensa Nacional – Casa da Moeda, S.A.. [ISBN 978-972-27-2022-9]
- AEP (2011). Manual de Gestão de Resíduos Industriais. Associação Empresarial de Portugal.
- Ahluwalia, S., Shivhare, U. S., Base, S. (2013). Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of compounds with antioxidant activity from fruits and vegetables waste – a review. Focusing on Modern Food Industry. 2(1):43-62.
- Alegria, C. (2007). Processos de descontaminação alternativos em cenoura minimamente processada: natureza dos tratamentos e local de aplicação. Dissertação para obtenção do grau de mestre em Ciências e Engenharia dos Alimentos. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa. pp.119.
- Alexandratos, N., Bruinsma, J., (2012). World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO
- Alves, J. F. M. (2015). Valorização de Resíduos por co-digestão anaeróbia. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Energias Renováveis e Ambiente, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
- Amarowicz R., Pegg R.B., Rahimi-Moghaddam P., Barl B., Weil J.A. (2004): Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. Food Chemistry, 84: 551–562.
- Amarowicz R., Troszyńska A., Baryko-Pikielna N., Shahidi F. (2004a): Extracts of polyphenolics from legume seeds – correlation between their total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. Journal of Food Lipids, 11: 278–286.
- APED, Na medida certa, A APED na prevenção do desperdício alimentar, Lisboa, 2016.
- Appels, L., Baeyens, J., Degrève, J., & Dewil, R. (2008). Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge. Progress in Energy and Combustion Science, 34(6), 755–781.
- Appels, L., Lauwers, J., Degrève, J., Helsen, L., Lievens, B., Willems, K., Impe, J. V. E Dewil, R. (2011). Anaerobic digestion in global bio-energy production: Potencial and research challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 15(9):4295-4301.
- Araldi F., Marchesi M., Bertazzoni B., Zagni M., Navarotto P., (2012) Monitoring of the startup phase of one continuous anaerobic digester at pilot scale level, Biomass Bioenergy 36 439-446.
- Ariunbaatar, J., Panico, A., Esposito, G., Pirozzi, F., & Lens, P. N. L. (2014). Pretreatment methods to enhance anaerobic digestion of organic solid waste. Applied Energy, 123, 143–156.
- Arvanitoyannis, I. S. e Varzakas, T. H. (2008). Vegetable waste treatment: comparison and critical presentation of methodologies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 48(3): 205-247.
- Assis F., Morais R. & Morais A. (2018). Osmotic Dehydration Combined with Freeze-drying of Apple Cubes and Comparison with Microwave Drying and Hot Air Drying, Advances in Food Science and Engineering, Vol. 2, No. 1 38-47

- Ayala-Zvala, J., Rosas-Domínguez, C., Veja-veja, V. e González-Aguilar, G.A. (2010). Antioxidant enrichment and antimicrobial protection of fresh-cut fruits using their own byproducts: Cooking for integral exploitation. *Journal of Food Science*. 75(8):175-181.
- Baeta, M., (2014). Subprodutos da indústria de hortofrutícolas minimamente processados: caracterização e valorização do potencial bioativo e energético, Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia.
- Baptista, Pedro, Campos, Inês, Pires, Iva, Vaz, Sofia G. (2012). Do Campo ao Garfo. Desperdício Alimentar em Portugal, Lisboa: CESTRAS
- Benelli, P., Riehl, C. A. S., Smania, A., Smaniac, E.F.A. e Ferreira, S.R.S. (2010). Bioactive extracts of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) pomace obtained by SCFE and low pressure techniques: Mathematical modeling and extract composition. *Journal of Supercritical Fluids* 55(1):132-141.
- Borges, C. D., Chim, J. F.; Leitão, A. M.; Pereira, E; Luvielmo, M. M. (2004). Produção de Suco de Abacaxi Obtido a Partir dos Resíduos da Indústria Conserveira. *B. Ceppa*, 22 (1), pp.23-34,
- Bouallagui, Hassib & Touhami, Youssef & Cheikh, Ridha & Hamdi, Moktar. (2005). Bioreactor Performance in Anaerobic Digestion of Fruit and Vegetable Wastes. *Process Biochemistry - PROCESS BIOCHEM.* 40. 989-995. 10.1016/j.procbio.2004.03.007.
- Braga, F. G., Silva, F. A. L. E., & Alves, A. (2002). Recovery of winery by-products in the Douro demarcated region: production of calcium tartate and grape pigments. *American Journal of Enology and Viticulture*, 53, 41-45
- Brancoli, P. L. (2014). Avaliação experimental da co-digestão anaeróbia de resíduos orgânicos e lodo de esgoto em digestores têxteis. 85f. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Britton, G. & Hornero-Méndez, D. (1997). Carotenoids and colour in fruit and vegetables. In F. Tomás-Barberán, & R. Robins: *Phytochemistry of fruit and vegetables* (pp 11-47). New York: Oxford University Press.41.
- Cardoso, A.S. (2003). Corantes e pigmentos. In: Castro, A.G. (ed.) *A química e a reologia no processamento dos alimentos*. Instituto Piaget. Lisboa. pp 239-262.
- Carvalho, S., (2012). Análise de Perigos e Riscos e Implementação de Medidas de Controlo Durante a Produção Industrial de Uma Salada Minimamente Processada, Porto: Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Biotecnologia .
- Cavaleiro, L., Gonçalves, M. e Mendes, B. (2011). Valorização de resíduos da indústria de transformação de batata.
- Chang, S., Tan, C., Frankel, E. N. e Barrett, D. M. (2000). Low-density lipoprotein antioxidant activity of phenolic compounds and polyphenol oxidase activity in selected clingstone peach cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(2):147-151.
- Chantaro, P., Devahastin, S., & Chiewchan, N. (2008). Production of antioxidant high dietary fiber powder from carrot peels. *LWT-Food Science and Technology*, 41, 1987-1994.
- Chedea, V. S., Kefalas, P., & Socaciu, C. (2010). Patterns of carotenoid pigments extracted from two orange peel wastes (valencia and navel var.). *Journal of Food Biochemistry*, 34, 101-110.
- Chun Y., John, S., Sophia, J.X., J. Yueming, e. Dong, L., (2009). Effects of supercritical fluid extraction parameters on lycopene yield and antioxidant activity. *Food Chemistry* 113(4):1088-1094.
- Coimbra MA, Cardoso SM, Lopes-Da-Silva JA. (2010) Olive Pomace, a Source for Valuable Arabinan-Rich Pectic Polysaccharides. *Carbohydrates in Sustainable Development I. Topics in Current Chemistry*. (294):129-141
- Copeland, D., & Belcher, M. W. (2001). Methods for refining vegetable oils and byproducts thereof. US Patent, US 6172247.

- Crespo, E. J. M. (2013). Digestão Anaeróbia de resíduos agroalimentares: Reutilização das frações líquidas e sólidas (state-of-art). 95f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia das Energias Renováveis e Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia (Universidade Nova de Lisboa).
- Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2008). Fennema's food chemistry. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis.
- Daza, M. S. T. D. *et al.* (1996). Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(6), 37–41.
- Decreto Lei n.º 178/2006, de 05 de Setembro de 2006, que aprova Regime Geral de Gestão de Resíduos
- Di Mauro, A., Fallico, B., Passerini, A., Rapisarda, P., & Maccarone, E. (1999). Recovery of hesperidin from orange peel by concentration of extracts on styrene-divinylbenzene resin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 4391-4397.
- Dinuccio E., Balsari P., Gioelli F., Menardo S., Evaluation of the biogas productivity potential of some Italian agro-industrial biomasses, *Bioresour. Technol.* 101 (2010) 3780-3783.
- Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos e que revoga certas directivas
- Djilas, S. e Canadanovic-Brunet, G. C. (2009). By-product os fruits processing as a source of phytochemicals. *Chemical Industry & Engineering Quarterly* 15(4):191-202.
- Duarte LC, Esteves MP, Carvalheiro F, Vicente P, Gírio FM. /2012) Os subprodutos agro-industriais de natureza lenhocelulósica: caracterização da situação portuguesa. *Dossier Tecnologia Agro-Alimentar*. 2012:56–62
- Elleuch M, Bedigian D, Roiseux O, Besbes S, Blecker C, Attia H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterization, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*. 124):411–21
- EurObserv'ER. (2014) - Biogas Barometer. Disponível em <https://www.euroobserver.org/biogas-barometer-2014/> Acesso em: 21 fev. 2018
- Euromonitor International (2015). Report on Fruit and Vegetables on Western Europe, by Anastasi Alieva, March 16th, 2015.
- Falade, K. O., & Akingbala, J. O. (2011). Utilization of cassava for food. *Food Reviews International*, 27, 51-83.
- FAO (2009). Proceedings of the Expert Meeting on “How to feed the world in 2050”. Rome, Italy
- FAO (2011). Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome, Italy
- Farhat, A., Anne-Sylvie Fabiano-Tixier, A.-S., Maataoui, M. E., Maingonnat, J.-F., Romdhane, M., & Chemat, F. (2011). Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: kinetic data, extract's global yield and mechanism. *Food Chemistry*, 125, 255-261.
- Federici, F., Fava, F., Kalogeralis, N., Mantzavinos, D., (2009). Valorisation of agro-industrial by-products, effluents and waste: concept, opportunities and the case of olive mill waste waters. *J Chem Technol Biotechnol* 2009; 84: 895–900
- Femenia, A., Lefebvre, A.-C., Thebaudin, J.-Y., Robertson, J. A., & Bourgeois, C.-M. (1997). Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. *Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fiber. Journal of Food Science*, 62, 635-639.
- Fernando, S.; Adhikari, S.; Chandrapal, C.; Murali, N. (2006) Biorefineries: Current Status, Challenges, and Future Direction. *Energy & Fuels* 20, PP. 1727-1737.

- Ferrão, Paulo e Luísa Pinheiro (2011) Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020, Proposta de PNGR, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Ferrari, R. A., Colussi, F; Ayub, R.A., (2004). Caracterização de Subprodutos da Industrialização do Maracujá - Aproveitamento das Sementes. *Rev. Bras. Frutic.*, 26 (1), pp. 101-102.
- Ferreira S., Fernandes, P., Cardoso S. M., Wessel, D. F. (2015) Subprodutos Agroindustriais: Boletim de Biotecnologia Abril de 2015
- Ferreira, D., (2013). Avaliação do efeito de diferentes tratamentos de descontaminação na qualidade de couve-galega minimamente processada, Peniche: Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar – IPL.
- Filme produzido pela FAO e disponível em: [www.youtube.com/watch?v=loCVRkcaH6Q](http://www.youtube.com/watch?v=loCVRkcaH6Q) disponível a consulta a: 22/03/2018
- Fiore, Silvia & Ruffino, Barbara & Campo, Giuseppe & Roati, Chiara & Zanetti, Maria. (2016). Scale-up evaluation of the anaerobic digestion of food-processing industrial wastes. *Renewable Energy*. 96. 949-959. 10.1016/j.renene.2016.05.049.
- FIPA. (2007). Subprodutos e resíduos. Boletim Informativo da Federação das Indústrias Portuguesas Agro-Alimentares. 95.
- Fischer, K., & Bipp, H.-P. (2005). Generation of organic acids and monosaccharides by hydrolytic and oxidative transformation of food processing residues. *Bioresource Technology*, 96, 831-842.
- Gadelha, A.J.F; Rocha, C.O; Ribeiro G. N; Barros, D.F (2008), Modelos de Gestão e Tratamento de Resíduos Sólidos. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental*. Mossoró-RNBrasil.
- Galanakis, C. M., Tornberg, E., & Gekas, V. (2010a). A study of the recovery of the dietary fibres from olive mill wastewater and the gelling ability of the soluble fibre fraction. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1009-1017.
- Galanakis, CM (2012) 'Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications' *Trends in Food Science & Technology* 26, 68-87
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D.S. e Kapoor, H.C. (2004). Antioxidants in tomate (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84(1):45-51.
- Ghafoor, K., Park, J., e Choi, H.Y. (2010). Optimization of supercritical fluid extraction of bioactive compounds from grape (*Vitis labrusca* B.) peel by using response surface methodology. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 11(3):485-490.
- Gilbert, R. J., J. de Louvois, T. Donovan, C. Little, K. Nye, C. D. Ribeiro, J. Richards, D. Roberts, and F. J. Bolton. (2000). Guidelines for the microbiological quality of some ready-to-eat foods sampled at the point of sale. *Commun. Dis. Public Health* 3:163–167.
- Giuliano A., Bolzonella D., Pavan P., Cavinato C., Cecchi F., (2013) Co-digestion of livestock, energy crops and agro-waste: feeding and process optimization in mesophilic and thermophilic conditions, *Bioresour. Technol.* 128: 612-618.
- Gonzalez-Fernandez, C., Sialve, B., Molinuevo-Salces, B. (2015). Anaerobic digestion of microalgal biomass: Challenges, opportunities and research needs. *Bioresource Technology*, 198, 896–906.
- Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Park, Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., Ciz, M., Caspi, A., Libman, I. e Trakhtenberg, S. (2001). Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*. 74(3):309-316.
- Gunaseelan V.N., (2009) Predicting ultimate methane yields of *Jatropha curcus* and *Morus indica* from their chemical composition, *Bioresour. Technol.* 13 3426-3429.

- Gustavsson J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. and Meybeck, A. (2011) Global food losses and Food waste. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 1-23 pags
- Gutierrez, M.A. Quality Evaluation of Cheddar Cheese Containing Gamma-Oryzanol. Master's Thesis, Louisiana State University: Baton Rouge, LA, USA, 7 June 2004.
- Guyomard H.; Darcy-Vrillon B.; Esnouf C.; Marin M.; Russel M.; Guillou M. (2012). Eating patterns and food systems: critical knowledge requirements for policy design and implementation. *Agriculture & Food Security*. DOI:10.1186/2048-7010-1-13.
- Harborne, J.B. (1989). General procedures and measurements of total phenolics. In: Harborne J.B. Ed., *Plant Phenolics. "Methods in Plant Biochemistry Series"*: Academic Press. Londres. 1: 1-28.
- Hodges R.J.; Buzby J.C.; Bennett B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: opportunities to improve resource use. *Journal of Agricultural Science*. 149, pp. 37-45.
- Hollmann, J., & Lindhauer, M. G. (2005). Pilot-scale isolation of glucuronoarabinoxylans from wheat bran. *Carbohydrate Polymers*, 59, 225a230.
- <http://ec.europa.eu/environment/waste/legislation/a.htm> consultado em: 14/02/2018
- [http://www.alanrevista.org/ediciones/2004/importancia\\_nutricional\\_pigmentos\\_carotenoides.asp](http://www.alanrevista.org/ediciones/2004/importancia_nutricional_pigmentos_carotenoides.asp) Consultado a 12-09-2017
- <http://www.fotosimágenes.org/imagenes/fenol-6.jpg> Consultado a 12-09-2017
- <http://www.ragc.cesga.es/RRAGC/revista2009/quimica.html> Consultado a 12-09-2017
- Hu, G., Huang, S. H., Cao, S. W., & Ma, Z. Z. (2009). Effect of enrichment with hemicelluloses from rice bran on chemical and functional properties of bread. *Food Chemistry*, 115, 839-842.
- INE (2012). *Estatísticas Agrícolas 2011*. Lisboa: Instituto Nacional de Estatística.
- Inoue, K. R. A. (2008). *Produção de Biogás, Caracterização e Aproveitamento Agrícola do Biofertilizante Obtido na Digestão da Manipueira*. 76 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa.
- Instituto Nacional de Estatística, <https://www.ine.pt> , consultado a 16/03/2018
- Izumi, K., Okishio, Y., Nagao, N., Niwa, C., Yamamoto, S., & Toda, T. (2010). Effects of particle size on anaerobic digestion of food waste. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64(7), 601–60
- Izydorczyk, M.S.; Dexter, J.E. (2008) Barley  $\beta$ -glucans and arabinoxylans: Molecules structure, Physicochemical Properties, and uses in food products—A Review. *Food Res. Int.*, 41, 850–868.
- Jimenez-Escrig, A., Rincon, M., Pulido, R. e Saura-Clixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guava* L.) as a new source of antioxidante dietary fiber. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 49(11):5489-5493.
- Jishan, L., Jian, Z., Jianyong, G., Yang, L., Niannian, N., & Hongying, G. (2009). Method for extracting and recycling albumin from whey wastewater from production of soy protein isolate. State Intellectual Property Office of the People's Republic of China. CN 101497645.
- Kader, A.A., (2005). Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce, Proc. 5th Int. Postharvest Symp. *Acta Hort.* 682, ISHS 2005.
- Kafle G.K., Kim S.H., Sung K.I., (2013) Ensiling of fish industry waste for biogas production: a lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics, *Bioresour. Technol.* 127 326-336.

- Kalra M.S., Panwar J.S., (1986) Anaerobic digestion of rice crop residues, *Agric. Waste* 17 263-269.
- Kim, K.H.; Tsao, R.; Yang, R.; Cui, S.W. (2005) Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effect of hydrolysis condition. *Food Chem.* 95, 466–473.
- Kim,W. C., Lee, D. Y., Lee, C. H., & Kim, C.W. (2004). Optimization of narirutin extraction during washing step of the pectin production from citrus peels. *Journal of Food Engineering*, 63, 191-197.
- Kobori, C. N. e Jorge, N. (2005) Caracterização dos Óleos de Algumas Sementes de Frutas como Aproveitamento de Resíduos Industriais. *Ciênc. agrotec.*, 29 (5), pp. 1008-1014
- Lamin, S.K., John, S. e Gauri, S.M. (2008). Optimization of supercritical fluid extraction of lycopene from tomato skin with central composite rotatable design model.” *Separation and Purification Tech.* 60:278-284.
- Larrauri, J. A., Rupérez, P., Borroto, B. e Saura-Calixto, F. (1996). Mango peels as a new tropical fibre: Preparation and characterization. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie*:729-733.
- Laufenberg, G., Kunz, B. e Neystroem, M. (2003). Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresource Technology.* 87:167-198.
- Lavecchia, R., & Zuurro, A. (2008). Process for the extraction of lycopene. World Intellectual Property Organization. WO/2008/055894.
- Li,Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J. e Cheng, S. (2005). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chemistry* 96(2):254-260.
- Lopes, A. & Simões, A. M., (2006). *Produção Integrada em Hortícolas - Alface*. Lisboa: Direcção-Geral de Protecção das Culturas.
- Lopes, A. & Simões, A. M., (2007). *Produção Integrada em Hortícolas - Brassicáceas*. Lisboa: Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural.
- Lundqvist J.; Fraiture C.; Molden D. (2008). Saving water: from field to fork – curbing losses and wastage in the food chain. SIWI policy brief. Huddinge, Sweden: Stockholm International Water Institute.
- Martin-Cabrejas, M. A., Esteban, R. M., Lopez-Andreu, F. J., Waldron, K., & Selvendran, R. R. (1995). Dietary fiber content of pear and kiwi pomaces. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 662e666
- Masmoudi, M., Besbes, S., Chaabouni, M., Robert, C., Paquot, M., Blecker, C., *et al.* (2008). Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 74, 185-192.
- Mata-Álvarez, Joan & Macé, S & Llabrés, P. (2000). Anaerobic Digestion of Organic Solid Wastes. An Overview of Research Achievements and Perspectives. *Bioresource Technology.* 74. 3-16. 10.1016/S0960-8524(00)00023-7.
- Matias, A. A., Serra, A. T. e Duarte, C. M. M. (2015). Brassicas como fonte de compostos anticancerígenos: matéria prima para o desenvolvimento de nutracêuticos ricos em isotiocianatos. *Boletim de Biotecnologia* . Abril 2015
- Mena C.; Adenso-Diaz B.; Yurt O. (2011). The causes of food waste in the supplier-retailer interface: Evidences from the UK and Spain. *Resources, Conservation and Recycling.* 55, pp. 648-658.
- Mitra, P., Ramaswamy, H.S., e Chang K.S. (2009). Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed oil extraction using supercritical carbon dioxide and physicochemical properties of the oil. *Journal of Food Engeniering.* 95:208–213.

- Moldão, M. & Empis, J., (2000). *Produtos Hortofrutícolas Frescos ou Minimamente Processados*. 1ª ed. Lisboa: Sociedade Portuguesa de Inovação, S.A.
- Nawirska, A.; Kwasniewska, M. (2005) Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chem.*, 91, 221–225.
- O’Shea N, Arendt EK, Gallagher E. (2012) Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 16:1–10
- Obied, H. K., Allen, M. S., Bedgood, D. R., Prenzler, P. D., Robards, K., & Stockmann, R. (2005). Bioactivity and analysis of biophenols recovered from olive mill waste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 823-837.
- Olinto, F. A.; Andrade, F. D.; Sousa, J. R.; Silva, S. S.; Silva, G. D. Compostagem de resíduos sólidos. *Revista Verde*. v.7 n. 5. P. 40-44. Dezembro de 2012. Edição especial.
- Olson, J. A. (1994). Needs and Sources of Carotenoids and Vitamin A. *Nutrition reviews* 1994, 52 (2): S67-S73.
- Oreopoulou, V., & Tzia, C. (2007). Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants. In V. Oreopoulou, & W. Russ (Eds.), *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (pp. 209-232). New York: Springer Science+Business Media.
- Pagan, J., Ibarz, A., Llorca, M., & Coll, L. (1999). Quality of industrial pectin extracted from peach pomace at different pH and temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1038-1042.
- Panalaks T. and Murray T. K., (1970). *Can. Inst. Food Technology* 3, 145-151
- Parfitt, Julian & Barthel, Mark & Macnaughton, Sarah. (2010). Food Waste within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. 365. 3065-81. 10.1098/rstb.2010.0126.
- Patsioura, A., Galanakis, C. M., & Gekas, V. (2011). Ultrafiltration optimization for the recovery of β-glucan from oat mill waste. *Journal of Membrane Science*, 373, 53-63.
- Paula, N., Vilas Boas, E., Rodrigues, L., Carvalho, R., Piccoli, R. (2009). Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras - MG, *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Ciênc. agrotec.* 33 (1): 219-227.
- Pazmino-Duran, E. A., Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., & Gloria, M. B. A. (2001). Anthocyanins from banana bracts (*Musa X paradisiacal*) as potential food colorant. *Food Chemistry*, 73, 327-332.
- Pereira, A. I. C. (2013). *Co-digestão anaeróbia de resíduos verdes e lamas de ETAR para produção de biogás*. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agronômica, Faculdade de Ciências e Tecnologia (Universidade Nova de Lisboa).
- Pereira, M. S., Godoy, T. P., Godoy, L. P., Bueno, P., & Wegner, S. (2015). Renewable energy: biogas and electricity from pig and cattle waste in UFSM. *Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental*, 19(3), 239– 247.
- Perretti, G.; Miniati, E.; Montanari, L.; Fantozzi, P. (2003) Improving the value of rice by-products by SFE. *J. Supercrit. Fluids*, 26, 63–71.
- Pinelo M., Rodriguez A.R., Sineiro J., Senorans F.J., Reglero G., e Nunez M.J. (2007). Supercritical fluid and solid–liquid extraction of phenolic antioxidants from grape pomace: a comparative study. *European Food Resource Technology*. 226:199–205.
- Pinelo, M., Arnous, A., & Meyer, A. S. (2006). Upgrading of grape skins: significance of plant cell-wall structural components and extraction techniques for phenol release. *Trends in Food Science & Technology*, 17, 579-590.

- Pintado, M. & Teixeira, J., (2015) Valorização de subprodutos da indústria alimentar: obtenção de ingredientes de valor acrescentado. Boletim de Biotecnologia – Abril 2015 - Universidade do Minho
- Prakash, J. (1996). Rice bran proteins: properties and food uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 537-552.
- Preparatory Study on Food Waste across EU 27, Comissão Europeia, 2010
- Ramos, B. *et al.* (2013). Fresh fruits and vegetables - an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20, 1–15.
- Ramseyer, D. D., Bettge, A. D., & Morris, C. F. (2011). Distribution of total, water-unextractable, and water-extractable arabinoxylans in wheat flour mill streams. *Cereal Chemistry*, 88, 209-216.
- Ratnam VD, Ankola DD, Bhardwaj V, Sahana DK, Kumar RMNV (2006) Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: a pharmaceutical perspective. *J Control Release*, 113(3):189–207.
- Ratnam, D. V., Ankola, D. D., Bhardwaj, V., Sahana, D. K. and Kumar, M. N. V. R. (2006). Role of antioxidants in prophylaxis and therapy: A pharmaceutical perspective. *Journal of Controlled Release* 113 (3): 189-207.
- Reda, S. Y., Leal, E. S., Batista, E. A. C, Barana, A. C., Schnitzel, E., Carneiro, P. I. B. (2005) Caracterização dos Óleos das Sementes de Limão Rosa (*Citrus Limonia Osbeck*) e Limão Siciliano (*Citrus limon*), um Resíduo Agroindustrial. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 25 (4), pp.672-676
- Regulamento 442/1975 / CEE da Comissão, de 1975
- Regulamento 689/1991 / CEE da Comissão, de 1991
- Resolução da Assembleia da República n.º 65/2015, de 17 de junho de 2015
- Rice-Evans, C.A., Miller, N. J. e Paganga, G. (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonóides and phenolic acids. *Free Radical Biology & Medicine*. 20(7):933-956.
- Robards K., Prenzler P.D., Tucke, G., Swatsitang P. and Glover W. (1999). Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. *Food Chemistry* 66: 401–436.
- Rocha, Fernando & Tulla, Antoni. (2013). Cultivo de macieiras e produção de sidra com denominação de origem protegida no Principado das Astúrias, Espanha. *Revista ACTA Geográfica*. 187-205. 10.5654/actageo2013.0003.0010.
- Rodríguez R, Jiménez A, Fernández-Bolaños J, Guillén R, Heredia A. (2006) Dietary fibre from vegetable products as source of functional ingredients. *Trends in Food Science & Technology*.3–15
- Saltão, B. & Moreira, J., (2006). *Cadernos de Divulgação*. s.l.:Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral.
- Samman S, Sivarajah G, Man JC, Ahmad ZI, Petocz P, Caterson ID. (2003) A mixed fruit and vegetable concentrate increases plasma antioxidant vitamins and folate and lowers plasma homocysteine in men. *J Nutr* 133, 2188-2193
- Santos, José Lima, Isabel do Carmo, Pedro Graça e Isabel Ribeiro (2013) “Introdução: uma alimentação com futuro, saudável, sustentável e acessível para todos” em *O Futuro da Alimentação: Ambiente, Saúde e Economia*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Sasaki, F., Aguilá, J., Gallo C & Ortega, E., (2006). Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte.. In: *Horticultura Brasileira*. 24 ed. s.l.:s.n., pp. 170-17

- Saura-Calixto, F. Bravo, L. Pulido, R. (2000) Antioxidant activity of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay *Journal of agricultural and food chemistry* 48 (8), 3396-3402
- Saura-Calixto, F., Serrano, J., & Goni, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*, 101, 492–501.
- Schaub, S. M., e Leonard, J. J. (1996). Composting: an alternative waste management option for food processing industries. *Trends in Food Science & Technology*. 7:263–268.
- Schieber, A., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds e recent developments. *Trends in Food Science & Technology*, 12, 401-413.
- Sharma, P. C., Tilakratne, B. M., & Anil, G. (2010). Utilization of wild apricot kernel press cake for extraction of protein isolate. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 47, 682-685.
- Shi J., Khatri, M., Xue S. J, Mittal, G. S., Ma Y. e Li D. (2009). Solubility of lycopene in supercritical CO<sub>2</sub> fluid as affected by temperature and pressure. *Separation and Purification Technology*. 66:322–328.
- Shilpi, A., Shivhere, V.S. e Basu, S. (2013). Supercritical CO<sub>2</sub> Extraction of compounds with Antioxidant Activity from fruits and vegetables waste – a review. *Focusing on Modern Food Industry*. 2(1):43-62.
- Someya, S., Yoshiki, Y. e Okubo, K. (2002). Antioxidant compounds from bananas (*Musa Cavendish*). *Food Chemistry*. 88(3):441-447.
- Stahl, W. e Sies, H. (2005). Bioactivity and protective effects of natural carotenóides: a review. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1740:101-107.
- Strati, I. F., & Oreopoulou, V. (2011). Effect of extraction parameters on the carotenoid recovery from tomato waste. *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 23-29.
- Stuart, T. (2009). *Waste – uncovering the global food scandal*. Penguin Books: London, ISBN: 978-0-141- 03634-2
- Sun, R. C., & Tomkinson, J. (2002). Characterization of hemicelluloses obtained by classical and ultrasonically assisted extractions from wheat straw. *Carbohydrate Polymers*, 50, 263-271.
- Tamanini, C., Haully, M. C. D. O. (2004). Agro-industrial residues in biotechnological production of xylitol. *Semina: Ciências Agrárias*, 25(4), 315–330.; Nunes, R. M., Guarda, E. A., Serra, J. C. V., & Martins, A. A. (2013). Resíduos agroindustriais: potencial de produção do etanol de segunda geração no Brasil. *Liberato*, 113–123]
- Toor, R. K. e Savage, G.P. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*. 38(5):487-494.
- Traka, M., Mithen, R. (2009) *Phytochem Rev.* 8, 269-282 *Flash Eurobarometer 425, Food Waste and Date Marking Comissão Europeia, outubro de 2015 Food Wastage Footprint: impact on natural resources, Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO), 2013*
- Trowell, H. C. (1976) Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 29, pp. 417-427.
- Vasconcelos, E. (2005). *Produtos minimamente processados. Dissertação. Universidade do Porto. Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação. Porto. pp. 86.*
- Viscidi, K.A.; Dougherty, M.P.; Briggs, J.; Camire, M.E. (2004) Complex phenolic compounds reduce lipid oxidation in extruded oat cereals. *LWT-Food Sci. Technol.* 37, 789–796.
- Waldron, K. (2009) *Handbook of Waste Management and Co-Product Recovery in Food Processing*; Woodhead Publishing: Cambridge, UK.

- Wang, S., Chen, F., Wu, J., Wang, Z., Liao, X., & Hu, X. (2007). Optimization of pectin extraction assisted by microwave from apple pomace using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78, 693-700.
- Wenlock R.; Buss B.; Derry D.; Dixon E.J. (1980). Household food wastage in Britain. *British Journal of Nutrition*. 43, pp. 53-70.
- Wognum, P.M. (Nel), Bremmers, H., Trienekens, J., Vorst, J. e Bloemhof, J. (2011). Systems for sustainability and transparency of food supply chains - Current status and challenges. *Advanced Engineering Informatics*. 25: 65-76.
- Wolfe, K.L. e Liu, R.H. (2003). Apple peels as a value-added food ingredient. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 51(6):1676-1683.
- Yang, H., Yan, F., Wu, D., Huo, M., Li, Y., Cao, Y., *et al.* (2010). Recovery of phytosterols from waste residue of soybean oil deodorizer distillate. *Bioresource Technology*, 101, 1471-1476.
- Zanwara, A.A.; Hegdeb, M.V.; Bodhankara, S.L. (2011) Cardio protective activity of flax lignin concentrate extracted from seeds of *Linum usitatissimum* in isoprenalin induced myocardial necrosis in rats. *Interdiscip. Toxicol.* 4, 90–97.
- Zhang, X; Zhang, H (2016) "Fresh Fruits and Vegetables "Last Mile" Home Delivery in China Current Situation Research", *American Journal of Industrial and Business Management*, 6, 846-853.

## 5. Anexos

---

## 5 ANEXOS

### Anexo 1 - Ficha Técnica - Maçã

REG. (CE) N. 543/2011 E POSTERIORES

Disposições	Categorias		
	Extra	I	II
Valor Comercial	Qualidade Superior	Qualidade Boa	Qualidade Mínima
<b>1 – CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS</b>			
<p>- Inteiras,                      - Sãs; os produtos que apresentem podridões ou alterações que os tornem impróprios para consumo são excluídos,                      - Limpas, praticamente isentas de matérias estranhas visíveis,                      - Praticamente isentas de parasitas,                      - Praticamente isentas de ataques de parasitas,                      - Isentas de humidades exteriores anormais,                      - Isentas de odores e/ou sabores estranhos.</p> <p>As maçãs devem ter sido cuidadosamente colhidas. O desenvolvimento e o estado das maçãs devem permitir-lhes:                      - Prosseguir o processo de maturação e alcançar o grau de maturação adequado, em função das características varietais (1), (2),                      - Suportar o transporte e as outras movimentações a que são sujeitas e                      - Chegar ao lugar de destino em condições satisfatórias.</p>			
<b>2 – CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS</b>			
Forma	Típica da Variedade	Ligeiro defeito de forma	As que não podem ser classificados nas categorias superiores
Desenvolvimento	Típico da Variedade	Ligeiro defeito de desenvolvimento	As que não podem ser classificados nas categorias superiores
Coloração	Típica da Variedade	Ligeiro defeito de coloração	As que não podem ser classificados nas categorias superiores
Defeitos (desde que não prejudiquem o aspecto geral do produto, a sua qualidade, conservação ou apresentação)	Isentos de defeitos, com excepção de alterações muito ligeiras e superficiais da epiderme.	Ligeiros defeitos da epiderme, dentro dos limites: - Comprimento = 2 cm (defeitos de forma alongada) - Superfície total = 1 cm <sup>2</sup> (outros defeitos, excepto pedrado não deve exceder os 0.25cm <sup>2</sup> ) - Superfície total = 1 cm <sup>2</sup> (pisaduras ligeiras, que não devem apresentar descoloração). O pedúnculo pode estar ausente, desde que a superfície de secionamento seja regular e a epiderme adjacente não esteja deteriorada.	Ligeiros defeitos da epiderme, dentro dos limites: - Comprimento = 4cm (defeitos de forma alongada) - Superfície total = * 2,5 cm <sup>2</sup> (outros defeitos, excepto pedrado não deve exceder os 1 cm <sup>2</sup> ) * 1,5 cm <sup>2</sup> no máximo, para as pisaduras ligeiras que podem apresentar uma descoloração ligeira.
Outras	Polpa isenta de qualquer deterioração		
<b>3 – TOLERÂNCIAS DE CALIBRAGEM (CALIBRE DETERMINADO QUER PELO DIÂMETRO MÁXIMO DA SECÇÃO EQUATORIAL, QUER PELO PESO)</b>			
Calibre Mínimo	<p><b>60 mm (diâmetro) ou 90 g (peso)</b>                      São admitidos calibres inferiores a 60 mm, se o °Brix ≥ 10,5                      Não são admitidos calibres &lt; 50 mm ou 70g</p>		
Homogeneidade de calibres na embalagem:			
Diferença de diâmetro	Para categoria Extra - 5 mm em camadas ordenadas Para categoria I - 10 mm em embalagem de venda ou granel		
Diferença de peso	Para categoria Extra, I e II – 20% em camada ordenada Para categoria I – 25% em embalagem de venda ou granel Não está fixado calibre homogéneo para categoria II em embalagem de venda ou granel		

4 – TOLERÂNCIAS DE QUALIDADE (NÚMERO OU PESO)			
Qualidade	EXTRA	I	II
	5%	10%	<p><b>10%</b>, com exclusão dos frutos com podridões ou alterações que os tornem impróprios para consumo.</p> <p>Com <b>2%</b>, com os seguintes defeitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ataques graves do encortiçado ou vidrado;</li> <li>- Lesões ligeiras ou fissuras não cicatrizadas;</li> <li>- Vestígios muito ligeiros de podridão;</li> <li>- Presença de parasitas vivos no fruto e/ou alterações da polpa devidas aos parasitas.</li> </ul>
Calibre	<p>10%</p> <p>Limite de: - 5 mm (diâmetro) ou 10 g (peso)</p>		
5 – EMBALAGEM E APRESENTAÇÃO			
Homogeneidade na mesma embalagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Origem</li> <li>- Variedade</li> <li>- Qualidade</li> <li>- Estado de maturação</li> <li>- Calibre</li> <li>- Coloração (só para categoria “Extra”)</li> <li>- Embalagens com peso inferior a 5 kg podem conter misturas de maçãs de diferentes variedades (com igual qualidade, origem calibre e estado maturação)</li> <li>- Maçãs em embalagens com peso inferior a 3 kg podem ser misturadas com frutos e produtos hortícolas de espécies diferentes</li> </ul> <p>A parte visível do conteúdo da embalagem deve ser representativa da sua totalidade.</p>		
Acondicionamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protecção adequada do produto, em especial as embalagens com peso inferior a 3 kg</li> <li>- Materiais e papeis adequados, novos, limpos e não nocivos</li> <li>- Embalagens isentas de corpos estranhos</li> <li>- Os rótulos apostos individualmente nos produtos não devem deixar, ao serem retirados, nem vestígios visíveis de cola nem defeitos na epiderme.</li> </ul>		
Apresentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pequenas embalagens</li> <li>- Numa só camada (cada fruto deve estar isolado dos frutos vizinhos)</li> <li>- Numa ou duas camadas</li> <li>- Granel, excepto para a categoria “extra”</li> </ul>		
6 – MARCAÇÃO (CADA EMBALAGEM DEVE APRESENTAR, EM CARACTERES LEGÍVEIS, INDELÉVEIS, VISÍVEIS DO EXTERIOR E AGRUPADOS DO MESMO LADO, AS SEGUINTE INDICAÇÕES)			
Identificação	Nome e endereço do embalador e/ou do expedidor		
Natureza do produto	- “Maçãs”, se o conteúdo da embalagem não for visível do exterior		
	- Nome da variedade (obrigatório). Caso a embalagem de venda contenha diferentes variedades de maçãs, a indicação de cada uma das variedades presentes na embalagem		
Origem do produto	País de origem e, eventualmente, zona de produção ou denominação nacional, regional ou local		
Categoria	Categoria Extra, Categoria I ou Categoria II		
Calibre	Obrigatório, ou para os frutos apresentados em camadas ordenadas, o número de peças.		
Teor mínimo de açúcar	Medido por refractometria e expresso em graus Brix (facultativo)		
Firmeza máxima	Medida por penetrometria e expressa em kg/0,5 cm <sup>2</sup> (facultativa)		
Peso Líquido			
7 – CONDICIONAMENTO E TEMPERATURA À CARGA			
A temperatura da carga deve ser entre 1°C e 6°C.			

## Anexo 2 - Requisitos de Qualidade da Batata para Consumo Humano

(ANEXO I do Decreto-Lei n.º 14/2016 de 9 de Março)

### 1 - Características de Qualidade

O desenvolvimento e o estado de maturação dos tubérculos deve ser tal que permita suportar o transporte e manipulação, assim como chegar em condições satisfatórias ao seu destino.

Cada embalagem ou lote deve estar isenta de matérias estranhas, isto é, terra aderente e não aderente e de corpos estranhos. Os tubérculos, depois do acondicionamento e embalagem, devem apresentar, tendo em conta as tolerâncias admitidas, as seguintes características mínimas:

- a) Aspecto normal para a variedade, considerando a região da respectiva produção;
- b) Inteiros, isto é, isentos de todos os cortes ou ablações que provoquem uma alteração da sua integridade;
- c) A ausência parcial de pele nos tubérculos de «batata primor» não constitui uma alteração à integridade dos mesmos;
- d) Sãos, excluindo-se os produtos atacados de podridão ou alterações tais que os tornem impróprios para consumo;
- e) Praticamente limpos, isentos de materiais estranhos;
- f) Com a pele bem formada, apenas para a batata de conservação e batata nova;
- g) Firmes;
- h) Praticamente isentas de pragas ou de danos causados pelas mesmas;
- i) Na «batata primor» e na «batata nova» não se admite a presença de brolhos ou grelos;
- j) No caso da «batata de conservação», os tubérculos devem apresentar-se praticamente não germinados e, caso apresentem brolhos ou grelos, estes não podem medir mais de 3 mm;
- k) Isentos de humidade exterior anormal, isto é, secos adequadamente se forem lavados;
- l) Isentos de odores e ou de sabores estranhos;
- m) Isentos de defeitos externos ou internos que prejudiquem o aspecto geral do produto, a sua qualidade, a sua conservação e a sua apresentação na embalagem, tais como:
  - a. Manchas acastanhadas devido ao calor;
  - b. Fendas de crescimento, fissuras, cortes, mordeduras de roedores, picadas e rugosidades na pele que ultrapassem os 3,5 mm de profundidade para os tubérculos de «batata primor» e 5 mm de profundidade para os tubérculos de «batata nova» e de «batata de conservação»;
  - c. Coloração verde que não cubra mais de um oitavo da superfície, não constituindo defeito a coloração que se pode retirar por descasque normal;
  - d. Deformações graves
  - e. Manchas subepidérmicas cinzentas, azuis ou negras que ultrapassem 5 mm de profundidade, numa superfície superior a 2 cm<sup>2</sup>;
  - f. Manchas de ferrugem, coração oco, enegrecimento e outros defeitos internos;
  - g. Sarna comum profunda e sarna pulverulenta em mais de um décimo da superfície total do tubérculo e com uma profundidade de 2 mm ou mais;
  - h. Sarna comum superficial em mais de um quarto da superfície total do tubérculo;
  - i. Danos causados pelo frio e ou gelo.

### 2 - Classificação

#### a) Categoria I

Batatas de boa qualidade e que apresentem as características inerentes ao tipo de variedade a que pertencem.

No entanto, desde que não prejudique o aspecto geral do produto nem a sua qualidade, conservação ou apresentação, podem apresentar os seguintes defeitos:

Ligeiro defeito de forma, tendo em conta a forma típica da variedade e a sua zona de produção;

- Ligeiros defeitos superficiais;
- Ligeiros defeitos de coloração;
- Muito ligeiros defeitos internos.

#### b) Categoria II

Engloba as batatas que não podem ser classificadas na categoria I, mas que cumpram as características mínimas estabelecidas no ponto 1 do presente anexo.

No entanto, podem apresentar os defeitos a seguir indicados, desde que mantenham as características essenciais de qualidade, conservação e apresentação:

Defeitos de forma, tendo em conta a forma típica da variedade e a sua zona de produção;

- Defeitos superficiais;
- Defeitos de coloração;
- Ligeiros defeitos internos.

### 3 - Disposições Relativas à Calibragem

O calibre do tubérculo é determinado por malha quadrada.

#### Os tubérculos devem ter:

a) Um calibre mínimo de 28 mm x 28 mm, no caso de «batata primor» e de 35 mm x 35 mm, no caso de «batata nova» e de «batata de conservação»;

b) Um calibre máximo de 80 mm x 80 mm e, para as variedades longas, de 75 mm x 75 mm.

As batatas de conservação que ultrapassem o calibre máximo são admitidas na condição de que a diferença entre os calibres mínimo e máximo não ultrapasse 30 mm e desde que sejam comercializadas sob outra denominação ou nome comercial.

Os tubérculos com calibre compreendido entre 18 mm e 35 mm são comercializados com a denominação «miúda» ou outra denominação comercial equivalente.

A homogeneidade de calibre não é sempre obrigatória, aplicando-se as tolerâncias indicadas no ponto 4 do presente anexo.

Nas embalagens para venda directa ao consumidor com um peso máximo de 5 kg, o intervalo de calibre não pode exceder 30 mm.

Uma variedade é considerada alongada quando o comprimento médio dos tubérculos for superior ao dobro da sua largura média.

Às variedades alongadas de forma irregular não são aplicáveis as exigências relativas ao calibre.

#### 4 - Tolerâncias

São admitidas tolerâncias de qualidade e de calibre para os produtos não conformes com as características mínimas indicadas, dentro da embalagem ou dentro de cada lote, no caso de apresentação a granel em contentor ou em veículo.

##### a) Tolerâncias de qualidade

###### Categoria I

No caso de «batatas primor» e de «batatas novas», 6 % em peso dos tubérculos que não cumpram os requisitos desta categoria, nas quantidades máximas definidas no anexo II, mas que se enquadrem nos requisitos que estão definidos para a categoria II ou, excepcionalmente, nas tolerâncias para esta categoria.

No caso de «batatas de conservação», 8 % em peso dos tubérculos que não cumpram os requisitos desta categoria, nas quantidades máximas definidas no anexo II, mas que se enquadrem nos requisitos que estão definidos para a categoria II ou, excepcionalmente, nas tolerâncias para esta categoria.

###### Categoria II

Respectivamente, 8 % ou 10 % em peso, para as batatas «primor», «novas» e «de conservação», de tubérculos que não cumpram os requisitos desta categoria, nem os requisitos mínimos, nas quantidades máximas definidas no anexo II, ficando excluídos os produtos que apresentem alterações que os tornem impróprios para consumo.

##### b) Tolerâncias de calibre

Para todos os tipos e categorias de batata, 6 % em peso dos tubérculos que não cumpram os requisitos de calibre mínimo estabelecido ou, no caso de se apresentarem calibrados, que não correspondam ao calibre inferior e ou superior especificado, com um desvio máximo de 15 %.

##### c) Tolerância de outras variedades

2 % em peso de tubérculos de variedades diferentes das que constituem a embalagem ou o lote, no caso de apresentação a granel em contentor ou em veículo.

#### (ANEXO II do Decreto-Lei n.º 14/2016 de 9 de Março)

##### Limites de Defeitos Admitidos nas Tolerâncias de Qualidade

Defeitos	Tipos comerciais de batata					
	Primor		Nova		De Conservação	
	Cat I (%)	Cat II (%)	Cat I (%)	Cat II (%)	Cat I (%)	Cat II (%)
Terra ou materiais estranhos	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Tubérculos com podridão, golpeados ou rachados	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Tubérculos deformados (*)	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	4,00
Coração oco, vidrado	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Tubérculos com sarna superficial ou pele rachada (†)	2,00	4,00	2,00	4,00	3,00	6,00
Tubérculos com manchas de ferro (‡)	2,00	4,00	2,00	4,00	2,00	4,00
Tubérculos com coloração verde (§)	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	2,00
Tubérculos com brolhos ou grelos (¶)	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	6,00
Máximo total	6,00	8,00	6,00	8,00	8,00	10,00

(\*) Nas variedades de forma regular, pouco pronunciadas na categoria I e ligeiramente mais pronunciadas na categoria II.

(†) Considera-se que um tubérculo está afetado com sarna ou pele esclada, quando a alteração abrange mais de 1/4 da sua superfície total.

(‡) Considera-se que um tubérculo está afetado com manchas de ferro, quando a alteração alcança mais de um 1/4 da superfície de um corte médio no sentido longitudinal.

(§) Considera-se que um tubérculo tem coloração verde, quando a alteração alcança mais de 1/4 da sua superfície total.

(¶) Considera-se que um tubérculo está com brolhos ou grelos, quando apresenta um ou mais brolhos ou grelos superior(es) a 3 mm.

### Anexo 3 - Ficha Técnica da matéria-prima Couve Galega



# FICHA TÉCNICA

## COUVE GALEGA

### REQUISITOS DE QUALIDADE

- aspecto fresco / não desidratado / limpa (sem terra / matérias estranhas)
- coloração verde escuro / sem defeitos nas folhas, queimaduras ou bacterioses
- sãs (isentas de podridões)
- isentas de parasitas e/ou ataques dos mesmos / isentas de infestantes

### REQUISITOS DE CALIBRE

- tamanho máximo do caule - 10 cm
- tamanho mínimo das folhas - 20 cm

### REQUISITOS DE ACONDICIONAMENTO

- O produto não deve estar "apertado" no vasilhame:
- Palote pequeno - peso máximo até 60 kg
- Palote grande - peso máximo até 85 kg
- Caixa Chep grande - peso máximo até 6 kg

### REQUISITOS LOGÍSTICOS (quando aplicável)

- Caixa Chep 6422 - Grande; Máximo de altura - 10 caixas
- Caixa Chep 6418 - Média; Máximo de altura - 12 caixas

### TOLERÂNCIAS

15% para todos os requisitos



Folhas danificadas / Presença terra



Machas / Necroses / Ataques Parasitas



Tamanho Máximo do Caule 10 cm ("uma mão fechada")



Tamanho Mínimo da Folha - 20 cm ("um palmo")



Elaborado por: Délio R. e João Freire	4ªGama - SGQSA-AAF - 3.6.4.4	04/11/2015
Autorizado por: Administração	Versão 2	