ROTEIRO PARA A
DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR AGROALIMENTAR

MANUAL SETORIAL PARA A FILEIRA DA PREPARAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE FRUTOS E DE PRODUTOS HORTÍCOLAS

PORTUGAL FOODS
Atlantic meets Mediterranean
desde 2009
INOVCLUSTER
Associação do Cluster Agro-industrial do Centro
PRR
Plano de Recuperação e Resiliência
REPÚBLICA PORTUGUESA
Financiado pela União Europeia
NextGenerationEU

Título: Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar – Manual setorial para a fileira da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas.

Este volume é parte integrante do Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar.

Promotores: PortugalFoods - Associação para a Internacionalização e Inovação Agroalimentar; InovCluster - Associação do Cluster Agro-industrial do Centro; CCIPD - Câmara do Comércio e Indústria de Ponta Delgada

Outras entidades envolvidas na construção do Roteiro: Colab4Food – Laboratório Colaborativo para a Inovação da Indústria Agroalimentar; INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial; INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência; RDI - Rede de Inovação - Consultoria e Promoção da Inovação, RDICPI, Lda.; Universidade Católica Portuguesa.

Financiamento: Plano de Recuperação e Resiliência (INVESTIMENTO TC-C11-i01 – Descarbonização da Indústria Aviso N.º 01/C11-i01/2021 - Apoio à elaboração de roteiros de descarbonização da indústria e capacitação das empresas)

Data de publicação: junho de 2025

Abreviaturas

ADENE - Agência Nacional de Energia

AI ou IA - Inteligência Artificial

AR - Realidade Aumentada

Baseline - Cenário Base

BAU - Cenário Business as Usual

BEM - Balanço Energético Nacional

BI - Business Intelligence

BIOGAS - Cenário de Bioenergia

CAE – Classificação de Atividades Económicas

CEE – Consumo Específico de Energia

CIP - Cleaning in Place

CO_2 - Dióxido de carbono

Conservative ou CONS - Cenário Conservador

CRM - Customer Relationship Management

DGEG - Direção-Geral de Energia e Geologia

DT - Digital Twin (Gémeo Digital

EDI - Electronic Data Exchange

EDI - Electronic Data Interchange

Electrification ou ELET - Cenário de Eletrificação: ELET

ERP - Enterprise Resource Planning (Sistemas de Gestão Empresarial)

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FAO - Food and Agriculture Organization

FV - Fotovoltaico

GEE – Gases com Efeito de Estufa

GPL - Gás de Petróleo Liquefeito

HPP - Pasteurização por processamento de elevada pressão

I4.0 - Indústria 4.0

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

IIoT - Industrial Internet of Things

INE - Instituto Nacional de Estatística

IT - Tecnologia de Informação

LIMS - Sistemas de Gestão de Laboratório

MES - Manufacturing Execution Systems

MNE - Multinacionais

OH - Aquecimento óhmico

OT - Tecnologia Operacional

PEF - Campos elétricos pulsados

PLM - Product Lifecycle Management

PME - Pequenas e Médias Empresas

PNEC 2030 - Plano Nacional de Energia e Clima

RNC 2050 - Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SEM - Sistemas de Gestão de Energia

SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

UE - União Europeia

VAB - Valor Acrescentado Bruto

VEV - Variadores eletrónicos de velocidade

VR - Realidade Virtual

WMS – Warehouse Management Systems (Sistemas de Gestão de Armazém)

Índice de conteúdos

Abreviaturas ..... **iii**
Índice de conteúdos ..... **iv**
Índice de tabelas ..... **iv**
Índice de figuras ..... **v**
1. Enquadramento **1**
2. Caraterização da fileira **5**
2.1 Usos energéticos, principais processos e sua representação em termos de consumo de energia (tipo de vetores) e respetivas emissões 6
2.2 Consumo de matérias-primas (incluindo água) e produção de subprodutos e resíduos 10
2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas 15
3. Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira **17**
3.1 Domínio “Descarbonização” 18
3.2 Domínio “Digitalização” 19
3.3 Domínio “Economia circular” 20
4. Perspetivas de evolução da fileira **23**

Índice de tabelas

Tabela 1 - Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados – Fileira da preparação e conservação de frutos e produtos hortícolas. 8
Tabela 2 - Simulação de emissões de GEE em MtCO2eq para o período 2005 a 2050. 25

Índice de figuras

Figura 1 - Fluxogramas dos processos produtivos de molhos alimentares, polpa de tomate e fruta ultracongelada, respetivamente. 7
Figura 2 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira dos frutos e produtos hortícolas, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE). 9
Figura 3 - Dados de produção das empresas visitadas da fileira dos hortofrutícolas: A) tipo de produtos (em % de empresas respondentes); B) volume de produção total, em toneladas (em % de empresas respondentes). Dados obtidos com base nas respostas de 9 empresas. 10
Figura 4 - Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos. Dados obtidos com base nas respostas de 6 empresas. 11
Figura 5 - Subprodutos (A) e resíduos (B) reportados pelas empresas da fileira da preparação e conservação de frutos e hortícolas. 12
Figura 6 - destino dos subprodutos e resíduos, em % de empresas que os indicam. 12
Figura 7 - Rácio matérias-primas/produtos/resíduos e subprodutos para a empresa R. 13
Figura 8 - Resíduos e subprodutos (A) produzidos pela empresa R, e destino dos resíduos e subprodutos (B), em % de volume. 14
Figura 9 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa R. 14
Figura 10 - Diagrama do consumo de água da empresa R. 15
Figura 11 - Distribuição entre produção e transformação na fileira dos hortícolas e frutícolas. . 24
Figura 12 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo. 24

1. Enquadramento

1 Enquadramento

A nível da UE, o setor industrial alimentar e de bebidas representa cerca de 11% do total de emissões GEE da cadeia de valor do setor agroalimentar e é o 5º setor industrial com maiores emissões de GEE.

Em 2021, o setor representava cerca de 5,2% das pessoas empregadas em empresas a nível nacional. No ano de 2024, 12,6% do total de exportações nacionais, em volume de negócios, foram produtos alimentares e bebidas. Estes dois parâmetros demonstram bem o peso do setor a nível social e económico.

De acordo com estudos recentes (Jensen & Scalamandrè, 2023), a contribuição dos sistemas agroalimentares para as emissões totais Gases com Efeito de Estufa (GEE) na União Europeia (UE) foi de cerca de 31%, contemplando a extração de matérias-primas, usos de solos e criação animal, passando pelas operações industriais, distribuição e comercialização, até ao pós-consumo. Embora o presente manual se foque na parte da cadeia referente à indústria transformadora, é importante que as empresas estejam cientes dos desafios mais de fundo com que se irão deparar no âmbito do que se designa de Scope 3 de emissões GEE (a montante e jusante na cadeia de valor).

As políticas europeias e nacionais, nomeadamente o Pacto Ecológico Europeu (EU Green Deal, 2024), suportado pelo pacote legislativo FitFor55 (Fit for 55, 2024), e mais recentemente, a iniciativa REPowerEU (REPowerEU, 2024), o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030) (Plano de Nacional para a Energia e o Clima 2021-2030 (PNEC 2030), 2024) e o Roteiro Nacional para a Neutralidade Carbónica (RNC 2050) (Roteiro para a Neutralidade Carbónica, 2019) apresentam objetivos ambiciosos de redução as emissões de GEE, visando a neutralidade carbónica em 2050, incluindo a redução de mais de 80% nas emissões GEE de alguns setores da indústria transformadora. De acordo com o RNC 2050, os objetivos para o setor industrial poderão traduzir-se na redução de pelo menos 83% de emissões GEE até 2050, em relação a 2005, para indústrias transformadoras como a dos alimentos e bebidas.

Embora o desafio desta transição seja considerável, a descarbonização é também uma oportunidade para as empresas nacionais. Do lado dos desafios, a descarbonização implica uma redução sem precedentes das emissões da indústria transformadora num prazo de 25 anos, numa altura em que a cadeia de produção agroalimentar está na iminência de uma profunda transformação devido aos impactos das e nas alterações climáticas. Para a indústria dos alimentos e bebidas, esta transição traduz-se numa quase total substituição do uso de combustíveis fósseis por alternativas renováveis, a aposta na eletrificação dos processos térmicos e o aumento da eficiência energética, bem como a integração de soluções circulares baseadas em biomassa e gases renováveis. Por outro lado, esta transição representa também uma oportunidade única para o setor, podendo reforçar a competitividade a longo prazo, quer

pela redução de futuros custos operacionais (especialmente devido a menores custos com energia), quer pela diferenciação no mercado através da oferta de produtos alinhados com a neutralidade carbónica.

Tendo em consideração o contributo do setor agroalimentar para a economia nacional, e sendo este um setor intensivo em consumo de energia e emissões de GEE, a PortugalFoods - Associação para a Internacionalização e Inovação Agroalimentar, em conjunto com a InovCluster - Associação do Cluster Agro-industrial do Centro e a CCIPD - Câmara do Comércio e Indústria de Ponta Delgada promoveram a elaboração do Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar nacional, financiado pelo Programa de Recuperação e Resiliência (PRR), no âmbito de um Aviso específico para "Apoio à elaboração de roteiros de descarbonização da indústria e capacitação das empresas".

Para a elaboração do Roteiro, o consórcio contou com o apoio de um conjunto de entidades especializadas nas diferentes áreas relevantes para a construção do Roteiro: Colab4Food – Laboratório Colaborativo para a Inovação da Indústria Agroalimentar, INEGI - Instituto de Ciência e Inovação em Engenharia Mecânica e Engenharia Industrial, INESC TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, RDI - Rede de Inovação - Consultoria e Promoção da Inovação, RDICPI, Lda. e Universidade Católica Portuguesa.

No Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar podem ser encontradas informação detalhadas sobre aspetos como:

- Caraterização do setor agroalimentar nacional (setor industrial alimentar e de bebidas) nas dimensões de consumo energético, emissões de GEE, consumo de água e consumo de matérias-primas;
- Identificação e caraterização das fileiras com maior impacto ao nível do consumo energético e emissões de GEE;
- Identificação de processos/tecnologias/soluções que permitam a redução de emissões de GEE, o aumento da incorporação de energias renováveis no consumo bruto de energia final, e o aumento da eficiência energética;
- Identificação de soluções inteligentes (digitais) de apoio à medição, monitorização, tratamento de dados para a gestão e melhoria de processos, redução de consumos e diminuição de emissões;
- Identificação de processos/tecnologias/soluções que promovam a eficiência na utilização de recursos (matérias-primas, água, energia), incluindo a valorização sustentável de subprodutos, perdas, resíduos ou efluentes em contexto de economia circular (zero ou mínimo resíduo final);
- Análise de custos e perspetivas de evolução da descarbonização do setor agroalimentar.

Este manual, inserido no Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar, pretende ser um guia para a implementação dos objetivos de descarbonização no contexto específico das empresas da indústria transformadora dos alimentos e das bebidas, neste caso na fileira da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas.

O Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar completo, incluindo a bibliografia e anexos referidos no presente Manual, está disponível em https://descarbonizacaoagroalimentar.pt/.

2. Caraterização da fileira

2 Caraterização da fileira

2.1 Usos energéticos, principais processos e sua representação em termos de consumo de energia (tipo de vetores) e respetivas emissões

A fileira da preparação e conservação de frutos e produtos hortícolas desempenha um papel fundamental na cadeia alimentar, garantindo a disponibilidade de alimentos saudáveis, frescos e nutritivos durante todo o ano. Esta fileira abrange uma ampla gama de processos essenciais para garantir a qualidade e a durabilidade dos alimentos.

O processamento destes produtos envolve um conjunto de técnicas e operações que visam transformar matéria-prima agrícola em produtos alimentícios com maior valor agregado. Desde frutas ou legumes congelados até molhos alimentares, este setor desempenha um papel fundamental no ramo agroalimentar (SGCIE, 2018).

Entre os principais processos nesta fileira destacam-se a higienização (lavagem e esterilização), trituração ou corte, desidratação, pasteurização e congelação, incluindo técnicas como a ultracongelação. Esses métodos não preservem apenas os alimentos, mas também mantêm as suas propriedades nutricionais e organoléticas. Na Figura 1 é possível ver o fluxograma produtivo de um produto específico (polpa de tomate), da produção genérica de molhos alimentares e da ultracongelação de frutas.

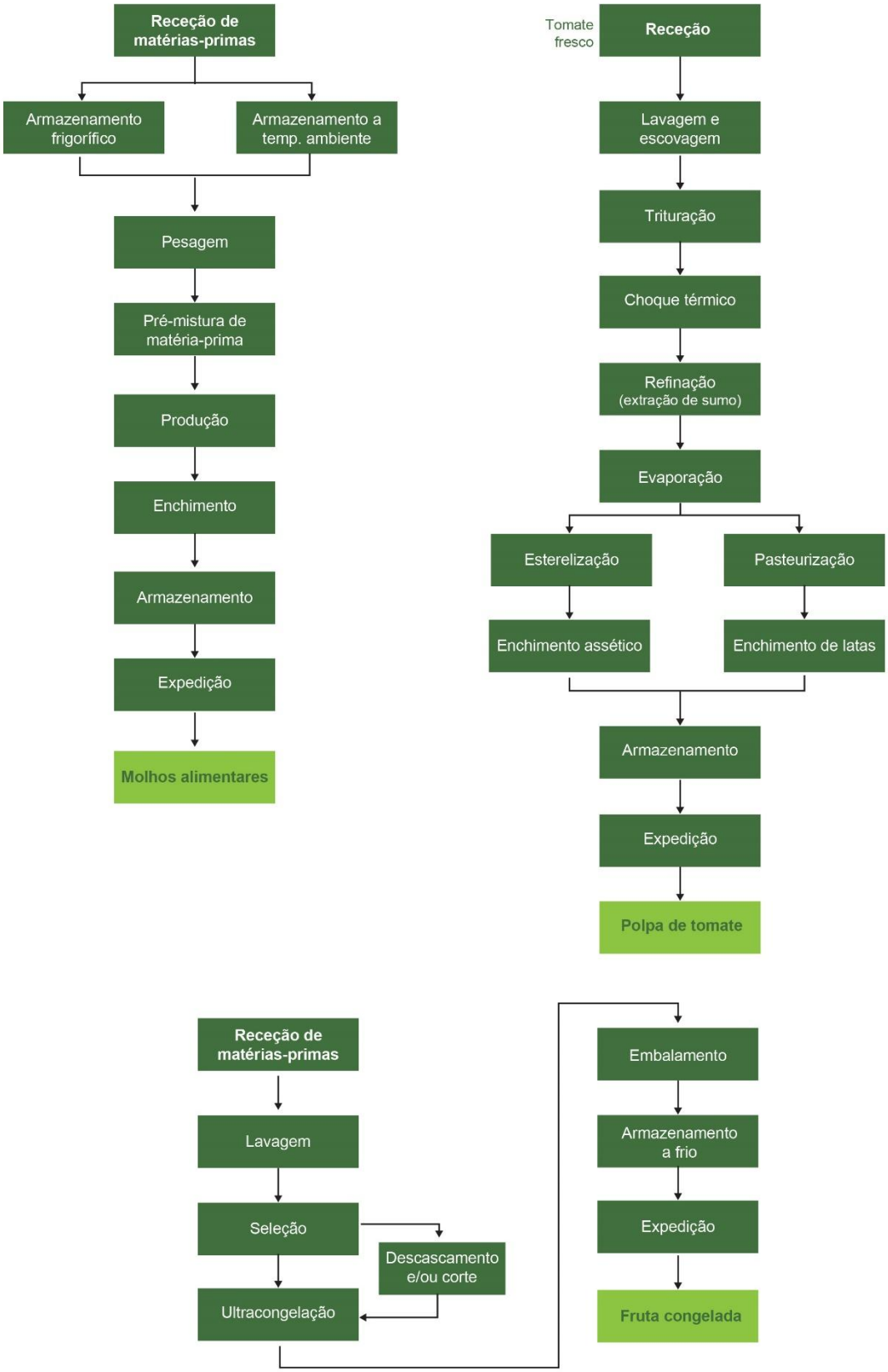

Figura 1 - Fluxogramas dos processos produtivos de molhos alimentares, polpa de tomate e fruta ultracongelada, respetivamente.

Os principais vetores energéticos utilizados são a energia elétrica (aplicada em força motriz, sistemas de frio, ar comprimido, sistemas de bombagem, entre outros) e combustíveis como o gás natural, biomassa ou gás propano, especialmente para a produção de vapor. Trata-se de um subsetor conhecido pelo seu elevado consumo energético, o que representa um desafio significativo, mas simultaneamente também uma oportunidade para implementar melhorias em eficiência energética. O investimento em tecnologias mais eficientes e em práticas sustentáveis não reduzem só os custos operacionais das instalações, mas também contribuem para as metas ambientais, ao minimizar o impacto da atividade industrial (ADENE, 2024).

Além das técnicas convencionais de conservação, este subsetor está constantemente a evoluir com inovações que tentam atender às procuras do mercado a nível de conveniência e qualidade. As novas tendências nesta fileira têm o objetivo de desenvolver os processos para reduzir o desperdício de alimentos e aumentar a vida útil dos produtos, alinhando-se com uma crescente conscientização sobre sustentabilidade e segurança alimentar.

Na Tabela 1 encontram-se representados alguns dos principais processos e os vetores energéticos utilizados nesta indústria.

Tabela 1 - Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados – Fileira da preparação e conservação de frutos e produtos hortícolas.

Processo Energético	Vetores Energéticos Utilizados
Receção e pré-processamento	Eletricidade
Armazenamento	Eletricidade
Mistura	Eletricidade, gás natural, biomassa, fuelóleo, GPL
Trituração, corte	Eletricidade
Choque térmico, Pasteurização	Eletricidade, gás natural, biomassa, fuelóleo, GPL
Desidratação e secagem	Eletricidade, gás natural, biomassa, fuelóleo, GPL
Congelação	Eletricidade

Consumo de energia final e emissões em 2020 para a fileira frutos e produtos hortícolas

Com base no modelo desenvolvido para o setor como um todo, e recorrendo as estatísticas do INE de produção para a fileira, caracterizou-se o consumo de energia final por vetor e das emissões GEE do a fileira para o ano base (2020), representados na Figura 2.

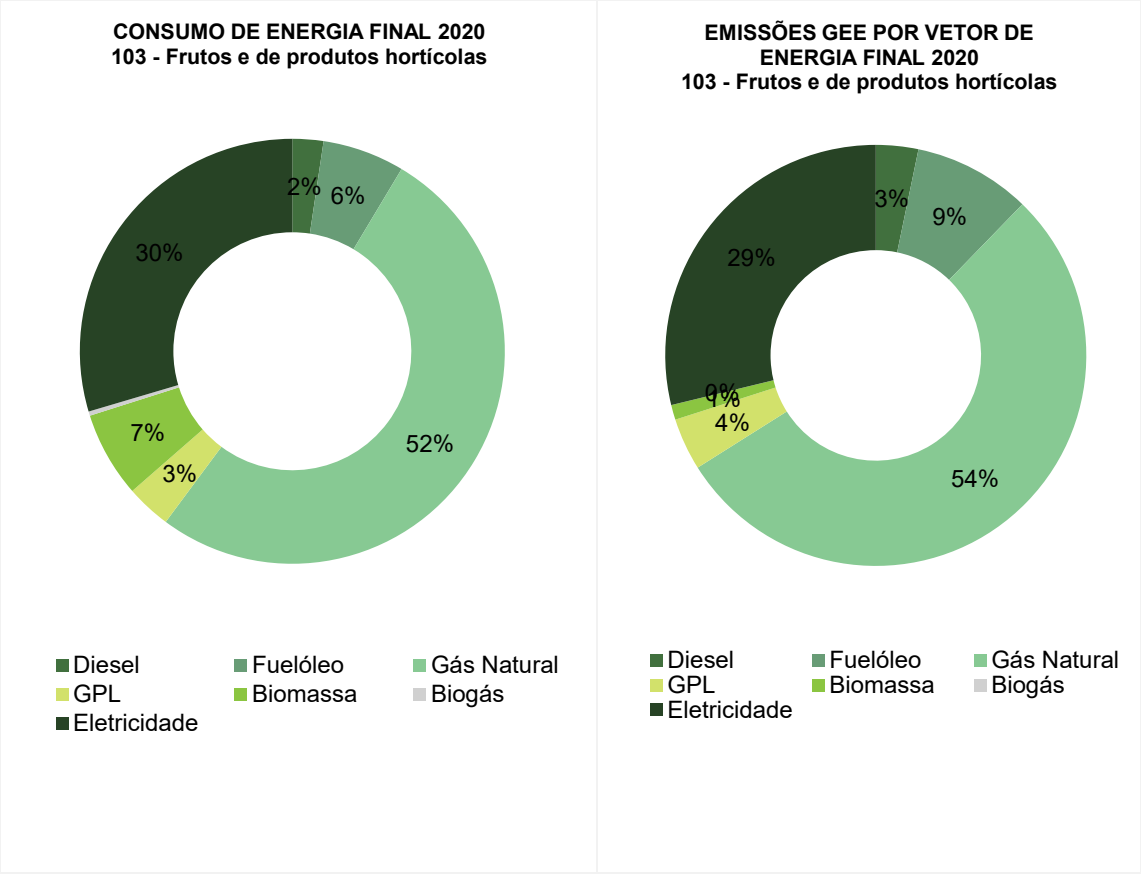

Figura 2 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira dos frutos e produtos hortícolas, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE).

Dentro da indústria de transformação dos alimentos e das bebidas, a fileira dos frutos e hortícolas representou cerca de 13% das emissões GEE do setor em 2020 (142ktCO_2eq, para um consumo de energia final de 62,7ktep). Analisando os valores de consumo de energia final por vetor e de emissões GEE (Figura 2) para o ano de 2020, podemos concluir que a fileira dos frutos e hortícolas apresenta ainda uma dependência muito elevada direta de combustíveis fósseis. Com base nos resultados obtidos para a alocação do uso de energia por fileira, a fileira dos frutos e produtos hortícolas é das fileiras com grau de eletrificação mais baixo do setor industrial de transformação dos alimentos e das bebidas. De facto, em 2020 o consumo de energia fóssil na fileira representou cerca de 63% do consumo de energia final, contribuindo para cerca de 70% emissões GEE da fileira. Destes, o consumo de gás natural é o mais representativo, contribuindo para 52% do consumo de energia final e 54% das emissões GEE da fileira. O consumo de fuelóleo e GPL representam cerca de 8%, contribuindo para cerca de 12% das emissões GEE. Quanto ao consumo de eletricidade, representa cerca de 30% do consumo de energia final e cerca de 29% das emissões GEE da fileira. Dada a dependência desta fileira do consumo de energia fóssil, em especial do gás natural, este setor terá desafios consideráveis na sua descarbonização. Torna-se assim importante a implementação de medidas na fileira dos frutos e

hortícolas que permitam substituir o uso de vetores de energia fóssil por energia renovável, e reforçam especialmente os eixos de descarbonização focados na melhoria da eficiência, acompanhados de uma atenção especial à descarbonização do calor que terá de ocorrer por via da eletrificação, integração de calor renovável (e.g., solar térmico) e integração de gases renováveis (biogás) para a substituição do consumo de energia fóssil, especialmente gás natural.

2.2 Consumo de matérias-primas (incluindo água) e produção de subprodutos e resíduos

Com base nos inquéritos realizados no âmbito deste projeto (ver Anexo 2), obtiveram-se respostas de 9 empresas da fileira da preparação e conservação de frutos e hortícolas. O tipo de produtos produzidos e o volume de produção diferem de empresa para empresa e estão descritos na Figura 3. Embora se destaquem as empresas produtoras de aromas e concentrados, de entre as entrevistadas, também se abarcou no estudo a produção de fruta fresca e desidratada, bebidas vegetais, compotas, azeite e molhos e temperos. Os volumes de produção são muito variáveis de empresa para empresa, o que significa que o estudo avaliou quer empresas mais pequenas, quer empresas de maior dimensão, mostrando a sua abrangência. Relativamente ao rácio produtos e matérias-primas (Figura 4), esta fileira apresenta dos maiores valores, devido a muita da matéria-prima poder ser aproveitada por exemplo para produção de molhos ou concentrados.

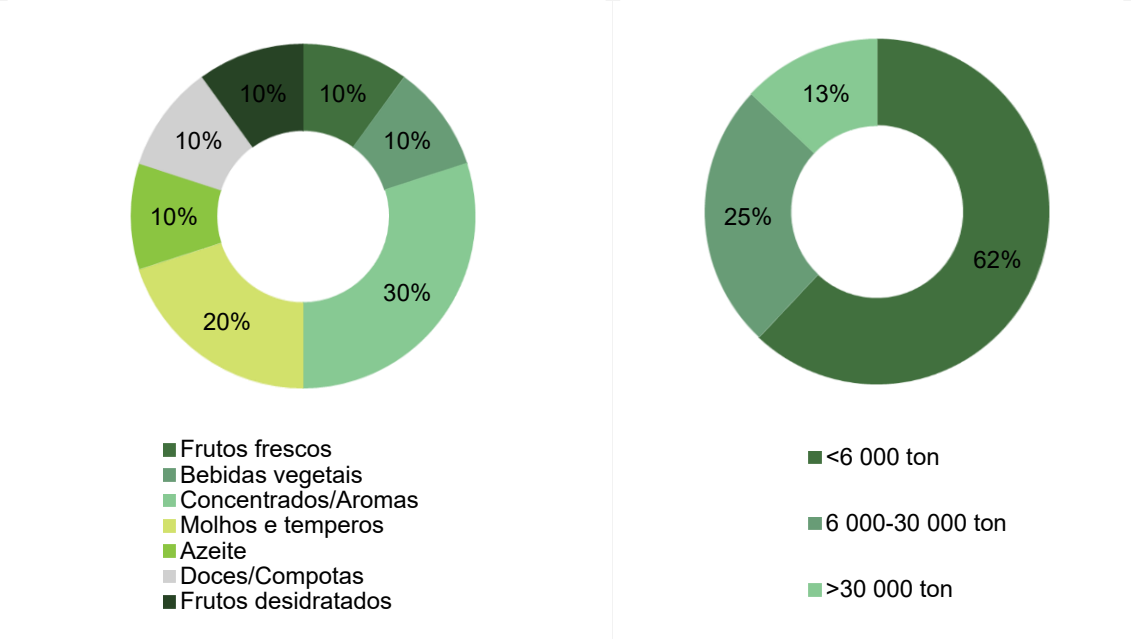

Figura 3 - Dados de produção das empresas visitadas da fileira dos hortofrutícolas: A) tipo de produtos (em % de empresas respondentes); B) volume de produção total, em toneladas (em % de empresas respondentes). Dados obtidos com base nas respostas de 9 empresas.

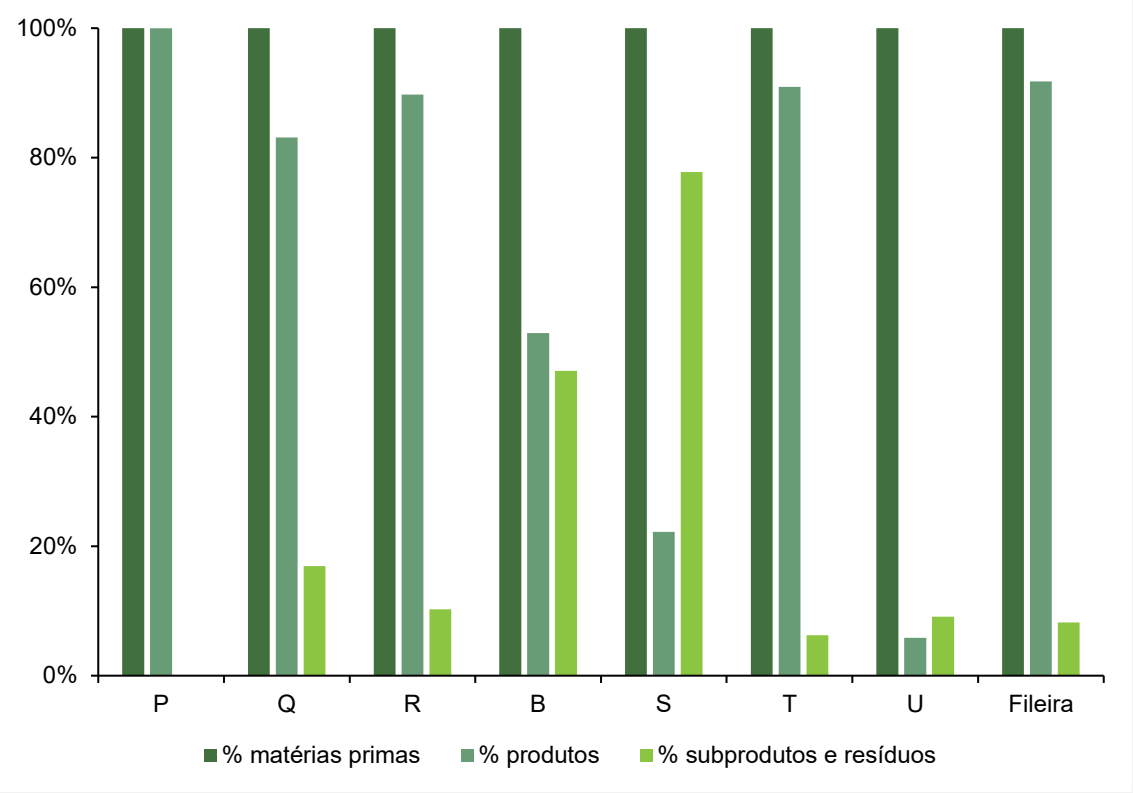

Figura 4 - Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos. Dados obtidos com base nas respostas de 6 empresas.

A nível dos subprodutos (Figura 5 A) produzidos, a maioria das empresas relata a fruta ou legumes não conformes como principal. Seguem-se as cascas e peles da fruta e legumes e as sementes e caroços. Finalmente, salienta-se ainda o bagaço, resultante da produção do azeite, e o mosto e retentados, resultantes da produção de concentrados de frutas. É importante notar que estes subprodutos possuem alto potencial para valorização. Não só podem ser usados para valorização energética, para compostagem ou para alimentação animal, como podem ser estudados para extração de compostos bioativos (antioxidantes ou fibras, por exemplo), pois são ricos nesse tipo de compostos. Quanto aos resíduos (Figura 5 B), as lamas sobressaem, mas também são reportados os resíduos de embalagens, como plástico ou cartão. É de salientar que a maioria das empresas reporta sazonalidade na produção de resíduos e produtos, havendo um pico genericamente nos meses de outono, particularmente, outubro e novembro.

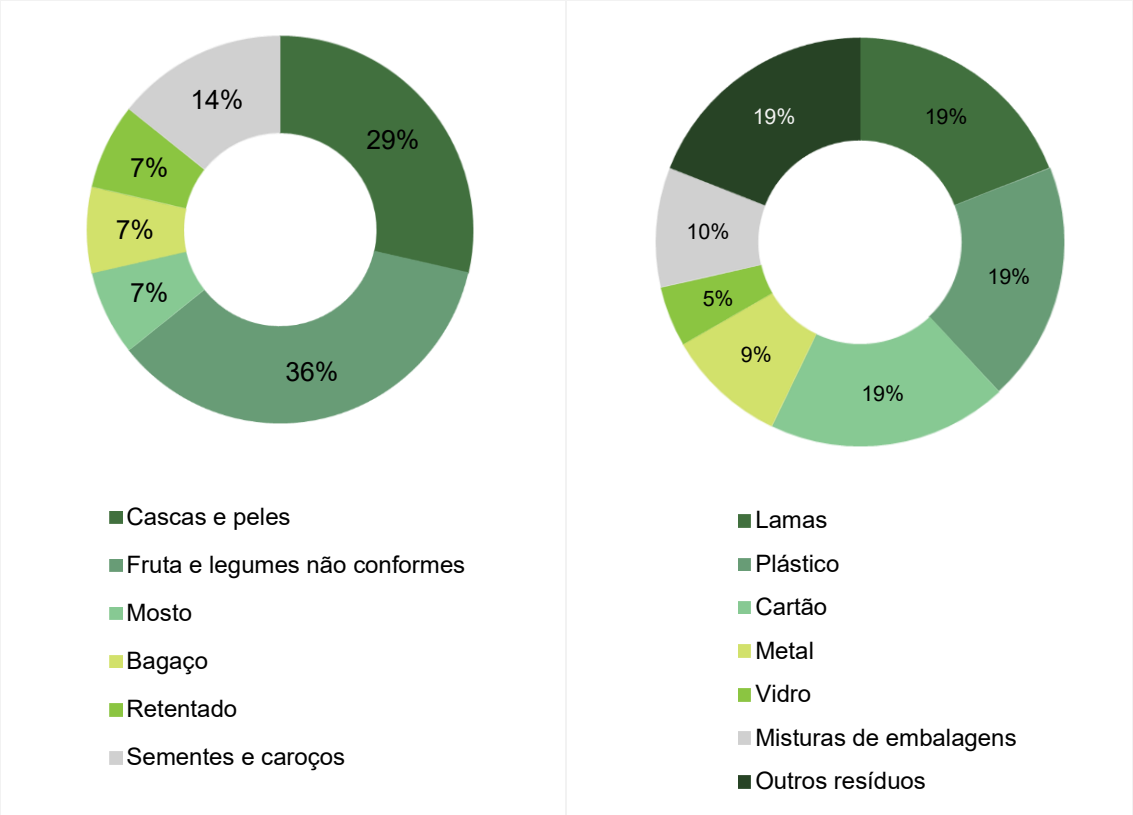

Figura 5 - Subprodutos (A) e resíduos (B) reportados pelas empresas da fileira da preparação e conservação de frutos e hortícolas.

Quanto ao destino dos subprodutos e resíduos (Figura 6), destaca-se a alimentação animal, para onde seguem muitos subprodutos como restos de frutas e legumes. Alguns desses subprodutos também seguem para compostagem ou aterro. Os resíduos de embalagem seguem para aterro, reciclagem ou troca de resíduos.

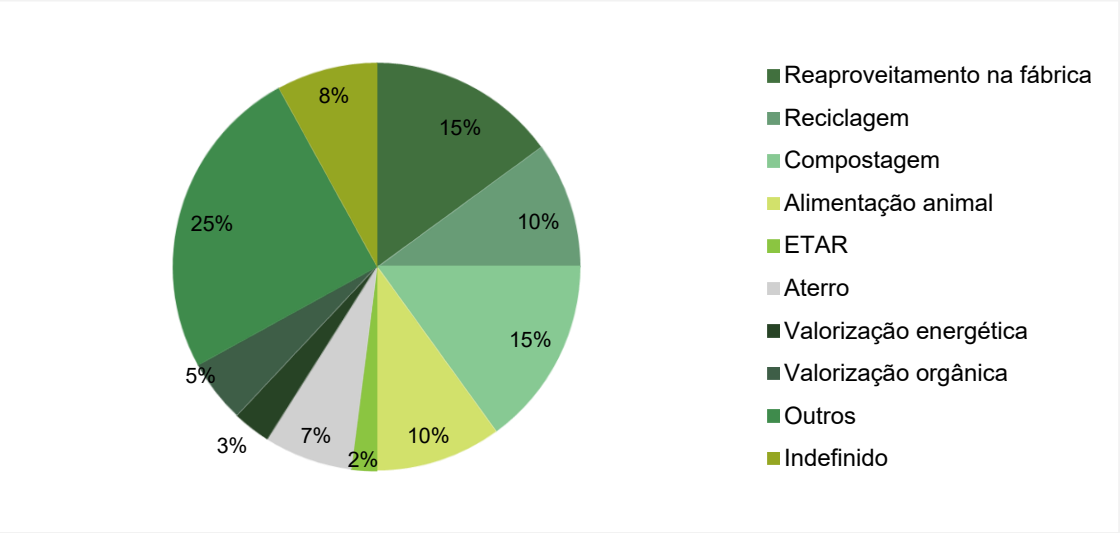

Figura 6 - destino dos subprodutos e resíduos, em % de empresas que os indicam.

Metade das empresas inquiridas tem planos para reduzir a produção de resíduos até 2030. Algumas das medidas referidas pelas empresas como estando em vigor para auxiliar na redução de resíduos incluem:

- Valorização de subprodutos a produtos dentro da própria empresa: referida por duas das empresas inquiridas. Uma produtora de vinagres, molhos e temperos usa restos como polpas, sementes ou peles para produzir vinagre de limpeza. Outra empresa aproveita as peles e frutas não conformes para produção de purés e concentrados;
- Melhoria das embalagens, de forma a utilizar menos massa de embalagem por massa de produto;
- Testes de produção de biogás a partir dos resíduos;
- Melhoria contínua de processos e equipamentos para aumentar a sua eficiência;
- Análises de ciclo de vida dos produtos, para identificar pontos críticos para melhoria;
- Remoção de ingredientes desnecessários das formulações;
- Utilização de material reciclado nas embalagens.

Algumas das empresas inquiridas forneceram o mapa de resíduos para análise e assim foi possível, para essas empresas, fazer um estudo mais detalhado. Foquemos então na empresa R, produtora de xaropes e preparados de fruta, bem como de gelados e produtos de pastelaria, com um volume de produção total de 29 297 toneladas em 2023. Produziu, nesse ano, 3352 toneladas de subprodutos e resíduos, estando próxima do rácio médio de matérias-primas/produtos/ resíduos e subprodutos para a fileira (Figura 7). O tipo de resíduos está distribuído conforme mostrado na Figura 8.

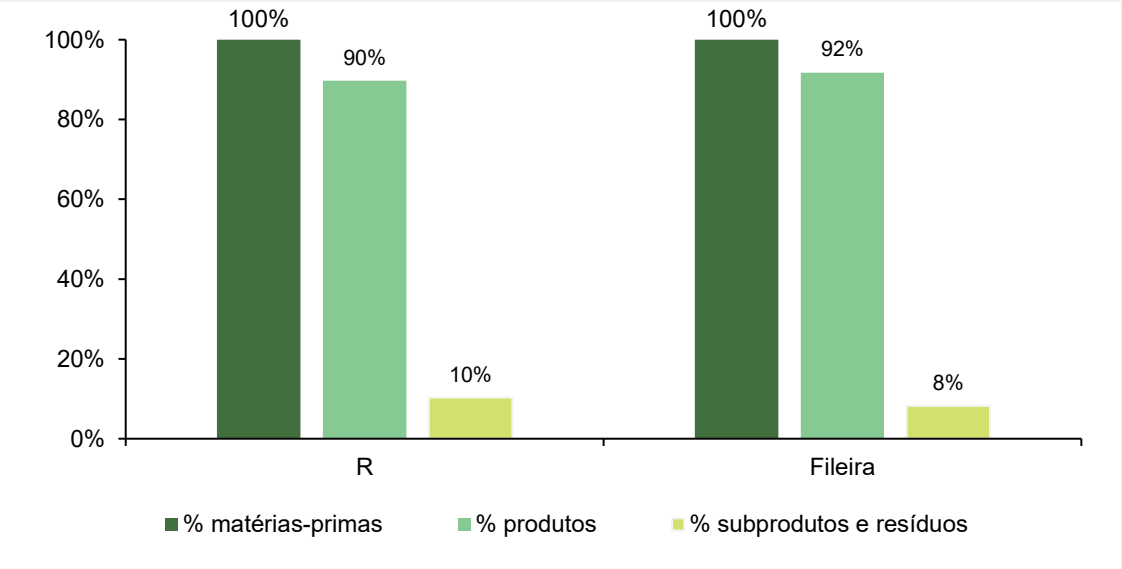

Figura 7 - Rácio matérias-primas/produtos/resíduos e subprodutos para a empresa R.

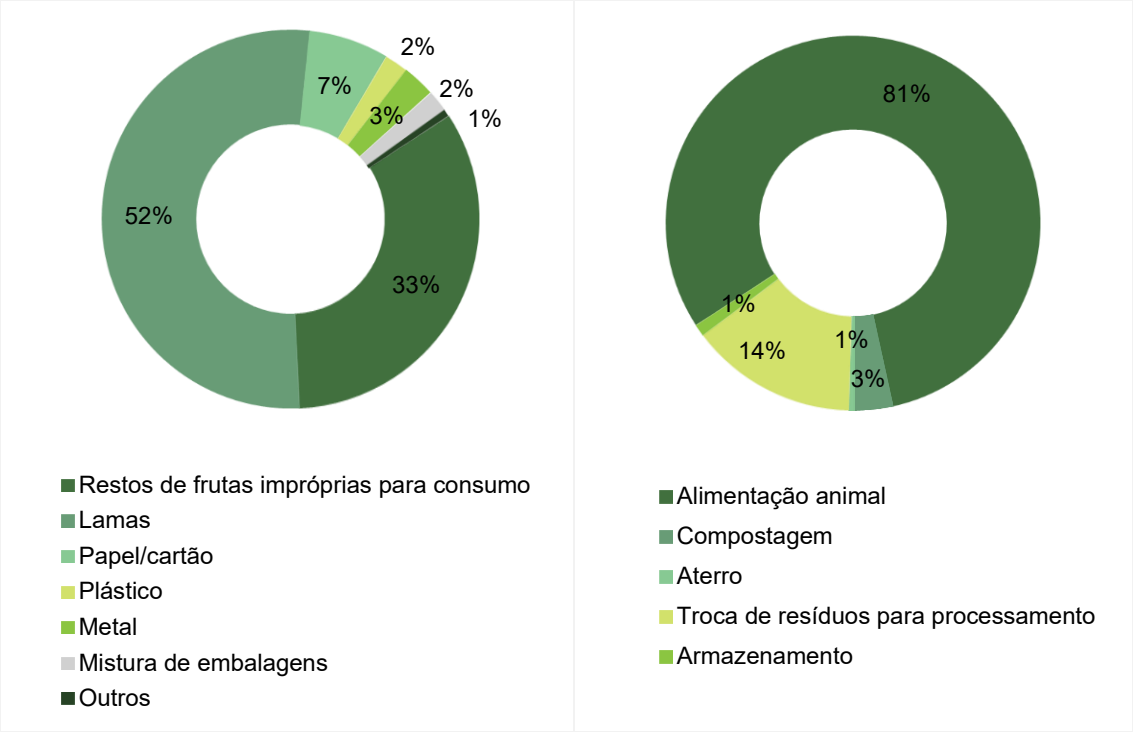

Figura 8 - Resíduos e subprodutos (A) produzidos pela empresa R, e destino dos resíduos e subprodutos (B), em % de volume.

Esta empresa gera uma grande quantidade de restos de frutas que não se destinam a consumo humano, bem como uma grande quantidade de lamas. Destacam-se ainda os resíduos de embalagens, como papel/cartão, metal e plástico. A nível do seu destino, uma grande parte segue para alimentação animal. Adicionalmente, é reportado no mapa de resíduos que 14% do volume total de resíduos segue para troca (e 1% para armazenamento) pelas empresas que fazem a recolha. Uma pequena percentagem dos restos de frutas segue para aterro, sendo maioritariamente usado para alimentação animal. As lamas, por seu lado, tanto podem seguir para alimentação animal como compostagem (Figura 9).

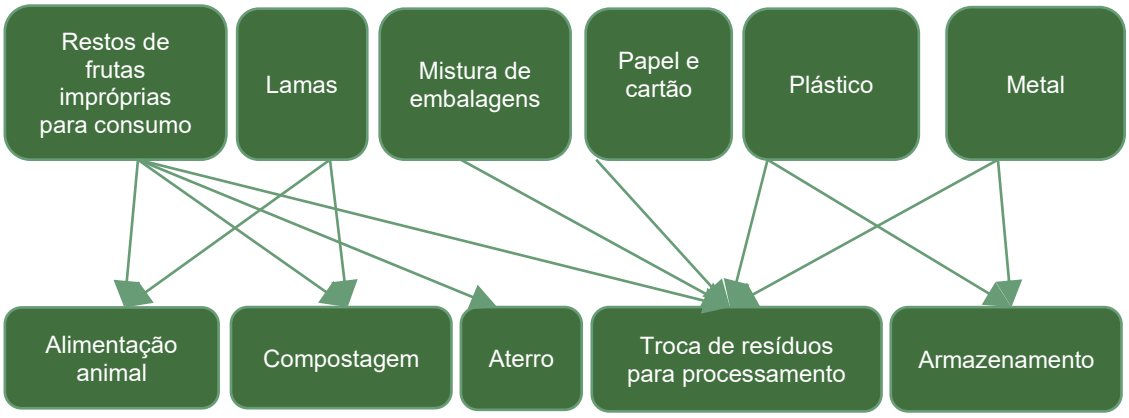

Figura 9 - Destino de cada subproduto/resíduo, na empresa R.

Na fileira dos produtos hortícolas, a nível de embalagem, 60% das empresas inquiridas refere utilizar plástico, 30% menciona usar papel/cartão e 10% o vidro. Os níveis de inclusão de material reciclado na embalagem são baixos, entre 0 e 25%.

Relativamente ao consumo de água, os dados fornecidos pela Empresa R permitiram calcular o consumo de 4 L/kg de produto, baseado no consumo total anual de água em relação à produção total anual, que inclui produtos como preparados e xaropes de fruta, gelados e pastelaria. A água utilizada pela empresa é proveniente quer de fonte pública (76%), quer de fontes subterrâneas (24%).

A empresa reporta uma pegada hídrica de 3,55 L/kg, valor que está próximo do consumo calculado. Grande parte dessa água é destinada a lavagens e sistemas CIP (Cleaning in Place), que representam 12% do consumo total (Figura 10). Embora a percentagem de reutilização de água seja de 0%, a empresa implementa práticas que evitam o desperdício de água. Desde o início de 2023, conseguiu reduzir o consumo total de água em 3%.

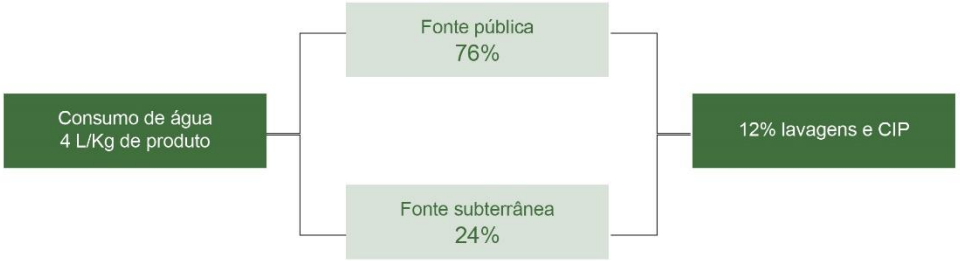

Figura 10 - Diagrama do consumo de água da empresa R.

2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas

Na Fileira de Preparação e Conservação de Frutos e de Conservação Hortícolas, no que respeita ao processamento, a digitalização desempenha um papel importante para a sua modernização e competitividade. Este aspeto encontra-se relacionado com o elevado grau de automação de processos e o seu respetivo controlo para a gestão da produção. As tecnologias de digitalização tendem a ser complexas e de origem variada, pois na maior parte das vezes estão veiculadas nas empresas através dos equipamentos destas indústrias de processo, apesar de existirem componentes chave de controlo muitas vezes fornecidos por empresas fornecedoras de tecnologia.

O nível de automatização dos processos de uma forma individual nestas empresas é considerado elevado, também na lavagem e higienização, contudo verifica-se que a integração dos vários

processos nem sempre está presente em todas as empresas, e existe um desnível de maturidade digital entre algumas empresas.

A integração de sistemas de informação com os equipamentos produtivos é nula num ou outro caso, e noutros casos de nível elevado. Algumas empresas apresentam assim níveis de maturidade avançada em alguns aspetos emergentes (AI por exemplo) e com sistemas de monitorização de indicadores de produção em funcionamento com interligação funcional para gestão operacional, tática e estratégica, mas também existe casos em que a gestão operacional na empresa é realizada de forma manual recorrendo ao Excel.

Verifica-se assim, que o processo de digitalização na Fileira revela diferentes fases de amadurecimento, desde o início da jornada até à definição de estratégias e planos de ação tecnológicos. A automação que já existe nos processos críticos é um ponto intermediário com potencial para expansão na Fileira, e a integração entre sistemas de informação e equipamentos produtivos é crucial para impulsionar a eficiência operacional.

De realçar que duas das empresas inquiridas já alcançaram o nível 4 de maturidade digital (Transparência), em que neste nível as empresas compreendem por que as “coisas” acontecem e investem na Indústria 4.0. O conhecimento é resultado do reconhecimento das oportunidades e desafios.

De uma forma mais abrangente, verifica-se que a fileira se encontra em diferentes estados rumo à digitalização completa e integrada. A diversidade de abordagens e o progresso em diferentes áreas destacam tanto as oportunidades quanto os desafios que as empresas enfrentam neste processo. É importante investir em tecnologias facilitadoras, formação especializada e parcerias estratégicas pode acelerar esta transformação, impulsionando a eficiência operacional, a competitividade e a inovação na indústria desta fileira. Colaboração e visão estratégica serão elementos importantes para superar os obstáculos técnicos e culturais nesta jornada de transformação digital.

3. Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira

3 Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira

3.1 Domínio "Descarbonização"

Nesta fileira, os principais consumidores de energia incluem os processos de pasteurização, esterilização, desidratação, congelamento e conservação em ambientes refrigerados. Assim, as medidas de eficiência energética devem concentrar-se nesses processos críticos, com o objetivo de reduzir custos operacionais, diminuir as emissões de carbono e aumentar a competitividade das empresas no mercado. As estratégias gerais apresentadas no capítulo 3 são válidas para esta fileira, enquanto os pontos seguintes destacam outras medidas específicas (European Commission, 2019).

- **Arrefecimento de frutas e legumes –** O arrefecimento das frutas e legumes após a colheita ou o processamento térmico é crucial para retardar a atividade metabólica, deterioração e crescimento microbiano. Este pode ser realizado com a recirculação de água fria em contacto direto ou indireto com as frutas e hortícolas;
- **Pré-tratamento e recirculação de água** – No processo de lavagem e higienização dos produtos existem grandes quantidades de água que podem ser aproveitadas após um tratamento adequado possibilitando a incorporação desta, bem como a redução de energia;
- **Recuperação de calor de sistemas de refrigeração** – Uma vez que se trata de uma fileira com necessidades de frio consideráveis, existe um potencial de aproveitamento do calor libertado nos condensadores dos equipamentos de frio;
- **Otimização de sistemas de congelamento rápido** – Os sistemas de congelamento rápido são utilizados para preservar a qualidade de frutas e legumes. Assim, com a otimização de fluxos de ar e da temperatura pode reduzir-se os consumos de energia.

No Anexo 12 encontram-se mais informações sobre as medidas atrás apresentadas. Seguidamente apresenta-se exemplo de uma medida na fileira.

Exemplo (Biogás)

A Göknur Gida, uma das principais empresas turcas de sumos e concentrados de fruta, adotou uma estratégia de zero resíduos ao instalar centrais de biogás nas suas fábricas em Niğde e Afyon. Estas instalações convertem os resíduos de frutas em biogás, gerando anualmente cerca de 8.184.470 kWh de eletricidade e 8.803.000 kWh de energia térmica. A iniciativa permitiu à empresa reduzir significativamente a dependência de fontes de energia não renováveis, aproveitando recursos internos para garantir uma produção mais sustentável e eficiente.

Com o apoio da UNIDO e do Ministério da Agricultura e Florestas da Turquia, a Göknur Gida também implementou diversas tecnologias de gestão de energia térmica. O projeto inclui também a utilização de tubagens de água quente eficientes e um *hub* de permutadores de calor, que possibilita o aproveitamento de 80% da energia térmica gerada para outros processos produtivos e aquecimento das instalações.

Fonte: (Industrial Decarbonization Accelerator, 2022).

3.2 Domínio “Digitalização”

Como referido em “Tecnologias de digitalização utilizadas”, a fileira tem empresas com um nível de digitalização que lhes permite ter alguma visibilidade e alguma transparência do que está a acontecer, e empresas que ainda não ultrapassaram o nível um de maturidade digital, o que indica um nível de desafios distinto na sua evolução nos roteiros i4.0. Enquanto que para umas empresas, o patamar seguinte da avaliação de maturidade em alguns processos da empresa, representa a capacidade preditiva e também na capacidade de adaptação e flexibilidade das empresas a cenários adversos ou de disruptoras (crises de diferentes naturezas), noutras o patamar seguinte, representa ainda o nível dois da digitalização em que os sistemas devem estar estruturados e as tecnologias de informação deveriam conectadas, suportando os principais processos (que estão definidos). Neste nível dois a organização já deveria conhecer a iniciativa i4.0.

Nesta fileira temos então dois cenários: empresas com um nível de maturidade mais alto que devem apostar ou reforçar as suas apostas na utilização dos dados que já possuem, sejam internos, ou da cadeia de valor (consumo do mercado, tendências, etc.) para analítica avançada

(uso de técnicas de AI por exemplo) e com isso ter acesso a informação de suporte à decisão em termos de previsão (e forecasting); e por outro lado empresas com um nível de maturidade mais baixo que devem iniciar as suas apostas na conexão das tecnologias de informação. Para estas últimas é essencial desenvolver uma estratégia para aproveitar ao máximo as tecnologias disponíveis. Recomenda-se ainda que definam metas claras e prioridades para a implementação da Indústria 4.0.

A fileira deverá estar em evolução, impulsionada pela busca por maior eficiência, sustentabilidade e qualidade do produto final. As tecnologias e soluções digitais desempenham um papel crucial nesse processo, oferecendo diversas vantagens para toda a cadeia produtiva.

Na fileira de preparação e conservação de frutas e de produtos hortícolas, a adoção de tecnologias digitais pode melhorar significativamente a eficiência, a qualidade e a sustentabilidade dos processos.

A maior parte das tecnologias identificadas no capítulo 3 referente às tecnologias de digitalização transversais, são muito abrangentes e por isso é possível aplicar a todos as fileiras, com alguma customização própria dessa fileira, como será o caso desta fileira de preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas.

3.3 Domínio “Economia circular”

Além das medidas referidas nos capítulos acima, existem outras oportunidades de melhoria com foco não só na descarbonização, mas também em práticas de economia circular e minimização do desperdício. Listam-se abaixo essas medidas:

- **Usar embalagens biodegradáveis, recicláveis ou com maior inclusão de materiais reciclados, bem como otimizá-las para reduzir o volume e o peso**. Caso não seja possível alterar o material da embalagem para um de menor impacto ambiental, deve estudar-se para cada produto a possibilidade de minimizar o teor de embalagem. Isto permitirá não só reduzir o desperdício associado à embalagem, como também otimizar o transporte de produtos, levando a que se consiga levar mais peso de produto em cada viagem. Assim, minimizam-se os custos e as emissões associadas aos transportes.
- Em contrapartida, estudar-se **a viabilidade da utilização de garrafas de vidro para alguns produtos**, considerando a possibilidade de estas embalagens serem retornadas pelo consumidor final e assim serem reutilizadas. Sugere-se instaurar sistemas de recolha e reutilização de embalagens (particularmente de vidro), podendo promover-se esta situação junto do consumidor final através de descontos na entrega das embalagens.

- Maximizar a **incorporação de subprodutos em novas linhas de produtos**: batidos, sumos, compotas, vinagres, molhos, purés. Estes produtos permitem valorizar cascas, sementes, frutas/legumes deformados ou de tamanho desadequado para alimentação humana, maximizando a quantidade de alimentos que se consegue produzir a partir de uma área de plantação e de uma matéria-prima.
- Na impossibilidade de valorizar na própria fábrica os subprodutos, **estabelecer parcerias para a sua valorização**, aproveitando por exemplo para extrair compostos bioativos de interesse para outros setores.
- **Recorrer à compostagem para tratar os resíduos orgânicos que não possam ser usados** e usar o resultante na agricultura dos produtos da própria empresa. Ao promover-se a circularidade dentro da empresa, poderá minimizar-se as emissões associadas ao transporte de materiais. Simultaneamente, isto permite minimizar o uso de fertilizantes sintéticos que possam ter um impacto ambiental nocivo.
- Alternativamente, **estudar a viabilidade da produção de biogás por biodigestores**, a partir de resíduos orgânicos. Assim, reduzir-se-á não só a percentagem de resíduos que acaba em aterro, como também a dependência de energias de origem fóssil. A viabilidade desta alternativa depende dos custos de operação e instalação das tecnologias de valorização energética e dos volumes de subprodutos disponíveis e deverá ser estudada caso a caso.
- **Monitorizar e registar todos os gastos de água**. Aqui, as tecnologias de digitalização poderão ser usadas para identificar pontos críticos para potenciais melhorias e diminuição do consumo de recursos hídricos.
- **Implementar tecnologias de redução e eficiência no uso da água**, como a recirculação de água nos sistemas de refrigeração e lavagem. Para irrigação, recorrer a sistemas inteligentes e eficientes que minimizam o desperdício de água,
- **Promover a agricultura vertical quando possível**, para minimizar a área utilizada para produção e libertar área para a biodiversidade natural.
- **Promover a seleção e o cultivo de variedades de frutas e hortícolas mais resistentes a secas e doenças**. Isto minimiza o desperdício de matéria orgânica causada por pestes ou eventos climáticos. Reduz também a necessidade de introdução de pesticidas sintéticos. Um estudo da fundação Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation, 2021) verificou que o uso de batatas resistentes a doenças não só aumentou a capacidade produtiva, como também reduziu as emissões de gases com efeito de estufa da produção em 20%.

- **Aumentar a diversidade de espécies cultivadas e incluídas nos produtos alimentares**. Isto promove a biodiversidade e aumenta a resiliência das empresas a eventos de doença ou climáticos que pudessem pôr em causa a capacidade produtiva. Além disso, permite diversificar os sabores e nutrientes aos quais os consumidores têm acesso.
- **Adotar práticas que minimizam o uso de fertilizantes e pesticidas**, como a sua aplicação controlada e a utilização de produtos biológicos, para evitar o excesso de fertilizantes com potencial de contaminar o solo e as águas subterrâneas. Deve ainda promover-se a agricultura regenerativa. Mesmo que estas práticas possam ter um custo inicial mais elevado, a agricultura regenerativa tem tendência para compensar o investimento a longo prazo, além do seu benefício ambiental.

4. Perspetivas de evolução da fileira

4 Perspetivas de evolução da fileira

Na fileira dos hortícolas e frutícolas, 93% das emissões não se devem ao setor da transformação, mas sim a nível de produção primário (Figura 11). Isto salienta novamente a necessidade de programas integrados de descarbonização, onde os produtores sejam envolvidos. Assim, a fileira dos lacticínios representa 18% das emissões a nível da transformação alimentar em Portugal, e 13% das emissões do setor primário.

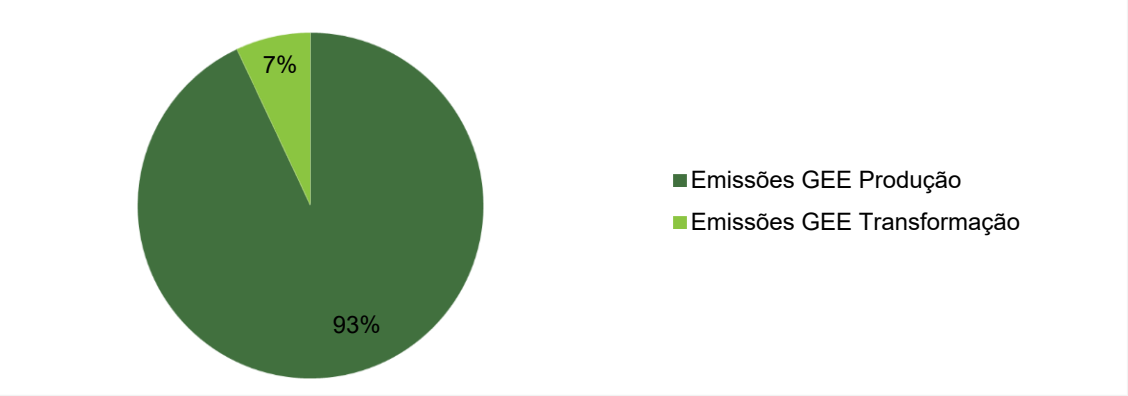

Figura 11 - Distribuição entre produção e transformação na fileira dos hortícolas e frutícolas.

Agrupando os setores de produção e transformação, para o setor agroalimentar em Portugal, prevê-se uma diminuição das emissões de GEE, sendo que a velocidade desta diminuição depende da capacidade de adoção de medidas de descarbonização (cenários conservador, moderado e otimista; Figura 12).

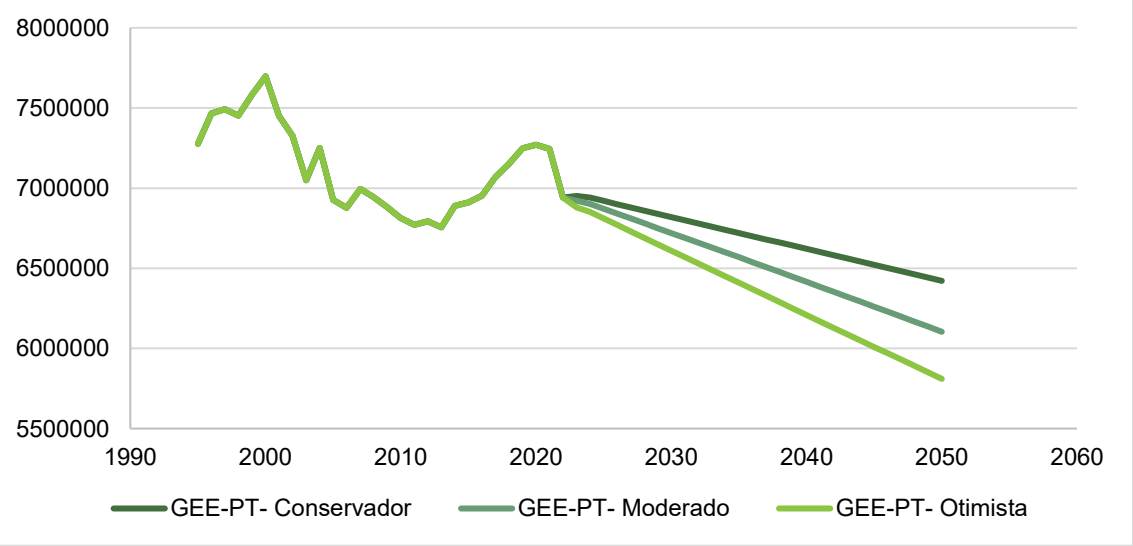

Figura 12 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo.

No caso concreto da fileira dos hortícolas e frutícolas, a Tabela 2 apresenta a perspetiva de evolução das emissões de GEE, até 2050. Para estes valores, é considerado um cenário *business as usual*, ou seja, representam-se os valores das emissões caso não sejam tomadas medidas adicionais de descarbonização. Assim, a redução, a nível da indústria transformadora dos lacticínios seria de apenas 7,3% em 2050 (face a 2005), o que fica muito abaixo das metas propostas de descarbonização. Conclui-se então que é necessário um esforço adicional para promover a descarbonização desta fileira.

Tabela 2 - Simulação de emissões de GEE em MtCO2eq para o período 2005 a 2050.

	2005	2022	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Produção	762,01	763,54	761,22	750,22	739,24	728,27	717,31	706,36
Tranasformação	100,13	100,33	100,02	98,58	97,14	95,69	94,25	92,82

A lacuna de dados existente a nível do consumo de água e geração de resíduos por fileira limitou o trabalho. A ausência de dados específicos por fileira representa não apenas uma limitação atual, mas também uma oportunidade clara para futuros trabalhos de investigação. Estudos futuros poderão aprofundar o exercício aqui realizado, partindo da análise desagregada de cada fileira e conduzindo à posterior consolidação setorial de forma mais robusta.

Porém, a evolução da indústria da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas em Portugal dependerá de fatores relacionados com a procura por alimentos saudáveis, tendências de exportação, sustentabilidade, e alterações climáticas.

A crescente conscientização dos consumidores sobre saúde e nutrição favorece o consumo de frutas e vegetais, quer em produtos minimamente processados ou conservados, quer em produtos prontos para consumo (*ready-to-eat*), congelados e conservas saudáveis. Adicionalmente, Portugal tem consolidado a sua posição como exportador de frutas, legumes e produtos hortícolas processados. Para além disso, a crescente adoção de dietas baseadas em vegetais pode aumentar a procura por frutas e hortícolas preparados e conservados, principalmente em alimentos prontos e substitutos de carne. Contudo, o aumento da frequência de secas e eventos climáticos extremos pode afetar negativamente a produção agrícola nacional, reduzindo a disponibilidade de matérias-primas. A sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos (água, energia) serão fatores cruciais para manter a competitividade. Assim, até 2050, a indústria da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas em Portugal deverá crescer moderadamente, com um forte impulso vindo das exportações e da procura por alimentos saudáveis e sustentáveis. Contudo, o setor enfrentará desafios relacionados com as alterações climáticas, sustentabilidade e custos de produção. A inovação tecnológica e a valorização de subprodutos serão fundamentais para garantir a competitividade e o crescimento sustentável.

A nível da geração de resíduos, espera-se que a quantidade de resíduos para aterro seja cada vez menor, devido à aposta na economia circular. Os investimentos em tecnologias para extrair compostos bioativos (ex.: antioxidantes, fibras, óleos essenciais) de subprodutos da indústria dos frutícolas e hortícolas estão em crescimento. O uso de resíduos e subprodutos para produção de bioplásticos, biocombustíveis ou fertilizantes será cada vez mais comum.

As embalagens são também uma fonte de preocupação. A adoção de embalagens recicláveis, biodegradáveis e reutilizáveis será uma exigência crescente. Sistemas de devolução de embalagens podem ser integrados para responder às políticas de minimização de resíduos que possam vir a ser impostas a nível europeu e nacional. Os efluentes gerados, por seu lado, também poderão sofrer alterações. Tecnologias como biorreatores anaeróbicos, membranas filtrantes e sistemas de reutilização de água serão mais comuns.

O consumo de água é também um fator importante. Espera-se a adoção de tecnologias mais eficientes, incluindo limpeza a seco, desidratação, liofilização, entre outros, de forma a poupar água em todos os processos produtivos. Saliente-se que a gestão hídrica deve ser feita em toda a cadeia: a otimização do uso de água no cultivo (irrigação por gotejamento, agricultura de precisão) será fundamental para reduzir a pegada hídrica das matérias-primas. Incentivos e regulamentos europeus poderão acelerar a adoção de práticas de gestão sustentável.

PORTUGAL FOODS
Atlantic meets Mediterranean
desde 2009
INOVCLUSTER
Associação do Cluster Agro-industrial do Centro
PRR
Plano de Recuperação e Resiliência
REPÚBLICA PORTUGUESA
Financiado pela União Europeia
NextGenerationEU