ROTEIRO PARA A
DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR AGROALIMENTAR

MANUAL SETORIAL PARA A FILEIRA DAS BEBIDAS ALCOÓLICAS E BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS

PORTUGAL FOODS
Atlantic meets Mediterranean
INOVCLUSTER desde 2009
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 das bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas

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 11
2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas 14
3. Medidas de descarbonização, digitalização e economia circular para a fileira **16**
3.1 Domínio “Descarbonização” 17
3.2 Domínio “Digitalização” 21
3.3 Domínio “Economia circular” 22
4. Perspetivas de evolução da fileira **24**

Índice de tabelas

Tabela 1 – Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados – Fileira das bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas. 9
Tabela 2 - Simulação de emissões de GEE em MtCO2eq para o período 2005 a 2050. 26

Índice de figuras

Figura 1 - Fluxograma genérico dos processos produtivos de sumos/ refrigerantes e de água, respetivamente. 7
Figura 2 - Fluxograma genérico dos processos produtivos de cerveja, sidra e whisky, respetivamente. 8
Figura 3 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira das bebidas, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE). 10
Figura 4- Produtos produzidos pelas empresas entrevistadas da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas. Valores expressos em % de empresas. 11
Figura 5- Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos. Dados obtidos com base nas respostas de 4 empresas. 12
Figura 6 - Destino dos resíduos e subprodutos, conforme indicado pelas empresas inquiridas. Valores em % de empresas que indicam recorrer a estes destinos. 13
Figura 7 - Distribuição entre produção e transformação na fileira das bebidas. 25
Figura 8 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo. 25

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 das bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas.

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

O setor de bebidas, alcoólicas e não alcoólicas, abrange uma ampla variedade de produtos consumidos diariamente em todo o mundo. Estes incluem água engarrafada, refrigerantes, sumos de fruta, cervejas, licores e bebidas destiladas. Cada tipo de bebida possui processos de fabrico que são rigorosamente controlados para assegurar a qualidade e a segurança alimentar, embora existam algumas etapas semelhantes.

Historicamente, a produção de bebidas era realizada por pequenas unidades próximas às regiões de cultivo das matérias-primas, como pomares e campos de cereais. Com o avanço das tecnologias de produção e conservação, a tendência atual é a concentração da produção em unidades maiores e mais eficientes.

Na fileira das bebidas existem diversos vetores energéticos que desempenham um papel fundamental para garantir a qualidade e a segurança dos produtos. A eletricidade é amplamente utilizada, tanto para força motriz como para sistemas de refrigeração. Além disso, o gás natural, o GPL e o vapor são frequentemente aplicados em processos de aquecimento, como a pasteurização, fundamental para eliminar microorganismos nocivos e prolongar a vida útil dos produtos.

A produção de bebidas não alcoólicas, como água engarrafada, refrigerantes e sumos de fruta, envolve várias etapas essenciais. O processo geralmente começa com a obtenção e tratamento da água, que pode incluir filtração, desinfeção e adição de minerais. Para refrigerantes e sumos, a etapa seguinte é a mistura, onde ingredientes como açúcar, sabores naturais ou artificiais e concentrados de frutas são combinados a estes produtos. Após a mistura, as bebidas são gaseificadas (no caso dos refrigerantes) e submetidas a processos de preservação, como a pasteurização, antes de serem engarrafadas ou enlatadas (SGCIE, 2018).

Nos fluxogramas seguintes, Figura 1, é possível observar o processo de fabrico de sumos/ refrigerantes e de água engarrafada.

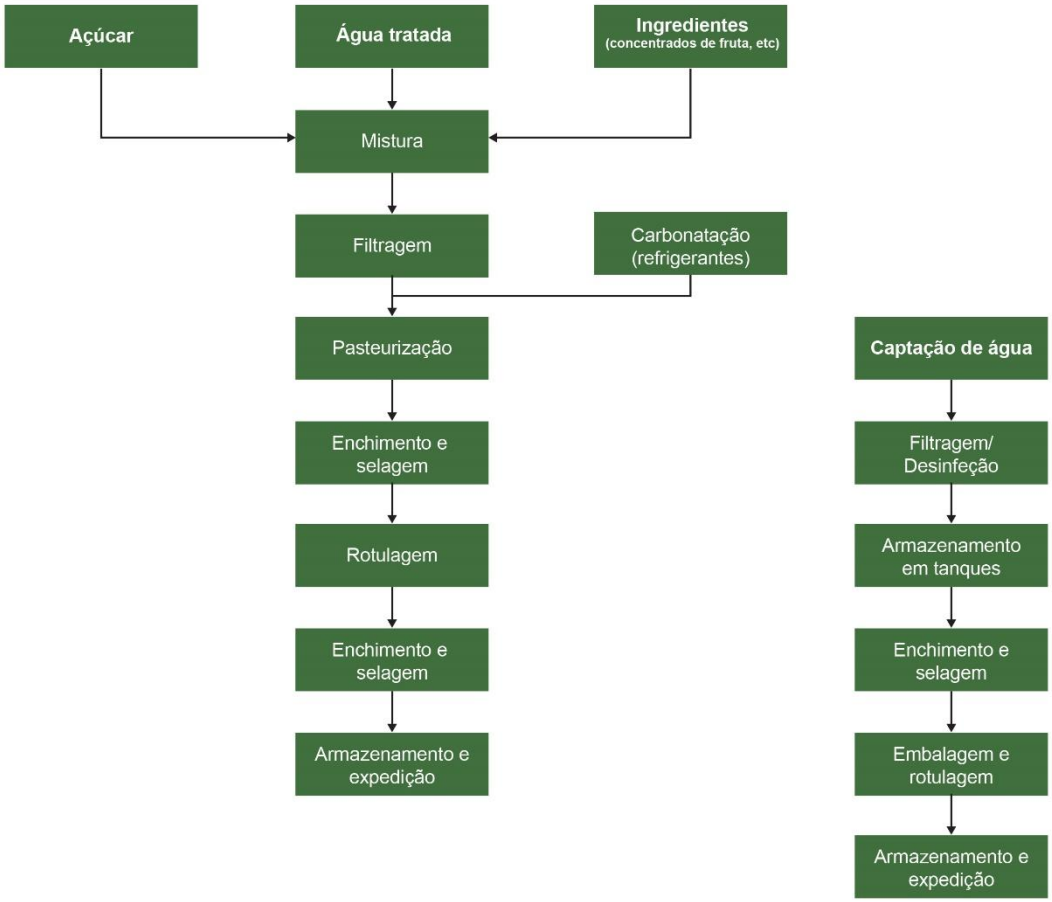

Figura 1 - Fluxograma genérico dos processos produtivos de sumos/ refrigerantes e de água, respetivamente.

A produção de bebidas alcoólicas é um processo complexo e multifacetado, que combina ciência e tradição para transformar matérias-primas em produtos consumidos em abundância em todo o mundo. Apesar das variações específicas entre diferentes tipos de bebidas, há etapas comuns e indispensáveis, como a fermentação, que é a base para a criação do álcool.

De forma geral, o fabrico de bebidas alcoólicas segue uma sequência de etapas bem definidas, adaptadas ao tipo de produto final. O processo começa com a receção das matérias-primas, que podem variar conforme o tipo de bebida. Posteriormente, essas matérias-primas passam por processos de preparação, como moagem ou esmagamento, seguidos de filtração para obter o líquido base.

A fermentação é uma etapa crucial, onde são introduzidos micro-organismos responsáveis por converter os açúcares presentes em álcool, e que pode requerer um controlo rigoroso de temperatura para otimizar a atividade fermentativa. A destilação também desempenha um papel fundamental na obtenção das características desejadas.

Após a fermentação e destilação, os produtos podem ser submetidos a processos de maturação ou envelhecimento, que são essenciais para desenvolver o sabor e aroma. Finalmente, o produto é estabilizado, clarificado e, finalmente, embalado para distribuição.

Nos fluxogramas apresentados na Figura 2 é possível ver os processos em vários tipos de bebidas alcoólicas, que contam alguns passos semelhantes no seu fabrico.

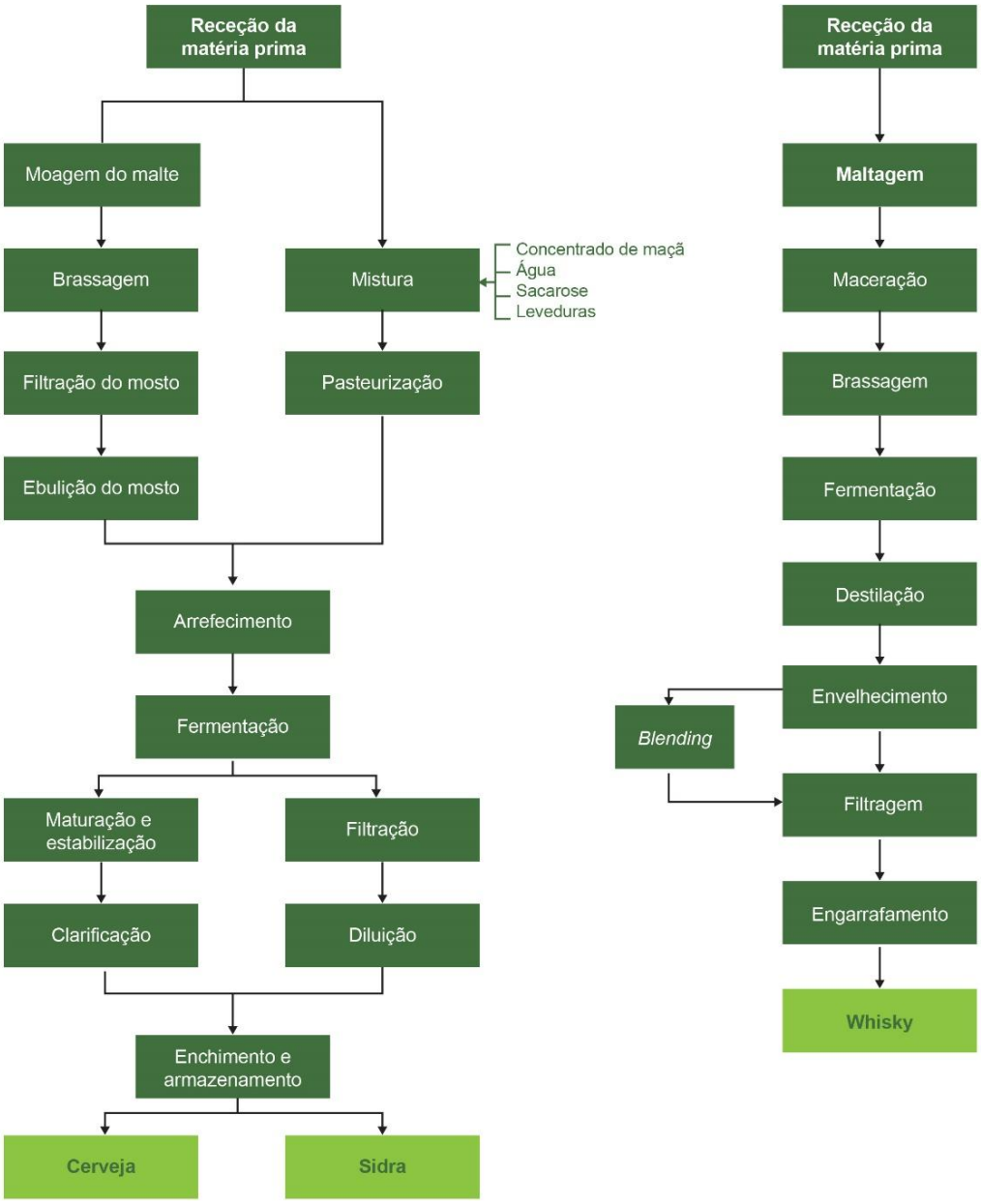

Figura 2 - Fluxograma genérico dos processos produtivos de cerveja, sidra e whisky, respetivamente.

Em resumo, o setor de bebidas caracteriza-se pela sua diversidade, envolvendo uma ampla gama de operações unitárias específicas para cada tipo de produto. Essa variedade reflete-se nos diferentes processos e métodos utilizados ao longo da cadeia produtiva. O controlo rigoroso em todas as etapas da fabricação é indispensável para assegurar a qualidade, a segurança e a satisfação do consumidor.

A tabela abaixo apresenta os principais processos energéticos da indústria de bebidas e os vetores energéticos associados, evidenciando a relevância da eletricidade e de outras fontes de energia, como o gás natural e a biomassa, no funcionamento das operações produtivas (ADENE, 2024).

Tabela 1 – Processos energéticos e respetivos vetores energéticos utilizados – Fileira das bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas.

Processo Energético	Vetores Energéticos Utilizados
Captação e tratamento de água	Eletricidade
Mistura de ingredientes	Eletricidade
Filtragem	Eletricidade
Pasteurização	Eletricidade, gás natural, biomassa, fuelóleo, GPL
Carbonatação	Eletricidade
Arrefecimento	Eletricidade
Fermentação	Eletricidade
Maturação e estabilização	Eletricidade
Clarificação e filtração	Eletricidade
Destilação	Eletricidade, gás natural, biomassa, fuelóleo, GPL
Envelhecimento	Eletricidade
Enchimento e selagem	Eletricidade
Rotulagem	Eletricidade
Armazenamento	Eletricidade

Consumo de energia final e emissões em 2020 para a fileira das bebidas

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 da fileira para o ano base (2020), representados na Figura 3.

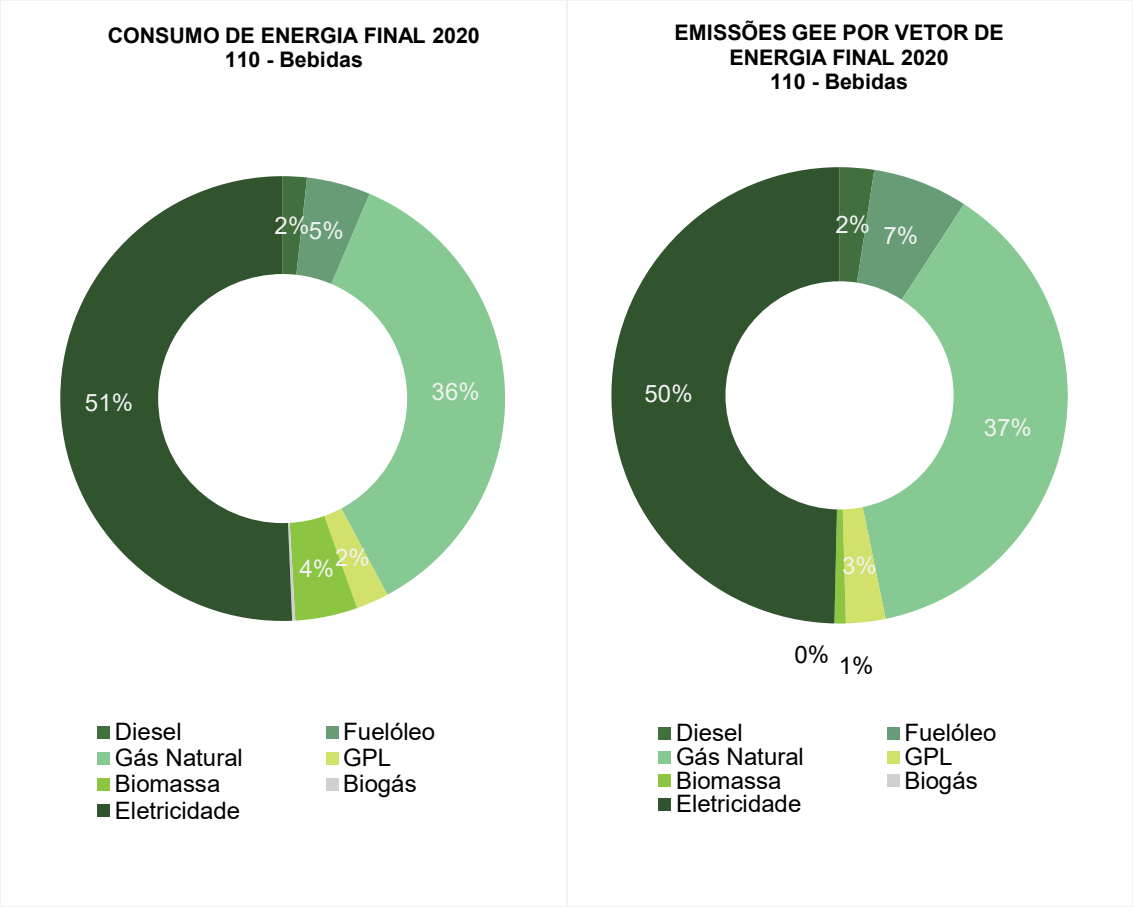

Figura 3 - Consumo de energia final e emissões por vetor de energia para o ano 2020 para a fileira das bebidas, estimado pelo modelo desenvolvida para o setor como um todo, com base em dados estatísticos de produção (INE).

Dentro da indústria de transformação dos alimentos e das bebidas, a fileira das bebidas representou cerca de 3% das emissões GEE do setor em 2020 (37ktCO_2eq, para um consumo de energia final de 16,4ktep). Analisando os valores de consumo de energia final por vetor e de emissões GEE (Figura 3) para o ano de 2020, podemos concluir que a fileira das bebidas apresenta ainda uma dependência significativa direta de combustíveis fósseis, embora esta fileira também se destaque por apresentar um dos maiores consumos relativos de eletricidade do setor, substancialmente acima da fração de consumo de eletricidade para o setor como um todo. O consumo de energia fóssil na fileira das bebidas representou cerca de 45% do consumo de energia final em 2020, representando cerca de 50% emissões GEE da fileira. Destes, o consumo de gás natural é o mais representativo, contribuindo para 36% do consumo de energia final e 37% das emissões GEE da fileira. Quanto ao consumo de eletricidade, representa a maior fatia de consumo de energia final em 2020, correspondendo a 51% do consumo de energia final e metade das emissões GEE da fileira. Estes valores reforçam a necessidade de implementação de medidas no setor 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 e eletrificação, com um papel também para a integração de gases renováveis 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

Obtiveram-se respostas de 4 empresas da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas. As categorias de produtos produzidas pelas empresas são diversas incluindo água, cerveja, vinho à pressão, sidra, sangria, bebidas com gás e *iced tea*, sumos, néctares e bebidas sem gás, como é possível observar através da Figura 4. No entanto as quatro empresas reportaram produzirem categorias de produtos semelhantes como água e cerveja.

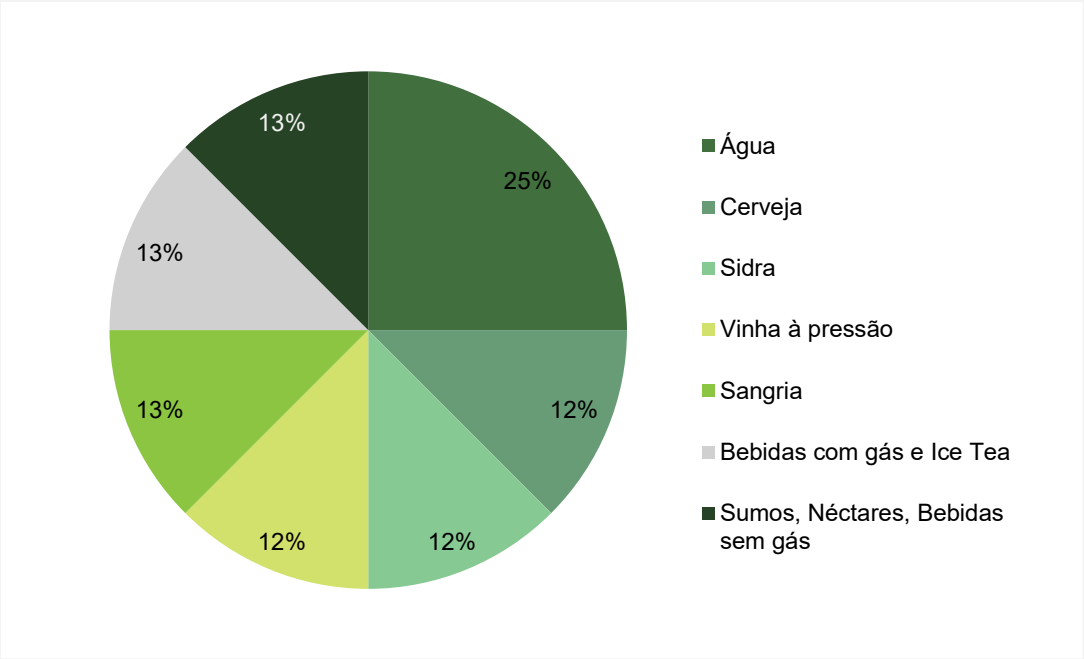

Figura 4- Produtos produzidos pelas empresas entrevistadas da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas. Valores expressos em % de empresas.

As empresas que participaram neste estudo reportaram volumes de produção, em termos globais, contabilizando todas as categorias de produtos produzidos, superiores a 100 milhões de litros anualmente.

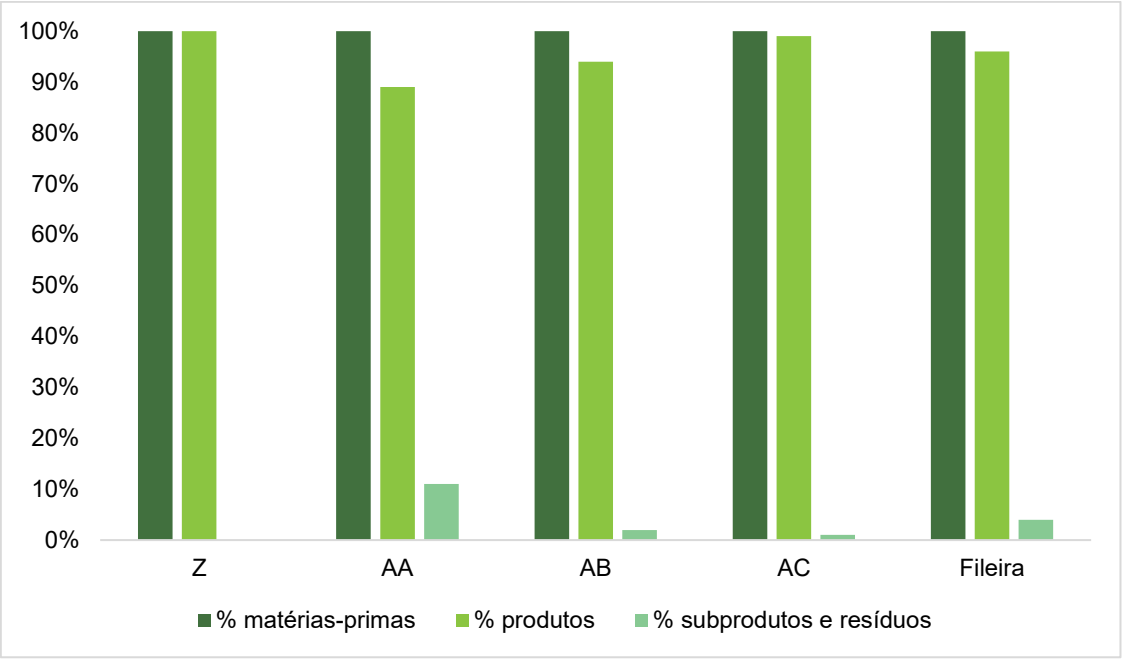

Figura 5- Consumo de matérias-primas e produção de produtos, subprodutos e resíduos. Dados obtidos com base nas respostas de 4 empresas.

Relativamente ao rácio entre o consumo de matérias-primas e obtenção de subprodutos e resíduos (

Figura 5), este é consideravelmente reduzido comparativamente a outras fileiras do setor agroalimentar. Existe um elevado rendimento de transformação de matérias-primas e obtenção de produtos finais. Entre os principais resíduos identificados pelas empresas encontram-se a dreche e leveduras, resíduos provenientes da indústria cervejeira, bagaço e borras associadas ao processo de produção de vinho e sidra, e com igual peso resíduos sólidos urbanos. É importante referir que dos inquéritos e contactos realizados com as diferentes empresas, apesar de ter sido reportada a produção de sumos e néctares, não foi reportado qualquer tipo de subproduto associado a esta categoria de produtos o que consideramos que seja enquadrável na categoria de resíduos sólidos urbanos.

Adicionalmente, em concordância com o já reportado noutras fileiras, as empresas apontam a fase do embalamento como a mais significativa para a produção de resíduos, salientando-se o plástico, cartão, vidro e metal. O plástico e cartão são reportados como os resíduos obtidos em maior quantidade seguidos do vidro e por fim, com um menor peso, o metal. No caso da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas, a produção de resíduos ocorre de forma contínua ao longo do ano.

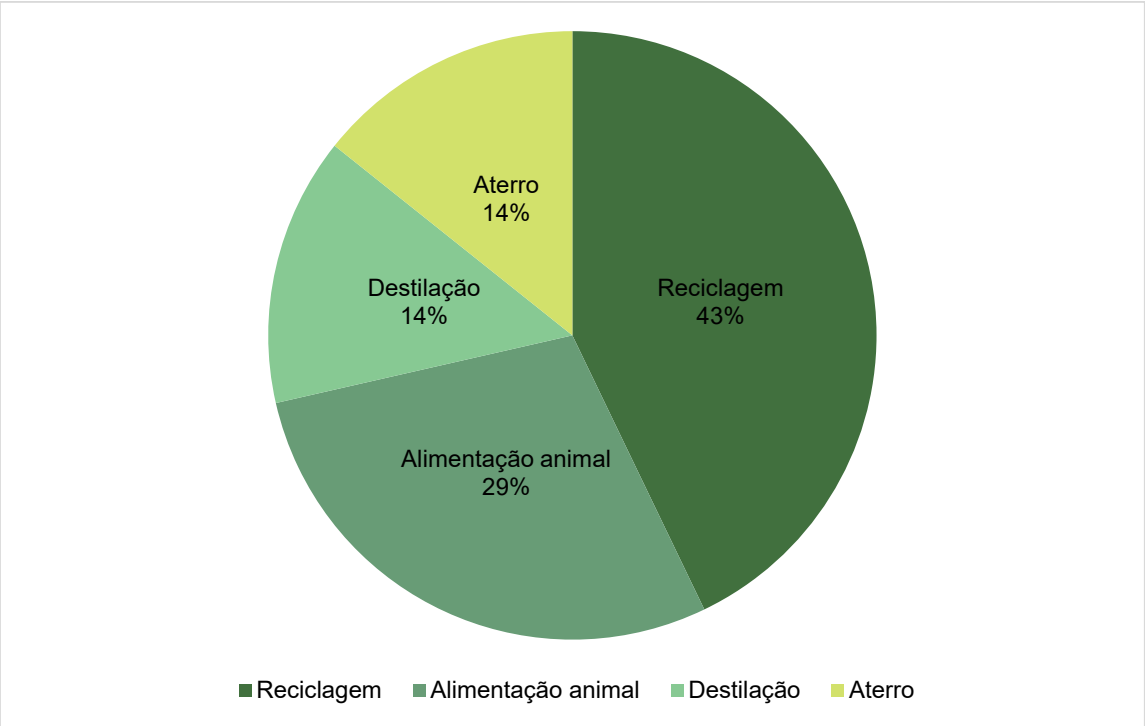

Figura 6 - Destino dos resíduos e subprodutos, conforme indicado pelas empresas inquiridas. Valores em % de empresas que indicam recorrer a estes destinos.

No caso do destino dos subprodutos e resíduos obtidos (Figura 6), apesar da existência de algumas iniciativas internas para a valorização de subprodutos através da estratégia de *up-cycling* para o desenvolvimento de novos produtos com valor acrescentado, o processo de transformação na própria fábrica é pouco referido, sendo a alimentação animal o principal destino dos subprodutos. Apesar de ser numa menor escala, o processo de destilação e aterro também aparecem como opções para o encaminhamento de subprodutos. No que diz respeito a resíduos (plástico, cartão, vidro e metal) o seu principal destino é a reciclagem.

Todas as empresas inquiridas planeiam reduzir a produção de resíduos até 2030 e estão envolvidas e comprometidas com a adoção de estratégias inovadoras para reaproveitamento de subprodutos e resíduos.

Considerando as características dos produtos obtidos nesta fileira, as empresas recorrem ao plástico como o principal material das embalagens devido à sua versatilidade e capacidade de preservação de bebidas. As empresas inquiridas reportaram a utilização de plástico reciclado nas suas embalagens em gamas entre os 5-10% e os 25-50%. Relativamente ao cartão utilizado, as empresas reportaram a utilização de material reciclado numa gama próxima aos 50%. No que diz respeito ao vidro e metal utilizado, estão em vigor medidas que visão a reutilização de embalagens, reciclagem e diminuição do peso das mesmas. Adicionalmente, as empresas têm apostado em estratégias como o uso de embalagens retornáveis, recipientes para fornecimento

de maiores quantidades de produto ao invés do uso de embalagens individuais, e no caso da produção de cerveja existe a possibilidade de abastecimento de cisternas na fábrica de produção minimizando a utilização de embalagens.

Relativamente ao consumo de água, os dados fornecidos pela empresa AA permitiram calcular o consumo de 2,8 L/L de produto produzido, tendo como base o consumo total anual de água em relação à produção total anual da empresa. O consumo representa água proveniente de fonte pública, de captação subterrânea e outras fontes. O consumo de água de fonte pública representa 53% do consumo total, enquanto que água obtida por captação subterrânea representa 46%.

A empresa tem apostado em medidas de redução, recuperação e reutilização de água. Nas medidas relacionas com a redução incluem-se medidas de sensibilização dos funcionários através de formações, iniciativas e investimento em inovação e novas tecnologias, otimização de processos e redução da carga poluente das águas residuais. A aposta na captação de água subterrânea própria tem sido uma aposta da empresa, uma vez que permitem um maior controlo das perdas, comparativamente ao sistema público. A título de exemplo, no ano de 2022 a empresa conseguiu atingir um volume de água recuperada em circuito fechado 23% superior face a 2021.

O consumo de água associado a esta fileira abrange muitos dos processos de produção de bebidas e as águas residuais associadas possuem níveis substanciais de matéria orgânica que podem incluir possíveis perdas de matérias-primas, produtos de limpeza ou subprodutos dos processos. Adicionalmente, toda a água residual resultante de consumos da instalação e balneários são integradas nas águas residuais de processos. Através do tratamento das águas residuais em estações de Tratamento de Águas Residuais próprias, a empresa procura dar resposta às necessidades específicas de tratamento dos efluentes resultantes da sua atividade. Após o tratamento em ETAR todos os efluentes são encaminhados para linhas de água.

2.3 Tecnologias de digitalização utilizadas

Na fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas, a componente industrial de processamento e enchimento a digitalização desempenha desde há muitos anos um papel fundamental para a sua modernização e competitividade. Este aspeto encontra-se relacionado também com o elevado grau de automatização de processos e o seu respetivo controlo para a gestão da produção. Assim, as tecnologias de digitalização tendem a ser complexas e de origem variada, pois estão muitas vezes veiculadas nas empresas através dos equipamentos destas indústrias de processo, apesar de existirem componentes chave de controlo muitas vezes fornecidos por empresas internacionais tecnológicas (ex. Siemens, Schneider, etc.).

A avaliação do nível de maturidade digital desta fileira para os casos mapeados está em linha com o que foi acima referido, e é bastante elevado (nível 4 correspondente à transparência). Isto significa que as empresas já possuem, não só visibilidade do que acontece no chão de fábrica e níveis hierárquicos de produção, mas também o porquê dos acontecimentos (acesso mais facilitado às causas raízes dos problemas). O conhecimento nestas empresas é um resultado do reconhecimento, estratégia e investimento nas tecnologias e processo de transformação i4.0.

As empresas apresentam, portanto, um elevado grau de maturidade digital, tendo já em operação ou provas de conceito da utilização ampla de dados (de produção e/ou de vendas) e implementação em escala de ferramentas digitais para monitorização fina da produtividade geral.

O nível de automatização nestas empresas é considerado elevado, pois possuem linhas de processamento e enchimento totalmente automatizadas, incluindo até a produção de embalagens no início da fase de enchimento (nos casos em que são utilizados polímeros) ou lavagem e higienização quando se utilizam embalagens de vidro. As etapas de paletização também estão bastante automatizadas.

Em concordância com o nível de automatização, também o nível de preparação dos equipamentos produtivos para a aquisição de dados da operação elevado, pois as linhas são automáticas e com controladores a recolher dados para serem processados e dar suporte à decisão e gestão fabril.

A integração de sistemas de informação com os equipamentos produtivos é em termos médios, de nível elevado. As empresas apresentam assim níveis de maturidade avançada em alguns aspetos emergentes (data-analytics por exemplo) e com sistemas de monitorização de indicadores de produção em funcionamento com interligação funcional para gestão operacional, tática e estratégica.

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"

Na fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas, o processo produtivo envolve etapas como a mistura de ingredientes, preparação do mosto, fermentação, filtragem, pasteurização, gaseificação, maturação, enchimento ou armazenamento em condições controladas. Estas atividades exigem um consumo energético significativo, especialmente para assegurar o controlo preciso de temperaturas, tanto nos processos de aquecimento como na refrigeração. O vapor desempenha um papel essencial em procedimentos térmicos, enquanto grandes volumes de água quente são indispensáveis para garantir elevados padrões de higiene, frequentemente alcançados através de tecnologias automatizadas como os sistemas CIP, como noutras indústrias alimentares. Além disso, a exigência de manter a qualidade e a segurança do produto requer monitorização contínua em todas as fases da produção.

Dado o impacto ambiental e os custos associados a esta elevada intensidade energética, a adoção de estratégias de descarbonização surge como uma necessidade imperativa. Esta transformação não apenas contribui para a redução das emissões de carbono, mas também reforça a competitividade das empresas, promovendo a sustentabilidade em toda a fileira.

Na fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas, para além das medidas transversais aplicáveis a toda a indústria, destacam-se algumas tecnologias e estratégias específicas que podem promover a eficiência energética e a descarbonização, adaptando-se às particularidades deste setor, que são referidas de seguida (European Commission, 2019).

- **Empastagem a temperaturas mais elevadas** – Trata-se de realizar a conversão do amido em açúcares fermentáveis a temperaturas mais altas, acelerando a reação enzimática e reduzindo o tempo de aquecimento e o consumo de energia**;**
- **Diminuição da velocidade de evaporação durante a ebulição do mosto** – Reduz o consumo energético ao limitar a quantidade de vapor gerado, mantendo o processo eficaz para esterilização e concentração, mas com uma menor necessidade de calor;
- **Aumento da quantidade de cerveja produzida a partir de mosto de elevado extrato primitivo** – Ao produzir mosto com maior concentração de açúcares fermentáveis, obtém-se mais cerveja por ciclo, reduzindo o consumo de energia e água por litro de produto final;

- **Processos de infusão do mosto** – São utilizadas técnicas de transferência de calor para otimizar o aquecimento e a extração dos componentes desejados do malte, reduzindo perdas de calor e energia durante o processo;
- **Aumento do grau de fabrico de alta gravidade** – Produção de mostos altamente concentrados que, após fermentação, podem ser diluídos para obter um maior volume de produto final, otimizando recursos e energia;
- **Sistema energético integrado na central de recuperação de CO_2** – Este sistema recolhe o CO_2 produzido durante a fermentação, comprimindo-o e reutilizando-o para outros processos, como a carbonatação de bebidas, reduzindo a necessidade de produção adicional;
- **Diminuição da taxa de evaporação durante a ebulição do mosto** – Redução do desperdício energético através do controlo preciso da evaporação, preservando o perfil sensorial da cerveja;
- **Misturador no tanque de fermentação** – Melhora a distribuição térmica durante a fermentação, tornando o processo mais uniforme e eficiente;
- **Arrefecimento externo do tanque de fermentação** – Um sistema de arrefecimento localizado fora do tanque permite uma maior eficiência térmica, utilizando menos energia para manter as temperaturas ideais de fermentação;
- **Pasteurizador único para a produção de néctar/ sumo** – Ao centralizar o processo de pasteurização, elimina-se a necessidade de múltiplos equipamentos, o que reduz o consumo de energia e água;
- **Aplicação de pressão negativa para fins de mistura** – A utilização de vácuo facilita a mistura de líquidos e sólidos, reduzindo o esforço mecânico e o consumo energético, especialmente em processos que requerem integração delicada de componentes;
- **Transporte hidráulico de açúcar** – Utiliza água para mover o açúcar em vez de transportadores mecânicos ou a vácuo, consumindo menos energia;
- **Utilização de sopradores de baixa pressão para secar garrafas** – É um método mais energeticamente eficiente do que sistemas de alta pressão ou secagem térmica, utilizado principalmente antes da rotulagem;
- **Sistema de filtragem e tratamento de água para reutilização** – São sistemas que permitem o tratamento da água usada em processos produtivos para ser reutilizada, economizando recursos hídricos e energia necessária para o abastecimento de novas quantidades de água.

Apesar dos investimentos e a necessidade de adaptar infraestruturas poderem representar alguns obstáculos, a adoção destas tecnologias e medidas abre caminho para que o setor das bebidas alcoólicas e não alcoólicas minimize a sua pegada ambiental, enquanto se torna mais sustentável e competitivo. No Anexo 11 encontram-se informações detalhadas sobre estas e outras iniciativas, bem como exemplos da sua aplicação prática no setor.

Seguem-se a apresentação de alguns casos concretos de empresas do setor das bebidas alcoólicas que implementaram projetos de eficiência energética e redução de emissões de CO_2, nomeadamente um sistema de energia solar térmica, um sistema de bomba de calor MVR e uma destilaria totalmente elétrica.

Exemplo 1 (Energia solar térmica)

A Boortmalt, em parceria com a Kyotherm, instalou uma central solar térmica na maltaria de Issoudun, França, em 2021. Com 14.252 m² e uma capacidade de 10 MW, a central gera 8.5 GWh por ano, o que corresponde a 10% da demanda de energia térmica da maltaria. A água quente é armazenada a temperaturas perto dos 95°C para pré-aquecer o ar usado na secagem da cevada, reduzindo a utilização de caldeiras a gás, as emissões em até 2.100 toneladas de CO_2 por ano e a dependência de gás natural. As restantes necessidades energéticas são atendidas por biomassa (25%), cogeração a gás (15%) e caldeiras a gás (50%). Este projeto faz parte do objetivo da Boortmalt de reduzir as emissões globais em 50% até 2030.

A central solar térmica foi financiada no modelo EaaS, com 60% do custo total de 6 milhões de euros coberto por subvenções e ajudas reembolsáveis da ADEME. O restante foi financiado pela Kyotherm e pelo Crédit Coopératif, permitindo à Boortmalt evitar despesas de capital iniciais (CAPEX) e pagar apenas pelo calor fornecido a um preço fixo competitivo ao longo de 20 anos.

Fonte: (Axereal, 2021)

Exemplo 2 (Sistema de bomba de calor MVR)

A Chivas Brothers, empresa de whisky escocês, adotou a tecnologia de recompressão mecânica de vapor (MVR) como parte de um sistema de recuperação de calor na sua destilaria de whisky em Glentauchers, na Escócia, demonstrando assim uma aplicação eficaz da tecnologia de bomba de calor no processo de destilação. O sistema é composto por dois componentes principais: um condensador vertical e um conjunto MVR de três VapoFans da empresa PILLER. O sistema permite que a destilaria ferva alambiques utilizando a energia térmica recuperada do processo de evaporação do álcool. A fábrica já recuperava o calor vindo das caldeiras a óleo, incluindo uma combinação de condensadores de água quente e de recompressão térmica de vapor (TVR), mas conseguiam recuperar, na melhor das hipóteses, apenas 60% do calor do condensador. Para aumentar ainda mais a taxa de recuperação de calor, a empresa identificou o MVR como a melhor tecnologia disponível.

Com isto, o foi possível reduzir o consumo total de energia em 48%, de 27 para 14 MJ por litro de álcool. Isto traduziu-se numa redução de 53% das emissões de CO2, ou seja, 4.320 toneladas por ano. Estas poupanças de energia resultaram diretamente da elevada eficiência da tecnologia MVR, que apresenta um COP médio de 12.

Como parte dos resultados financeiros de 2023, a empresa anunciou um investimento de 72 milhões de euros nos próximos três anos para instalar sistemas de bomba de calor MVR em todas as destilarias do grupo. Este esforço irá reduzir as emissões de CO2 em 30.000 toneladas anualmente, uma redução total de 38%. Este projeto contribui para o objetivo da empresa de conseguir uma destilação de whisky neutra em carbono até ao final de 2026.

Fonte: (Renewable Thermal, 2024)

Exemplo 3 (Destilaria totalmente elétrica)

A Diageo é a maior fabricante mundial de bebidas destiladas, comercializando os seus produtos em 180 países e estando presente com representação direta em 80 deles. Ao construir uma nova destilaria no Kentucky, a Diageo decidiu utilizar caldeiras elétricas alimentadas por fontes renováveis de energia eólica e solar, em vez de processos térmicos convencionais, como caldeiras a gás. Além de otimizar os processos, também projetou a dimensão global da instalação para maximizar a eficiência operacional, reduzindo ao mínimo as infraestruturas necessárias para aquecimento e arrefecimento do ar. A empresa necessitava manter a integridade dos processos tradicionais como a moagem de grãos, cozedura, fermentação, destilação e maturação. Em vez de gás natural, a nova destilaria utiliza caldeiras com elétrodos de alta tensão. Estes equipamentos podem atingir o calor desejado quase imediatamente, tornando-os muito mais precisos e com quase 100% de

eficiência. O sistema de controlo de pressão da caldeira modula a velocidade da bomba e permite que o sistema da caldeira mantenha a pressão do vapor constante. Utilizando caldeiras elétricas alimentadas com eletricidade renovável em vez de caldeiras a gás natural, a Diageo evita anualmente a emissão de aproximadamente 117.000 ton/CO2. Este sistema requer menos manutenção do que os equipamentos convencionais, poupando em custos de manutenção e exigindo menos tempo de inatividade para manutenção. As caldeiras elétricas são também mais silenciosas, reduzindo a necessidade de equipamento de segurança auditiva para os trabalhadores. Além disso, não necessitam de licenças, reduzindo o tempo e o dinheiro gastos em relatórios e taxas associadas.

Fonte: (Renewable Thermal, 2018)

3.2 Domínio "Digitalização"

Como descrito no mapeamento e avaliação de maturidade, a fileira apresenta-se com um nível elevado do ponto de vista de digitalização, o que indica um nível de desafios distinto na sua evolução nos roteiros i4.0. De facto, o patamar seguinte e último na escala seguida na avaliação, representa a capacidade preditiva e também na capacidade de adaptação e flexibilidade das empresas a cenários adversos ou de disruptivas (crises de diferentes naturezas).

Por um lado, as empresas 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).

O uso avançado de dados aplicado à rastreabilidade a jusante da produção (pós-venda), permitirá a implementação de modelos de negócio circulares, desbloqueando estratégias R muito importantes, como a Reutilização de embalagens (reinício ou reforço do processo de reenchimento com embalagens de tara não perdida) sendo que em Portugal existe nova legislação nesse sentido que irá avançar no curto prazo. As empresas mais evoluídas na gestão de dados e no seu tratamento estarão em melhor posição para aplicar estas novas diretrizes pro-circularidade e implicitamente para a descarbonização. Também na reciclagem essa capacidade vai ser determinante, pois podem-se aplicar modelos mais transparentes para gerir o fim-de-vida das embalagens (com interação com o consumidor, até com modelos de premiação e gamificação, que foram já observados nas visitas a uma empresa mapeada neste projeto). Também associado à diretiva europeia da Extensão da Responsabilidade dos Produtores associada à nova diretiva de Eco-Design e até ao potencial aparecimento de Digital Product Passports para a fileira das bebidas (e embalagens associadas), vão exigir ainda mais das

capacidades digitais avançadas das empresas, sendo que a fileira deve continuar a aposta no reforço das suas capacidades neste domínio.

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 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.
- **Estudo da viabilidade da utilização de garrafas de vidro para mais 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, bolachas, barrinhas, crackers. Os subprodutos das indústrias das bebidas alcoólicas e não alcoólicas são variados e heterogéneos e o desenvolvimento de novas linhas de produtos tendo por base a valorização e o *upcycling* pode contribuir para uma melhor gestão de resíduos e novas formas de negócio.
- **Recorrer à compostagem para tratar os resíduos orgânicos que não possam ser usados** e usar o resultante na agricultura. 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.
- 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.

- Implementar **tecnologias de redução e eficiência no uso da água**, como a recirculação de água nos sistemas de refrigeração e lavagem, bem como a otimização de processos de processamento.
- **Monitorizar e registar todos os gastos de água**, aproveitando, se possível, tecnologias de digitalização para identificar pontos críticos para potenciais melhorias e diminuição do consumo de recursos hídricos.

4. Perspetivas de evolução da fileira

4 Perspetivas de evolução da fileira

Na fileira das bebidas, 99% das emissões não se devem ao setor da transformação, mas sim a nível de produção primário (Figura 7). Isto salienta novamente a necessidade de programas integrados de descarbonização, onde os produtores sejam envolvidos. Assim, a fileira das bebidas representa 8% das emissões a nível da transformação alimentar em Portugal, e 28% das emissões do setor primário.

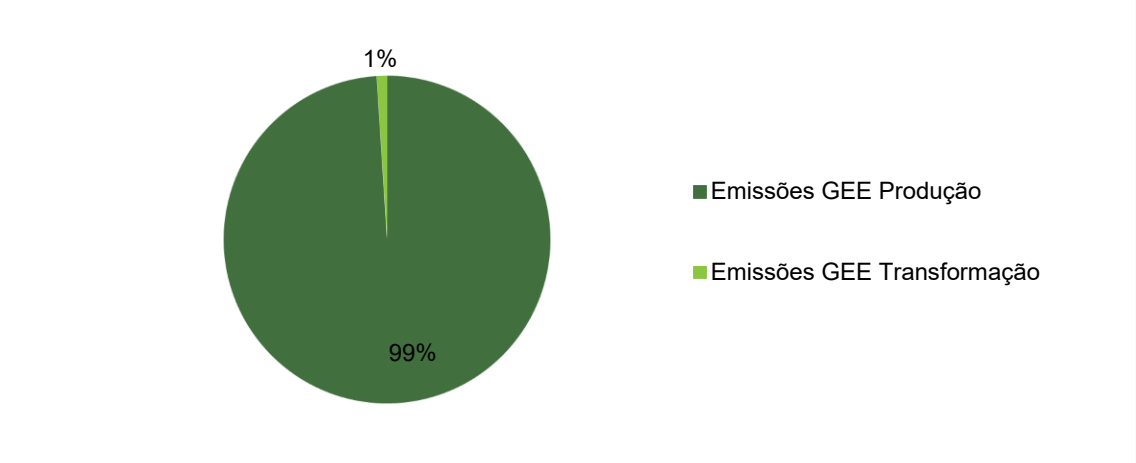

Figura 7 - Distribuição entre produção e transformação na fileira das bebidas.

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 8).

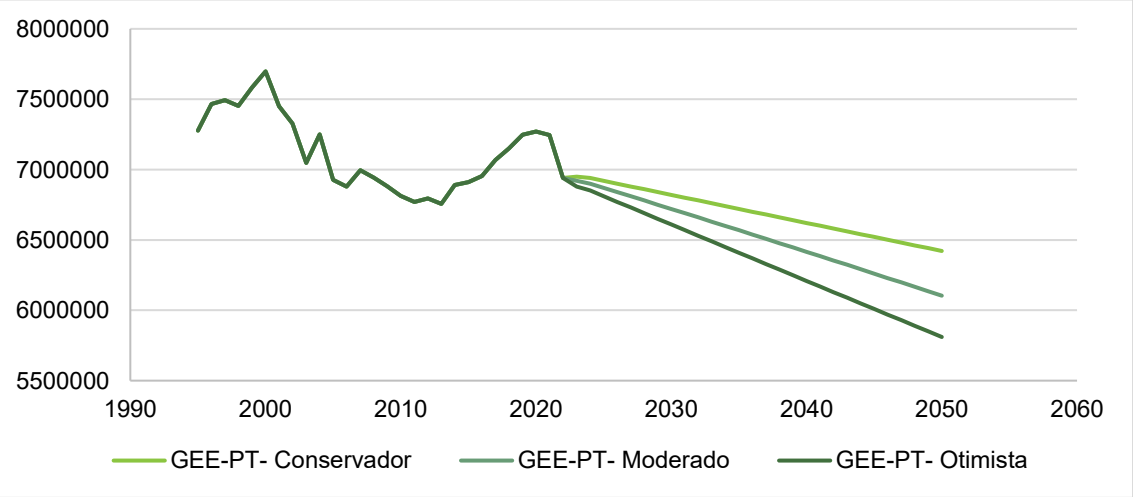

Figura 8 - Estimativa da evolução de emissões GEE de acordo com a evolução histórica, adoção de novas tecnologias e tendências de consumo.

No caso concreto da fileira das bebidas, 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 das bebidas 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	1939,66	1943,56	1937,66	1909,64	1881,70	1853,78	1825,88	1798,01
Tranasformação	125,69	125,94	125,56	123,74	121,93	120,12	118,32	116,51

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.

É certo que a evolução da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas em Portugal dependerá de fatores como tendências de consumo, sustentabilidade, inovação tecnológica, e contexto económico global. Portugal possui uma forte tradição na produção de bebidas alcoólicas, especialmente vinho, mas também cerveja e destilados. A produção de vinho deve manter-se estável ou crescer moderadamente até 2050, impulsionada pela procura internacional, especialmente em mercados asiáticos e norte-americanos. Deve ter-se em conta que as alterações climáticas podem impactar negativamente a produção de uvas em algumas regiões devido à escassez de água e temperaturas mais altas, forçando adaptações como mudanças nos locais de cultivo e novas práticas agrícolas. Por outro lado, a produção de cerveja deve se manter estável, com maior diversificação de produtos (ex.: cervejas artesanais e premium) para atender à procura por inovação e qualidade. A procura por água engarrafada pode aumentar, mas com maior pressão para reduzir o uso de plástico e optar por embalagens sustentáveis. Em contraste, o consumo de refrigerantes açucarados tenderá a diminuir devido às preocupações com saúde e regulamentações associadas, como impostos sobre açúcar. As bebidas funcionais, como águas com vitaminas, chás funcionais, sumos naturais e isotónicos devem crescer significativamente, impulsionados por tendências de saúde e bem-estar.

O setor está a apostar cada vez mais na valorização de subprodutos. Cascas e sedimentos resultantes da produção de vinho podem ser aplicados para compostagem, fertilizantes, ração animal, e extração de compostos bioativos. Os resíduos do processamento de cevada e malte

(cerveja) são utilizados como ração animal ou adubo, mas há potencial para maior valorização. Adicionalmente, espera-se uma aposta crescente em sistemas avançados de tratamento de efluentes (ex.: digestores anaeróbicos) e reutilização de águas residuais para irrigação ou limpeza. A nível das embalagens, uma das principais fontes de resíduos deste setor, haverá uma pressão cada vez maior para adoção de materiais recicláveis ou biodegradáveis. A economia circular, como sistemas de devolução de embalagens (ex.: garrafas PET), será essencial.

Relativamente ao consumo de água, o consumo total por unidade de produção deve cair, graças à aposta na reutilização de água nas diversas etapas de processamento e em tecnologias mais eficientes. Em regiões vulneráveis, como o sul de Portugal, a escassez de água pode limitar a expansão ou exigir maior eficiência hídrica.

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