ROTEIRO PARA A DESCARBONIZAÇÃO DO SETOR AGROALIMENTAR

ANEXOS

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 – Anexos.

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

Índice

Anexo 1 – Atividades económicas consideradas nas fileiras em análise 5

Anexo 2 - Empresas auscultadas na construção do Roteiro 6

Empresas auscultadas através da realização de visitas e disponibilização de informação detalhada 6

Empresas auscultadas através de inquéritos 12

Empresas auscultadas em sede de Grupos de Trabalho 13

Anexo 3 – Plano de disseminação e capacitação e de envolvimento dos stakeholders .. 14

Anexo 4 – Informação adicional sobre o uso de energia final/ intensidade energética nas empresas visitadas 18

Fatores de conversão de energia e emissões gasosas 18

Vetores energéticos 18

Intensidade Energética, Intensidade Carbónica e Consumo Específico de Energia 19

Anexo 5 – Glossário das tecnologias de digitalização 20

Anexo 6 – Fichas detalhadas de tecnologias, medidas e vetores de descarbonização ... 24

Eficiência energética de equipamentos 24

Sistemas de iluminação 25

Sistemas de ar comprimido 26

Frio industrial 27

Calor industrial 29

Energias renováveis 31

Eletrificação de processos 34

Outras medidas 36

Anexo 7 - Fichas detalhadas das principais tecnologias de digitalização identificadas .. 37

Robótica Inteligente e colaborativa 37

Inteligência Artificial 38

Sistema de gestão de Energia (Energy Management System – SEM) 39

Entreprise Resource Planning (ERP) 40

Electronic Data Exchange (EDI) 42

Manufacturing Execution System (MES) 43

Sistemas de Gestão de Armazém (Warehouse Management Systems – WMS) 46

Digital Twin (Gémeos Digitais) 51

Cibersegurança 53

Business Intelligence (BI) 55

Realidade Aumentada e Virtual 57

CAD/CAM 60

Computação em Nuvem 64

5G 66
PLM (Product Lifecycle Management) 67
Simulação 71
Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS) 76
CRM (Costumer Relashionship Manager) 80
Industrial Internet of Things (IIoT) 82
SCADAS 83
Anexo 8 – Metodologia da análise de custos e benefícios 85
Anexo 9 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira das carnes 90
Anexo 10 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira dos laticínios 91
Anexo 11 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas 95
Anexo 12 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas 100
Anexo 13 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira dos cereais e panificação 101

Figuras

Figura 1 – Sessão de lançamento do projeto. 14
Figura 2 – Sessões de capacitação realizadas - temáticas, locais e entidades envolvidas. 16
Figura 3 - Imagem de entrada da plataforma desenvolvida 17

Anexo 1 – Atividades económicas consideradas nas fileiras em análise

Fileira	Designação	Código CAE
Carnes	Abate de gado (produção de carne)	10110
	Abate de aves (produção de carne)	10120
	Fabricação de produtos à base de carne	10130
	Produção de óleos e gorduras animais brutos	10411
	Fabricação de pré-misturas	10911
	Fabricação de alimentos para animais de criação (exceto para aquicultura)	10912
Laticínios	Indústrias do leite e derivados	10510
Bebidas alcoólicas e não alcoólicas	Fabricação de aguardentes preparadas	11011
	Fabricação de aguardentes não preparadas	11012
	Produção de licores e de outras bebidas destiladas	11013
	Fabricação de cidra e outras bebidas fermentadas de frutos	11030
	Fabricação de vermutes e de outras bebidas fermentadas não destiladas	11040
	Fabricação de cerveja	11050
	Fabricação de malte	11060
	Engarrafamento de águas minerais naturais e de nascente	11071
	Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas, n.e	11072
Preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas	Preparação e conservação de batatas	10310
	Fabricação de sumos de frutos e de produtos hortícolas	10320
	Congelação de frutos e de produtos hortícolas	10391
	Secagem e desidratação de frutos e de produtos hortícolas	10392
	Preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas por outros processos	10395
Cereais e panificação	Moagem de cereais	10611
	Descasque, branqueamento e outros tratamentos do arroz	10612
	Transformação de cereais e leguminosas, n.e.	10613
	Fabricação de amidos, féculas e produtos afins	10620
	Panificação	10711
	Pastelaria	10712
	Fabricação de bolachas, biscoitos, tostas e pastelaria de conservação	10720
	Fabricação de massas alimentícias, cuscuz e similares	10730
	Fabricação de fermentos, leveduras e adjuvantes para panificação e pastelaria	10891

Anexo 2 - Empresas auscultadas na construção do Roteiro

A construção do Roteiro envolveu, de forma muito próxima, as empresas do setor, através da realização de entrevistas e visitas, resposta a questionários, participação em grupos de trabalho e participação em sessões de capacitação.

O presente anexo apresenta, de forma sumária, a metodologia de trabalho adotada para envolvimento das empresas, identificando também as empresas envolvidas.

Empresas auscultadas através da realização de visitas e disponibilização de informação detalhada

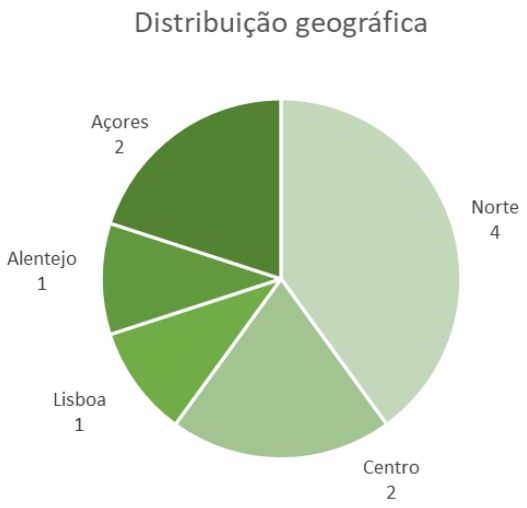
Para a identificação das empresas, em cada uma das cinco fileiras alvo do presente estudo, foram tidos em consideração os seguintes critérios:

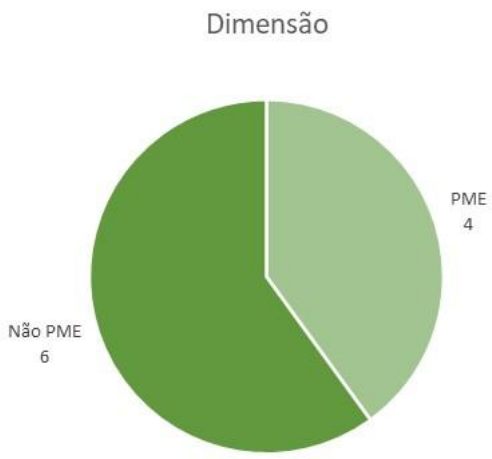
- A diversidade geográfica (tendo em consideração a representatividade de cada fileira em cada região);
- A diversidade em termos de dimensão (incluindo tanto PME como grandes empresas);
- A cobertura das fileiras selecionadas (procurando abranger os CAE mais representativos em cada uma delas);
- O desempenho das empresas nos domínios em análise;
- A disponibilidade e abertura para participar no projeto e fornecer elementos de base para o roteiro (com base no conhecimento prévio dos diferentes envolvidos na elaboração do Roteiro).

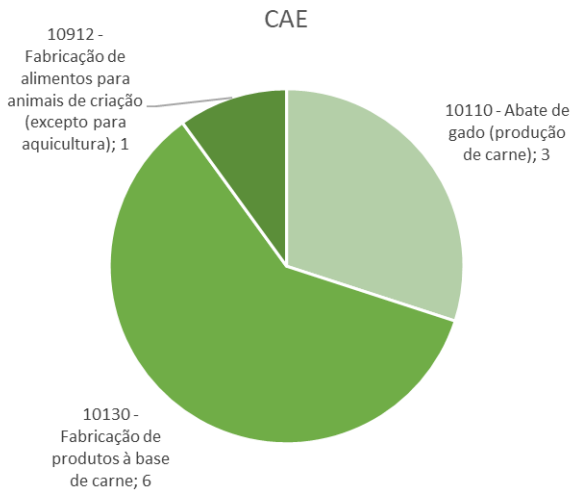
Foram recolhidos contributos dos diferentes promotores e outras entidades envolvidas sobre potenciais empresas a envolver em cada fileira. Como resultado da pesquisa realizadas e dos contributos recebidos, foram identificadas entre 18 a 44 empresas por fileira.

Das várias reuniões de brainstorming realizadas foi definido o objetivo de reduzir as listagens iniciais a um máximo de 10 empresas por fileira, de forma a permitir a realização de um trabalho de campo com a profundidade adequada. Ainda assim, foi considerado que o trabalho de campo, nomeadamente a realização de visitas às empresas, deveria estar limitado a um número menor de empresas por fileira (entre duas a quatro empresas por fileira). Com base nos critérios anteriormente definidos, foram selecionadas pré-selecionadas as empresas com as caraterísticas apresentadas seguidamente.

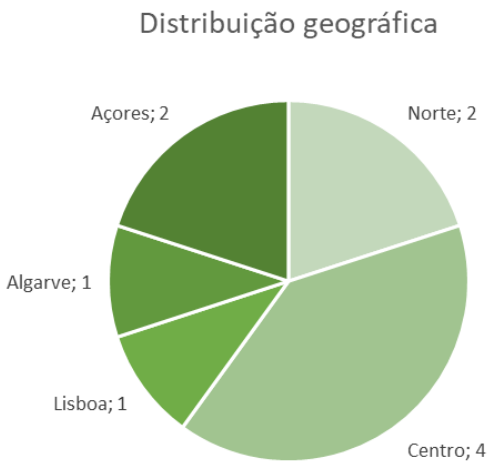
Caraterísticas das empresas pré-selecionadas da fileira das carnes

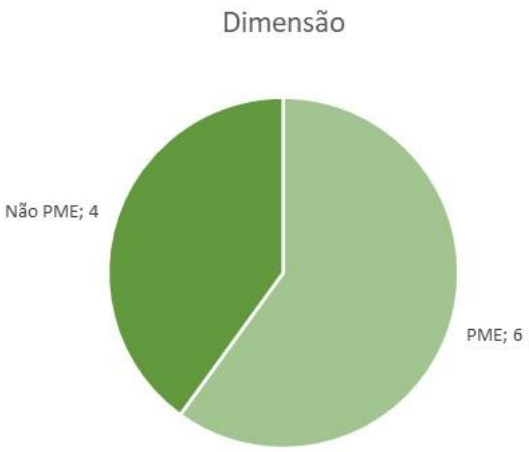


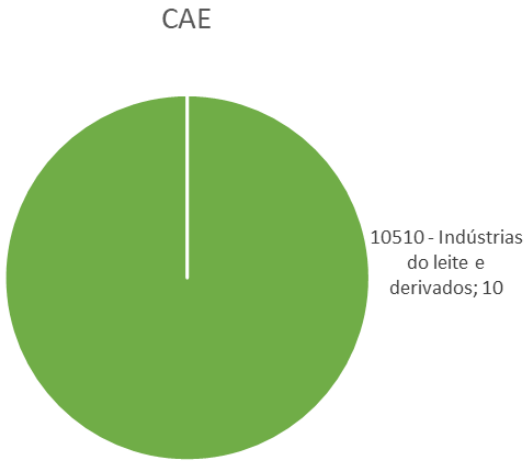




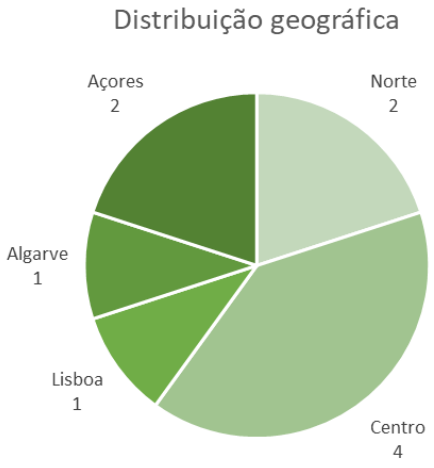
Caraterísticas das empresas pré-selecionadas da fileira dos laticínios

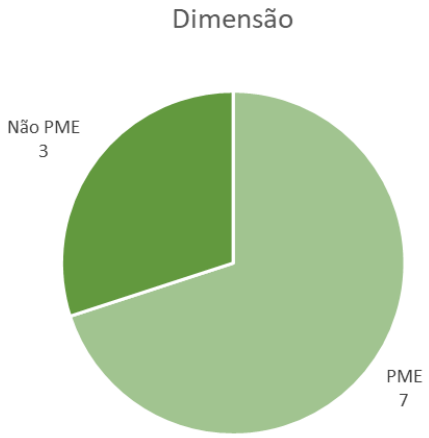


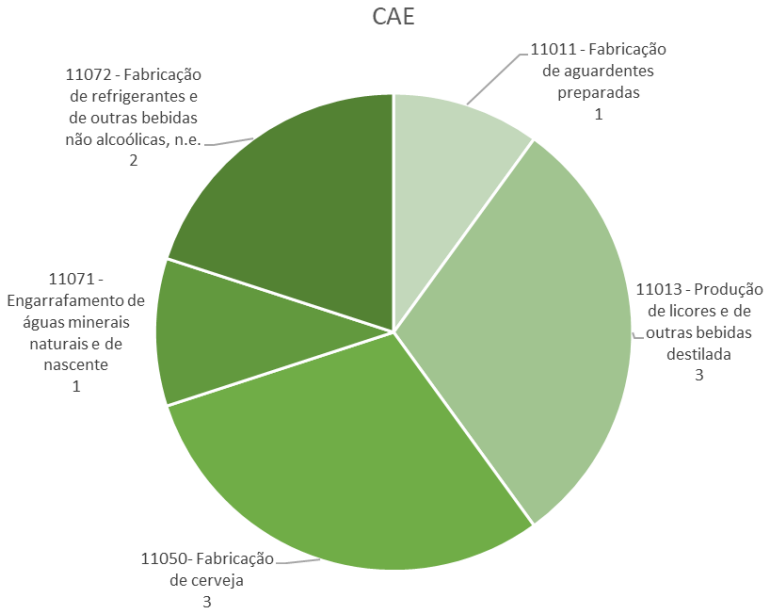




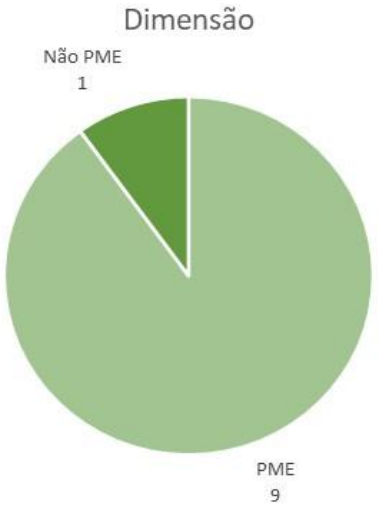
Caraterísticas das empresas pré-selecionadas da fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas



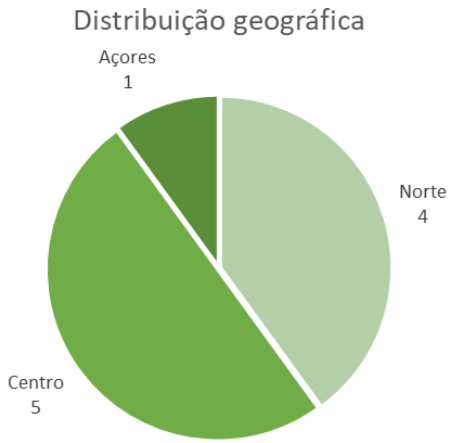


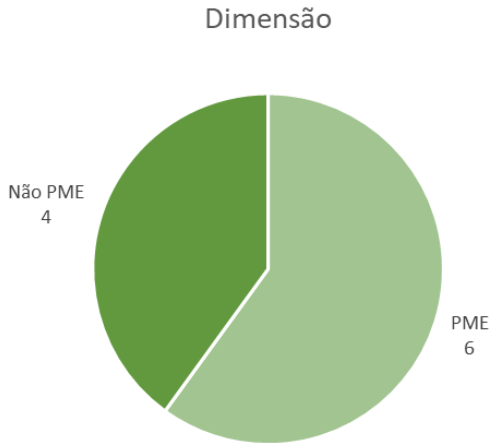


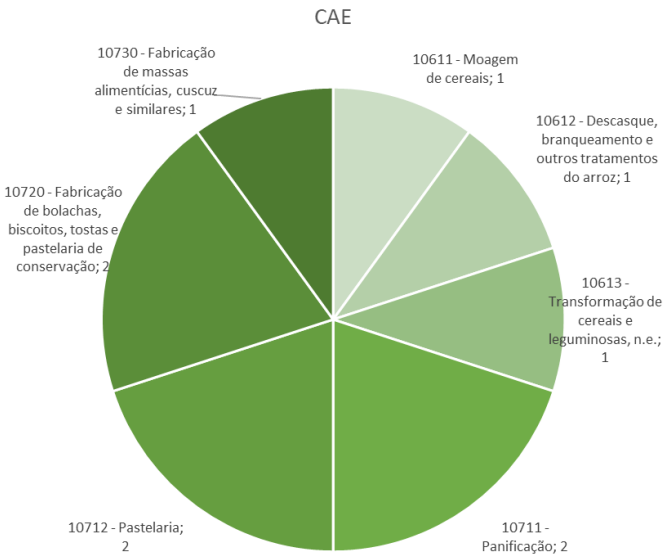
Caraterísticas das empresas pré-selecionadas da fileira da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas



Caraterísticas das empresas pré-selecionadas da fileira dos cereais e panificação







Empresas auscultadas através de inquéritos

Para recolha de informação junto de um número mais alargado de empresas, foi desenvolvido um questionário, que foi colocado online e divulgado junto das entidades que fazem parte das redes dos diferentes copromotores.

O questionário, composto por 35 perguntas, foi organizado nas seguintes secções:

- Caraterização geral da empresa;
- Perceção sobre a descarbonização, visando avaliar o conhecimento e práticas já implementadas pela empresa;
- Promoção de eficiência energética /descarbonização, visando avaliar consumos e existência ou não de diagnósticos, auditorias e sistemas de monitorização energética;
- Consumos de energia, tendo como principal objetivo perceber quais são os diferentes vetores energéticos utilizados, a sua quantificação e o peso na fatura;
- Utilização de fontes renováveis de energia, visando avaliar a integração de energias renováveis;
- Digitalização, focada nos processos de digitalização e de negócio da empresa;
- Pprodução de produtos, pretendendo identificar os principais produtos e subprodutos produzidos, assim como as estratégias para o tratamento dos mesmos;
- Resíduos, visando avaliar a sua produção e destino;
- Embalagem, para identificação dos principais materiais utilizados na embalagem e incorporação de material reciclado.

No total, foram obtidas 47 respostas.

Empresas auscultadas em sede de Grupos de Trabalho

A metodologia para a construção do Roteiro previa a criação de Grupos de Trabalho para a Descarbonização, no sentido de facilitar a recolha de dados, bem como a definição de medidas totalmente ajustadas à necessidade de cada uma das fileiras.

Neste sentido, foram identificadas possíveis entidades a convidar para participarem nos Grupos de Trabalho:

- Empresas (empresas visitadas/ identificadas como casos de estudo e outras com interesse em aderir à iniciativa);
- ENESII (Laboratório colaborativo, Laboratório Associado, Centro de I&D, Centro de interface);
- Entidades públicas;
- Entidades de fileira;
- Outros.

No total, foram identificadas e convidadas 98 pessoas. Destas, um total de 23 pessoas aceitaram participar em um ou mais Grupos de Trabalho.

Foram realizadas as seguintes reuniões com os Grupos de Trabalho:

- **Reunião 1**: Reunião inicial, com todas as entidades, para apresentação dos objetivos do projeto, ponto de situação e papel dos GT;
- **Reunião 2**: Reunião por fileira, para apresentação do diagnóstico preliminar e medidas definidas, para recolha de contributos (total de 5 reuniões);
- **Reunião 3**: Reunião após definição de medidas por fileira, para validação das medidas (reunião global, com todas as fileiras).

Anexo 3 – Plano de disseminação e capacitação e de envolvimento dos stakeholders

O Roteiro para a Descarbonização do Setor Agroalimentar foi amplamente divulgado junto das empresas do setor, ao longo de todo o processo de construção, tal como previsto na metodologia proposta. A proximidade dos copromotores e das restantes entidades envolvidas com o tecido empresarial, e em particular com empresas industriais do setor agroalimentar, bem como a diversidade geográfica dos copromotores, possibilitou que um elevado número de empresas tivesse contacto com este roteiro no decurso do projeto.

Conforme previsto, foi realizado um conjunto alargado de medidas de comunicação e disseminação, destacando-se as sessões e eventos com o envolvimento de *stakeholders*, ações de capacitação, seguidamente apresentados.

- **Evento de lançamento do projeto:** Foi organizado um evento inicial de lançamento do projeto, na Fundação Dr. António Cupertino de Miranda (Porto), no dia 13 de dezembro de 2023, em que foram apresentados os objetivos do trabalho e a metodologia para elaboração do roteiro.

Figura 1 – Sessão de lançamento do projeto.

- **Visitas a empresas:** De forma a recolher dados sobre as empresas do setor, e visando ainda o maior envolvimento das mesmas na definição do roteiro, foram realizadas visitas a empresas selecionadas (ver Anexo 2).
- **Grupos de trabalho/ workshops:** De forma a facilitar a recolha de dados, bem como a definição de medidas totalmente ajustadas à necessidade de cada uma destas fileiras, foi criado um grupo de trabalho por fileira, envolvendo empresas e outras entidades interessadas, sendo moderados por elementos do consórcio (ver Anexo 2).
- **Capacitação das empresas:** Foram organizadas sessões de disseminação do roteiro para a descarbonização e capacitação de empresas. A metodologia previa um mínimo de quatro sessões presenciais, distribuídas pelo território nacional, com apoio dos parceiros envolvidos, tendo sido realizadas cinco sessões (ver Figura 2). Estas sessões incluíram, quando possível, a demonstração in loco de boas práticas já implementadas para a descarbonização ou a apresentação de boas práticas por empresas de diferentes fileiras e dimensões. Para além destas sessões presenciais, foram ainda realizadas, como previsto, três sessões complementares online, que permitiam abranger empresas que não puderam participar nas sessões presenciais.

Figura 2 – Sessões de capacitação realizadas - temáticas, locais e entidades envolvidas.

- **Evento de encerramento do projeto:** Foi organizado um evento final, para apresentação do roteiro, no Centro de Congressos da Alfândega do Porto, no dia 9 de julho de 2025, que inclui a apresentação do Roteiro, a realização de uma mesa-redonda sob o tema “Descarbonização na prática: o que é que está a ser feito?”, com moderação da Smart Waste Portugal e com a presença de membros da ADENE, Casa Mendes Gonçalves, INESC TEC e Super Bock Group, e encerramento a cargo do IAPMEI

Adicionalmente, foram desenvolvidas as seguintes ações e instrumentos de comunicação durante a implementação do projeto:

- **Plataforma de partilha de informação:** Foi criada uma plataforma online de partilha de informação, utilizada para divulgação das principais atividades e resultados do

projeto (Figura 3). Os principais materiais desenvolvidos estão disponíveis nesta plataforma, em https://descarbonizacaoagroalimentar.pt/

Figura 3 - Imagem de entrada da plataforma desenvolvida

- **Websites:** O consórcio disponibilizou nos seus websites uma breve descrição do projeto, incluindo os seus objetivos e resultados.
- **Redes sociais**: O consórcio utilizou as suas redes sociais (Facebook, Twitter, YouTube) para divulgação da operação.
- **Notícias, *press releases* e *contacto com a imprensa***: O consórcio disseminou o projeto e os resultados do mesmo nos seus websites e redes sociais e elaborou *press releases* que foram disponibilizadas aos canais de comunicação, rádios locais e nacionais, bem como à imprensa local, regional e nacional, com vista à divulgação da operação e dos seus apoios.
- **Divulgação do projeto em eventos:** O consórcio procurou, sempre que possível e adequado, divulgar o projeto em eventos públicos.

Anexo 4 – Informação adicional sobre o uso de energia final/ intensidade energética nas empresas visitadas

Fatores de conversão de energia e emissões gasosas

	Conversão de Unidades	Fatores de emissão
Energia Elétrica	0,215 tep/MWh	0,184 tCO_2/MWh
Gás Natural	0,917 tep/ton	2 353,0 $kgCO_2$/tep
GPL	1,009 tep/ton	2 646,1 $kgCO_2$/tep
Fuelóleo	0,970 tep/ton	3 290,8 $kgCO_2$/tep
Gasóleo	1,027 tep/ton	3 115,0 $kgCO_2$/tep
Gasolina	1,046 tep/ton	3 081,5 $kgCO_2$/tep
Pellets / briquetes de madeira	0,401 tep/ton	0,0 $kgCO_2$/tep
Água Quente / Vapor	0,096 tep/MWh	3 026,1 $kgCO_2$/tep
Biogás	0,528 tep/ton	4,19 $kgCO_2$/tep

Vetores energéticos

Vetor Energético	Representatividade	Utilidade
Energia Elétrica	55,1%	Força eletromotriz em vários equipamentos como por exemplo fornos, empilhadores, ar comprimido, iluminação, sistemas de bombagem e ventiladores
Gás Natural	20,2%	Caldeiras, queimadores
Fuelóleo	8,3%	Caldeiras
Pellets / briquetes de madeira	7,5%	Caldeiras
Água Quente	2,8%	Processos térmicos
Vapor	2,6%	Processos térmicos
Energia Elétrica – PV	1,5%	-
Biogás	1,1%	Caldeiras
GPL	0,6%	Caldeiras
Gasóleo	0,1%	Transporte de mercadoria e frota automóvel
Gasolina	Inferior a 0,1%	Frota automóvel

Vetor Energético	Energia Primária		Emissões de CO_2	
	[tep]	[%]	[tCO_2]	[%]
Energia Elétrica	22 094,8	55,1%	18 909,0	33,5%
Gás Natural	8 108,3	20,2%	19 078,8	33,8%
Fuelóleo	3 339,4	8,3%	10 989,3	19,5%
Pellets / briquetes de madeira	3 019,1	7,5%	0,0	0,0%
Água Quente	1 128,6	2,8%	3 415,3	6,1%
Vapor	1 058,8	2,6%	3 204,2	5,7%
Energia Elétrica – PV	585,8	1,5%	0,0	0,0%
Biogás	442,0	1,1%	1,9	0,0%
GPL	237,6	0,6%	628,7	1,1%
Gasóleo	32,0	0,1%	99,7	0,2%
Gasolina	18,6	0,0%	57,2	0,1%
Total	40 065,0		56 383,9	

Intensidade Energética, Intensidade Carbónica e Consumo Específico de Energia

- Intensidade Energética (IE): é expressa em unidades de kgep/$€_{VAB}$, sendo determinada pelo quociente entre o consumo total de energia primária e o Valor Acrescentado Bruto (VAB, em euros);
- Intensidade Carbónica (IC): é expressa em unidades de tCO_2/tep, sendo determinada pelo quociente entre o valor total das emissões de GEE resultantes da utilização das várias formas de energia e o respetivo consumo total de energia primária;
- Consumo Específico de Energia (CEE): é expresso em unidades de kgep/ton, sendo determinado pelo quociente entre o consumo de energia primária e a produção (neste caso em toneladas).

Indicadores médios da amostragem:

Variável Estatística	IE [kgep/$€_{VAB}$]	IC [tCO_2/tep]	CEE [kgep/ton]
Mínimo	0,08	0,60	17,55
Valor de referência da amostra	0,33	1,29	114,90
Máximo	0,83	2,26	329,46

Anexo 5 – Glossário das tecnologias de digitalização

Business Intelligence (BI): Business Intelligence (BI) e Data Analytics são tecnologias que permitem às empresas transformar dados brutos em informações significativas para a tomada de decisões estratégicas. Na indústria agroalimentar, estas tecnologias têm várias vantagens:

- Melhoria na tomada de decisões: Com BI e Data Analytics, os gestores podem analisar tendências de mercado, padrões de consumo e eficiência operacional, o que permite tomar decisões mais informadas e estratégicas.
- Otimização da cadeia de abastecimento: A análise de dados ajuda a prever a procura, otimizar os níveis de stock e melhorar a logística, reduzindo desperdícios e custos.
- Aumento da eficiência operacional: Através da análise de dados operacionais, é possível identificar gargalos na produção e áreas que necessitam de melhorias.
- Personalização de produtos: Com o entendimento dos dados dos clientes, as empresas podem personalizar produtos e serviços para atender melhor às necessidades e preferências dos consumidores.

Conformidade regulamentar: BI ajuda a garantir que os produtos cumpram com os padrões regulamentares, reduzindo o risco de penalizações.

***Electronic Data Exchange (EDI)* e Integração da Cadeia de Valor**: A Troca Eletrónica de Dados (do inglês Electronic Data Exchange - EDI) é uma tecnologia que permite a transferência de dados entre diferentes sistemas de computador ou redes. Na indústria agroalimentar, o EDI pode ser usado para automatizar e melhorar a eficiência das transações comerciais entre empresas, como pedidos de compra, faturas e avisos de envio.

Entre as vantagens do EDI na indústria, destacam-se as seguintes:

- Redução de Erros: Minimiza erros humanos ao substituir processos manuais por eletrónicos.
- Velocidade: Transações são realizadas mais rapidamente, o que pode melhorar o fluxo de trabalho e reduzir os tempos de espera.
- Custos Operacionais: Reduz custos associados ao papel, impressão e correio.
- Rastreabilidade: Melhora a capacidade de rastrear produtos ao longo da cadeia de valor.
- Conformidade: Facilita a conformidade com regulamentos do setor, pois os dados são mais precisos e a rastreabilidade é melhorada.

Gémeos Digitais (Digital Twin): Gémeos Digitais ou *Digital Twins*, são representações virtuais precisas de objetos ou sistemas físicos que existem no mundo real. Esses modelos digitais são criados usando dados recolhidos de sensores instalados nos objetos físicos, permitindo que os

gémeos digitais simulem o comportamento e o desempenho do seu equivalente real em tempo real. A tecnologia de gémeos digitais é utilizada para monitorização, diagnóstico e prognóstico, oferecendo uma visão detalhada do estado e operação dos ativos físicos.

A capacidade preditiva vai além da simples previsão, utilizando modelos sofisticados que simulem diferentes cenários e testam diversas alternativas estratégicas. Essa capacidade de simulação permite que as empresas otimizem suas decisões, escolhendo o curso de ação com maior probabilidade de sucesso e retorno do investimento.

Industrial Internet of Things (IIoT):

IIoT, ou Internet Industrial das Coisas, refere-se à ligação de dispositivos comuns à internet, permitindo que eles enviem e recebam dados. Na indústria, isso pode levar a uma maior eficiência, redução de custos e melhoria na segurança. Alguns exemplos de aplicação da IIoT na indústria incluem:

- Monitorização de Máquinas: Sensores podem prever falhas antes que aconteçam, reduzindo o tempo de inatividade.
- Logística Inteligente: Rastreabilidade em tempo real de produtos para otimizar o stock e a entrega.
- Manutenção Preditiva: Análise de dados para prever e prevenir falhas em equipamentos. Automação de Processos: Sistemas que ajustam automaticamente as operações com base em informações em tempo real.

Inteligência Artificial (AI): Inteligência Artificial (IA) é a simulação de processos de inteligência humana por sistemas de computador. Estes processos incluem a aprendizagem (a aquisição de informações e regras para usar a informação), o raciocínio (usando regras para chegar a conclusões aproximadas ou definitivas) e a auto-correção. Aplicações de IA incluem sistemas especialistas, reconhecimento de voz, e visão computacional, entre outros.

A adoção de IA permite um aumento da produtividade, eficiência e qualidade, através de análise de dados e tomadas de decisões mais precisas, automatizar tarefas repetitivas e manuais.

Manufacturing Execution Systems (MES): Os Sistemas de Execução de Manufatura (MES) são sistemas de informação que monitorizam e documentam o processo de produção numa fábrica, desde a transformação de matérias-primas até aos produtos finais. Estes sistemas ajudam a gerir e a melhorar a eficiência da produção, fornecendo informações em tempo real e permitindo uma tomada de decisão mais rápida e fundamentada.

Realidade Aumentada e Virtual (AR/VR): A Realidade Aumentada (AR) é uma tecnologia interativa que amplia a perceção do mundo real através da sobreposição de informações digitais visuais, auditivas ou táteis. Utiliza dispositivos como smartphones, tablets ou óculos especiais para enriquecer a realidade imediata do utilizador com elementos virtuais, mantendo a

consciência do ambiente físico circundante. A AR tem o potencial de ser utilizada na indústria para melhorar a eficiência e precisão de tarefas como manutenção, design e formação, permitindo que os trabalhadores visualizem informações relevantes em tempo real enquanto interagem com o mundo real.

Realidade Virtual (VR), por outro lado, é uma experiência imersiva que simula completamente um ambiente virtual, isolando o utilizador do mundo físico. Através de dispositivos como capacetes ou óculos de VR equipados com ecrãs e sensores de movimento, os utilizadores são transportados para espaços tridimensionais gerados por computador onde podem interagir com elementos virtuais como se fossem reais. Na indústria, a VR pode ser aplicada para simulações de formação de alto risco, visualização tridimensional e prototipagem virtual, permitindo que os profissionais testem e modifiquem designs num ambiente seguro e controlado antes da produção física.

Ambas as tecnologias oferecem oportunidades significativas para transformar operações industriais, melhorar a formação de funcionários e otimizar processos de design e produção.

Robótica Inteligente e Colaborativa: A Robótica Inteligente e Colaborativa refere-se a sistemas robóticos que são capazes de trabalhar lado a lado com humanos de forma segura e eficaz. Estes robôs são equipados com sensores avançados e software de inteligência artificial que lhes permitem perceber o seu ambiente, aprender com a experiência e tomar decisões autônomas. A colaboração pode ocorrer em tarefas compartilhadas, onde humanos e robôs contribuem para o mesmo objetivo, melhorando a produtividade e flexibilidade nas operações industriais.

Sistemas de Gestão de Armazém (WMS – Warehouse Management Systems): Os Sistemas de Gestão de Armazéns (Warehouse Management Systems - WMS) são soluções de software projetadas para otimizar todas as operações de um armazém, desde a organização do espaço, gestão de inventário, até ao despacho de encomendas. Estes sistemas são essenciais para garantir que os produtos certos sejam entregues no tempo certo e ao menor custo possível.

Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS): Um Sistema de Gestão de Informação Laboratorial (LIMS) é um software concebido para aumentar a eficiência e a eficácia dos laboratórios através da automatização de processos e gestão de informações. As suas funcionalidades principais incluem a gestão de amostras, automação de tarefas, armazenamento centralizado de dados, controlo de qualidade, segurança e conformidade com normas, bem como geração de relatórios e análises.

Os principais benefícios de um LIMS são a redução de tempo e erros nas tarefas manuais, aumento da produtividade, precisão nos dados registados, cumprimento de regulamentações, acesso rápido a informações para decisões informadas e melhor gestão de recursos e custos.

Sistemas de Gestão Empresarial (ERP - *Enterprise Resource Planning)*: Um ERP, que significa Planeamento de Recursos Empresariais (do inglês Enterprise Resource Planning), é um

sistema de gestão integrado que ajuda as empresas a gerir as suas operações diárias, desde pedidos de clientes até contabilidade, compras, projeto, produção, vendas, recursos humanos, etc. As vantagens de um ERP incluem: Integração de processos, facilitando a comunicação e a automação entre diferentes departamentos; Eficiência operacional, reduzindo redundâncias e automatizando tarefas manuais. Dados centralizados, oferecendo uma única fonte de verdade para dados da empresa. Melhor tomada de decisão, fornecendo relatórios e análises para ajudar na estratégia empresarial.

Anexo 6 – Fichas detalhadas de tecnologias, medidas e vetores de descarbonização

Eficiência energética de equipamentos

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Renovação tecnológica sustentável	Esta medida significa a substituição de equipamentos por versões mais eficientes, o que permite reduzir significativamente o consumo de energia e os custos operacionais, além de diminuir a pegada de carbono. O investimento inicial necessário pode ser um obstáculo, especialmente para pequenas e médias empresas, embora os benefícios a longo prazo compensem esse custo.	Elevado	20-40% de redução no consumo.	Substituição de sistemas antigos de refrigeração por modelos eficientes.
Substituição de motores convencionais por modelos mais eficientes	A substituição de motores por versões mais eficientes pode reduzir o consumo energético e diminuir as emissões, ao exigir uma menor energia para operar. No entanto, o elevado custo inicial, a adaptação da infraestrutura e a resistência à mudança são desafios que dificultam a implementação, apesar dos benefícios a longo prazo.	Elevado	Até 30% de redução no consumo.	Troca de motores industriais antigos por motores com classificação IE3 ou superior.
Manutenção preventiva e corretiva de motores	Garantir a manutenção adequada de motores, por meio de ações preventivas e corretivas, ajuda a reduzir o consumo energético e prolonga a vida útil dos equipamentos. Embora possa exigir mão de obra qualificada e ocasionar interrupções temporárias, a medida é tecnologicamente madura e oferece uma solução eficaz e de baixo risco para melhorar a eficiência energética nas indústrias.	Baixo	Entre 5-15% de redução no consumo.	Manutenção preventiva de sistemas de ventilação e compressores de ar.
Utilização de variadores eletrónicos de velocidade (VEVs)	Os variadores eletrónicos de velocidade (VEVs) ajustam a velocidade dos motores elétricos conforme a necessidade, melhorando a eficiência energética e controlando melhor os processos industriais. Mesmo sendo acessíveis para motores de pequena e média potência, em instalações maiores o custo inicial pode ser mais elevado, mas as poupanças de energia são muito interessantes.	Médio a Elevado	Até 50% de redução no consumo.	Instalação de VEVs em linhas de produção com variação de carga.

Sistemas de iluminação

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Substituição de sistemas de iluminação pouco eficiente	A substituição de sistemas de iluminação antigos por LEDs mais eficientes reduz o consumo energético e também diminui as emissões de carbono, com benefícios a longo prazo e uma menor necessidade de manutenção. Embora o custo inicial e algumas possíveis adaptações elétricas possam representar algumas barreiras, o retorno de investimento é rápido e atrativo, especialmente pela poupança energética.	Médio	Até 80% de redução no consumo.	Substituir lâmpadas fluorescentes por LEDs.
Sistemas de iluminação inteligente	A iluminação inteligente, que tem a capacidade de ajustar a intensidade luminosa conforme a ocupação e condições ambientais, reduz o consumo de energia, prolonga a vida útil das lâmpadas e melhora o conforto visual dos trabalhadores. Apesar do custo inicial algo elevado, o retorno financeiro é rápido graças às economias energéticas e à diminuição de custos de manutenção.	Elevado	Até 60% de redução no consumo.	Implementar sistemas com sensores para ajustar a intensidade luminosa.
Instalação de células crepusculares	As células crepusculares otimizam a iluminação ao ligar e desligar automaticamente as luzes conforme a luz natural, reduzindo o desperdício de eletricidade e os custos de energia. Com um investimento inicial baixo e instalação simples, esta tecnologia proporciona um retorno financeiro rápido e é eficaz para melhorar a gestão da iluminação em grandes instalações industriais.	Baixo	Redução significativa de desperdício energético.	Adicionar células em áreas externas para acionar luzes conforme necessário.
Maximizar o uso de iluminação natural	Maximizar o uso de iluminação natural reduz o consumo de energia e os custos com eletricidade, diminuindo a necessidade de iluminação artificial. Além disso, esta estratégia melhora o conforto e bem-estar dos trabalhadores, promovendo maior produtividade.	Baixo a Médio	Redução de custos com iluminação artificial.	Projetar espaços industriais de forma a maximizar a entrada de luz natural.

Sistemas de ar comprimido

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Recuperação de calor em sistemas de ar comprimido	A recuperação de calor em sistemas de ar comprimido permite reaproveitar até 90% da energia gerada, redirecionando-a para aquecimento de água, climatização de espaços ou processos industriais, o que reduz significativamente os custos energéticos. Para otimizar esta medida, é essencial garantir uma integração eficaz com o sistema e implementar uma monitorização contínua, assegurando que a eficiência se mantém ao longo do tempo.	Elevado	Reaproveitamento de até 90% da energia desperdiçada.	Instalar sistemas de recuperação de calor para reaproveitar energia em processos industriais.
Deteção de fugas em sistemas de ar comprimido	A deteção e correção de fugas em sistemas de ar comprimido são essenciais para melhorar a eficiência energética e reduzir os custos operacionais, evitando perdas de ar comprimido na ordem dos 20-30%. Esta medida permite economizar energia, prolongar a vida útil dos compressores e assegurar uma pressão adequada para os processos industriais. Para maximizar a eficácia, é fundamental realizar inspeções regulares e manter uma manutenção preventiva.	Médio	Redução de perdas energéticas em 20-30%.	Realizar inspeções regulares e corrigir fugas em sistemas de ar comprimido.
Utilização de compressores de alta eficiência	Os compressores de alta eficiência reduzem o consumo energético e os custos operacionais ao ajustar a produção de ar às necessidades reais, evitando desperdícios. Estes equipamentos oferecem uma maior durabilidade e requerem menos manutenção. Muitos modelos incluem monitorização integrada, que permite ajustes automáticos e operação otimizada, assegurando uma resposta dinâmica e contínua às variações da procura.	Elevado	Significativa redução no consumo e custos.	Substituir compressores antigos por modelos modernos de alta eficiência.

Frio industrial

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Recuperação de calor residual em sistemas de refrigeração	A recuperação de calor em sistemas de frio industrial permite aproveitar o calor residual dos processos de refrigeração para aquecer água ou espaços fabris, aumentando a eficiência energética e reduzindo os custos operacionais. Embora requeira um investimento inicial em adaptações, esta técnica é madura e eficaz, com benefícios significativos para indústrias com elevada demanda de frio e calor, como o setor agroalimentar.	Elevado	Redução de custos energéticos em 20-30%.	Recuperar calor em indústrias agroalimentares para aquecimento de água de processo.
Cortinas de ar verticais para as portas das câmaras frigoríficas	As cortinas de ar verticais nas portas das câmaras frigoríficas reduzem a troca de ar entre o interior refrigerado e o ambiente externo, ajudando a manter uma temperatura interna mais estável e a aliviar a carga energética dos sistemas de refrigeração. Esta medida simples, compatível com a maioria das câmaras, pode reduzir o consumo energético ao diminuir o esforço dos compressores.	Baixo	Economia de 10-20% no consumo energético.	Instalar cortinas de ar em portas de câmaras frigoríficas para reduzir trocas térmicas.
Chillers de absorção	Os chillers de absorção utilizam calor, em vez de eletricidade, para refrigerar, sendo especialmente eficientes em indústrias com calor residual significativo, como a agroalimentar. Ao reaproveitar este calor, reduzem o consumo de eletricidade e as emissões de carbono. No entanto, exigem um investimento inicial elevado e, em alguns casos, uma instalação mais complexa.	Elevado	Significativa redução no consumo elétrico.	Implementar chillers de absorção em fábricas com fontes de calor residual.

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Refrigeração por CO_2	A refrigeração por dióxido de carbono (R-744) é uma alternativa sustentável aos refrigerantes convencionais, devido ao seu baixo impacto ambiental e elevada eficiência, especialmente em baixas temperaturas. Embora exija um investimento inicial mais alto para suportar as altas pressões, o CO_2 é económico e proporciona uma redução de emissões e um aumento da eficiência energética. Trata-se de uma solução madura e confiável para diversas indústrias, como a agroalimentar.	Elevado	Redução de emissões e aumento da eficiência.	Utilizar sistemas de refrigeração por CO_2 em ambientes industriais com baixas temperaturas.
Arrefecimento evaporativo	O arrefecimento evaporativo reduz a temperatura de ambientes industriais ao utilizar a evaporação da água, sendo especialmente eficiente em climas secos e em espaços amplos, como armazéns. Embora exija um fornecimento constante de água e aumente a humidade, esta técnica tem um baixo custo inicial e permite uma poupança significativa de eletricidade em comparação com a refrigeração mecânica.	Médio	Baixo consumo energético comparado a alternativas mecânicas.	Empregar arrefecimento evaporativo em armazéns e áreas de produção em climas secos.
Sistemas de armazenamento térmico	Este sistemas utilizam tanques de gelo ou outros materiais térmicos para acumular energia (frio, neste caso) em períodos de menor procura, reutilizando-a em horários de pico. Melhoram a eficiência energética, reduzem custos operacionais e prolongam a vida útil dos sistemas de refrigeração.	Elevado	Redução de custos energéticos e picos de carga na rede elétrica.	Tanques de água gelada em fábricas para armazenar frio produzido à noite e utilizá-lo durante o dia em processos.

Calor industrial

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Recuperação de calor residual dos gases de exaustão	A recuperação de calor residual dos gases de exaustão em caldeiras e fornos aumenta a eficiência energética ao reutilizar o calor perdido para pré-aquecer água ou ar, reduzindo assim o consumo de combustível. Embora o investimento inicial possa ser elevado, o retorno é rápido graças às poupanças significativas nos custos energéticos. Trata-se de uma tecnologia madura e confiável para a indústria.	Elevado	Redução significativa do consumo de combustível.	Instalar recuperadores de calor em fornos industriais para pré-aquecer água de processo.
Aplicação de isolamentos térmicos	O isolamento térmico em fornos, caldeiras e seus componentes reduz as perdas de calor, melhorando a eficiência energética e diminuindo o consumo de combustível. Esta medida, de baixo custo e fácil instalação, proporciona economias rápidas e aumenta a segurança, ao reduzir a temperatura das superfícies externas dos equipamentos.	Baixo	Redução rápida e duradoura das perdas térmicas	Aplicar materiais isolantes em tubagens e caldeiras para minimizar perdas de calor.
Afinação de queimadores	A afinação dos queimadores é uma medida simples e económica que otimiza a combustão, ajustando a mistura de ar e combustível para reduzir o consumo e as emissões de poluentes. Com um baixo custo de manutenção e calibração, esta prática melhora a eficiência térmica, diminui os custos operacionais e contribui positivamente para a qualidade do ar emitido.	Baixo	Otimização de eficiência térmica e redução de emissões	Calibrar queimadores para ajustar a proporção ideal de ar e combustível.
Recuperação de condensados	A recuperação de condensados em caldeiras permite reutilizar a água condensada, reduzindo a necessidade de água fresca e energia, o que gera poupanças significativas em combustível e custos operacionais. Com um investimento moderado e rápido retorno, esta medida melhora a eficiência energética e reduz o consumo de água e de produtos químicos.	Médio	Economia considerável de energia e água	Reaproveitar água condensada para reduzir a necessidade de água fresca.

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Recuperação de vapor flash	A recuperação de vapor flash em caldeiras capta o vapor libertado ao reduzir a pressão do condensado, reutilizando-o em processos de baixa pressão, como o aquecimento. No setor agroalimentar, esta medida reduz o consumo de combustível e otimiza a eficiência das caldeiras, proporcionando economias significativas e um melhor desempenho dos sistemas de vapor.	Médio	Maior eficiência no uso de vapor em processos industriais	Captar vapor flash para aquecer processos de baixa pressão.
Manutenção preventiva de sistemas de calor	A manutenção preventiva periódica das caldeiras e fornos é essencial para garantir uma operação eficiente, segura e fiável. A manutenção preventiva ajuda a identificar problemas técnicos antes que se tornem falhas críticas, otimizando o desempenho térmico e reduzindo o consumo energético. Além disso, prolonga a vida útil dos equipamentos e evita interrupções na produção, contribuindo para a eficiência geral dos processos industriais.	Baixo	Operação mais segura e eficiente, com menores falhas	Realizar inspeções regulares e limpar componentes críticos das caldeiras.
Armazenamento de energia térmica	O armazenamento de energia térmica (TES, do inglês Thermal Energy Storage) permite conservar calor para uso posterior, proporcionando um equilíbrio eficaz entre a oferta e a procura de energia em ambientes industriais. Com uma ampla gama de temperaturas operacionais, variando de -20 a 600 °C, o TES adapta-se a múltiplas aplicações, desde a refrigeração até processos de alta temperatura, com um desempenho de elevada eficiência. Esta solução também permite reduzir custos ao aproveitar a eletricidade durante as horas de tarifa reduzida, contribuindo para uma operação mais económica. Embora o investimento inicial possa ser considerável, o TES oferece benefícios significativos a longo prazo, com potencial de redução de custos à medida que a tecnologia evolui, especialmente com o uso de materiais de mudança de fase e termoquímicos.	Elevado	Maior flexibilidade energética e economia operacional	Armazenar calor excedente para utilização em períodos de maior procura.

Energias renováveis

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Utilização de biomassa	A biomassa utiliza resíduos orgânicos para gerar calor, eletricidade ou biocombustíveis, sendo uma fonte renovável de baixo impacto ambiental e ideal para o setor agroalimentar. A utilização de biomassa promove a economia circular, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e minimizando as emissões de CO_2 e metano. Embora exija uma infraestrutura específica e um investimento inicial elevado, oferece um retorno económico razoável a médio e longo prazo, com custos operacionais mais baixos e maior eficiência na gestão de resíduos.	Médio a elevado	Redução significativa de emissões e melhor gestão de resíduos.	Instalar caldeiras de biomassa em indústrias agroalimentares para geração de energia térmica.
Valorização energética de biogás	O biogás é uma fonte de energia renovável obtida pela decomposição anaeróbica de matéria orgânica, como resíduos agrícolas e alimentares ou lamas de ETARs, gerando metano que pode ser utilizado para produzir eletricidade e calor. No setor agroalimentar, o biogás permite o reaproveitamento de resíduos, promovendo uma economia circular e reduzindo tanto o uso de combustíveis fósseis como as emissões de gases com efeito de estufa. Mesmo requerendo uma infraestrutura específica e investimentos iniciais algo elevados, o biogás oferece um retorno vantajoso a médio e longo prazo, com elevado potencial para a descarbonização e sustentabilidade industrial.	Médio a elevado	Aproveitamento de resíduos e redução de gases com efeito de estufa.	Implementar digestores anaeróbicos para converter resíduos agrícolas em biogás.

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Produção de eletricidade com sistema solar fotovoltaico	A energia solar fotovoltaica permite às indústrias produzir eletricidade a partir de uma fonte limpa e renovável, reduzindo tanto a dependência de combustíveis fósseis como as emissões de CO_2 e os custos energéticos a longo prazo. Com a instalação de painéis em grandes superfícies, como os telhados das fábricas, as empresas aproveitam o espaço disponível e podem, em alguns casos, injetar os excedentes na rede. Apesar de requerer um investimento inicial e apresentar o desafio da intermitência, os custos têm vindo a baixar e os incentivos financeiros tornam esta solução atrativa, proporcionando um retorno financeiro muito significativo a médio e longo prazo.	Médio	Diminuição de emissões e maior independência energética.	Instalar painéis fotovoltaicos nos telhados de fábricas para produção de eletricidade.
Produção de calor com sistema solar térmico	A energia solar térmica é uma solução eficiente para gerar calor diretamente na indústria, utilizando a radiação solar para aquecer fluidos, sendo ideal para setores como o agroalimentar. Esta tecnologia permite substituir combustíveis fósseis em processos como a pasteurização e o aquecimento de espaços, com coletores solares instalados em telhados ou em terrenos adjacentes. Apesar do investimento inicial elevado e da necessidade de sistemas de apoio devido à intermitência solar, a redução de emissões e os baixos custos operacionais tornam a energia solar térmica uma opção atrativa para a descarbonização do setor.	Elevado	Redução de emissões e substituição de combustíveis fósseis.	Utilizar coletores solares térmicos para processos de aquecimento em indústrias alimentares.

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Captura e sequestro de carbono	A captura de carbono no setor agroalimentar inclui métodos para reduzir emissões e armazenar carbono de forma sustentável. Isto pode ser feito através de práticas agrícolas, como a utilização de culturas de cobertura e biochar, que aumentam a retenção de carbono no solo e melhoram a sua fertilidade. Em algumas indústrias alimentares também pode ser viável capturar CO_2 diretamente nas fontes de emissão, embora esta abordagem seja mais dispendiosa. Estas medidas não só ajudam a diminuir a pegada de carbono, como também promovem solos mais ricos e produtivos.	Médio	Redução da pegada de carbono e melhoria da fertilidade do solo.	Implementar culturas de cobertura e biochar para aumentar a retenção de carbono no solo.
Utilização de hidrogénio verde	A utilização de hidrogénio verde no setor agroalimentar é uma medida que visa substituir combustíveis fósseis por uma fonte de energia limpa e sustentável. Produzido a partir de eletrólise de água usando energia renovável, o hidrogénio verde pode ser utilizado em processos de aquecimento e transporte, reduzindo significativamente as emissões de CO_2. Embora o custo ainda seja elevado, esta tecnologia representa um passo importante na descarbonização do setor, contribuindo para operações mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis.	Elevado	Substituição de combustíveis fósseis e descarbonização do setor.	Utilizar hidrogénio verde em processos industriais e para transporte logístico.

Eletrificação de processos

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Bombas de calor industriais	As bombas de calor destacam-se pela elevada eficiência, com coeficientes de performance (COP) que chegam a 500-600% e podendo alcançar até 1000% ao aproveitar o calor residual. Além de fornecerem aquecimento, também podem oferecer refrigeração, tornando-se ideais para indústrias com estas necessidades. Atualmente, alcançam temperaturas até 160 °C, com expectativas de atingir 200 °C no futuro. Embora o custo inicial seja elevado, os benefícios em termos de poupança de energia e eficiência a longo prazo fazem delas uma solução económica atrativa para diversas aplicações industriais deste setor.	Elevado	Redução significativa no consumo de energia e emissões.	Instalar bombas de calor em processos industriais que exigem aquecimento e refrigeração em simultâneo.
Caldeiras elétricas	As caldeiras elétricas convertem energia elétrica em calor para produzir vapor ou água quente com uma eficiência energética elevada, atingindo até 99%, e permitem um controlo preciso da temperatura, essencial em setores como o agroalimentar. Capazes de operar em temperaturas até 195 °C, estas caldeiras não dependem de calor residual, o que as torna vantajosas em certas aplicações em comparação com as bombas de calor. Embora exijam maior consumo de energia, apresentam custos iniciais relativamente baixos, apesar de poderem necessitar de investimentos em infraestrutura elétrica. A longo prazo, as caldeiras elétricas podem tornar-se mais competitivas devido à sua elevada eficiência e às potenciais mudanças nos custos energéticos e na tributação de carbono.	Médio	Aumento da eficiência energética e controlo térmico avançado.	Utilizar caldeiras elétricas em processos que requerem controlo preciso de temperatura, como pasteurização.

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Aquecimento por resistências elétricas	O aquecimento por resistência elétrica é uma solução eficaz para processos no setor agroalimentar, como a secagem e o processamento de alimentos, proporcionando um controlo preciso da temperatura e uma conversão quase total de eletricidade em calor. Embora o investimento inicial seja baixo, os seus custos operacionais podem ser mais elevados; contudo, com a crescente integração de energias renováveis, esta opção torna-se cada vez mais competitiva a longo prazo.	Médio	Competitividade crescente com maior uso de energia renovável.	Aplicar resistências elétricas em processos de secagem e aquecimento de alimentos.

Outras medidas

Medida	Descrição	Custo Estimado	Impacto Esperado	Exemplo Prático
Sistema de Gestão Técnica Centralizada (GTC)	Um sistema de gestão técnica centralizada (GTC) permite o controlo automatizado e centralizado de equipamentos industriais (aquecimento, ventilação, iluminação, etc.), ajustando o consumo energético em tempo real e evitando desperdícios. Embora o investimento inicial seja elevado, o retorno é relativamente rápido devido às poupanças energéticas, com a GTC a identificar ineficiências e a ajustar automaticamente os equipamentos para otimizar o uso de energia, reduzindo tanto os custos operacionais como as emissões.	Elevado	Redução significativa de desperdícios e custos operacionais.	Instalar sistemas GTC para ajustar automaticamente a iluminação e ventilação em fábricas.
Auditorias energéticas regulares	As auditorias energéticas avaliam detalhadamente o consumo de energia numa instalação, identificando desperdícios e oportunidades de melhoria na eficiência energética. No setor agroalimentar, estas auditorias ajudam a otimizar processos intensivos em energia, oferecendo recomendações específicas para reduzir o consumo e as emissões. Este processo permite que as empresas priorizem intervenções com base no retorno financeiro, promovendo uma melhoria contínua e sustentável das operações.	Médio	Melhoria contínua da eficiência e redução de emissões.	Realizar auditorias energéticas anuais para identificar e corrigir ineficiências nos processos produtivos.
Formação e sensibilização de recursos humanos	A formação e sensibilização dos colaboradores promovem a utilização otimizada dos equipamentos, evitando desperdícios e incentivando práticas sustentáveis. Esta medida inclui programas de formação técnica e iniciativas de sensibilização, criando uma cultura organizacional focada na eficiência energética e na redução dos impactos ambientais.	Baixo	Maior adesão a práticas sustentáveis e eficiência operacional.	Implementar programas de formação técnica para incentivar o uso eficiente de equipamentos e boas práticas.

Anexo 7 - Fichas detalhadas das principais tecnologias de digitalização identificadas

No contexto da evolução tecnológica atual, as tecnologias de digitalização têm desempenhado um papel crucial na transformação das indústrias, incluindo a indústria alimentar. Este anexo apresenta, para cada tecnologia identificada, o seu nível de maturidade, aplicabilidade na indústria alimentar, requisitos e barreiras para implementação, o seu impacto potencial na sustentabilidade e eficiência operacional.

Robótica Inteligente e colaborativa

Descrição	Os robôs autónomos executam, de forma totalmente independente, ações ou movimentos de natureza humana, percecionando o espaço ao seu redor e demonstrando capacidade de adaptação perante situações mais inesperadas. De facto, os robôs autónomos exibem níveis de força, precisão e velocidade superiores aos de um operador/trabalhador comum, podendo inclusive desempenhar funções em locais considerados de risco para o ser humano. Os robôs colaborativos destinam-se a partilhar um espaço com seres humanos e a realizar tarefas ao seu lado.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	Pode promover a redução dos custos e dos tempos de produção, do grau de desperdício e da taxa de defeitos/falhas por artigo.
Restrições	▪ Segurança; ▪ Custo inicial alto.
Requisitos para implementação	▪ Layouts adequados ▪ Formação de colaboradores ▪ Capacidade de Gestão da Mudança.
Barreiras de implementação	▪ Normas de segurança ▪ Aceitação cultural
Nível relativo de Investimento	Alto
Potencial de redução de emissões	A robótica colaborativa, também conhecida como *cobots*, está a revolucionar a forma como as empresas abordam seus processos de produção. Esses robôs foram projetados para trabalhar em estreita colaboração com seres humanos, melhorando a eficiência e a segurança no ambiente de trabalho. Aqui estão algumas formas pelas quais a robótica colaborativa pode contribuir para a redução de emissões: ▪ **Eficiência na Produção:** Os cobots trabalham lado a lado com os funcionários, otimizando tarefas manuais e aumentando a produtividade.Isto permite que as empresas alcancem seus objetivos de produção com menos recursos e, consequentemente, reduzam o consumo de energia e emissões. ▪ **Menos Desperdício:** A precisão dos cobots na montagem e manipulação de peças reduz o desperdício de materiais.Isto contribui para uma produção mais sustentável e menos impacto ambiental. ▪ **Otimização de Processos:** Os cobots podem ser programados para operar de forma eficiente, minimizando tempos de inatividade e reduzindo o uso desnecessário de recursos. Isto leva a uma produção mais LEAN e, consequentemente, a menos emissões.

Inteligência Artificial

Descrição	Inteligência Artificial (IA) é um termo amplamente usado e vagamente definido que descreve quando as máquinas são capazes de realizar ações que normalmente requerem inteligência humana. À medida que as tecnologias evoluem, a fronteira entre o que é e o que não é considerado IA é flexivel. Exemplos atuais de IA incluem a condução de veículos autónomos e a compreensão da fala humana. A aprendizagem de uma máquina (Machine Learning) é um tipo particular de inteligência artificial, descrevendo quando a máquina é capaz de aprender com a experiência (por exemplo, dados históricos ou testes) sem ser explicitamente programada. A aprendizagem profunda (Deep Learning) é um tipo particular de aprendizagem de máquina inspirado na maneira como o nosso cérebro funciona e é baseado no conceito de redes neuronais artificiais. O Deep Learning é fortemente dependente de uma grande quantidade de dados e grande poder de processamento.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	▪ **Controlo de Qualidade:** Sistemas de IA inspecionam produtos alimentares em tempo real, identificando defeitos, contaminações e garantindo a qualidade e segurança dos alimentos. ▪ **Desenvolvimento de Produtos:** A IA analisa dados de preferências dos consumidores, acelerando o processo de criação de novos produtos alimentares. Isto reduz o tempo de tentativa e erro no desenvolvimento. ▪ **Inovação na criação de alimentos:** A IA analisa grandes volumes de dados sensoriais e de formulação, gerando combinações criativas de ingredientes, texturas e sabores. Isto atende à procura por novidades e opções personalizadas. ▪ **Rastreamento e Logística:** Algoritmos de IA otimizam rotas de entrega, minimizando o tempo e os recursos necessários para transportar alimentos frescos. ▪ **Previsão de procura:** A IA analisa dados históricos e sazonalidade para prever a procura de produtos alimentares, evitando excesso de stock ou escassez. ▪ **Redução de Desperdício:** Algoritmos de IA ajudam a gerir stocks, evitando que alimentos sejam descartados antes de expirar.
Restrições	▪ Ética; ▪ Segurança dos dados.
Requisitos para implementação	▪ Infraestrutura TI; ▪ Dados de treino de qualidade.
Barreiras de implementação	▪ Falta de conhecimento especializado; ▪ Custos iniciais e operacionais.
Nível relativo de Investimento	Alto
Potencial de redução de emissões	▪ **Otimização da produção:** Sistemas baseados em IA podem ajustar automaticamente variáveis como temperatura, pressão e tempo durante a fabricação de alimentos. Isto não só aumenta a eficiência, mas também reduz o desperdício e os custos operacionais. ▪ **Controlo de qualidade:** Algoritmos de IA podem analisar visualmente produtos alimentícios em tempo real, identificando imperfeições, contaminações ou variações indesejadas. Isto melhora a qualidade do produto e reduz o desperdício. ▪ **Gestão da cadeia de abastecimento:** Algoritmos preditivos usam dados históricos, condições climáticas e tendências de mercado para otimizar a produção, evitando escassez ou excesso de oferta. Isto contribui para a redução do desperdício alimentar.

Sistema de gestão de Energia (Energy Management System – SEM)

Descrição	Sistemas de gestão de energia *(Energy Management Systems - EMS)* são responsáveis por controlar o fornecimento de energia aos processos produtivos em todas as células e níveis administrativos/operativos com vista à otimização da utilização e consumo energéticos. O sistema de redes energéticas inteligentes é uma infraestrutura moderna com objetivo de alta eficiência, fiabilidade e segurança ao integrar fontes renováveis e alternativas de energia ao sistema em utilização. Permitem um controlo autónomo e monitorização dos sistemas energéticos; aumento da agilidade, tempo de resposta, fiabilidade e sustentabilidade da cadeia produtiva e diminuição dos custos energéticos associados ao processo operativos e à produção
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	A gestão energética na indústria alimentar é essencial para otimizar o consumo de energia e reduzir custos. Alguns pontos críticos de consumo de energia incluem procedimentos de ar comprimido nas linhas de enchimento de produtos, elevação de temperatura para pasteurização e aquecimento de alimentos.
Restrições	▪ Custos de instalação; ▪ Manutenção.
Requisitos para implementação	▪ Sensores e dispositivos inteligentes; ▪ Software SEM; ▪ Sistemas integrados; ▪ Redes de comunicação; ▪ Equipamentos com capacidade de recolha de dados; ▪ Infraestrutura com capacidade autónoma e de controlo de equipamentos.
Barreiras de implementação	▪ Custo inicial; ▪ Adaptação dos processos.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	A adoção de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) na indústria alimentar pode ter um impacto significativo na redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) e na eficiência energética, nomeadamente: Redução de Custos e Consumo Energético: O SGE permite monitorar o consumo de energia, identificar desperdícios e otimizar o uso de recursos. Ações como a substituição de motores por modelos de alto rendimento e a implementação de variadores eletrônicos de velocidade podem reduzir o consumo elétrico. Ao melhorar a eficiência energética, as emissões de GEE são indiretamente reduzidas.

Entreprise Resource Planning (ERP)

Descrição	Os sistemas de planeamento de recursos empresariais *(ERP - Enterprise Resource Planning)* são sistemas completos e integrados que gerem todos os aspetos de um negócio baseado na produção ou distribuição, alinhando a gestão financeira, os recursos humanos, a gestão da cadeia de abastecimento, e o fabrico ou distribuição com a função central da contabilidade. Os sistemas ERP são utilizados para proporcionar transparência em todo o processo empresarial, rastreando todos os aspectos da produção ou distribuição, financeiros e de backoffice. Permitem: ▪ Suporte à decisão ▪ Eliminação de redundâncias ▪ Centralização dos processos e da informação Uma variedade de departamentos pode visualizar a informação registada pelos sistemas ERP para assegurar que os procedimentos corretos estão a decorrer corretamente.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	Um Sistema de Gestão Empresarial (ERP) na indústria alimentar oferece uma integração completa das atividades da empresa, otimizando processos e proporcionando maior controlo. Aqui estão algumas das áreas que podem ser geridas por meio desse software: ▪ Administrativo: ▪ Registo de produtos e colaboradores. ▪ Gestão de contratos. ▪ Financeiro: ▪ Controlo de contas a pagar e receber. ▪ Gestão do fluxo de caixa e planeamento de compras. ▪ Fiscal e Contabilístico: ▪ Emissão de faturas eletrónicas e outros documentos contabilísticos e fiscais. ▪ Demonstrativos de resultados. ▪ Produção: ▪ Controlo de produção e previsões de venda com base no consumo médio. ▪ Comercial: ▪ Gestão do fluxo de vendas. ▪ Elaboração de propostas comerciais. ▪ Qualidade: ▪ Inspeção de qualidade de matéria-prima e produtos fabricados, desde a receção até stock. ▪ Stock: ▪ Registo e controlo de stock. ▪ Gestão de compras de insumos. ▪ Gestão de Logística: ▪ Organização de envios de produtos e gestão de transportadoras.
Restrições	▪ Custo inicial alto; ▪ Complexidade na integração
Requisitos para implementação	▪ Infraestrutura TI; ▪ Formação de pessoal ▪ Necessidade de formar os colaboradores para a utilização da tecnologia. ▪ Existência de um bom mapeamento dos processos de negócio.
Barreiras de implementação	▪ Resistência à mudança; ▪ Complexidade dos processos de negócio.
Nível relativo de Investimento	Alto

Potencial de redução de emissões	Um sistema ERP (Enterprise Resource Planning) oferece diversos benefícios para as empresas, incluindo a redução de custos e a otimização de processos. Alguns dos principais benefícios são: ▪ **Economia de Recursos e Dinheiro:** Um sistema ERP pode ajudar a reduzir os custos de TI e formação, além de minimizar ou eliminar processos manuais repetitivos. ▪ **Eficiência Operacional:** Com todas as informações centralizadas em um único sistema, os funcionários podem acessá-las facilmente e tomar decisões mais rapidamente. ▪ **Redução de Emissões Indiretas:** Embora não seja o foco principal, a implementação de um sistema ERP pode contribuir indiretamente para a redução de emissões. Por exemplo, ao otimizar processos logísticos e de produção, a empresa pode reduzir o consumo de recursos e, consequentemente, as emissões associadas.

Electronic Data Exchange (EDI)

Descrição	Por toda a extensão da cadeia de abastecimento, a Integração Horizontal de Sistemas reforça a partilha ou a troca multidirecional de informação útil entre as várias partes, nomeadamente, fornecedores, produtores, empresas de distribuição e clientes. Quanto ao foro interno de cada empresa/organização, a Integração Vertical de Sistemas atualiza e melhora nitidamente o processo de comunicação entre departamentos, equipas de trabalho ou até mesmo níveis hierárquicos instituídos. Para as empresas/organizações, demonstra-se que a Integração de Sistemas resulta num aumento geral da produtividade e da vantagem competitiva no mercado
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	▪ Cadeia de abastecimento; ▪ Logística. ▪ Sistemas de gestão de produção, com informação de produção, consumos, parâmetros de qualidade em tempo real. ▪ Integração de sistemas de informação entre diferentes agentes da cadeia de abastecimento, para colocação deencomendas, entre outros.
Restrições	▪ Padrões de dados; ▪ Segurança da informação.
Requisitos para implementação	▪ Software compatível; ▪ Protocolos padronizados.
Barreiras de implementação	▪ Adoção por parceiros da cadeia; ▪ Custos iniciais.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	A integração de sistemas de informação e o uso do EDI (Intercâmbio Eletrônico de Dados) têm o potencial de reduzir significativamente as emissões nas cadeias de abastecimento. Vamos explorar algumas formas pelas quais Isto acontece: ▪ **Redução do consumo de papel:** O EDI permite a troca eletrônica de informações entre parceiros comerciais, eliminando a necessidade de documentos impressos. Isto reduz o uso de papel e, consequentemente, as emissões associadas à produção e transporte desse papel. ▪ **Eficiência na troca de informações:** O EDI automatiza a comunicação entre empresas, agilizando processos como pedidos, faturas e remessas. Isto reduz o tempo de espera e a necessidade de transporte físico de documentos, diminuindo as emissões relacionadas ao transporte. ▪ **Visibilidade e otimização:** A integração de sistemas permite maior visibilidade ao longo da cadeia de abastecimento. Com dados mais precisos e em tempo real, as empresas podem otimizar rotas de transporte, minimizar stocks desnecessários e reduzir o desperdício, contribuindo para a diminuição das emissões.

Manufacturing Execution System (MES)

Descrição	Um sistema MES (Manufacturing Execution System) ou sistema de controlo de produção é um software desenvolvido para organizar, controlar e monitorizar processos em fábricas, alcançando a máxima eficiência e redução de custos. Além disso, os sistemas MES geram dados de grande utilidade para a análise global da gestão produtiva da empresa, uma vez que são integrados com outros sistemas. Entre as vantagens, enumeram-se as seguintes: ▪ Visibilidade a nível da empresa da execução da produção ▪ Escalável com necessidades operacionais crescentes ▪ Infraestrutura para controlo avançado de processos & analítica ▪ Melhoria da análise da causa raiz para paragens de máquinas e defeitos de qualidade ▪ Maior qualidade da informação sobre a produção e rapidez na tomada de decisões ▪ Deteção de bottlenecks e não conformidades a tempo de possíveis correções ▪ Melhoria da produtividade industrial ▪ Apoio à melhoria contínua
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	O MES atua como uma ponte entre os sistemas de planeamento e controlo de uma empresa (como um sistema de planeamento de recursos empresariais - ERP) e as operações reais de manufatura. Este rastreia e documenta a transformação de matérias-primas em produtos acabados em tempo real. Além disso, recolhe dados de várias fontes, como máquinas, sensores e operadores, para fornecer informações precisas sobre o estado das atividades de produção. Isto permite visibilidade e controlo em tempo real, identificação de gargalos e tomada de decisões informadas.
Restrições	A implementação de um sistema MES (Manufacturing Execution System) pode enfrentar várias restrições e barreiras. Aqui estão algumas das principais: ▪ **Custo Inicial Elevado:** O investimento inicial necessário para adquirir e implementar um sistema MES pode ser significativo. Isto inclui custos de licenciamento, hardware, software, integração e formação. ▪ **Complexidade de Integração:** Integrar o MES com os sistemas existentes, como ERP e outros sistemas de automação de fábrica, pode ser complexo e demorado. A compatibilidade entre diferentes sistemas e a necessidade de personalizações específicas pode representar um desafio. ▪ **Resistência à Mudança:** A adoção de novas tecnologias pode encontrar resistência por parte dos funcionários, que podem estar habituados aos processos atuais e receosos de mudanças no fluxo de trabalho. ▪ **Necessidade de Formação:** Os operadores e gestores precisam de ser devidamente treinados para utilizar o novo sistema MES, o que requer tempo e recursos adicionais. ▪ **Manutenção e Suporte Contínuo:** Após a implementação, o MES requer manutenção contínua e suporte técnico para garantir que funcione corretamente e se adapte às mudanças nos processos de produção. ▪ **Segurança de Dados:** A introdução de um MES pode aumentar os riscos de segurança cibernética, exigindo medidas rigorosas de proteção de dados e gestão de acessos. ▪ **Adequação ao Processo Produtivo:** Nem todos os sistemas MES são igualmente eficazes para todos os tipos de processos produtivos. Encontrar ou personalizar um sistema que se adeque perfeitamente às necessidades específicas da empresa pode ser um desafio. ▪ **Escalabilidade e Flexibilidade:** Garantir que o MES possa crescer e adaptar-se às futuras necessidades da empresa é crucial. Um sistema que não seja suficientemente escalável ou flexível pode rapidamente se tornar obsoleto à medida que a empresa evolui. ▪ **Tempo de Implementação:** A implementação de um MES pode ser um processo longo, o que pode afetar temporariamente a eficiência operacional da empresa.

Restrições	▪ **Problemas de Qualidade dos Dados**: A eficácia do MES depende da qualidade dos dados recolhidos. Dados imprecisos ou incompletos podem levar a decisões erradas e afetar negativamente a produção**.**
Requisitos para implementação	▪ Necessidade de formar os colaboradores para a utilização da tecnologia. ▪ Infraestrutura TI; ▪ Sensores e dispositivos de controlo.
Barreiras de implementação	▪ Complexidade da integração; ▪ Formação de pessoal.
Nível relativo de Investimento	Alto
Potencial de redução de emissões	A implementação de um sistema MES (Manufacturing Execution System) pode contribuir significativamente para a redução de emissões numa empresa de manufatura. Aqui estão algumas formas pelas quais um MES pode ajudar a alcançar essa meta: **Otimização de Processos:** ▪ **Redução de Desperdício:** O MES melhora a precisão do planeamento e da execução da produção, reduzindo o desperdício de matérias-primas e energia. Isto diminui a quantidade de resíduos gerados, o que por sua vez reduz as emissões associadas à disposição desses resíduos. ▪ **Eficiência Energética:** Ao monitorizar e controlar os equipamentos e processos de produção em tempo real, o MES pode identificar oportunidades para reduzir o consumo de energia, resultando em menores emissões de CO^2. ▪ **Melhoria da Qualidade do Produto:**Redução de Rejeitados: Com o MES, é possível monitorizar a qualidade em cada etapa da produção, detetando defeitos precocemente. Isto reduz a quantidade de produtos rejeitados, diminuindo a necessidade de reprocessamento e, consequentemente, as emissões associadas. **Manutenção Preditiva:** ▪ **Redução de Paragens Não Planeadas:** O MES pode prever falhas nos equipamentos antes que ocorram, permitindo a manutenção preventiva. Isto evita paragens não planeadas, que geralmente levam a ineficiências e maior consumo de energia quando a produção é retomada. **Melhoria na Gestão de Inventário:** ▪ **Redução de Excedentes de Stock:** O MES facilita uma gestão de inventário mais eficiente, reduzindo a necessidade de produzir mais do que o necessário. Excedentes de stock não só ocupam espaço, mas também implicam em maior uso de energia para armazenamento e controlo climático. **Transporte e Logística:** ▪ **Otimização da Cadeia de Abastecimento:** Um MES bem integrado pode ajudar a otimizar a logística de entrada e saída, reduzindo a necessidade de transporte frequente e, portanto, as emissões associadas ao transporte.
Potencial de redução de emissões	**Dados e Análises em Tempo Real:** ▪ **Tomada de Decisão Informada:** O acesso a dados precisos e em tempo real permite que as empresas identifiquem rapidamente ineficiências e oportunidades de melhoria. Isto inclui a identificação de práticas que possam reduzir as emissões.

Potencial de redução de emissões	**Adoção de Tecnologias Mais Verdes:** ▪ **Integração com Tecnologias Sustentáveis:** O MES pode ser integrado a tecnologias mais verdes, como sistemas de energia renovável, contribuindo para uma menor pegada de carbono da produção. ▪ Em termos quantitativos, a potencial redução de emissões depende de vários fatores, incluindo o tipo de indústria, o tamanho da operação, o estado atual dos processos produtivos e a extensão da implementação do MES. Estudos de caso em diversas indústrias mostram reduções significativas de emissões de CO2, variando geralmente entre 10% a 30% após a implementação de um MES, principalmente devido à melhoria na eficiência energética e na redução de desperdícios. Implementar um MES não só contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também pode resultar em economias de custo significativas para a empresa, criando um cenário vantajoso tanto para o meio ambiente quanto para a competitividade do negócio.

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

Descrição	Um Sistema de Gestão de Armazém (Warehouse Management System, WMS) é uma aplicação de software que ajuda a controlar e gerir as operações de um armazém, proporcionando uma visão abrangente de todo o ciclo de vida dos inventários e otimizando o processo de gestão dos mesmos. Este sistema abrange várias áreas essenciais para o funcionamento eficiente de um armazém. Em primeiro lugar, a gestão de inventário é fundamental, começando pela receção de mercadorias. Aqui, os produtos são registados, as quantidades verificadas, a qualidade inspecionada e os itens são introduzidos no sistema. Após a receção, os produtos são armazenados em locais específicos dentro do armazém, utilizando técnicas de localização que otimizam o espaço e facilitam a recuperação dos itens. O controlo de stock é uma função contínua, monitorizando constantemente os níveis de inventário com atualizações em tempo real para garantir a precisão e evitar ruturas ou excesso de stock. Na gestão de pedidos, o WMS facilita o processamento de encomendas desde a sua receção até à expedição. Isto inclui a preparação das encomendas e a verificação dos itens. A seleção dos produtos certos e a preparação para expedição, conhecidas como picking e packing, são otimizadas através de métodos como picking por lotes, picking por onda ou picking por zona. A expedição coordena o envio das mercadorias, incluindo a impressão de etiquetas de envio, a geração de documentos de transporte e o agendamento com as transportadoras. A gestão de devoluções também é uma área crucial, onde o WMS ajuda a processar de forma eficiente os produtos devolvidos, incluindo a inspeção, o restocking ou descarte, e o processamento de créditos ou substituições. No que diz respeito à gestão de recursos humanos, o sistema atribui tarefas aos colaboradores com base na sua localização, competências e carga de trabalho, além de monitorizar o desempenho, medindo a eficiência e produtividade. A integração com outros sistemas, como ERP (Planeamento de Recursos Empresariais) e TMS (Sistemas de Gestão de Transportes), garante um fluxo de informação correto. O uso de Intercâmbio Eletrónico de Dados (EDI) permite a troca de documentos comerciais de forma automatizada com parceiros. Entre as funcionalidades avançadas de um WMS, destacam-se a automação, através de tecnologias como códigos de barras, RFID (Identificação por Radiofrequência) e IoT (Internet das Coisas), que aumentam a precisão e a velocidade das operações. Ferramentas de análise e geração de relatórios permitem a monitorização de KPIs (Indicadores Chave de Desempenho) e suportam a tomada de decisões estratégicas. Algoritmos de otimização de rota ajudam a minimizar os tempos de deslocamento dentro do armazém, e o suporte a multi-armazém possibilita a gestão de múltiplos armazéns a partir de uma única plataforma, com visibilidade centralizada dos inventários. Os benefícios de um WMS são diversos. Este aumenta a precisão de inventário, reduzindo erros de stock e melhorando a precisão nos níveis de inventário. A eficiência operacional é significativamente melhorada através da melhor utilização do espaço e da otimização do fluxo de trabalho. Além disso, a redução de custos operacionais é alcançada através da otimização de processos e recursos. Por fim, o serviço ao cliente é melhorado com um aumento da rapidez e precisão na expedição de pedidos, resultando numa maior satisfação do cliente.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	Na indústria alimentar, um Sistema de Gestão de Armazém (WMS) tem várias aplicações específicas que são cruciais para garantir a eficiência, segurança e conformidade dos processos logísticos. Uma das aplicações mais importantes do WMS na indústria alimentar é a gestão precisa do inventário. O sistema ajuda a monitorizar e gerir os níveis de stock em tempo real, garantindo que os produtos sejam armazenados nas condições adequadas para manter a sua frescura e qualidade. A rastreabilidade é essencial para a segurança alimentar, e o WMS permite a rastreabilidade detalhada dos produtos desde a receção até à expedição, facilitando a gestão de recalls e garantindo a conformidade com os regulamentos de segurança alimentar.

Aplicável em	Na indústria alimentar, a gestão das datas de validade é crítica. O WMS pode automatizar a monitorização das datas de validade, garantindo que os produtos com data de validade mais próxima sejam expedidos primeiro (FIFO - First In, First Out) ou baseando-se noutras estratégias como LIFO (Last In, First Out), conforme necessário. Isto ajuda a minimizar o desperdício e a garantir que os produtos mais antigos sejam utilizados antes dos mais novos. O WMS otimiza o espaço de armazenamento no armazém, assegurando que os produtos alimentares sejam armazenados de acordo com os seus requisitos específicos, como temperatura controlada para produtos refrigerados ou congelados. Isto não só maximiza a eficiência do espaço, mas também garante que os produtos sejam mantidos nas melhores condições possíveis para preservar a sua qualidade. O WMS facilita a gestão de pedidos de clientes, desde a receção do pedido até à sua expedição. O sistema garante que os produtos certos sejam selecionados e preparados para envio de maneira eficiente e precisa. A gestão de expedição é igualmente importante, assegurando que os produtos alimentares sejam entregues dentro dos prazos e condições necessárias para manter a sua qualidade. A indústria alimentar está sujeita a regulamentações rigorosas em termos de segurança e qualidade. O WMS ajuda as empresas a cumprir essas regulamentações, fornecendo documentação e relatórios detalhados sobre a gestão de inventário, condições de armazenamento e rastreabilidade dos produtos. O uso de tecnologias como RFID (Identificação por Radiofrequência) e IoT (Internet das Coisas) pode ser integrado com o WMS para melhorar a precisão e a velocidade das operações. Estas tecnologias permitem o rastreamento automático dos produtos, melhorando a visibilidade e a eficiência operacional. O WMS também ajuda na gestão de devoluções, permitindo que os produtos devolvidos sejam inspecionados e processados rapidamente, seja para restocking ou descarte, garantindo que as devoluções sejam tratadas de forma eficiente e que os créditos ou substituições sejam processados corretamente. Ao automatizar e otimizar vários processos, o WMS melhora a eficiência operacional geral do armazém. Isto inclui a redução de erros, a minimização do tempo de inatividade e a melhoria da produtividade dos trabalhadores, resultando em operações mais suaves e eficazes. Em resumo, as aplicações de um WMS na indústria alimentar são vastas e essenciais para garantir que os produtos alimentares sejam geridos de forma eficiente, segura e conforme os regulamentos. Estas aplicações ajudam a melhorar a qualidade dos produtos, reduzir desperdícios e aumentar a satisfação dos clientes.
Restrições	**Custos Elevados** Os custos iniciais de implementação de um WMS podem ser significativos. Estes incluem a aquisição do software, a compra de hardware necessário (como scanners, computadores e servidores), e a integração com sistemas existentes. Além disso, há custos contínuos de manutenção e atualização do sistema. **Complexidade da Implementação** A implementação de um WMS pode ser complexa e demorada. Envolve a configuração do sistema de acordo com as necessidades específicas do armazém, a migração de dados do sistema antigo para o novo, e a integração com outros sistemas empresariais, como ERP (Planeamento de Recursos Empresariais) e TMS (Sistema de Gestão de Transportes). Esta complexidade pode resultar em tempos de inatividade e perturbações nas operações do armazém durante o processo de implementação. **Formação e Adaptação dos Funcionários** Os funcionários precisam de ser devidamente treinados para utilizar o novo sistema de forma eficaz. Isto pode exigir um investimento significativo de tempo e recursos, e há sempre o risco de resistência à mudança por parte dos funcionários, especialmente se estiverem habituados a sistemas antigos ou métodos manuais. **Integração com Sistemas Existentes** A integração do WMS com sistemas empresariais existentes pode ser um desafio. É necessário garantir que todos os sistemas possam comunicar de forma eficaz entre si para evitar problemas de sincronização e duplicação de dados. Este processo pode ser tecnicamente complexo e exigir suporte especializado.

Restrições	**Personalização e Flexibilidade** Nem todos os WMS são facilmente personalizáveis. Empresas com necessidades específicas ou processos únicos podem encontrar dificuldades em adaptar o software às suas operações sem recorrer a customizações extensivas, o que pode aumentar os custos e a complexidade do projeto. **Segurança e Conformidade** A implementação de um WMS deve garantir que todas as questões de segurança de dados e conformidade com regulamentações sejam atendidas. A falha em garantir a segurança dos dados pode resultar em violações de dados e perda de confiança por parte dos clientes e parceiros. **Tempo de Retorno do Investimento (ROI)** Embora os benefícios de um WMS possam ser significativos, o tempo necessário para perceber um retorno sobre o investimento pode ser longo. Empresas devem estar preparadas para um período inicial onde os custos podem superar os benefícios antes de começarem a ver melhorias substanciais na eficiência e redução de custos. **Dependência de Fornecedores** As empresas que implementam um WMS podem tornar-se dependentes do fornecedor do software para suporte e atualizações contínuas. Problemas com o fornecedor, como falências ou mudanças na qualidade do suporte, podem impactar negativamente as operações do armazém. **Conectividade e Infraestrutura** Um WMS eficiente geralmente depende de uma infraestrutura de TI robusta e de conectividade estável. Problemas com a rede ou falhas de sistema podem causar interrupções significativas nas operações do armazém. **Adaptação às Mudanças do Mercado** A implementação de um WMS é um investimento a longo prazo, e a tecnologia e os requisitos de mercado podem mudar rapidamente. As empresas precisam garantir que o WMS escolhido seja flexível e capaz de evoluir com as necessidades futuras do mercado.
Requisitos para implementação	**Avaliação das Necessidades do Armazém** Antes de implementar um WMS, é fundamental realizar uma avaliação detalhada das necessidades específicas do armazém. Isto inclui a análise dos processos atuais, identificação de pontos críticos e definição dos objetivos a serem alcançados com a implementação do sistema. Compreender o fluxo de trabalho e os requisitos específicos do armazém é crucial para selecionar um WMS que melhor atenda às suas necessidades. **Escolha do Software Adequado** A escolha do software WMS adequado é um dos passos mais importantes. O sistema deve ser capaz de integrar-se com os sistemas empresariais existentes, como ERP e TMS, e deve ser escalável para acomodar o crescimento futuro. Além disso, o WMS deve ser flexível o suficiente para permitir personalizações necessárias para atender às necessidades específicas da operação do armazém. **Infraestrutura de TI** A implementação de um WMS exige uma infraestrutura de TI robusta. Isto inclui servidores confiáveis, redes de comunicação seguras e estáveis, e dispositivos de hardware como scanners de código de barras, computadores e impressoras. A infraestrutura de TI deve ser capaz de suportar o volume de dados e a carga operacional do WMS. **Integração de Sistemas** A integração do WMS com os sistemas existentes é essencial para garantir um fluxo de informações eficiente. Isto pode incluir a integração com sistemas de planeamento de recursos empresariais (ERP), sistemas de gestão de transportes (TMS) e outros sistemas de gestão de inventário. A integração eficaz garante que todos os sistemas trabalhem em conjunto de forma harmoniosa, evitando duplicação de dados e erros de comunicação.

Requisitos para implementação	**Formação de Funcionários** Os funcionários do armazém devem ser treinados para utilizar o novo sistema de forma eficaz. Isto inclui formação sobre como operar o software, utilização de novos dispositivos de hardware e compreensão das novas práticas e processos introduzidos pelo WMS. O formação adequado é essencial para minimizar a resistência à mudança e garantir uma transição suave. **Planeamento de Implementação** Um plano de implementação detalhado é crucial para o sucesso do projeto. Este plano deve incluir um cronograma claro, definição de marcos importantes, alocação de recursos e identificação de possíveis riscos e suas respectivas mitigações. Um planeamento cuidadoso ajuda a garantir que a implementação seja realizada dentro do prazo e do orçamento previstos. **Testes e Validação** Antes do WMS entrar em operação, é necessário realizar testes rigorosos para garantir que o sistema funcione conforme o esperado. Isto inclui testes de integração, testes de desempenho e testes de aceitação do usuário. A validação do sistema é fundamental para identificar e resolver problemas antes do lançamento completo. **Suporte e Manutenção** Após a implementação, é essencial ter um plano de suporte e manutenção contínuos. Isto inclui suporte técnico para resolver problemas que possam surgir, atualizações regulares do software para corrigir bugs e melhorar funcionalidades, e manutenção da infraestrutura de TI para garantir operação contínua e sem interrupções. **Conformidade e Segurança** Garantir que o WMS cumpra todas as regulamentações e normas de segurança é crucial. Isto inclui proteção de dados sensíveis, conformidade com regulamentações de segurança de dados e implementação de medidas de segurança física e cibernética para proteger a infraestrutura do armazém. **Avaliação Contínua** Após a implementação, deve-se realizar uma avaliação contínua do desempenho do WMS. Isto inclui monitorização de KPIs (Indicadores Chave de Desempenho), feedback dos usuários e ajustes necessários para melhorar a eficiência e eficácia do sistema.
Barreiras de implementação	▪ Adaptação dos espaços; ▪ Formação de pessoal
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	A implementação de um Sistema de Gestão de Armazém (WMS) pode contribuir significativamente para a redução das emissões devido a várias melhorias na eficiência operacional e na gestão de recursos. Aqui estão alguns dos potenciais benefícios que podem levar à redução das emissões: **Otimização de Rotas e Movimentação de Mercadorias** Um WMS pode otimizar a movimentação de mercadorias dentro do armazém, reduzindo a necessidade de deslocamentos desnecessários e o tempo de viagem. Isto diminui o consumo de combustível dos equipamentos de movimentação, como empilhadeiras e transportadores, resultando em menos emissões de gases poluentes. **Redução de Desperdícios e Retrabalho** Com uma gestão mais eficiente de inventário e processos, o WMS pode ajudar a reduzir desperdícios no armazém. Menos desperdício significa menos produção e transporte de resíduos, contribuindo para a redução das emissões associadas ao tratamento e transporte de resíduos. **Eficiência Energética** Um WMS pode contribuir para a eficiência energética ao otimizar o uso de recursos como iluminação, aquecimento e refrigeração dentro do armazém. Isto pode ser alcançado através do controlo automatizado de sistemas de iluminação baseado na presença de pessoal ou da gestão inteligente de sistemas de climatização para áreas específicas do armazém.

Potencial de redução de emissões	**Redução de Viagens de Transporte** Ao melhorar a precisão do inventário e a gestão de pedidos, um WMS pode reduzir a necessidade de expedições parciais ou emergenciais. Isto resulta em menos viagens de transporte desnecessárias para atender pedidos urgentes ou corrigir erros, o que, por sua vez, reduz as emissões associadas ao transporte de mercadorias. **Uso Mais Eficiente de Espaço de Armazenamento** Um WMS pode ajudar a maximizar o uso do espaço de armazenamento, reduzindo a necessidade de expansão física do armazém. Menos espaço físico utilizado significa menos energia consumida para iluminação, refrigeração e aquecimento, contribuindo para a redução das emissões associadas ao consumo de energia. **Impacto Indireto na Cadeia de Abastecimento** Além dos benefícios diretos dentro do armazém, um WMS pode ter um impacto indireto na cadeia de abastecimento. Ao melhorar a gestão de inventário e processos logísticos, pode-se reduzir o tempo de espera em armazéns externos ou de trânsito, diminuindo as emissões associadas ao transporte e armazenamento temporário de mercadorias. **Benefícios Ambientais Globais** Embora a redução específica das emissões dependa das circunstâncias e do ambiente operacional de cada armazém, a implementação eficaz de um WMS geralmente contribui para práticas mais sustentáveis e eficientes. Isto pode não só reduzir os custos operacionais, mas também melhorar a reputação ambiental da empresa ao demonstrar um compromisso com a sustentabilidade.

Digital Twin (Gémeos Digitais)

Descrição	Digital Twin cria o modelo virtual de um ativo, bem ou produto físico a partir de informação obtida junto de múltiplas fontes ao longo do seu ciclo de vida. O acesso ilimitado a dados em tempo real oferece garantias ao utilizador naquilo que é o entendimento do presente e a consequente previsão, suportando a tomada de decisão. Como benefícios e vantagens podemos enumerar as seguintes: ▪ Economia/poupança de recursos físicos. ▪ Simulação paralela com otimização em tempo real de múltiplos cenários para escolha da melhor decisão
Nível de Maturidade (TRL)	7
Aplicável em	**Monitorização e Controlo de Processos:** Os Gémeos Digitais permitem modelar e simular os processos de produção alimentar em tempo real. Isto é crucial para monitorizar variáveis como temperatura, humidade e pressão, garantindo condições ótimas de produção. Com esta capacidade, as empresas podem ajustar e otimizar os processos em tempo real, assegurando uma produção mais eficiente e de maior qualidade. **Otimização de Produção:** Ao simular diferentes cenários de produção, os Gémeos Digitais identificam oportunidades para melhorar a eficiência operacional. Este tipo de análise permite reduzir desperdícios, otimizar o uso de recursos como energia e água, e melhorar os tempos de ciclo de produção. Assim, contribui para uma produção mais sustentável e rentável. **Qualidade do Produto:** Utilizando Gémeos Digitais, é possível prever e controlar a qualidade do produto ao longo do processo de produção. Estes modelos permitem monitorizar características sensoriais, composição nutricional e segurança alimentar em tempo real, assegurando que os produtos finais estejam de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos. **Manutenção Preditiva:** A tecnologia de Gémeo Digital pode monitorizar o estado dos equipamentos em tempo real. Isto permite prever potenciais falhas antes de ocorrerem, possibilitando a manutenção preventiva. Esta abordagem reduz o tempo de inatividade não planeado das máquinas, garantindo a continuidade da produção. **Desenvolvimento de Novos Produtos:** Os Gémeos Digitais são úteis no desenvolvimento de novos produtos alimentares. Permitem simular o desempenho de novas formulações, avaliando como diferentes ingredientes e processos influenciam características como sabor, textura e prazo de validade. Desta forma, as empresas podem introduzir novos produtos no mercado com maior confiança e eficácia. **Conformidade Regulatória:** A utilização de Gémeos Digitais facilita a documentação e auditoria de processos. Este tipo de tecnologia assegura que as empresas cumpram com as normas de segurança alimentar e regulamentos governamentais. A capacidade de monitorizar e registar todos os passos do processo de produção é crucial para garantir a conformidade e evitar problemas legais. **Logística e Cadeia de Abastecimento:** Gémeos Digitais também são aplicáveis na gestão da logística e da cadeia de abastecimento. Estes modelos ajudam a otimizar a gestão desde a produção até à distribuição dos produtos alimentares. Ao melhorar a eficiência na gestão de stocks, transporte e armazenamento, contribuem para reduzir custos operacionais e melhorar a eficácia global da cadeia de abastecimento. **Custo inicial elevado:** Implementar sistemas de Gémeos Digitais requer investimentos consideráveis em infraestrutura de TI, sensores, software especializado e formação de pessoal. Para muitas empresas, especialmente as pequenas e médias, o custo inicial pode ser proibitivo. **Complexidade de integração:** Integrar Gémeos Digitais com os sistemas existentes de automação e controlo na indústria alimentar pode ser complexo. Isto pode exigir adaptações significativas nos processos operacionais e na infraestrutura tecnológica já estabelecida.

Restrições	**Requisitos de dados e segurança:** A tecnologia de Gémeo Digital depende de uma quantidade substancial de dados em tempo real para modelagem e simulação precisas. Isto levanta preocupações quanto à segurança dos dados, especialmente em relação a informações críticas sobre processos de produção e qualidade dos alimentos. **Capacidade de gestão e expertise:** Implementar e operar Gémeos Digitais requer pessoal com competências técnicas avançadas em ciência de dados, modelagem digital e gestão de tecnologia da informação. A escassez de talentos com essas competências pode ser uma barreira para muitas empresas. **Regulamentações e conformidade:** A indústria alimentar está sujeita a rigorosas normas de segurança alimentar e regulamentações governamentais. Integrar Gémeos Digitais sem comprometer a conformidade regulatória é um desafio crucial, exigindo sistemas robustos de rastreabilidade e auditoria. **Adaptação a diferentes tipos de alimentos:** A diversidade de produtos na indústria alimentar requer adaptações específicas dos modelos de Gémeos Digitais para cada tipo de alimento e processo de produção. Isto pode complicar a implementação em larga escala e aumentar a complexidade operacional. **Aceitação cultural e organizacional:** A introdução de novas tecnologias como os Gémeos Digitais pode encontrar resistência dentro da cultura organizacional estabelecida. A mudança de mentalidade e a adoção de novos métodos de trabalho podem exigir esforços significativos de gestão de mudanças.
Requisitos para implementação	Alta complexidade dos modelos requer fase alargada de desenho da simulação. Necessidade de conhecimentos multidisciplinares por parte dos programadores/idealizadores das simulações. Necessidade de alto poder computacional para simulações complexas. No caso de simulações em tempo real, necessidade de integração de sistemas com fluxo de informação contínuo.
Barreiras de implementação	Integração com sistemas físicos; Custos iniciais e operacionais
Nível relativo de Investimento	Alto
Potencial de redução de emissões	**Eficiência energética**: Ao utilizar Gémeos Digitais para simular e otimizar processos de produção, as empresas podem identificar oportunidades para reduzir o consumo de energia. Isto inclui ajustes precisos na operação de equipamentos, melhor gestão de sistemas de refrigeração e aquecimento, e redução do desperdício energético. **Redução de desperdícios:** A tecnologia pode ajudar a minimizar desperdícios de matéria-prima, produtos defeituosos e retrabalho. Menos desperdício significa menos energia e recursos necessários ao longo da cadeia de produção, resultando em menores emissões de gases de efeito estufa associadas ao processo produtivo. **Logística otimizada:** Gémeos Digitais podem ser usados para melhorar a eficiência da cadeia de abastecimento e distribuição, reduzindo o número de viagens desnecessárias, otimizando rotas de transporte e melhorando a gestão de inventário. Isto não só reduz as emissões de transporte, mas também os custos operacionais. **Manutenção preventiva:** Ao prever e evitar falhas de equipamentos através da manutenção preditiva facilitada pelos Gémeos Digitais, as empresas podem reduzir o tempo de inatividade não planeado. Menos interrupções na produção significam menos necessidade de ajustes rápidos que possam resultar em desperdício de energia e ineficiência. **Uso eficiente de recursos hídricos:** Gémeos Digitais podem ajudar na gestão mais eficaz do uso da água na indústria alimentar, monitorizando o consumo e identificando oportunidades para reduzir o desperdício e melhorar a eficiência no uso deste recurso crítico. **Inovação em embalagens e processos:** Através da modelagem digital e simulação, as empresas podem explorar novos materiais de embalagem mais sustentáveis e processos de produção mais eficientes em termos de energia. Isto pode resultar em reduções significativas nas emissões de gases de efeito estufa ao longo da vida útil dos produtos.

Cibersegurança

Descrição	No meio industrial, a cibersegurança envolve tudo o que sejam ações, boas práticas, conceitos, diretrizes, ferramentas, políticas ou tecnologias a implementar pelas organizações, com vista a precaver eventuais ataques informáticos de terceiros. Eleva o nível de segurança operacional graças à deteção ou identificação antecipada de possíveis ameaças reais.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	**Proteção de Dados de Clientes e Fornecedores:** A indústria alimentar lida com informações pessoais de clientes e dados confidenciais de fornecedores. Tecnologias de proteção de dados, como criptografia forte e gestão de identidade e acesso, são essenciais para evitar violações de privacidade. **Segurança de Sistemas de Automação e Controlo:** Muitas fábricas de alimentos utilizam sistemas de automação para monitorizar e controlar processos. Proteger estes sistemas contra acessos não autorizados e ataques cibernéticos é crucial para evitar interrupções na produção e garantir a segurança alimentar. **Monitorização e Deteção de Ameaças em Tempo Real:** Implementar sistemas de monitorização contínua e deteção de intrusões pode ajudar a identificar atividades suspeitas ou tentativas de acesso não autorizado em tempo real, permitindo uma resposta rápida para mitigar potenciais danos. **Gestão de Vulnerabilidades e Patches:** Manter os sistemas atualizados com as últimas correções de segurança é fundamental. A utilização de ferramentas de gestão de vulnerabilidades ajuda a identificar e corrigir vulnerabilidades antes que sejam exploradas por cibercriminosos. **Formação e Conscientização dos Colaboradores:** A educação contínua dos funcionários sobre práticas seguras de computação e a deteção de phishing pode reduzir significativamente o risco de violações de segurança causadas por erros humanos. **Segurança na Cadeia de Abastecimento:** Garantir a integridade dos alimentos desde a produção até ao consumidor final envolve o uso de tecnologias como blockchain para rastrear e autenticar produtos, protegendo contra adulterações e falsificações. **Conformidade Regulatória:** A indústria alimentar está sujeita a regulamentações rigorosas de segurança alimentar e proteção de dados. As tecnologias de cibersegurança ajudam as empresas a cumprir essas normas e a evitar multas por violações de regulamentos.
Restrições	Constante evolução das ameaças; Especialização técnica.
Requisitos para implementação	Torna-se indispensável dar formação aos colaboradores para que estes saibam reagir a ciberataques. Mudança do paradigma de segurança. Existência de um sistema informático e Departamento TI.
Barreiras de implementação	**Custos Elevados:** Implementar medidas robustas de cibersegurança requer investimentos significativos em tecnologia, formação de pessoal e conformidade regulatória. Para muitas empresas, especialmente pequenas e médias, os custos podem ser proibitivos. **Falta de Conhecimento e Experiência:** Muitas empresas na indústria alimentar podem não ter pessoal interno com experiência adequada em cibersegurança. A falta de conhecimento técnico pode dificultar a implementação e manutenção de medidas eficazes. **Complexidade dos Sistemas de TI:** A indústria alimentar utiliza sistemas de tecnologia da informação complexos, que incluem desde automação de processos até sistemas de gestão de cadeia de abastecimento. Proteger esses sistemas contra ameaças cibernéticas requer um entendimento profundo de suas interações e vulnerabilidades.

Barreiras de implementação	**Interoperabilidade:** Muitas vezes, os sistemas de TI na indústria alimentar são heterogéneos e podem não ser facilmente integráveis com soluções de cibersegurança padronizadas. Isto pode complicar a implementação de medidas de segurança consistentes em toda a organização. **Falta de Incentivos Regulatórios:** Embora existam regulamentos de segurança alimentar, nem todos os países têm regulamentações específicas sobre cibersegurança na indústria alimentar. A falta de incentivos regulatórios pode reduzir o ímpeto para investimentos adicionais em cibersegurança. **Resistência à Mudança Organizacional:** Implementar novas práticas de cibersegurança muitas vezes requer mudanças significativas na cultura organizacional e nos processos de trabalho. A resistência à mudança por parte dos funcionários e gestores pode retardar ou impedir a adoção de medidas de segurança mais robustas. **Fornecedores e Parceiros:** A cadeia de abastecimento na indústria alimentar frequentemente envolve diversos fornecedores e parceiros. Garantir que todos adotem padrões adequados de cibersegurança pode ser desafiador, especialmente quando as práticas de segurança de parceiros são desconhecidas ou inadequadas.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	Indireto

Business Intelligence (BI)

Descrição	Business Intelligence compreende as estratégias e tecnologias utilizadas pelas empresas para a análise e gestão de dados de informação empresarial. Com a quantidade de dados acessíveis às empresas hoje em dia, estas ferramentas são essenciais para melhor compreender e agir sobre esses dados.Benefícios e vantagens incluem: ▪ Visualizar e compreender facilmente os dados da empresa ▪ Ligar todas as fontes de dados da empresa numa única plataforma para fazer ligações entre departamentos ▪ Fomentar a tomada de decisão orientada por dados para a otimização do negócio
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	**Análise de vendas e desempenho de produtos:** As empresas podem utilizar BI para analisar dados de vendas e desempenho de produtos ao longo do tempo. Isto inclui identificar quais produtos têm maior procura em diferentes regiões ou períodos do ano, permitindo ajustes na produção e na distribuição. **Gestão de inventário e cadeia de abastecimento:** BI pode ser utilizado para monitorizar o inventário em tempo real e prever procuras futuras. Isto ajuda a evitar ruturas de stock ou excessos de inventário, otimizando a gestão da cadeia de abastecimento. **Análise de tendências de mercado:** Com BI, as empresas podem analisar dados externos, como tendências de mercado, comportamento do consumidor e preços de matérias-primas. Estas informações são essenciais para ajustar estratégias de marketing e desenvolvimento de novos produtos. **Controlo de qualidade:** Ferramentas de BI podem ser utilizadas para monitorizar e analisar dados de controlo de qualidade em tempo real. Isto permite identificar rapidamente potenciais problemas na produção, reduzindo desperdícios e garantindo a conformidade com os padrões regulatórios. **Otimização de preços e promoções:** BI ajuda as empresas a analisar o impacto de diferentes estratégias de preços e promoções. Isto inclui identificar o preço ideal para maximizar as vendas e entender o retorno sobre o investimento das campanhas promocionais. **Gestão financeira e operacional:** BI facilita a análise de custos operacionais, rentabilidade de produtos e desempenho financeiro geral. Isto permite decisões mais informadas sobre alocação de recursos e investimentos. **Gestão de dados de clientes:** Com BI, as empresas podem consolidar e analisar dados de clientes, como preferências de compra e histórico de compras. Isto ajuda a personalizar ofertas e melhorar a fidelização do cliente.
Restrições	▪ Dependência de dados de qualidade; ▪ Custo inicial alto
Requisitos para implementação	▪ Colaboradores com formação em BI. ▪ Infraestruturas de aquisição e comunicação de dados. ▪ Capacidade de armazenamento de dados.
Barreiras de implementação	**Custo elevado:** A implementação de sistemas de BI pode ser inicialmente dispendiosa devido ao investimento em software, hardware e formação de pessoal. Para pequenas e médias empresas, este custo pode ser proibitivo. Complexidade tecnológica: As ferramentas de BI frequentemente requerem integração com sistemas existentes, como ERPs (Enterprise Resource Planning) e CRMs (Customer Relationship Management). A complexidade desta integração pode dificultar a implementação e exigir competências técnicas especializadas. Falta de competências internas: A utilização eficaz de ferramentas de BI exige competências analíticas e de interpretação de dados por parte dos funcionários. A falta destas competências pode atrasar a adoção e a utilização eficaz da tecnologia.

Barreiras de implementação	**Qualidade dos dados:** A qualidade dos dados é fundamental para a precisão das análises de BI. Problemas como dados desatualizados, inconsistentes ou incompletos podem comprometer os resultados e a confiança nos insights obtidos. **Resistência à mudança:** A implementação de BI pode implicar mudanças nos processos de trabalho existentes e na cultura organizacional. A resistência à mudança por parte dos funcionários pode ser uma barreira significativa. **Segurança e privacidade dos dados:** Com a utilização de grandes volumes de dados, surgem preocupações com a segurança e privacidade dos dados dos clientes e da empresa. Garantir medidas robustas de segurança cibernética é crucial para mitigar riscos. **Expectativas irrealistas:** As empresas podem ter expectativas irrealistas sobre o que as ferramentas de BI podem alcançar ou sobre a rapidez com que podem fornecer resultados tangíveis. Gerir estas expectativas é essencial para o sucesso da implementação.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	**Otimização da cadeia de abastecimento**: Utilizando BI para análise de dados de vendas, produção e distribuição, as empresas podem otimizar a logística e reduzir as emissões associadas ao transporte de mercadorias. Isto inclui a minimização de viagens vazias, o uso eficiente de rotas e a escolha de métodos de transporte mais sustentáveis. **Redução de desperdícios:** Ferramentas de BI ajudam na previsão de procura e gestão de inventário, permitindo às empresas reduzir desperdícios ao longo da cadeia de produção e distribuição. Menos desperdício significa menos emissões associadas ao descarte de alimentos e ao processamento desnecessário. **Eficiência energética:** Analisando dados operacionais com BI, as empresas podem identificar oportunidades para melhorar a eficiência energética em suas instalações. Isto pode incluir ajustes no uso de equipamentos, otimização de processos produtivos e adoção de tecnologias mais eficientes energeticamente. **Gestão sustentável de recursos:** BI pode ajudar na gestão mais eficaz de recursos naturais, como água e energia, contribuindo para a redução do impacto ambiental associado à produção de alimentos. **Decisões baseadas em dados ambientais:** Com BI, as empresas podem incorporar dados ambientais em suas decisões estratégicas, como a seleção de fornecedores que adotam práticas sustentáveis, o que pode reduzir indiretamente as emissões ao longo da cadeia de abastecimento.

Realidade Aumentada e Virtual

Descrição	A Realidade Aumentada disponibiliza ao utilizador conteúdo gráfico pormenorizado que ilustra fielmente um ambiente, um cenário ou uma situação real. Constata-se que a informação virtual pode ser utilizada no sentido de ampliar e enriquecer a perceção humana da realidade. Num contexto tipicamente industrial, é capaz de dinamizar o processo de formação de colaboradores, introduzir melhorias nas áreas de controlo/gestão da qualidade e design de produto e simplificar várias ações ou tarefas de manutenção. Realidade Virtual faz uso de informações digitais contextualizadas para melhorar a perceção da realidade do utilizador com a introdução de uma visão computacional. Permite interações virtuais sobrepostas a elementos reais que auxiliam na tomada de decisão e no processo de melhoria contínua dos meios de produção. As vantagens da realidade virtual incluem:
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	**Formação e Educação:** VR e AR podem ser usadas para formar funcionários em ambientes simulados, onde podem aprender a operar equipamentos complexos, praticar técnicas de culinária ou entender processos de produção sem precisar aceder fisicamente às instalações. **Design e Prototipagem:** Na fase de desenvolvimento de novos produtos alimentares, estas tecnologias permitem criar modelos virtuais para visualizar e testar designs de embalagens, layouts de fábricas e até mesmo a disposição de restaurantes ou espaços de venda. **Marketing e Vendas:** A AR pode ser utilizada para criar experiências imersivas em que os consumidores possam interagir com produtos alimentares virtualmente antes de decidirem comprar. Por exemplo, visualizar como um prato preparado ficará na sua mesa antes de fazer o pedido. **Controlo de Qualidade:** VR pode simular ambientes de produção para treinar inspetores de qualidade ou para testar sistemas de controlo automatizado, ajudando a identificar potenciais problemas antes de serem implementados na linha de produção real. **Melhoria da Eficiência Operacional:** Ambas as tecnologias podem ser usadas para otimizar o fluxo de trabalho em cozinhas industriais, armazéns e cadeias de fornecimento, melhorando a logística e reduzindo desperdícios. **Experiências Imersivas para Consumidores:** Em restaurantes ou estabelecimentos de alimentação, AR pode ser usada para fornecer informações sobre a origem, ingredientes ou métodos de preparação dos pratos, enriquecendo a experiência do cliente. **Investigação e Desenvolvimento:** Na fase de pesquisa de novos produtos alimentares, VR pode simular a experiência sensorial de sabores e texturas para testar novas receitas virtualmente antes de as produzir fisicamente.
Restrições	**Custo:** Os equipamentos de VR e AR podem ser dispendiosos, especialmente os dispositivos de alta qualidade necessários para simular ambientes realistas ou proporcionar experiências imersivas detalhadas. Isto pode limitar o acesso das empresas, especialmente as mais pequenas, a estas tecnologias. **Complexidade Tecnológica:** Integrar sistemas de VR/AR com os processos existentes na indústria alimentar pode ser complexo. Requer competências técnicas para desenvolver e manter aplicações e hardware compatíveis, além de ajustar os fluxos de trabalho para incorporar eficazmente estas tecnologias. **Regulamentações e Normas:** A indústria alimentar está sujeita a regulamentos rigorosos de saúde, segurança alimentar e higiene. Incorporar tecnologias como VR/AR pode exigir adaptações para garantir que os padrões regulatórios sejam cumpridos, o que pode ser um desafio adicional. **Aceitação e Formação de Funcionários:** Nem todos os funcionários podem estar familiarizados ou confortáveis com tecnologias de VR/AR. Isto requer formação adequada para garantir que possam utilizar estas ferramentas de forma eficaz e segura no ambiente de trabalho.

Restrições	**Conectividade e Infraestrutura:** A implementação eficaz de VR/AR pode depender da disponibilidade de uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade. Isto é crucial para garantir a transmissão e o processamento de dados necessários para suportar experiências imersivas sem interrupções. **Privacidade e Segurança de Dados:** Como qualquer tecnologia digital, VR/AR podem envolver o processamento e a transmissão de dados sensíveis. Garantir a privacidade dos dados do consumidor, proteger contra violações de segurança e conformar-se com regulamentos de proteção de dados são preocupações adicionais. **Aceitação pelo Mercado e Utilizadores:** Apesar das vantagens potenciais, a adoção de tecnologias como VR/AR na indústria alimentar pode depender da aceitação e do interesse dos consumidores. Se os clientes não valorizarem ou não estiverem dispostos a usar estas tecnologias, o seu impacto pode ser limitado.
Requisitos para implementação	**Requisitos Organizacionais:** ▪ Compromisso da Alta Gestão: É crucial que a alta direção da empresa apoie e esteja comprometida com a implementação de VR/AR, tanto financeiramente como estrategicamente. ▪ Equipa Multidisciplinar: É essencial formar uma equipa com diversas competências. Isto inclui especialistas em tecnologia, designers de experiência do utilizador (UX), especialistas em alimentos e bebidas, além de profissionais de conformidade regulatória, se necessário. ▪ Planeamento Estratégico: É fundamental desenvolver um plano estratégico claro para a implementação de VR/AR, alinhado com os objetivos de negócio da empresa. Isto implica definir metas específicas, prazos e orçamentos para a implementação e adoção destas tecnologias. ▪ Formação e Capacitação: É crucial garantir que os funcionários sejam devidamente treinados e capacitados para utilizar e aproveitar ao máximo as tecnologias de VR/AR. Isto pode incluir programas de formação contínua e educação sobre novas funcionalidades e usos das tecnologias implementadas. ▪ Cultura Organizacional Inovadora: Fomentar uma cultura de inovação e experimentação é importante para incentivar a adoção e o uso criativo de VR/AR dentro da organização. **Requisitos Técnicos:** ▪ Hardware e Software Específicos: Adquirir ou desenvolver hardware e software adequados para suportar aplicações de VR/AR na indústria alimentar. Isto pode incluir headsets VR, dispositivos AR, software de modelação 3D e plataformas de desenvolvimento de aplicações. ▪ Integração com Sistemas Existentes: Garantir que as tecnologias de VR/AR possam integrar-se perfeitamente aos sistemas e processos existentes na empresa, como sistemas de gestão de produção, CRM (Gestão de Relacionamento com o Cliente) e sistemas de gestão da cadeia de fornecimento. ▪ Segurança e Conformidade: Implementar medidas robustas de segurança cibernética para proteger dados sensíveis e garantir conformidade com regulamentações de privacidade e segurança alimentar. ▪ Infraestrutura de Rede: Garantir uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade para suportar a transmissão e o processamento de dados necessários para as aplicações de VR/AR. ▪ Suporte Técnico e Manutenção: Estabelecer um plano de suporte técnico contínuo e manutenção para garantir que as tecnologias de VR/AR estejam operacionais e atualizadas regularmente.

Barreiras de implementação	**Custo Elevado:** Os equipamentos de VR e AR podem ser caros, especialmente os dispositivos de alta qualidade necessários para simular ambientes realistas ou oferecer experiências imersivas detalhadas. **Complexidade Tecnológica:** Integrar sistemas de VR/AR com os processos existentes na indústria alimentar pode ser complexo e requer competências técnicas específicas. **Regulamentações e Normas:** A indústria alimentar está sujeita a regulamentos rigorosos de saúde, segurança alimentar e higiene, o que pode exigir ajustes e conformidade adicionais ao implementar tecnologias como VR/AR. **Aceitação e Adaptação dos Funcionários:** Nem todos os funcionários podem estar familiarizados ou confortáveis com tecnologias de VR/AR, necessitando de formação adequada para utilização eficaz. **Infraestrutura de Rede e Tecnológica:** É essencial ter uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade para suportar as procuras de dados geradas por aplicações de VR/AR. **Segurança de Dados e Privacidade:** Como em qualquer tecnologia digital, garantir a segurança cibernética e a proteção de dados sensíveis é crucial, especialmente quando se trata de informações relacionadas à alimentação e aos consumidores. **Aceitação pelo Mercado e Usuários:** A adoção de tecnologias como VR/AR na indústria alimentar pode depender da aceitação e do interesse dos consumidores e parceiros de negócio.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	**Logística e Transporte: Planeamento de Rotas:** Utilizando VR/AR, as empresas podem simular rotas de transporte mais eficientes, minimizando distâncias percorridas e otimizando o uso de veículos. Isto reduz as emissões de gases de efeito de estufa (GEE) associadas ao transporte de matérias-primas, produtos acabados e distribuição para o retalho. **Formação Remota:** A VR pode ser usada para treinar motoristas e operadores de logística em ambientes simulados, reduzindo a necessidade de viagens para treino presencial e, assim, diminuindo as emissões associadas aos deslocamentos. **Produção e Eficiência Energética:** Simulação de Processos: Com VR/AR, as empresas podem simular e otimizar processos de produção industrial. Isto inclui ajustar a operação de maquinaria para consumir menos energia ou otimizar o uso de matérias-primas, resultando numa redução das emissões devido a uma produção mais eficiente. **Monitorização Remota:** Utilizando AR, técnicos podem realizar manutenção preventiva de equipamentos industriais de forma remota, minimizando deslocamentos e a emissão de carbono associada, enquanto melhoram a eficiência operacional. **Consumo e Redução de Desperdício:** Experiências de Compra Virtuais: AR pode ser utilizada para permitir que os consumidores visualizem produtos alimentares de forma virtual antes da compra, reduzindo viagens desnecessárias aos estabelecimentos físicos e, consequentemente, as emissões de transporte associadas. **Gestão de Stock e Alimentos:** VR/AR podem ajudar na gestão de stock e no controlo de qualidade, permitindo uma gestão mais eficiente de produtos perecíveis e uma redução do desperdício alimentar. Menos desperdício implica em menos emissões associadas ao processamento, transporte e eliminação de resíduos alimentares. **Educação e Consciencialização Ambiental: Sensibilização:** Utilizar tecnologias de VR/AR para educar funcionários e consumidores sobre práticas sustentáveis na cadeia alimentar pode aumentar a consciencialização ambiental e promover comportamentos que levem a uma redução das emissões de gases de efeito de estufa.

CAD/CAM

Descrição	O software de projeto assistido por computador e fabricação assistida por computador (CAD/CAM – Computer aided design/ computer-aided manufacturing) é usado para o design e a fabricação de protótipos, produtos acabados e execuções de produção de produtos. As vantagens incluem: ▪ Aumenta a produtividade para os seus utilizadores, uma vez que permite aos designers visualizar os seus produtos finais ▪ Utilizadores podem também fazer modificações ao seu produto em tempo real ▪ Comunicação mais clara através da normalização dos desenhos em toda a linha ▪ Organização e gestão de documentos
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	**Formação e Educação:** Formação de Funcionários: Utilização de VR para simular ambientes de produção, permitindo treinar funcionários em condições seguras e controladas. Isto é especialmente útil para operações complexas, como o manuseio de equipamentos industriais e o cumprimento de normas de segurança alimentar. **Educação em Higiene e Segurança Alimentar:** AR pode fornecer orientações interativas em tempo real sobre procedimentos de higiene e segurança alimentar para funcionários em fábricas, cozinhas industriais e pontos de venda. **Design e Desenvolvimento de Produto:** Prototipagem Virtual: Criação de modelos virtuais de novos produtos alimentares para visualização e teste antes da produção física. Isto permite ajustes rápidos e economiza tempo e recursos. **Design de Embalagens:** Utilização de AR para visualizar designs de embalagens em contexto, permitindo ajustes de design com feedback imediato sobre aparência e funcionalidade. **Operações de Produção e Manutenção:** Simulação de Processos: Utilização de VR para simular linhas de produção, otimizando o fluxo de trabalho e identificando potenciais melhorias na eficiência energética e na redução de desperdício. **Manutenção Remota:** AR pode ser usada para fornecer orientações passo a passo sobre manutenção e reparo de equipamentos industriais, reduzindo o tempo de inatividade e os custos associados. **Marketing e Vendas:** Experiências Imersivas para o Consumidor: Utilização de AR em embalagens ou displays para proporcionar aos consumidores informações adicionais sobre origem, ingredientes e métodos de preparação dos produtos alimentares. **Realidade Virtual em Restaurantes:** Criação de experiências imersivas para clientes, onde podem visualizar o ambiente do restaurante, cardápio virtual e até mesmo a aparência dos pratos antes de fazer o pedido. **Controlo de Qualidade e Segurança Alimentar:** Inspeção Visual Avançada: Utilização de AR para inspeção visual de produtos alimentares durante o processo de fabricação, ajudando a identificar irregularidades e garantir a conformidade com padrões de qualidade. **Rastreabilidade e Transparência:** Utilização de VR para simular cadeias de fornecimento e melhorar a rastreabilidade dos produtos alimentares, desde a origem até ao consumidor final. **Custo Elevado:** Os equipamentos de VR/AR, como headsets e dispositivos de sensoriamento, podem ser caros. Isto inclui não só o custo inicial de aquisição, mas também os custos contínuos de manutenção e atualização. **Complexidade Tecnológica:** Integrar sistemas de VR/AR com os processos existentes na indústria alimentar pode ser complexo. Requer expertise técnica para desenvolver e adaptar software específico, além de garantir a interoperabilidade com sistemas de gestão de produção e logística já estabelecidos.

Restrições	**Regulamentações e Normas de Segurança Alimentar:** A indústria alimentar é altamente regulamentada em termos de segurança alimentar, higiene e controlo de qualidade. Implementar tecnologias como VR/AR requer conformidade estrita com essas normas, o que pode envolver custos adicionais e tempo para adaptação. **Aceitação e Adaptação dos Funcionários:** Nem todos os funcionários estão familiarizados com tecnologias de VR/AR. É necessário formação extensivo para garantir que eles possam usar essas tecnologias de maneira eficaz e segura em suas funções diárias. **Infraestrutura de Rede e Conectividade:** Para aplicações que requerem transmissão de dados em tempo real, uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade é essencial. Isto pode ser um desafio em ambientes industriais onde a cobertura de rede pode ser limitada ou inconsistente. **Privacidade e Segurança de Dados:** A utilização de VR/AR pode envolver a coleta e transmissão de dados sensíveis sobre operações industriais e dados dos consumidores. Garantir a segurança cibernética e a conformidade com regulamentos de proteção de dados é crucial para evitar violações de privacidade e segurança. **Aceitação pelo Mercado e Usuários Finais:** A adoção de tecnologias de VR/AR na indústria alimentar pode depender da aceitação e interesse dos consumidores finais. Se os clientes não perceberem valor ou não estiverem dispostos a usar essas tecnologias, o retorno sobre o investimento pode ser limitado.
Requisitos para implementação	**REQUISITOS ORGANIZACIONAIS:** **Comprometimento da Alta Gestão:** É essencial que a alta administração da empresa apoie e esteja comprometida com a implementação de VR/AR. Isto inclui o suporte financeiro e estratégico para o desenvolvimento e a integração dessas tecnologias. **Equipa Multidisciplinar:** Formar uma equipa com competências diversas é crucial. Isto inclui especialistas em tecnologia da informação, designers de experiência do usuário (UX/UI), especialistas em alimentos e bebidas, além de profissionais de conformidade regulatória, se necessário. **Planeamento Estratégico:** Desenvolver um plano estratégico claro para a implementação de VR/AR, alinhado aos objetivos de negócio da empresa. Isto inclui definir metas específicas, prazos e orçamentos para a implementação e adoção dessas tecnologias. **Formação e Capacitação:** Garantir que os funcionários sejam devidamente treinados e capacitados para usar e aproveitar ao máximo as tecnologias de VR/AR. Isto pode incluir programas de formação contínuo e educação sobre novas funcionalidades e usos das tecnologias implementadas. **Cultura Organizacional Inovadora:** Fomentar uma cultura de inovação e experimentação é importante para incentivar a adoção e o uso criativo de VR/AR dentro da organização. **REQUISITOS TÉCNICOS:** **Hardware e Software Específicos:** Adquirir ou desenvolver hardware e software adequados para suportar aplicações de VR/AR na indústria alimentar. Isto pode incluir headsets VR, dispositivos AR, software de modelagem 3D e plataformas de desenvolvimento de aplicativos. **Integração com Sistemas Existentes:** Garantir que as tecnologias de VR/AR possam integrar-se perfeitamente aos sistemas e processos existentes na empresa, como sistemas de gestão de produção, CRM (Customer Relationship Management) e sistemas de gestão de cadeia de abastecimento. **Segurança e Conformidade:** Implementar medidas robustas de segurança cibernética para proteger dados sensíveis e garantir conformidade com regulamentações de privacidade e segurança alimentar. **Infraestrutura de Rede:** Garantir uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade para suportar a transmissão e o processamento de dados necessários para as aplicações de VR/AR. **Suporte Técnico e Manutenção:** Estabelecer um plano de suporte técnico contínuo e manutenção para garantir que as tecnologias de VR/AR estejam operacionais e atualizadas regularmente.

Barreiras de implementação	**Custo Elevado:** Os investimentos iniciais em hardware, software e infraestrutura necessários para implementar VR/AR podem ser elevados, o que pode ser uma barreira para muitas empresas, especialmente as de menor porte. **Complexidade Tecnológica:** Integrar sistemas de VR/AR com os processos existentes na indústria alimentar pode ser complexo e exigir conhecimentos técnicos especializados. Isto inclui desenvolvimento de software personalizado, integração com sistemas de gestão existentes e garantia de interoperabilidade. **Regulamentações e Normas:** A indústria alimentar é altamente regulamentada em termos de segurança alimentar, higiene e qualidade. Implementar tecnologias como VR/AR requer conformidade estrita com essas normas, o que pode envolver custos adicionais e ajustes específicos. **Aceitação e Adaptação dos Funcionários:** Nem todos os funcionários estão familiarizados com tecnologias de VR/AR, o que pode exigir formação extensivo para garantir que eles possam usar essas tecnologias de maneira eficaz e produtiva. **Infraestrutura de Rede e Conectividade:** Para aplicações que requerem transmissão de dados em tempo real, uma infraestrutura de rede robusta e de alta velocidade é essencial. Isto pode ser um desafio em ambientes industriais onde a cobertura de rede pode ser limitada ou instável. **Privacidade e Segurança de Dados:** A utilização de VR/AR pode envolver a coleta e transmissão de dados sensíveis sobre operações industriais e dados dos consumidores. Garantir a segurança cibernética e a conformidade com regulamentos de proteção de dados é crucial para evitar violações de privacidade e segurança. **Aceitação pelo Mercado e Consumidores:** A adoção de tecnologias de VR/AR na indústria alimentar pode depender da aceitação e do interesse dos consumidores finais. Se os clientes não perceberem valor ou não estiverem dispostos a usar essas tecnologias, o retorno sobre o investimento pode ser limitado. **Maturidade da Tecnologia:** Em alguns casos, a tecnologia de VR/AR pode ainda estar em fase de desenvolvimento e não ter atingido um nível de maturidade suficiente para aplicações específicas na indústria alimentar.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	**Logística e Transporte:** **Otimização de Rotas:** Utilizando VR/AR, as empresas podem planear rotas de transporte mais eficientes, minimizando distâncias percorridas e melhorando a utilização de veículos. Isto reduziria as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associadas ao transporte de matérias-primas, produtos acabados e distribuição para o retalho. **Redução de Viagens:** A possibilidade de formação remota através de VR pode reduzir a necessidade de deslocações físicas para formação de motoristas e operadores logísticos, diminuindo assim as emissões de carbono associadas. **Produção e Eficiência Energética:** **Otimização de Processos:** A simulação de processos industriais utilizando VR pode ajudar a otimizar o uso de energia e recursos, reduzindo o consumo de eletricidade e combustíveis fósseis utilizados nos processos de produção. **Manutenção Preditiva:** Com AR, é possível realizar manutenções preventivas mais eficazes, reduzindo o tempo de inatividade das máquinas e, consequentemente, melhorando a eficiência energética das operações.

Potencial de redução de emissões	**Consumo e Redução de Desperdício:** Gestão de Stock e Redução de Desperdício: A aplicação de VR/AR na gestão de stocks pode ajudar a reduzir o desperdício de alimentos ao otimizar os processos de armazenamento e distribuição, minimizando perdas ao longo da cadeia de abastecimento. **Experiências de Compra Virtuais:** Utilizando AR nos pontos de venda, os consumidores podem visualizar produtos virtualmente, o que pode reduzir as devoluções de produtos devido a expectativas não atendidas, evitando assim o desperdício associado a esses processos. **Educação e Conscientização Ambiental:** **Formação e Educação:** A utilização de VR/AR para formação de funcionários em práticas ambientais e de sustentabilidade pode aumentar a conscientização sobre a importância da redução de emissões e promover comportamentos mais ecoeficientes dentro da empresa.

Computação em Nuvem

Descrição	A Cloud Computing consiste numa rede global de servidores virtuais que oferece capacidades elevadas de armazenamento e de processamento/tratamento de dados a uma infinidade de utilizadores conectados entre si através dos respetivos dispositivos ou equipamentos. O utilizador tem acesso imediato a aplicações, dados e programas a partir de qualquer um dos seus dispositivos.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	**Gestão de Dados e Operações:** Empresas alimentares podem utilizar serviços de armazenamento em nuvem para gerir grandes volumes de dados operacionais, como informações de produção, inventário e distribuição. Isto facilita a gestão eficiente e a colaboração entre diferentes departamentos. **Monitorização de Qualidade e Segurança Alimentar:** Plataformas na nuvem permitem o registo e monitorização em tempo real de parâmetros de qualidade e segurança alimentar. Sensores e dispositivos IoT (Internet of Things) podem enviar dados diretamente para a nuvem, facilitando o controlo de qualidade e a conformidade regulamentar. **Gestão da Cadeia de Abastecimento:** A computação em nuvem possibilita uma gestão mais integrada da cadeia de abastecimento, desde a produção agrícola até à distribuição. Isto inclui a rastreabilidade dos alimentos, gestão de transportes e otimização de rotas. **Análise de Dados e Previsão de Tendências:** Ferramentas de análise de dados baseadas na nuvem permitem às empresas alimentares analisar padrões de consumo, tendências de mercado e comportamento do consumidor. Isto é crucial para ajustar estratégias de marketing e desenvolver novos produtos. **Redução de Custos e Flexibilidade Operacional:** Ao utilizar recursos computacionais na nuvem, as empresas podem reduzir custos com infraestrutura local e ganhar flexibilidade para escalar recursos conforme necessário, por exemplo, durante picos sazonais de produção. **Inovação e Desenvolvimento de Produtos:** Plataformas de colaboração na nuvem facilitam a partilha de ideias e o desenvolvimento colaborativo de novos produtos alimentares. Isto promove a inovação e acelera o tempo de colocação no mercado.
Restrições	**Segurança dos Dados:** Os dados sensíveis relacionados com receitas, ingredientes, e processos de produção precisam de ser protegidos contra acessos não autorizados ou violações de segurança. **Conformidade Regulatória:** A indústria alimentar está sujeita a regulamentos rigorosos (como o HACCP, por exemplo), que exigem conformidade estrita no armazenamento e tratamento de dados. A conformidade com estas normas deve ser assegurada quando se utiliza serviços de nuvem. **Disponibilidade e Conectividade:** A fiabilidade da ligação à Internet é crucial, pois qualquer interrupção pode afetar a capacidade de aceder aos sistemas críticos baseados na nuvem. **Integração com Sistemas Legados:** Muitas empresas alimentares têm sistemas antigos ou personalizados que podem ser difíceis de integrar com soluções de nuvem modernas. **Custos**: Embora a computação em nuvem possa reduzir custos operacionais, os custos associados ao armazenamento de grandes quantidades de dados ou ao aumento da largura de banda podem ser significativos. **Dependência de Terceiros:** A dependência de fornecedores de serviços de nuvem pode introduzir riscos adicionais, como indisponibilidade temporária ou encerramento de serviços.

Requisitos para implementação	**Segurança Alimentar e Regulamentação:** Garantir que os dados e processos na nuvem cumpram com normas rigorosas de segurança alimentar e regulamentações locais e internacionais, como HACCP (Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controlo) e ISO 22000. **Resiliência e Disponibilidade:** A infraestrutura em nuvem deve ser altamente resiliente e garantir disponibilidade contínua para evitar interrupções na produção ou distribuição alimentar. **Gestão de Dados e Rastreabilidade:** Capacidade de gerir eficazmente grandes volumes de dados, incluindo rastreabilidade de produtos ao longo da cadeia de abastecimento, desde a produção até ao consumidor final. **Integração com Sistemas Existentes:** Integração harmoniosa com os sistemas de gestão empresarial (ERP), sistemas de controlo de produção e outros sistemas críticos já implementados na indústria alimentar. **Conformidade e Privacidade de Dados:** Garantir que a solução em nuvem cumpra com as regulamentações de proteção de dados pessoais e privacidade, como o RGPD (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados). **Performance e Latência:** Assegurar que a infraestrutura em nuvem oferece desempenho adequado e baixa latência para suportar aplicações críticas, como monitorização em tempo real da produção e distribuição. **Custos e ROI:** Avaliar os custos operacionais versus os benefícios esperados da migração para a nuvem, incluindo redução de custos de manutenção de infraestrutura física e aumento da eficiência operacional.
Barreiras de implementação	**Segurança dos dados:** A natureza sensível dos dados da indústria alimentar, como receitas, fórmulas e informações de clientes, exige garantias rigorosas de segurança e conformidade com regulamentações como o RGPD (Regulamento Geral sobre a Proteção de Dados). **Conectividade e infraestrutura:** A disponibilidade de uma conexão de internet estável e de alta velocidade é essencial para utilizar serviços em nuvem de forma eficiente, o que pode ser um desafio em áreas remotas ou com infraestrutura limitada. **Custos:** Embora a computação em nuvem ofereça benefícios de escalabilidade e redução de custos a longo prazo, os custos iniciais de migração e a subscrição de serviços podem ser consideráveis para pequenas e médias empresas da indústria alimentar. **Integração com sistemas existentes:** Muitas empresas alimentares já possuem sistemas legados que podem ser difíceis de integrar com soluções em nuvem, exigindo investimentos adicionais em atualizações ou desenvolvimento de APIs. **Regulamentações específicas:** A indústria alimentar está sujeita a regulamentações rigorosas de segurança alimentar, rastreabilidade e conformidade com normas de qualidade, o que pode complicar a implementação de tecnologias em nuvem que devem atender a esses requisitos.
Nível relativo de Investimento	Variável
Potencial de redução de emissões	Baixo-Médio

5G

Descrição	A tecnologia de rede móvel 5G é a quinta geração de tecnologia de rede sem fios, que sucede o 4G. Promete oferecer velocidades de ligação significativamente mais rápidas, menor latência (tempo de resposta) e maior capacidade de rede em comparação com as gerações anteriores. Isto significa que os utilizadores podem transferir e receber dados muito mais rapidamente, além de suportar um maior número de dispositivos ligados simultaneamente. Além da velocidade, o 5G foi concebido para melhorar a fiabilidade e a eficiência energética das redes, o que é crucial para suportar novas aplicações como veículos autónomos, Internet das Coisas (IoT), realidade aumentada e virtual, entre outras tecnologias emergentes.
Nível de Maturidade (TRL)	8 a 9
Aplicável em	**Monitorização de Qualidade e Segurança:** Sensores conectados podem monitorar continuamente as condições ambientais, como temperatura e umidade, ao longo de toda a cadeia de fornecimento de alimentos. Isto ajuda a garantir que os alimentos sejam armazenados e transportados em condições ideais para preservar sua qualidade e segurança. **Rastreabilidade e Logística:** O 5G pode facilitar sistemas de rastreamento em tempo real de produtos alimentares desde a produção até a distribuição. Isto permite identificar rapidamente a origem de problemas em caso de contaminação ou recall de produtos, aumentando a segurança alimentar. **Automação e Controlo de Processos:** A automação de processos industriais na produção de alimentos pode ser otimizada com o 5G, permitindo o controlo remoto de máquinas e processos complexos. Isto não só melhora a eficiência operacional, mas também reduz custos e minimiza erros humanos. **Realidade Aumentada (AR) e Formação:** A realidade aumentada pode ser usada para treinar funcionários em procedimentos operacionais padrão (POP) de uma forma mais interativa e imersiva. Isto é particularmente útil em ambientes complexos de produção alimentar onde a formação precisa ser detalhada e precisa. **Manutenção Preditiva:** Equipamentos críticos na indústria alimentar podem ser monitorados continuamente através de sensores conectados. O 5G permite a transmissão instantânea de dados de sensores para sistemas de análise de dados, facilitando a manutenção preditiva e reduzindo o tempo de inatividade não planeado. **Eficiência Energética:** A implementação de redes 5G pode ajudar na gestão eficiente do consumo de energia em instalações industriais alimentares, otimizando o uso de recursos e reduzindo custos operacionais.
Restrições	Cobertura geográfica; Dispositivos compatíveis.
Requisitos para implementação	Infraestrutura de rede; Dispositivos 5G.
Barreiras de implementação	Custo de infraestrutura; Adoção do usuário.

PLM (Product Lifecycle Management)

Descrição	
	PLM é um sistema abrangente que une pessoas, processos, dados e sistemas empresariais para facilitar a gestão de produtos em todas as fases do seu ciclo de vida. Estas fases incluem: **Conceção e Design: Desenvolvimento da ideia inicial do produto.** Design e engenharia, utilizando ferramentas como CAD (Computer-Aided Design). Simulação e prototipagem virtual para testar conceitos. **Desenvolvimento e Planeamento:** Planeamento detalhado de fabricação. Testes e validação de protótipos físicos. Gestão de alterações de design. **Produção:** Fabricação e montagem. Controlo de qualidade. Gestão da cadeia de abastecimento e logística. **Lançamento e Comercialização:** Estratégias de marketing e vendas. Suporte ao cliente e serviços pós-venda. Gestão de feedback e melhorias contínuas do produto. **Manutenção e Suporte:** Suporte técnico e manutenção. Atualizações e modificações de produtos existentes. Gestão do ciclo de vida do produto no mercado. **Descontinuação e Fim de Vida:** Decisões sobre a retirada do produto do mercado. Gestão de resíduos e reciclagem. Análise do ciclo de vida para futuros desenvolvimentos. **Benefícios do PLM** Melhoria na Colaboração: Facilita a colaboração entre diferentes departamentos e locais geográficos. **Redução de Custos:** Minimiza erros e retrabalhos ao integrar todas as informações num único sistema. **Aumento da Qualidade:** Permite controlo de qualidade rigoroso em todas as fases do desenvolvimento do produto. **Redução do Tempo de Lançamento no Mercado:** Acelera o processo de desenvolvimento do produto, permitindo um lançamento mais rápido no mercado. **Gestão Eficiente de Dados:** Centraliza todos os dados do produto, tornando-os acessíveis e geríveis. **Conformidade e Regulação:** Auxilia no cumprimento de normas e regulamentos específicos do setor. **Componentes do PLM** **Software PLM:** Ferramentas e plataformas que suportam a gestão do ciclo de vida do produto.

Descrição	**Processos:** Procedimentos definidos para cada fase do ciclo de vida. **Pessoas:** Equipas multidisciplinares envolvidas em todas as etapas do ciclo de vida do produto. **Dados:** Informações geradas e utilizadas durante todo o ciclo de vida do produto, incluindo especificações, requisitos, desenhos e relatórios.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	Manufatura, Engenharia
Requisitos para implementação	**REQUISITOS ORGANIZACIONAIS** ▪ **Compromisso da Gestão** Apoio ativo da alta direção. Definição clara de objetivos estratégicos e benefícios esperados. ▪ **Cultura Organizacional** Promoção de uma cultura de colaboração e inovação. Comunicação aberta e gestão de mudanças eficaz. ▪ **Equipa de Projeto** Formação de uma equipa de projeto multidisciplinar. Envolvimento de representantes de todas as áreas afetadas pelo PLM (engenharia, produção, marketing, vendas, etc.). ▪ **Gestão de Mudanças** Plano de gestão de mudanças para lidar com a resistência e facilitar a adaptação. Programas de formação e capacitação para os funcionários. ▪ **Processos Bem Definidos** Documentação e padronização de processos atuais. Identificação e mapeamento dos processos que serão impactados pelo PLM. ▪ **Planeamento e Estruturação** Cronograma detalhado do projeto de implementação. Planeamento de recursos e orçamentos adequados. **REQUISITOS TÉCNICOS** ▪ **Infraestrutura de TI** Servidores e armazenamento suficientes para suportar o software PLM. Redes de comunicação eficientes e seguras. ▪ **Integração de Sistemas** Capacidade de integrar o PLM com outros sistemas existentes (ERP, CRM, CAD, etc.). Ferramentas de migração de dados para transferir informações de sistemas antigos. ▪ **Segurança de Dados** Implementação de medidas de segurança para proteger dados sensíveis. Controlo de acesso e gestão de permissões.

Requisitos para implementação	▪ **Customização e Configuração** Flexibilidade do software PLM para ser configurado de acordo com as necessidades específicas da empresa. Possibilidade de personalização de funcionalidades e interfaces. ▪ **Gestão de Dados** Estrutura adequada para o armazenamento e gestão de grandes volumes de dados. Ferramentas para a gestão de versões, controlo de alterações e rastreabilidade de documentos. ▪ **Suporte e Manutenção** Acordos de nível de serviço (SLA) com fornecedores para suporte contínuo. Planos de manutenção regular e atualizações do sistema. **PASSOS PARA A IMPLEMENTAÇÃO** ▪ **Avaliação Inicial** Análise das necessidades e objetivos da empresa. Seleção do software PLM mais adequado. ▪ **Planeamento do Projeto** Definição de um plano detalhado de implementação. Alocação de recursos e definição de um cronograma. ▪ **Configuração e Teste** Instalação e configuração do software PLM. Testes rigorosos para garantir que todos os componentes funcionam corretamente. ▪ **Migração de Dados** Transferência de dados de sistemas antigos para o novo sistema PLM. Verificação da integridade e consistência dos dados migrados. ▪ **Formação e Capacitação** Formação dos utilizadores finais e administradores do sistema. Sessões de formação contínua para novos funcionários. ▪ **Lançamento e Monitorização** Lançamento gradual do sistema, começando com um piloto, se necessário. Monitorização contínua e ajustes conforme necessário. ▪ **Avaliação e Melhoria Contínua** Avaliação do desempenho do sistema após a implementação. Identificação de áreas para melhorias e otimizações contínuas.
Barreiras de implementação	Custo inicial; Complexidade da implementação.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	Um sistema de Gestão do Ciclo de Vida do Produto (PLM) tem um grande potencial para ajudar as empresas a reduzir as suas emissões de carbono e impactar positivamente o meio ambiente. Um sistema PLM pode contribuir para a redução de emissões de várias formas. A otimização de processos e a eficiência de recursos são um dos principais benefícios. O PLM permite uma melhor gestão dos materiais e recursos utilizados na produção, resultando em menos desperdício e, consequentemente, menos emissões associadas ao tratamento e eliminação de resíduos. Além disso, melhorar os processos de produção pode levar a uma utilização mais eficiente da energia, reduzindo a pegada de carbono.

Potencial de redução de emissões	O design ecológico e sustentável é outra área onde o PLM tem um impacto significativo. Através do PLM, é possível integrar princípios de design sustentável, permitindo que os produtos sejam concebidos para serem mais eficientes energeticamente, utilizarem materiais reciclados ou de baixo impacto ambiental, e serem mais fáceis de reciclar no fim da sua vida útil. Ferramentas de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) integradas no PLM permitem avaliar o impacto ambiental de um produto desde a extração das matérias-primas até ao fim da vida útil, otimizando todas as fases para reduzir as emissões. Na gestão da cadeia de abastecimento, o PLM pode contribuir para a logística otimizada, reduzindo as distâncias de transporte e otimizando as cargas, o que diminui as emissões de CO2 associadas ao transporte de materiais e produtos. Além disso, o PLM pode ajudar na seleção de fornecedores que utilizem práticas sustentáveis e tenham menores pegadas de carbono. A digitalização e simulação proporcionadas pelo PLM reduzem a necessidade de criar protótipos físicos, poupando materiais e energia. As simulações e testes virtuais podem diminuir o número de iterações físicas necessárias, reduzindo o impacto ambiental. A digitalização de documentos e processos reduz a necessidade de papel e outros materiais. Com a redução do time-to-market, os processos mais ágeis proporcionados pelo PLM aceleram o desenvolvimento de produtos e a sua introdução no mercado, diminuindo o tempo em que equipamentos e recursos estão operacionais e a consumir energia sem gerar valor direto. Na manutenção e suporte, o PLM permite a manutenção preditiva através da análise de dados e monitorização, prevendo falhas e necessidades de manutenção, evitando paragens inesperadas e ineficiências energéticas. A gestão eficiente do ciclo de vida pode prolongar a vida útil dos produtos, diminuindo a necessidade de substituições frequentes e, portanto, a produção e as emissões associadas.

Simulação

Descrição	Tecnologia de simulação de processos industriais é uma ferramenta poderosa utilizada para modelar, analisar e otimizar processos em diversas indústrias. Esta tecnologia permite criar representações virtuais de processos físicos, possibilitando a análise detalhada do desempenho de sistemas complexos sem a necessidade de experimentação física direta. Aqui estão os principais aspetos e benefícios dessa tecnologia: **COMPONENTES DA SIMULAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS** **Modelagem de Processos** Software de Simulação: Utiliza-se software especializado, como o Aspen HYSYS, MATLAB Simulink, FlexSim, Arena, entre outros, para criar modelos detalhados dos processos industriais. Modelos Matemáticos: Baseia-se em equações matemáticas que descrevem o comportamento dos processos, como balanços de massa e energia, cinéticas de reação, e parâmetros de transferência de calor e massa. **Dados de Entrada** Parâmetros do Processo: Inclui dados específicos do processo, como taxas de fluxo, temperaturas, pressões, e propriedades físicas dos materiais. Cenários Operacionais: Diferentes condições de operação podem ser simuladas para prever o desempenho sob várias circunstâncias. **Análise e Validação** Execução de Simulações: O modelo é executado no software de simulação para prever o comportamento do processo. Comparação com Dados Reais: Os resultados da simulação são comparados com dados reais para validar a precisão do modelo. **Otimização e Melhoria** Identificação de Gargalos: Ajuda a identificar pontos de ineficiência e gargalos no processo. Teste de Soluções: Permite testar diferentes soluções e modificações no processo sem interromper a produção real. **BENEFÍCIOS DA SIMULAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS** **Redução de Custos** Menor Necessidade de Protótipos Físicos: Reduz os custos associados à construção e teste de protótipos físicos. Prevenção de Erros: Ajuda a identificar e corrigir problemas potenciais antes de implementações reais, evitando desperdícios. **Aumento da Eficiência** Otimização de Processos: Permite otimizar as condições operacionais para alcançar maior eficiência e produtividade. Melhoria Contínua: Facilita a análise contínua e a implementação de melhorias incrementais nos processos. **Segurança e Confiabilidade** Análise de Riscos: Simula condições extremas e cenários de falha para avaliar a segurança do processo. Formação: Utilizada para treinar operadores em um ambiente virtual seguro, melhorando a resposta a situações reais. **Tomada de Decisão Informada** Análise de Cenários: Permite avaliar diferentes cenários e suas implicações, auxiliando na tomada de decisões estratégicas. Planeamento: Facilita o planeamento de novos processos e a expansão de plantas existentes.
Nível de Maturidade (TRL)	9

Aplicável em	A simulação de processos na indústria alimentar desempenha um papel crucial na otimização de operações, garantia de qualidade e eficiência de produção. Aqui estão algumas das principais aplicações: **Otimização de Processos de Produção** Planeamento de Produção: Simular diferentes cenários de produção para determinar a melhor programação e utilização de recursos. Fluxo de Trabalho: Otimizar o fluxo de materiais e produtos dentro da fábrica para reduzir o tempo de processamento e os custos operacionais. **Desenvolvimento de Novos Produtos** Formulação de Produtos: Testar e ajustar novas receitas ou formulações sem a necessidade de produção física. Escalonamento: Modelar o processo de produção em diferentes escalas para garantir que a qualidade do produto seja mantida ao aumentar a produção. **Segurança Alimentar e Conformidade Regulamentar** Rastreabilidade: Simular sistemas de rastreamento de ingredientes e produtos acabados para garantir conformidade com as regulamentações de segurança alimentar. Análise de Risco: Avaliar pontos críticos de controlo e possíveis falhas no processo que possam comprometer a segurança do alimento. **Melhoria da Qualidade do Produto** Controlo de Qualidade: Simular os efeitos de diferentes variáveis de processo (como temperatura e tempo de cozedura) na qualidade final do produto. Padrões de Consistência: Garantir que os produtos atendam consistentemente aos padrões de qualidade desejados. **Gestão de Energia e Recursos** Eficiência Energética: Modelar e otimizar o uso de energia em processos de produção para reduzir custos e emissões de carbono. Uso de Água: Simular processos para reduzir o consumo de água e melhorar a sustentabilidade. **Processamento Térmico** Pasteurização e Esterilização: Simular processos de tratamento térmico para garantir a destruição eficaz de patógenos sem comprometer a qualidade do produto. Arrefecimento e Congelação: Modelar os processos de arrefecimento e congelação para garantir que os produtos atinjam as temperaturas adequadas de forma eficiente. **Embalagem e Armazenamento** Desenvolvimento de Embalagens: Simular diferentes materiais e métodos de embalagem para otimizar a proteção do produto e a vida útil. Logística de Armazenamento: Modelar o armazenamento e a movimentação de produtos para maximizar a eficiência do espaço e a acessibilidade. **Gestão da Cadeia de Abastecimento** Previsão de Procura: Utilizar simulação para prever a procura por produtos e ajustar a produção e o stock em conformidade. Logística e Distribuição: Simular a logística de distribuição para otimizar rotas de entrega e reduzir custos de transporte. **Exemplos Práticos:** ▪ Processamento de Carne e Laticínios: Simulação de processos de pasteurização, fermentação e maturação para otimizar a produção de queijos, iogurtes e carnes curadas. ▪ Panificação: Modelagem de processos de mistura, fermentação, e cozedura para garantir a consistência na textura e sabor do pão e outros produtos de panificação. ▪ Bebidas: Simulação de processos de fermentação, gaseificação e engarrafamento para garantir a qualidade e a segurança de bebidas alcoólicas e não alcoólicas. ▪ Produtos Congelados: Otimização de processos de congelação rápida para manter a qualidade e a segurança de vegetais, carnes e refeições prontas congeladas.

	A utilização da simulação de processos na indústria alimentar resulta em benefícios significativos, como a redução de custos, aumento da eficiência, garantia de qualidade e cumprimento das normas de segurança alimentar. Estes fatores são cruciais para manter a competitividade no mercado e atender às exigências dos consumidores.
Restrições	**Custo de Implementação:** O investimento inicial em software de simulação e hardware adequado pode ser elevado. Além disso, pode ser necessário formação especializada para operar o software e interpretar os resultados. **Complexidade dos Modelos:** Modelar processos alimentares complexos exige um conhecimento profundo dos fenómenos físicos e químicos envolvidos, assim como das propriedades dos materiais. Construir modelos precisos e fiáveis pode ser um desafio. **Disponibilidade de Dados:** A qualidade e a disponibilidade de dados precisos e atualizados sobre o processo, incluindo propriedades físicas e comportamento dos ingredientes, são essenciais para a precisão da simulação. Em alguns casos, obter dados pode ser difícil ou estes podem não estar disponíveis em formatos adequados para integrar nos modelos. **Validação dos Modelos:** Validar os modelos de simulação com dados reais é crucial para assegurar que representam com precisão o comportamento do processo. Isto pode requerer tempo e recursos significativos para comparar e ajustar os modelos. **Integração com Sistemas de Controlo:** Integrar os resultados da simulação com sistemas de controlo em tempo real pode ser desafiante, especialmente para garantir que as decisões operacionais possam ser baseadas nos insights gerados pela simulação. **Complexidade Operacional:** Implementar mudanças sugeridas pela simulação pode ser complexo e requerer coordenação entre várias partes da operação da fábrica, incluindo pessoal de produção, manutenção e gestão. **Cultura Organizacional e Aceitação:** A aceitação e adoção da tecnologia por parte dos funcionários e da alta administração podem representar desafios. Mudar a cultura organizacional para valorizar e utilizar os insights gerados pela simulação pode requerer tempo e esforço. **Limitações de Escala:** Modelar processos em grande escala, como em instalações industriais de grande porte, pode apresentar desafios adicionais devido à complexidade e ao volume de dados envolvidos. **REQUISITOS ORGANIZACIONAIS:** **Comprometimento da Alta Administração:** É crucial que a alta administração da empresa apoie e financie a implementação da tecnologia de simulação. Isto inclui alocação de recursos financeiros, tempo e pessoal para o projeto. **Equipa Multidisciplinar:** Formar uma equipa que inclua engenheiros de processo, especialistas em simulação, cientistas de dados, técnicos de produção e representantes de qualidade. Esta equipa deve trabalhar em conjunto para desenvolver e implementar os modelos de simulação. **Cultura de Inovação e Aprendizagem Contínua:** A organização deve estar aberta a adotar novas tecnologias e métodos de trabalho. Um ambiente que valorize a inovação e a melhoria contínua é fundamental para o sucesso da implementação da simulação de processos. **Planeamento Estratégico:** Desenvolver um plano estratégico claro para a implementação da tecnologia, com metas e objetivos bem definidos. Isto inclui identificar quais processos serão simulados inicialmente e os benefícios esperados. **Comunicação e Colaboração:** Fomentar uma cultura de comunicação aberta e colaboração entre diferentes departamentos e níveis hierárquicos da organização. Isto é essencial para garantir o alinhamento de todos os envolvidos e para o sucesso da implementação. **Requisitos Técnicos:** **Software de Simulação:** Selecionar e adquirir um software de simulação adequado às necessidades da indústria alimentar. Este software deve ser capaz de modelar processos complexos, integrar dados em tempo real e gerar insights significativos.

Requisitos para implementação	**Dados de Processo Precisos:** Garantir que dados precisos e detalhados sobre o processo estejam disponíveis. Isto inclui propriedades físicas dos ingredientes, parâmetros de processo (temperatura, pressão, tempo de processamento), entre outros. **Hardware Adequado:** Dispor de hardware suficientemente potente para rodar o software de simulação e processar grandes volumes de dados, especialmente se forem necessárias simulações em tempo real ou em grande escala. **Capacitação e Formação:** Treinar os funcionários que irão trabalhar com o software de simulação. Isto inclui desde operadores de linha até engenheiros de processo, para garantir que todos compreendam como utilizar e interpretar os resultados da simulação. **Integração com Sistemas Existentes:** Assegurar que o software de simulação possa ser integrado de forma eficaz com outros sistemas existentes na planta, como sistemas de automação e controlo de processos. **Manutenção e Suporte:** Estabelecer um plano de manutenção para o software e hardware utilizados na simulação. Além dIsto, ter acesso a suporte técnico especializado para resolver problemas e otimizar o uso da tecnologia. **Segurança da Informação:** Implementar medidas adequadas de segurança da informação para proteger dados sensíveis e garantir conformidade com regulamentos de privacidade e segurança.
Barreiras de implementação	Custo inicial; Complexidade técnica.
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	**Eficiência Energética:** A simulação permite otimizar o uso de energia em processos industriais, identificando oportunidades para reduzir o consumo de eletricidade, combustíveis fósseis e outros recursos energéticos. Isto não só reduz os custos operacionais, mas também diminui as emissões associadas à geração de energia. **Otimização de Processos:** Ao modelar e simular diferentes cenários de produção, é possível identificar métodos mais eficientes de utilização de matérias-primas, reduzindo o desperdício e melhorando a eficiência geral dos processos. Menos desperdício significa menos produção de resíduos, o que pode diminuir as emissões relacionadas ao tratamento e disposição desses resíduos. **Transporte e Logística:** A simulação pode ser utilizada para otimizar rotas de transporte e logística, reduzindo o número de viagens desnecessárias e o consumo de combustíveis. Isto resulta em menores emissões de CO2 provenientes do transporte de matérias-primas, produtos acabados e resíduos. **Uso Sustentável de Recursos Hídricos:** Modelar o uso de água nos processos industriais ajuda a identificar oportunidades para reduzir o consumo e melhorar a eficiência do tratamento de efluentes. Isto não só conserva recursos hídricos preciosos, mas também reduz as emissões associadas ao tratamento de água e efluentes. **Escolha de Materiais e Embalagens Sustentáveis:** A simulação pode auxiliar na seleção de materiais de embalagem mais sustentáveis e na redução do uso de plásticos e outros materiais de alto impacto ambiental. Isto contribui para a redução das emissões ao longo do ciclo de vida dos produtos. **Inovação e Melhoria Contínua:** Ao facilitar a experimentação virtual de novos processos e tecnologias, a simulação encoraja a inovação contínua na redução do impacto ambiental. Isto inclui a adoção de práticas mais limpas e tecnologias de baixo carbono.

Potencial de redução de emissões	**Exemplos Práticos:** ▪ Redução do Consumo Energético: Simulações podem identificar ajustes nos processos de aquecimento, refrigeração e ventilação para reduzir o uso de energia e as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de energia. ▪ Otimização da Cadeia de Fornecimento: Planeamento eficiente da cadeia de fornecimento utilizando simulação pode reduzir as emissões devido a transportes desnecessários e ineficientes. ▪ Gestão de Resíduos: Simulação de processos de reciclagem e tratamento de resíduos pode minimizar emissões de metano e outros gases gerados durante a decomposição de resíduos orgânicos.

Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS)

Descrição	**Os Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS, do inglês Laboratory Information** Management Systems) são plataformas tecnológicas projetadas para facilitar e otimizar a gestão de informações e processos dentro de laboratórios. Estes sistemas são essenciais para laboratórios em diversas áreas, incluindo indústrias farmacêuticas, de alimentos, ambientais, de saúde e de pesquisa científica. **FUNCIONALIDADES PRINCIPAIS DOS LIMS:** ▪ **Gestão de Amostras:** Os LIMS permitem registar e monitorar o ciclo de vida das amostras desde a receção até à eliminação, garantindo a rastreabilidade completa. Isto inclui a atribuição de números de identificação únicos, datas de receção, manipulação e análises realizadas. ▪ **Registo de Dados e Resultados:** Facilitam a introdução e o armazenamento de dados de experimentos e testes laboratoriais. Os resultados são registados de forma estruturada e podem incluir dados numéricos, gráficos, imagens e outras informações relevantes. ▪ **Gestão de Equipamentos:** Monitorizam o estado e a manutenção dos equipamentos de laboratório, agendando calibrações, manutenções preventivas e registando o histórico de utilização. ▪ **Gestão de Reagentes e Consumíveis:** Controlam o inventário de reagentes químicos, soluções padrão, consumíveis e outros materiais utilizados nas análises laboratoriais, ajudando a evitar rupturas e a garantir a disponibilidade necessária. ▪ **Gestão de Documentos e Protocolos:** Armazenam protocolos de teste, procedimentos operacionais padrão (POP), certificados de análise, relatórios de auditoria e outros documentos relacionados com a operação do laboratório. ▪ **Integração de Instrumentação Analítica:** Os LIMS podem integrar-se diretamente com equipamentos de análise, como cromatógrafos, espectrofotómetros, e outros dispositivos, automatizando a transferência de dados e melhorando a precisão e eficiência dos processos. ▪ **Geração de Relatórios e Certificados:** Facilitam a criação automática de relatórios de análise, certificados de conformidade e outros documentos necessários para documentar os resultados dos testes laboratoriais. ▪ **Segurança e Conformidade:** Implementam medidas robustas de segurança da informação para proteger dados sensíveis e garantir a conformidade com regulamentos e normas, como ISO/IEC 17025 e FDA. **BENEFÍCIOS DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE LABORATÓRIO (LIMS):** ▪ **Melhoria da Eficiência:** Redução do tempo gasto em tarefas administrativas e aumento da produtividade laboratorial. ▪ **Rastreabilidade e Confiabilidade:** Garantia de rastreabilidade completa das amostras e dos dados, melhorando a integridade e confiabilidade dos resultados. ▪ **Padronização de Processos:** Implementação de procedimentos operacionais padrão (POP) e protocolos de teste consistentes em todo o laboratório. ▪ **Tomada de Decisão Informada:** Disponibilização de dados em tempo real para análise e tomada de decisões baseadas em informações precisas e atualizadas. ▪ **Cumprimento de Regulamentos:** Facilitação da conformidade com regulamentos e normas da indústria, melhorando a auditabilidade e reduzindo o risco de não conformidades.
Nível de Maturidade (TRL)	9

Aplicável em	Na indústria alimentar, os Sistemas de Gestão de Laboratório (LIMS) desempenham um papel crucial na gestão eficiente de operações laboratoriais, garantindo conformidade com normas rigorosas de segurança alimentar e qualidade. Aqui estão algumas das aplicações específicas desta tecnologia na indústria alimentar: ▪ **testes de qualidade, como análises microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.** Isto ajuda a garantir que os produtos alimentares cumpram os padrões de segurança e qualidade exigidos. ▪ **Rastreabilidade de Ingredientes:** Permitem rastrear a origem e o histórico de ingredientes utilizados na produção de alimentos. Isto é crucial para a gestão de recalls de produtos, garantindo a segurança dos consumidores em caso de problemas de segurança alimentar. ▪ **Gestão de Amostras:** Facilitam o registo e gestão de amostras de alimentos desde a receção até à análise e armazenamento. Isto inclui a atribuição de números de lote, datas de colheita, análises realizadas e resultados obtidos. ▪ **Conformidade Regulatória:** Ajudam a cumprir com normas regulatórias específicas da indústria alimentar. Isto inclui a documentação adequada de processos e resultados de testes. ▪ **Gestão de Documentação:** Armazenam documentos críticos como certificados de análise, relatórios de auditoria e protocolos de teste. Essa documentação é essencial para auditorias internas e externas, garantindo conformidade e transparência nas operações. ▪ **Otimização de Processos:** Permitem identificar áreas de melhoria nos processos de produção e controlo de qualidade, com base em análises de dados históricos e em tempo real. Isto pode incluir a redução de tempos de análise, otimização do uso de recursos e minimização de desperdícios. ▪ **Gestão de Ensaios e Ensaios de Estabilidade:** Facilitam a gestão de ensaios de estabilidade para monitorizar a vida útil dos produtos alimentares e garantir a consistência da qualidade ao longo do tempo. ▪ **Integração com Equipamentos Analíticos:** Os LIMS podem integrar-se diretamente com equipamentos analíticos como cromatógrafos, espectrofotómetros e balanças, automatizando a transferência de dados e melhorando a precisão dos resultados.
Restrições	▪ **Custo de Implementação:** O investimento inicial na aquisição de software LIMS e na infraestrutura necessária pode ser elevado. Além disso, há custos contínuos associados à manutenção, atualização de software e formação de pessoal. ▪ **Complexidade na Integração:** Integrar o LIMS com sistemas existentes na empresa, como sistemas de gestão empresarial (ERP), sistemas de automação de laboratório e equipamentos analíticos, pode ser complexo e requer expertise técnica. ▪ **Personalização e Configuração:** Cada laboratório alimentar pode ter requisitos específicos, o que pode exigir personalização e configuração do LIMS para atender às necessidades específicas da empresa. Isto pode prolongar o tempo de implementação e aumentar os custos. ▪ **Resistência à Mudança:** A implementação de novas tecnologias muitas vezes encontra resistência por parte dos colaboradores que estão habituados com métodos tradicionais de gestão de laboratório. A resistência à mudança pode atrasar a adoção e a eficácia do sistema. ▪ **Complexidade na Manutenção de Dados:** Gerir grandes volumes de dados gerados pelo LIMS, incluindo dados de amostras, resultados de testes e documentação associada, pode ser desafiador. É necessário garantir a integridade, segurança e acessibilidade dos dados ao longo do tempo. ▪ **Requisitos de Formação e Capacitação:** A utilização eficaz do LIMS requer formação e capacitação adequadas para os utilizadores. O formação contínuo é necessário para garantir que todos os utilizadores compreendam plenamente as funcionalidades do sistema e utilizem-no de forma eficiente.

Restrições	▪ **Segurança da Informação:** O LIMS lida com informações sensíveis, como dados de clientes, especificações de produtos e resultados de testes. É essencial implementar medidas robustas de segurança da informação para proteger contra acessos não autorizados e violações de dados. ▪ **Manutenção e Suporte Técnico:** Garantir um suporte técnico adequado e contínuo para resolver problemas e fornecer atualizações é crucial para manter a operacionalidade do sistema LIMS ao longo do tempo.
Requisitos para implementação	**REQUISITOS ORGANIZACIONAIS:** ▪ **Comprometimento da Alta Administração:** É crucial que a alta administração apoie e financie a implementação do LIMS. Isto inclui a alocação de recursos financeiros, tempo e pessoal necessário para o projeto. ▪ **Equipa de Projeto Multidisciplinar:** Formar uma equipa de projeto que inclua representantes de diversas áreas, como laboratório, TI, qualidade, operações e administração. Esta equipa será responsável por liderar a implementação, garantir o alinhamento de objetivos e resolver desafios interdepartamentais. ▪ **Planeamento Estratégico:** Desenvolver um plano estratégico claro que defina os objetivos da implementação do LIMS, prazos de execução, alocação de recursos e critérios de sucesso. O plano deve considerar as necessidades específicas do laboratório e da empresa alimentar. ▪ **Gestão da Mudança:** Implementar estratégias eficazes de gestão da mudança para lidar com a resistência dos colaboradores à mudança. Isto inclui comunicação clara sobre os benefícios do LIMS, envolvimento dos colaboradores desde o início e formação adequado. ▪ **Cultura de Qualidade e Conformidade:** Fomentar uma cultura organizacional que valorize a qualidade dos dados, a conformidade com regulamentos e normas, e a melhoria contínua dos processos laboratoriais. **REQUISITOS TÉCNICOS:** ▪ **Avaliação de Requisitos:** Realizar uma avaliação detalhada das necessidades técnicas do laboratório, incluindo funcionalidades específicas do LIMS desejadas, integração com outros sistemas (ERP, equipamentos analíticos), e requisitos de segurança de dados. ▪ **Seleção do LIMS:** Escolher um sistema LIMS adequado às necessidades específicas da indústria alimentar, considerando funcionalidades como gestão de amostras, registo de dados, conformidade regulatória, e relatórios analíticos. ▪ **Infraestrutura de TI:** Garantir que a infraestrutura de TI existente suporte a implementação do LIMS, incluindo requisitos de hardware, rede e armazenamento de dados. Podem ser necessários upgrades ou ajustes na infraestrutura para suportar as necessidades do sistema. ▪ **Integração com Sistemas Existentes:** Planear e executar a integração do LIMS com outros sistemas utilizados pela empresa, como ERP, sistemas de gestão de qualidade (QMS) e equipamentos analíticos. Isto envolve definir interfaces de integração, troca de dados e garantir a interoperabilidade entre os sistemas. ▪ **Segurança da Informação:** Implementar medidas robustas de segurança da informação para proteger dados sensíveis e garantir conformidade com regulamentos de privacidade e segurança (por exemplo, GDPR, HIPAA). Isto inclui criptografia de dados, controlo de acesso e backup regular dos dados. ▪ **Capacitação e Formação:** Providenciar formação adequada para os utilizadores do LIMS, incluindo analistas de laboratório, gestores de qualidade e pessoal de TI. O formação deve cobrir desde a utilização básica até funcionalidades avançadas do sistema. ▪ **Suporte Técnico:** Estabelecer um plano de suporte técnico para resolver problemas e garantir a operacionalidade contínua do LIMS. Isto pode incluir suporte interno da equipa de TI, suporte do fornecedor do LIMS e formação contínua dos utilizadores.

Barreiras de implementação	Complexidade da integração; Normas de qualidade e segurança
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	▪ **Eficiência Energética:** O uso de LIMS pode ajudar na otimização dos processos laboratoriais, reduzindo o consumo de energia associado à operação de equipamentos analíticos e de infraestrutura de TI. Menos energia consumida significa menores emissões de CO2 provenientes da geração de eletricidade. ▪ **Redução de Resíduos:** Ao melhorar a gestão de amostras e processos analíticos, os LIMS podem ajudar na minimização de resíduos laboratoriais. Isto reduz a necessidade de tratamento e disposição de resíduos, diminuindo as emissões de gases de efeito estufa associadas a esses processos. ▪ **Otimização de Transporte e Logística:** Com uma gestão mais eficiente de dados e resultados de análises, os LIMS podem contribuir para a redução de transporte desnecessário de amostras e documentos físicos entre laboratórios e instalações, o que reduz as emissões relacionadas ao transporte. ▪ **Gestão de Consumíveis e Reagentes:** A gestão mais eficiente de reagentes e consumíveis através do LIMS pode ajudar a reduzir o desperdício e minimizar a necessidade de produção e transporte desses materiais, diminuindo as emissões de CO2 associadas à sua fabricação e distribuição. ▪ **Melhoria da Eficiência Operacional:** Ao automatizar processos e reduzir erros humanos, os LIMS melhoram a eficiência global do laboratório. Isto pode levar a uma utilização mais eficiente de recursos e, consequentemente, a menores emissões de gases de efeito estufa por unidade de produção. ▪ **Conformidade Regulatória e Sustentabilidade:** A utilização de LIMS facilita a conformidade com normas ambientais e regulatórias, promovendo práticas sustentáveis na gestão de laboratórios. Isto inclui a redução do impacto ambiental global das operações laboratoriais.

CRM (Costumer Relashionship Manager)

Descrição	O CRM (Customer Relationship Management), ou Gestão de Relacionamento com o Cliente, é uma tecnologia e estratégia empresarial essencial focada na gestão e análise das interações com os clientes ao longo de todo o ciclo de vida do relacionamento. Esta tecnologia visa melhorar o relacionamento com os clientes, aumentar a retenção, impulsionar as vendas e otimizar o serviço ao cliente. Os principais componentes do CRM incluem a gestão detalhada de contactos e clientes, automação de vendas para otimizar processos desde a gestão de leads até à conversão, marketing personalizado com base em dados detalhados dos clientes, serviço ao cliente eficiente através da gestão de solicitações e tickets de atendimento, análise avançada de dados para insights estratégicos e integração com outros sistemas empresariais para garantir consistência de dados. Funcionalmente, o CRM permite a gestão do pipeline de vendas, segmentação de clientes para campanhas direcionadas, gestão completa de campanhas de marketing, suporte multicanal ao cliente, acesso móvel para colaboradores em campo e personalização da experiência do cliente com base em comportamentos e preferências. Os benefícios do CRM incluem melhorar a relação com o cliente através de interações personalizadas, aumentar a retenção de clientes ao proporcionar um serviço mais eficiente, aumentar a eficiência operacional ao automatizar processos repetitivos, impulsionar as vendas identificando oportunidades adicionais e melhorar a análise e planeamento estratégico com base em dados precisos e acessíveis.
Nível de Maturidade (TRL)	9
Aplicável em	▪ **Gestão de Clientes e Fornecedores:** O CRM permite às empresas alimentares gerir de forma centralizada informações detalhadas sobre clientes e fornecedores. Isto inclui histórico de compras, preferências, feedbacks e informações de contato. Com esses dados, é possível oferecer um atendimento personalizado e eficiente, ajustando os produtos e serviços às necessidades específicas de cada cliente. ▪ **Gestão de Vendas e Marketing:** Através do CRM, as empresas podem automatizar e monitorar o ciclo de vendas, desde a captação de leads até a concretização das vendas. Isto inclui a gestão de campanhas de marketing direcionadas, segmentando clientes com base em hábitos de compra e preferências alimentares. Dessa forma, é possível aumentar a eficácia das campanhas e melhorar o retorno sobre o investimento em marketing. ▪ **Serviço ao Cliente Personalizado:** Com o CRM, as empresas podem oferecer um serviço ao cliente mais personalizado e eficiente. A gestão integrada de tickets de suporte e o histórico detalhado de interações permitem resolver problemas de forma mais rápida e satisfatória para os clientes. Isto ajuda a melhorar a experiência do cliente e a aumentar a fidelização. ▪ **Gestão de Feedback e Melhoria Contínua:** O CRM facilita a recolha e análise de feedback dos clientes sobre produtos e serviços alimentares. Com esses insights, as empresas podem identificar áreas de melhoria, ajustar produtos conforme feedbacks recebidos e monitorar a satisfação do cliente ao longo do tempo. ▪ **Análise e Relatórios Estratégicos:** A capacidade de análise avançada de dados do CRM permite às empresas na indústria alimentar identificar tendências de mercado, padrões de consumo e comportamentos de compra. Isto ajuda na tomada de decisões estratégicas, como lançamento de novos produtos, expansão de mercado e ajustes de preços. ▪ **Cumprimento de Normas e Regulamentações:** Para empresas alimentares, é crucial cumprir normas rigorosas de segurança alimentar e regulamentações. O CRM pode ajudar na documentação e rastreabilidade necessárias para auditorias e conformidade regulatória, assegurando que todas as diretrizes sejam seguidas corretamente.
Restrições	▪ Integração com outros sistemas; ▪ Formação de usuários.

Requisitos para implementação	▪ Estratégia de dados; ▪ Formação.
Barreiras de implementação	▪ Adaptação dos processos; ▪ Aceitação dos usuários.
Nível relativo de Investimento	Médio
Potencial de redução de emissões	Baixo

Industrial Internet of Things (IIoT)

Descrição	A tecnologia IoT Industrial (Internet das Coisas) refere-se à aplicação de dispositivos ligados à internet e sensores em ambientes industriais para recolha, monitorização e análise de dados em tempo real. Estes dispositivos podem variar desde sensores simples até equipamentos complexos, todos capazes de gerar e transmitir dados sobre o desempenho, condições operacionais e outros parâmetros relevantes das máquinas e processos industriais. A IoT Industrial possibilita melhorias significativas na eficiência operacional, manutenção preditiva, otimização de recursos e segurança. Ao integrar estes dispositivos e sensores numa rede conectada, as empresas podem tomar decisões mais informadas e ágeis, reduzindo custos operacionais e minimizando tempos de inatividade não planeados. Além disso, a tecnologia IoT Industrial desempenha um papel fundamental na evolução da indústria para a Indústria 4.0, promovendo a automação inteligente e a interconectividade entre sistemas e máquinas. Isto não só melhora a produtividade, mas também permite modelos de negócio mais flexíveis e adaptáveis às exigências do mercado moderno.
Nível de Maturidade (TRL)	**9**
Aplicável em	**Monitorização de Condições Ambientais:** Sensores IoT podem monitorizar temperatura, humidade e outras condições ambientais em tempo real em áreas de armazenamento e produção de alimentos. Isto ajuda a garantir que os alimentos sejam armazenados nas condições ideais para preservar a sua qualidade e segurança. **Rastreamento da Cadeia de Fornecimento:** Utilizando RFID (Identificação por Radiofrequência) e sensores IoT, é possível rastrear produtos alimentares desde a produção até à entrega ao consumidor final. Isto melhora a visibilidade da cadeia de fornecimento, permitindo a localização rápida de problemas como recalls de produtos. **Monitorização de Qualidade e Segurança:** Sensores IoT podem ser usados para monitorizar parâmetros como pH, níveis de humidade, presença de contaminantes e outros indicadores de qualidade e segurança alimentar. Isto ajuda a identificar potenciais problemas mais cedo e garantir que os alimentos estejam dentro dos padrões exigidos. **Otimização de Processos de Produção:** A IoT permite monitorizar o desempenho de máquinas e equipamentos em tempo real, prever falhas antes que ocorram e otimizar processos de produção. Isto reduz custos operacionais e melhora a eficiência geral da linha de produção. **Personalização e Rastreamento de Produtos:** Com a IoT, é possível personalizar produtos alimentares de acordo com as preferências do consumidor e rastrear informações específicas sobre cada lote de produto, como origem dos ingredientes, métodos de produção, entre outros. **Manutenção Preditiva:** Sensores IoT podem monitorizar o estado de máquinas e equipamentos, prever possíveis falhas e agendar manutenção preventiva, reduzindo o tempo de inatividade não planeado e garantindo a continuidade da produção.
Restrições	Segurança; Interoperabilidade.
Requisitos para implementação	Sensores; Conectividade; Plataforma de dados
Barreiras de implementação	Privacidade; Normas técnicas; Custos iniciais
Nível relativo de Investimento	Médio-Alto
Potencial de redução de emissões	Alto

SCADAS

Descrição	SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). É um sistema de controlo industrial utilizado para monitorizar, supervisionar e controlar processos em tempo real. Os sistemas SCADA são essenciais para a operação eficiente e segura de processos complexos em diversas indústrias. Eles oferecem uma plataforma centralizada para monitorizar e controlar operações em tempo real, proporcionando vantagens em termos de eficiência, segurança e custo.
Nível de Maturidade (TRL)	**9**
Aplicável em	Alguns exemplos de aplicações de sistemas SCADA na indústria agroalimentar incluem: ▪ Monitorização e controlo de processos de pasteurização, fermentação e secagem de alimentos ▪ Controlo de sistemas de refrigeração, climatização e tratamento de efluentes ▪ Automação de linhas de envase, embalagem e paletização ▪ Rastreabilidade e controlo de qualidade de produtos **VANTAGENS DA SUA DE UTILIZAÇÃO** ▪ **Monitorização em Tempo Real:** Os sistemas SCADA permitem que os operadores acompanhem em tempo real os principais parâmetros de processo, como temperatura, pressão, vazão, nível de tanques, etc. ▪ **Controlo Automatizado:** Os sistemas SCADA podem ser integrados a controladores lógicos programáveis (PLCs) para automatizar o controlo de diversos equipamentos e processos, como bombas, válvulas, misturadores, etc. ▪ **Deteção e Correção de Falhas:** Os sistemas SCADA podem gerar alarmes quando ocorrem desvios nos parâmetros de processo, permitindo a rápida identificação e correção de problemas. ▪ **Rastreabilidade e Registos:** Os dados recolhidos pelos sistemas SCADA podem ser armazenados e utilizados para gerar relatórios de produção, controlo de qualidade e rastreabilidade de produtos. ▪ **Integração com Sistemas Corporativos:** Os sistemas SCADA podem se integrar a outros sistemas de gestão empresarial, como ERP e MES, permitindo uma visão integrada da produção.
Restrições	**COMPLEXIDADE E CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO** ▪ **Alto Custo Inicial:** A implementação de um sistema SCADA pode ser cara devido aos custos de hardware, software, e infraestrutura necessária. ▪ **Complexidade na Integração:** Integrar SCADA com sistemas existentes pode ser complexo e exigir significativos recursos técnicos e financeiros. **ESCALABILIDADE E FLEXIBILIDADE** ▪ **Dificuldade de Expansão:** Sistemas SCADA legados podem ter limitações na escalabilidade, dificultando a expansão ou atualização do sistema conforme as necessidades crescem. ▪ **Rigidez**: Muitas vezes, os sistemas SCADA são projetados para aplicações específicas e podem não ser facilmente adaptáveis a novas exigências ou mudanças nos processos. **DEPENDÊNCIA DE TECNOLOGIA PROPRIETÁRIA** ▪ **Falta de Padrões:** A dependência de tecnologias proprietárias pode limitar a interoperabilidade entre diferentes sistemas e fornecedores, criando um bloqueio tecnológico. ▪ **Custos de Licenciamento:** Uso de software e hardware proprietários pode envolver altos custos de licenciamento e manutenção.

Restrições	**LATÊNCIA E TEMPO REAL** ▪ **Latência**: Dependendo da configuração da rede e dos protocolos de comunicação, pode haver atrasos na transmissão de dados, o que é crítico para aplicações que exigem monitorização e controlo em tempo real. ▪ **Resolução Temporal:** A precisão do tempo de resposta pode ser limitada pela capacidade de processamento e transmissão de dados do sistema. **FORMAÇÃO** ▪ **Necessidade de Pessoal Qualificado:** Operar e manter sistemas SCADA requer pessoal altamente qualificado, e a falta de formação adequado pode levar a erros operacionais. ▪ **Atualização de Conhecimentos:** A rápida evolução tecnológica exige formação contínuo para que os operadores e técnicos estejam atualizados com as novas práticas e tecnologias.
Restrições	**Aquisição e Comunicação de Dados:** ▪ Integração com sensores, controladores lógicos programáveis (PLCs) e unidades terminais remotas (RTUs) para recolher dados em tempo real dos processos. ▪ Rede de comunicação confiável e bom desempenho para transmissão dos dados entre os equipamentos e o software SCADA. ▪ Capacidade de exibir os dados recolhidos de forma legível e compreensível para os operadores. **Integração e Interoperabilidade:** ▪ Compatibilidade com diferentes protocolos de comunicação industrial, como Modbus, OPC, etc. ▪ Possibilidade de integração com outros sistemas corporativos, como ERP, MES, CMMS, para uma visão integrada da produção. ▪ Escalabilidade para suportar a expansão do sistema conforme as necessidades do negócio.
Barreiras de implementação	Complexidade técnica; Custos
Nível relativo de Investimento	Médio
Potencial de redução de emissões	Médio-Alto

Anexo 8 – Metodologia da análise de custos e benefícios

A análise custo-benefício é uma ferramenta essencial na avaliação de projetos e políticas. Segundo Mishan e Quah **Invalid source specified.**, a análise custo-benefício envolve a comparação dos custos e benefícios de uma intervenção, considerando tanto os efeitos diretos quanto os indiretos. Esta abordagem permite identificar se os recursos investidos geram um retorno positivo para a sociedade como um todo.

Este roteiro propõe um conjunto de medidas para a descarbonização da indústria agroalimentar. As medidas propostas apresentam evidentes benefícios na prossecução do objetivo da descarbonização destas atividades económicas, razão pela qual são sugeridas. No entanto, a existência de benefícios não é suficiente para justificar a razoabilidade da sua implementação. É necessário ponderar os custos inerentes. Só se os benefícios excederem os custos é que a implementação se justifica.

No entanto, mesmo que os benefícios excedam os custos, não é garantido que as empresas responsáveis pela implementação das medidas estejam interessadas em fazê-lo. Quando estão em causa medidas no domínio da descarbonização, parte substancial desses benefícios não é apropriável pelas empresas que implementam as medidas, correspondendo ao que a economia chama “externalidades”: benefícios para terceiros que não podem ser excluídos do seu usufruto ainda que para eles não contribuam financeiramente. A redução da emissão de GEE, por exemplo, traduz-se essencialmente num benefício para a comunidade em geral, não se restringindo sequer ao território nacional. As empresas que implementam estas medidas suportam os respetivos custos, mas só numa parcela infinitesimal é que aproveitam os correspondentes benefícios, pelo que não têm o incentivo necessário para o fazer na medida desejável.

Coase **Invalid source specified.** demonstrou que, num contexto utópico em que não existissem custos de transação entre todos os afetados, as medidas seriam ainda implementadas em resultado de negociações entre as partes. Mas, no contexto de que estamos a tratar, a simples dificuldade na identificação de todos os afetados inviabiliza essa solução. Por isso, quando as medidas não passam um teste de custo-benefício privado, a existência de externalidades significativas pode justificar a intervenção pública na promoção da sua implementação, nomeadamente, mas não unicamente, pela via da concessão de apoios financeiros. A intervenção pública pode assumir diversas formas, desde subsídios diretos até incentivos fiscais e programas de apoio técnico. Segundo Stiglitz **Invalid source specified.**, a intervenção pública é crucial para corrigir falhas de mercado e promover o bem-estar social.

Além dos aspetos mencionados, é relevante considerar a capacidade das empresas em adaptar-se às novas medidas e a disponibilidade de recursos para tal. A resistência à mudança e a falta

de incentivos podem ser barreiras significativas. Portanto, é crucial desenvolver estratégias que incentivem a adoção das medidas propostas, como programas de formação e desenvolvimento de competências. A literatura sobre mudança organizacional destaca a importância de criar um ambiente favorável à inovação e à adaptação. Segundo Kotter , a mudança organizacional bem-sucedida requer uma visão clara, comunicação eficaz e liderança forte. As empresas devem estar preparadas para enfrentar desafios e aproveitar oportunidades que surgem com a implementação de novas medidas.

Parecendo, portanto, indispensável proceder à ponderação dos custos e benefícios das medidas propostas no Roteiro, a realização de uma análise custo-benefício, estrito senso, debate-se com dificuldades de monta. De facto, não estamos, neste caso, perante intervenções perfeitamente delimitadas, nem quanto à sua natureza, nem quanto aos seus protagonistas. Quanto à natureza, porque o que se apresenta no Roteiro são essencialmente tipos de medidas suscetíveis de produzir os resultados pretendidos, definidas de forma relativamente genérica. Não se trata aqui de especificar de forma precisa a solução concreta mais adequada para cada empresa. Desde logo, sendo esse o outro lado do problema, porque não se trata, também, no âmbito de um trabalho deste tipo de indicar especificamente que empresas iriam implementar as medidas, nem em que momento o fariam. Não é, portanto, possível quantificar exatamente, em termos monetários, o custo associado a cada medida. E, por maioria de razão, não é possível quantificar com exatidão os benefícios que dela decorreriam, até porque, em grande partem estes têm uma natureza não monetária.

Neste contexto, o que se fez, e se apresenta nas páginas seguintes, foi começar por identificar as categorias de custos e benefícios que se considera que estarão associadas a cada uma destas medidas. Para cada uma dessas categorias, definiram-se três níveis (“baixos”, “médios” e “altos”), a que se atribuíram, respetivamente, pontuações de 1, 2 e 3, em função do impacto previsível nas empresas que os implementem ou, no caso das externalidades, do benefício para o conjunto da sociedade. Finalmente, calculou-se uma medida síntese dos custos e dos benefícios, correspondente a uma média ponderada da pontuação que cada medida obteve nas diversas categorias de custo e benefício.

Relativamente aos custos, consideraram-se os seguintes três tipos:

- C1 – Custos financeiros diretos – aqueles que se traduzem num desembolso monetário;
- C2 – Perturbações operacionais - Custos que não se traduzem em desembolsos monetários, mas decorrem diretamente de perturbações da atividade, como, por exemplo, interrupções ou diminuições da produção para ajustamentos nos equipamentos;
- C3 - Outros custos de oportunidade - Outros custos não monetários mais indiretos ou de mais longo-prazo, como os que podem decorrer, por exemplo, de as tecnologias menos poluentes serem menos produtivas.

Para a categoria C1 – Custos financeiros diretos, consideraram-se os seguintes três níveis:

- Baixos (pontuação 1) – Despesas de capital mínimas e reduzido acréscimo em custos operacionais (ex.: otimização de processos existentes, pequenos ajustamentos operacionais, medidas administrativas);
- Médios (pontuação 2) – Despesas de capital ou operacionais com alguma expressão, mas comportáveis dentro das disponibilidades das empresas;
- Elevados (pontuação 3) – Despesas de capital ou operacionais só comportáveis com reforço dos meios financeiros ao dispor da empresa, seja por aumentos de capital, endividamento ou subsídios públicos.

Os níveis considerados para a categoria C2 – Perturbações operacionais foram:

- Baixos (pontuação 1) – Perturbações mínimas ou nulas na atividade (ex.: treino do pessoal em práticas mais sustentáveis);
- Médios (pontuação 2) – Perturbações de alguma monta, mas suportáveis com ajustamentos de curto-prazo (ex.: interrupções de curto prazo na atividade para instalação de novo equipamento);
- Elevados (pontuação 3) – Perturbações de grande monta que exigem planeamento detalhado ou interrupções prolongadas na atividade (ex.: desativação e substituição de uma unidade fabril).

Finalmente, para a categoria C3 – Outros custos de oportunidade, consideraram-se:

- Baixos (pontuação 1) – Impacto (negativo) reduzido ou nulo na produtividade ou competitividade;
- Médios (pontuação 2) – Reduções temporárias na produtividade ou competitividade;
- Elevados (pontuação 3) – Reduções de longo prazo na produtividade ou competitividade decorrentes da adoção de soluções mais favoráveis em termos de emissões de carbono.

A pontuação final em termos de custo foi obtida utilizando as seguintes ponderações:

$$C = 0{,}5 \times C1 + 0{,}3 \times C2 + 0{,}2 \times C3$$

Relativamente aos benefícios, consideram-se separadamente os benefícios privados que se concretizam na esfera da empresa que implementa as medidas e os “benefícios públicos”, ou externalidades, que aproveitam a outros agentes. Consideraram-se três tipos de benefícios privados:

- BPriv1 – Benefícios financeiros diretos - terão, em geral, a ver com reduções dos custos operacionais que as medidas permitam, por exemplo, ao nível da despesa com energia, com materiais ou, no caso do digital, com os custos de gestão da empresa;
- BPriv2 – Benefícios regulatórios - Benefícios (ou custos evitados) associados ao cumprimento das exigências regulatórias atuais ou futuras (esperadas);
- BPriv3 – Benefícios reputacionais e de mercado - Impacto das medidas na reputação da empresa junto dos consumidores e, por essa via, na competitividade da empresa.

Tal como para os custos, considerou-se que cada uma destas categorias de benefício pode assumir três níveis. Quanto aos BPriv1 - Benefícios financeiros diretos consideraram-se:

- Baixos (pontuação 1) – Reduções de pequena monta nos custos operacionais, sem impacto significativo no nível de rentabilidade da empresa;
- Médios (pontuação 2) – Reduções moderadas nos custos operacionais;
- Elevados (pontuação 3) – Reduções acentuadas nos custos operacionais com impacto significativo na sua rentabilidade e potencial para reforçar o seu valor de mercado.

Para os BPriv2 – Benefícios regulatórios os níveis considerados foram:

- Baixos (pontuação 1) – medida sem impacto significativo no cumprimento da regulamentação existente;
- Médios (pontuação 2) – medida que permite à empresa passar a cumprir a regulamentação atualmente existente;
- Elevados (pontuação 3) – medida que permite à empresa antecipar as exigências regulamentares previsíveis até 2030.

E quanto aos BPriv3 – Benefícios reputacionais e de mercado:

- Baixos (pontuação 1) – Medida sem impacto significativo na imagem pública da empresa;
- Médios (pontuação 2) – Medida com potencial para reforçar a atratividade da empresa junto dos consumidores sensíveis a questões ambientais;
- Elevados (pontuação 3) – Medida com potencial para alterar consideravelmente a imagem a empresa, atraindo consumidores ou investidores.

Neste caso, a média ponderada de benefício privado foi obtida de acordo com a fórmula:

$$Bpriv = 0{,}4 \times Bpriv1 + 0{,}4Bpriv2 + 0{,}2Bpriv3$$

Quanto às externalidades, ou benefícios públicos, consideraram-se, também, três categorias:

- BPub1 – Impacto climático – nomeadamente por via do impacto na emissão de GEE;

- BPub2 – Impacto na saúde pública;
- BPub3 – Impacto na biodiversidade e outros aspetos da sustentabilidade.

Como nos casos anteriores, considerou-se que cada categoria podia assumir três níveis, definidos em função do impacto que decorreria da adoção generalizada da medida no setor. Quanto ao BPub1 – Impacto climático:

- Baixo (pontuação 1) – Redução até 5% nas emissões de GEE do setor;
- Médio (pontuação 2) – Redução entre 5% e 15% nas emissões de GEE do setor;
- Elevado (pontuação 3) – Redução de mais de 15% nas emissões de GEE do setor.

Relativamente ao critério BPub2 – Impacto na saúde pública, considerou-se:

- Baixo (pontuação 1) – Impactos localizados e de curto prazo;
- Médio (pontuação 2) – Impactos regionais com efeitos mensuráveis na saúde da população;
- Elevado (pontuação 3) – Impactos significativos e de longo prazo na saúde pública regional/nacional.

Por fim, quanto ao critério BPub3 – Impacto na biodiversidade e outros aspetos da sustentabilidade, os níveis considerados foram:

- Baixo (pontuação 1) – Melhorias pontuais em ecossistemas locais;
- Médio (pontuação 2) – Melhorias mensuráveis na biodiversidade regional;
- Elevado (pontuação 3) – Impacto significativo em preservação de espécies ou ecossistemas.

Importa salientar que, enquanto os custos e benefícios privados foram estimados tendo em conta o que aconteceria a cada empresa que adotasse a medida em questão, os benefícios públicos foram-no para um cenário de adoção generalizada da medida no setor. Quando, por exemplo, se atribui a pontuação 1 no critério BPub1 a determinada medida é porque se estima que, mesmo que generalizadamente adotada no setor, o seu impacto nas emissões de GEE do setor seria inferior a 5%.

A pontuação global dos benefícios públicos corresponde a:

$$BPub = 0{,}4 \times BPub1 + 0{,}4 \times BPub2 + 0{,}2 \times Bpub3$$

Anexo 9 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira das carnes

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Otimização dos processos de cozimento e esterilização	Instalar controladores de temperatura e sensores nos processos de cozimento para garantir a manutenção da temperatura ideal. Além disso, utilizar tampas e isolamento nos recipientes para minimizar a perda de calor.	É possível obter uma potencial redução de até 20% no consumo de combustível.	O custo varia entre 10.000 € e 70.000 €, abrangendo a instalação de sensores, controladores de temperatura e o isolamento dos recipientes.	Sem barreiras ou restrições significativas.
Recuperação de calor nos processos de cozimento e esterilização de carnes	Utilização de permutadores de calor para capturar a energia térmica dos gases de escape ou do vapor utilizado nos processos, redirecionando-a para aquecer a água de entrada ou para outras etapas do processo.	Redução no consumo de energia entre 15 e 30% no uso de gás natural.	O preço de permutadores de calor e sistemas de recuperação de calor podem variar entre 20.000 e 200.000 €.	Integrar sistemas de recuperação de calor em instalações antigas pode exigir modificações significativas, o que pode ser oneroso.
Sistemas de refrigeração otimizados	Implementação de compressores de alta eficiência, controladores de velocidade variável e otimização das temperaturas de condensação e evaporação nos sistemas de refrigeração utilizados no processamento e armazenamento de carnes	A melhoria da eficiência energética do sistema de frio pode alcançar um aumento entre 15 e 25%.	O custo de otimização de sistemas de refrigeração, incluindo a instalação de novos compressores e controladores variáveis, varia entre 50.000 e 300.000 €.	O investimento inicial é elevado, especialmente para empresas que já possuem sistemas de refrigeração convencionais e precisam de atualizações.
Isolamento de áreas refrigeradas	Isolamento eficiente de áreas refrigeradas no setor das carnes, utilizando materiais de revestimento de alto desempenho para minimizar perdas de frio durante o armazenamento e processamento.	O isolamento térmico pode aumentar a eficiência do sistema de frio em 5 a 10% e reduzir o consumo de energia em até 10%.	Para instalações industriais de médio porte, os custos situam-se entre 5.000 e 50.000 €.	Sem barreiras ou restrições significativas.

Anexo 10 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira dos laticínios

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Homogeneização parcial do leite	A nata é homogeneizada com uma pequena proporção de leite desnatado, permitindo uma redução significativa na dimensão do homogeneizador e, consequentemente, uma poupança de energia.	O aumento da eficiência energética do homogeneizador permite reduzir o seu consumo de energia em 20 a 40%.	O custo é aproximadamente 55% do custo de um equipamento normal. Os homogeneizadores de menor apresentam custos mais baixos, tanto em termos de investimento inicial como de operação.	Sem barreiras ou restrições significativas.
Homogeneizador energeticamente eficiente	A pressão de serviço do homogeneizador pode ser reduzida por meio de uma conceção otimizada, o que, por sua vez, diminui também a energia elétrica necessária para o funcionamento do sistema.	Verifica-se uma redução no consumo de energia entre 10 e 30% em comparação com os homogeneizadores convencionais.	Um homogeneizador mais eficiente, com controlo de pressão, tem um custo que pode variar entre 50.000 € e 150.000 €. Além disso, o ajuste do sistema implica um custo adicional entre 5.000 € e 20.000 €.	É necessário integrar o sistema com os equipamentos existentes e adequá-lo aos produtos e processos específicos, uma vez que nem todos os produtos lácteos são compatíveis com um processo de homogeneização a menor pressão.
Utilização de pasteurizadores contínuos	A pasteurização contínua tem uma duração significativamente menor em comparação com os sistemas por lotes, que podem levar até 30 minutos, enquanto o tempo de retenção no pasteurizador contínuo é de apenas alguns segundos.	Permite uma recuperação de calor entre 80 e 90%, com uma redução no consumo energético de até 30% em comparação com os sistemas de pasteurização por lotes.	Os custos estimados para um pasteurizador de médio a grande porte variam entre 100.000 e 500.000 €.	Custo inicial elevado, além da necessidade de espaço físico e infraestrutura dedicada.

Técnica de regeneração na pasteurização	**O leite frio recebido é aquecido pelo calor transferido do leite quente que sai da secção de pasteurização, otimizando a eficiência energética do processo.**	**Permite reduzir até 90% o consumo de energia térmica.**	**O investimento estimado para a instalação de um novo permutador de calor é de cerca de 145.000 €.**	**Sem barreiras ou restrições significativas.**
Tratamento do leite a temperatura ultra-alta (UHT) sem pasteurização intermédia	O leite UHT é produzido numa única fase a partir do leite cru, reduzindo assim a energia necessária para a pasteurização.	Com esta medida, é possível registar uma redução de 38% no consumo de energia elétrica, 45% no consumo de vapor, 60% no consumo de água e 33% na geração de resíduos.	É possível alcançar uma redução de 30% no custo de investimento e de 50% no custo operacional, em comparação com uma linha tradicional.	Sem barreiras ou restrições significativas.
Secagem em várias fases na produção de leite em pó	A medida consiste na secagem em várias fases na produção de leite em pó, utilizando um processo de pulverização a seco combinado com um secador a jusante, como um secador de leito fluidizado.	Obtém-se uma redução no consumo de energia entre 15 e 25%, em comparação aos sistemas de secagem de uma fase.	Os custos para a implementação desta medida podem variar, situando-se, em média, entre 500.000 e 1.000.000 € para um sistema de média capacidade.	O ruído e o risco de misturas explosivas são barreiras relevantes à implementação desta medida, exigindo medidas adicionais de segurança e controlo, o que pode aumentar os custos e a complexidade do processo.
Pré-arrefecimento de água gelada	Na utilização de água gelada, a água de retorno é pré-arrefecida, por exemplo, através de um permutador de calor de placas, antes de ser submetida ao arrefecimento final num reservatório de água gelada, utilizando um evaporador de serpentina.	É possível obter uma redução de 20% no consumo de energia elétrica.	Os benefícios incluem uma poupança de 50.000 € para produções inferiores a 600 t/dia e de 135.000 € para produções superiores a 600 t/dia, considerando a implementação de um sistema composto por um refrigerador de placas, bomba, válvulas, reguladores, tubagem e instalação.	As restrições incluem os riscos de segurança associados ao uso de amoníaco, o que exige cuidados adicionais. Esta solução é geralmente aplicada em novas instalações, permitindo um aumento da capacidade de refrigeração sem necessidade de investimentos adicionais.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Cura de queijo a alta temperatura com controlo de humidificação e ionização do ar	A medida otimiza a cura do queijo ao aumentar a temperatura do ar para reduzir o tempo de maturação, enquanto o ar de ventilação é humidificado e ionizado, garantindo eficiência energética, qualidade do produto e controlo do ambiente.	Os benefícios desta medida incluem uma poupança energética significativa, equivalente a aproximadamente 272.000 kWh/ano de eletricidade ou 85.000 m³/ano de gás natural.	Os custos incluem investimentos iniciais com um período de retorno de aproximadamente dois anos, compensados por poupanças significativas em mão de obra, manutenção e materiais utilizados na limpeza do sistema de ventilação.	A maturação a alta temperatura está sujeita a limitações devido à necessidade de preservar o sabor desejado do produto, garantir sua qualidade e manter a estabilidade dos processos de fabricação na instalação de produção de queijo.
Utilização da ultrafiltração para a padronização proteica de queijos	A ultrafiltração é um processo em que o leite flui sob pressão através de uma membrana semipermeável, que retém as moléculas de proteína. Este método permite aumentar o rendimento do queijo por unidade de leite processado, sendo frequentemente utilizado para a padronização proteica do leite destinado à produção de queijo.	Este processo permite uma redução de 12% no volume de leite necessário, resultando em menores consumos de energia e água, bem como na diminuição da produção de soro de leite e águas residuais.	O custo é de cerca de 430.000 €, e o sistema pode ser instalado em instalações novas ou existentes, graças aos seus baixos requisitos de espaço.	As membranas necessitam de limpeza regular, o que implica a utilização de produtos químicos. Após a limpeza, é essencial enxaguar cuidadosamente o filtro com água abundante. Além disso, as membranas usadas precisam de ser devidamente eliminadas.
Recuperação de calor da instalação de refrigeração para pasteurização	Uma bomba de calor com amoníaco aproveita o calor residual do ciclo de refrigeração, elevando-o a uma temperatura adequada para a pasteurização, melhorando a eficiência energética, reduzindo custos e promovendo a sustentabilidade.	Esta solução permite reduzir entre 15 a 30% o consumo energético na pasteurização. O amoníaco, com potencial de aquecimento global quase nulo e sem impacto na camada de ozono, torna esta solução ambientalmente favorável.	O custo de uma bomba de calor de amoníaco varia entre 250.000 e 500.000 €, com um retorno do investimento estimado entre 3 e 7 anos, dependendo das condições operacionais e do nível de poupança energética alcançado.	O amoníaco, embora eficiente e ambientalmente favorável, é tóxico e exige cuidados rigorosos na sua manipulação e segurança, devido aos riscos associados a potenciais vazamentos.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Recuperação do calor do soro de leite quente	O soro residual, a uma temperatura de 40-60°C, pode ser usado para pré-aquecer o leite fresco que entra no processo. Assim, o leite já inicia o processamento mais quente, reduzindo a energia necessária para o aquecimento subsequente.	A recuperação de calor do soro permite otimizar o processo de aquecimento do leite, proporcionando uma redução de 15 a 25% no consumo de energia térmica necessária.	O investimento inicial é estimado em cerca de 500.000 €, com custos operacionais anuais na ordem dos 20.000 €.	A recuperação de calor do soro deve ser implementada cuidadosamente, garantindo medidas adequadas para evitar qualquer risco de contaminação cruzada.
Utilização de água estéril no homogeneizador	A tecnologia para homogeneizadores assépticos de alta pressão consiste na utilização de água esterilizada, em substituição do vapor, para a lavagem das barreiras assépticas, assegurando a higienização do processo.	A utilização de água esterilizada no homogeneizador reduz significativamente o consumo de vapor, podendo atingir uma diminuição de até 93%.	O custo estimado para a implementação desta tecnologia é de cerca de 30.000 € por um homogeneizador com capacidade de 17 m³.	Necessidade de adequação da infraestrutura para suportar o uso de água esterilizada e garantia da qualidade, consistência e monitorização contínua da água utilizada.
Hibernação para pasteurizadores e esterilizadores	A função de hibernação permite que a unidade pasteurizadora ou esterilizadora entre em modo de baixo consumo durante a circulação de água. Neste estado, o caudal é reduzido, o arrefecimento opera no mínimo necessário e o consumo total de energia é significativamente diminuído.	Redução entre 15% e 30% durante os períodos de inatividade. Permite uma redução no consumo de energia entre 15% e 30% durante os períodos de inatividade.	A implementação de um sistema de hibernação em unidades de pasteurização ou esterilização requer uma atualização nos sistemas de controlo automatizado, com custos estimados a variar entre 30.000 e 100.000 €.	Compatibilidade com os equipamentos existentes e necessidade de sistemas automatizados adequados para garantir a funcionalidade do modo de hibernação.

Anexo 11 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira das bebidas alcoólicas e não alcoólicas

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Empastagem a temperaturas mais elevadas	A empastagem dá-se tipicamente a 37 – 50 °C, mas na maioria das cervejeiras, uma temperatura de empastamento mais elevada (60 °C) reduz a utilização de água fria, uma vez que a água quente do arrefecimento do mosto necessitará de menor volume de água fria para atingir a temperatura de empastamento desejada.	Esta medida permite uma redução do consumo energético do processo entre 10 e 15%, representando uma melhoria significativa na eficiência energética.	O custo da implementação pode variar entre 10.000 e 50.000 € para adaptações simples, podendo atingir 50.000 a 150.000 € caso seja necessária a substituição ou modificação de tanques e permutadores de calor.	A técnica pode não ser aplicável devido às especificações do produto, por exemplo, as cervejas de trigo precisam de ser empastadas a temperaturas mais baixas (45 °C a 55 °C).
Diminuição da velocidade de evaporação durante a ebulição do mosto	A velocidade de evaporação pode ser reduzida de 10% para cerca de 4% por hora, utilizando sistemas como a ebulição em duas fases ou a ebulição dinâmica sob baixa pressão.	A redução da taxa de evaporação pode levar a uma diminuição de 20 a 25% no consumo de energia, contribuindo para uma maior eficiência energética do processo.	Os sistemas de ebulição em duas fases têm um custo estimado entre 50.000 e 200.000 €, enquanto os sistemas de ebulição a baixa pressão apresentam um custo que varia entre 70.000 e 250.000 €.	Compatibilidade do equipamento existente, necessidade de capacitação e ajustes no processo, possíveis requisitos adicionais de manutenção e monitorização, o impacto potencial na qualidade e no sabor do produto.
Aumento da quantidade de cerveja produzida a partir de mosto de elevado extrato primitivo	Esta técnica consiste na produção de mosto concentrado com elevado extrato primitivo, o que reduz o volume processado e permite economizar energia.	A medida permite reduzir entre 15 e 20% o consumo de energia nas etapas de fervura e arrefecimento	Os custos incluem a atualização de tanques e equipamentos de mistura, com valores estimados entre 80.000 e 200.000 €. Adicionalmente, o investimento num sistema automatizado para controlo preciso da densidade do mosto varia entre 50.000 e 150.000 €.	Compatibilidade do equipamento, capacitação e ajustes no processo, manutenção e monitorização adicionais e impacto na qualidade e sabor do produto.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Substituição do processo de decocção pelo de infusão do mosto	Neste processo, o malte moído é misturado com água morna no tanque de mosturação, onde o mosto é aquecido de forma controlada até 78 °C, com agitação constante para garantir a homogeneidade e a eficiência da conversão de amidos em açúcares fermentáveis.	O processo de infusão pode reduzir o consumo de energia entre 15 a 30% em comparação com a decocção, graças à eliminação de etapas repetitivas de fervura e ao controlo mais eficiente da temperatura durante a mosturação.	Os investimentos envolvem a adaptação ou aquisição de tanques de mosturação, com custos que podem oscilar entre 50.000 e 150.000 €, além da instalação de sistemas automatizados de controlo de temperatura, estimados entre 30.000 e 80.000 €.	Esta substituição deve ser avaliada cuidadosamente, pois a infusão pode afetar o sabor e o aroma da cerveja.
Recuperação de calor do vapor da caldeira de mosto	A recuperação do calor do vapor do mosto em ebulição consiste em utilizar sistemas de conservação de energia para captar o calor libertado pelo vapor gerado durante a fervura do mosto, aproveitando-o para aquecer outros fluidos ou processos através da condensação desse vapor.	Implementar a recuperação de calor do vapor da caldeira de mosto pode resultar numa redução significativa de 26% no consumo de eletricidade e 13% no consumo de energia térmica.	Os sistemas de recuperação de calor do vapor apresentam um custo variável, normalmente entre 50.000 e 200.000 €.	Esta técnica é amplamente aplicável e tem um impacto mínimo na qualidade da cerveja. No entanto, é necessário avaliar a disponibilidade de espaço e a compatibilidade com o sistema existente antes da sua implementação.
Recuperação de calor da fervura do mosto	A medida consiste em captar e reutilizar o calor do vapor gerado durante a fervura do mosto, utilizando condensadores de vapor ou permutadores de calor, para pré-aquecer água ou outros fluxos do processo.	Este método permite melhorar a eficiência energética do sistema, reduzir custos e diminuir o consumo de energia térmica em até 4 kWh/hl.	Os custos associados à implementação desta medida incluem um investimento inicial de 1.6 M€ para uma instalação de larga escala e cerca de 30.000 € anuais em funcionamento e manutenção.	As principais restrições podem incluir o elevado investimento inicial, a necessidade de compatibilidade com o equipamento existente e o espaço físico limitado para a instalação.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Aumento do grau de fabrico de cerveja em alta gravidade	Este processo, conhecido como fermentação de alta gravidade (HGB), consiste em produzir um mosto mais concentrado, com densidade superior à da cerveja final, que é posteriormente diluído com água desareada e gaseificada antes ou após a fermentação, até alcançar o teor de extrato desejado. A produção de mosto concentrado reduz o volume processado, poupando energia e otimizando a eficiência do processo.	Ao aumentar a concentração do mosto, é possível reduzir entre 20% e 30% o consumo de energia, graças à diminuição do volume processado durante as etapas de aquecimento, fervura e refrigeração.	Os custos de implementação variam entre 100.000 € e 500.000 €, com um retorno sobre o investimento estimado entre 2 e 4 anos, dependendo do volume de produção, dos custos de energia e do potencial de otimização do processo.	A técnica pode não ser adequada para todas as cervejas devido a especificações específicas de certos estilos. Entre as desvantagens da fermentação em alta gravidade estão a menor estabilidade da espuma e potenciais efeitos negativos na levedura, que podem impactar o sabor e a qualidade final da cerveja.
Sistema energético integrado na central de recuperação de CO_2	Este sistema visa recuperar o calor desperdiçado durante a operação de recuperação do CO_2 (geralmente proveniente de processos de fermentação) e reutilizá-lo para outras partes do processo, como aquecer a água ou os próprios fluidos de processo.	Redução de 85 kWh por tonelada de CO_2 evaporado ou melhoria da eficiência energética global do sistema entre 10 e 30%.	A instalação de permutadores de calor e sistemas de armazenamento custa entre 500.000 e 2 M€, com um retorno sobre o investimento em 2 a 5 anos.	A implementação exige reengenharia e um investimento significativo para otimização energética, podendo não ser viável para cervejarias que não liquefazem o CO_2 antes da utilização; além disso, a tecnologia é adequada para indústrias que processam cerca de 500 kg de CO_2/h e operam de forma contínua (>5.000 h/ano).
Diminuição da taxa de evaporação durante a ebulição do mosto	A taxa de evaporação pode ser reduzida de 10% para aproximadamente 4% por hora. Ao diminuir a taxa de evaporação, a energia térmica é poupada proporcionalmente.	Redução de 40% no consumo de energia térmica e poupança de combustível entre 20% e 40%.	A instalação de sistemas de controlo da evaporação custa entre 100.000€ e 500.000€, com um retorno sobre o investimento em 1 a 3 anos.	Requer modificação do equipamento existente, aumenta a complexidade operacional, envolve riscos no controlo da pressão e pode ter limitações na implementação em grande escala.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Misturador no tanque de fermentação	A introdução de mistura forçada nos tanques de fermentação acelera o processamento e arrefecimento, aumentando a eficiência do processo. O sistema utiliza um misturador de jato rotativo e uma bomba de circulação, que garantem uma mistura mais homogénea dentro do tanque.	Redução de 30% da necessidade de arrefecimento.	O custo de implementação é inferior a 30% do valor necessário para a instalação de novos fermentadores (para uma capacidade de 2 Mhl/ano).	É necessário um consumo extra de eletricidade para operar o misturador de jato rotativo através de uma bomba, cuja entrada de calor também deve ser compensada por um arrefecimento extra.
Arrefecimento externo do tanque de fermentação	A substituição do arrefecimento tradicional da camisa do tanque de fermentação, muitas vezes ineficiente, por um sistema externo mais eficiente com permutador de calor, onde a cerveja é forçada a circular através de uma bomba de circulação, melhora a eficiência térmica do processo.	O arrefecimento com permutadores de calor externos melhora a transferência térmica, permitindo um arrefecimento mais eficiente da cerveja e reduzindo o consumo de energia em 20 a 40%.	Instalação de um sistema de arrefecimento externo com permutadores de calor pode variar entre 50.000 e 200.000 €. O retorno do investimento pode ser alcançado entre 1 e 3 anos.	A disponibilidade de espaço físico extra um e elevado custo inicial.
Pasteurizador único para a produção de néctar/sumo	A utilização de um único pasteurizador para processar tanto o sumo como a polpa, em vez de dois sistemas separados, simplifica o processo, reduz o consumo energético e otimiza a eficiência do sistema.	O consumo de energia pode ser reduzido em 15 a 30% face à utilização de dois pasteurizadores, além de diminuir a necessidade de manutenção e reduzir o tempo de pasteurização.	O custo de um sistema único pode ser até 25 % inferior ao de dois pasteurizadores separados, com um investimento estimado entre 30.000 e 100.000 €.	Pode não ser aplicável em casos onde as dimensões das partículas de polpa dificultem a eficiência do processo.
Homogeneizador energeticamente eficiente para a produção de néctar/sumo	A pressão de serviço do homogeneizador é reduzida através de uma conceção otimizada e, por conseguinte, é igualmente reduzida a energia elétrica necessária para conduzir o sistema.	O consumo de energia elétrica pode ser reduzido entre 10 e 20%.	A instalação de um sistema mais eficiente de homogeneização, com pressão reduzida, pode variar de 20.000 a 100.000 €, dependendo das especificações e do tamanho da operação.	A redução da pressão de serviço do homogeneizador pode impactar a qualidade do produto, podendo ser necessário ajustar o processo de produção para manter os padrões desejados.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Aplicação de pressão negativa para fins de mistura	A aplicação de pressão negativa atua como força motriz para escoar os fluidos dos recipientes ou para adicionar pó para bebidas ao misturador. Estes pós dissolvem-se facilmente e requerem menos energia do que ingredientes mais complexos, como as gomas.	Redução de 10.5 kW no consumo de energia elétrica para um depósito de 3.000 litros ou poupança energética entre 10 e 30%.	Os sistemas de vácuo industriais têm um custo entre 20.000 e 150.000 €, variando conforme a escala da operação e o tipo de ingredientes processados.	Esta técnica é amplamente utilizada a nível global e é aplicável a instalações de bebidas na etapa de mistura. No entanto, para pós viscosos, como estabilizadores, pode ser necessário recorrer a técnicas complementares, como a mistura de alto cisalhamento.
Transporte hidráulico de açúcar	O açúcar é transportado por água até à unidade de produção, permitindo uma pré-dissolução natural durante o transporte, o que reduz a energia necessária para o processo de dissolução final.	Redução de 89 kW no consumo de energia elétrica para um fluxo de 10.000 l/h ou uma poupança de 20% a 40% na energia necessária para a dissolução completa do açúcar.	A modificação do sistema de transporte pode exigir um investimento de 10.000 a 50.000 €, dependendo da escala e adaptação necessária.	Adoção sujeita a variações na solubilidade do açúcar, necessidade de monitorização e controlo da qualidade e adaptação às características do produto.
Utilização de sopradores de baixa pressão para secar garrafas	Instalação de sopradores de ar de baixa pressão para aplicação de secagem de garrafas. Os sopradores são muito mais eficientes em termos de operação e manutenção.	Redução de 35 m^3/h de ar comprimido, correspondente a 3 kW de poupança energética.	Custo anual de 9.000 €, assumindo um funcionamento de 5.000 horas/ano e um custo de eletricidade de 0.10 €/kWh.	O tempo de secagem das garrafas pode ser mais longo em algumas fábricas, dependendo das condições operacionais.
Sistema de filtragem e tratamento de água para reutilização	A filtragem e tratamento da água permitem a sua reutilização no processo produtivo, reduzindo a necessidade de captação de novas fontes e o consumo energético associado ao bombeamento e tratamento da água bruta.	Redução de 15 a 20% no consumo de energia relacionado com o bombeamento e tratamento da água.	O investimento em sistemas de filtragem e tratamento varia entre 50.000 e 200.000 €, dependendo do volume de água processada e da qualidade exigida para a reutilização.	Custos elevados de instalação e manutenção, restrições sanitárias impostas por regulamentações e necessidade de formação especializada para operação e monitorização do sistema.

Anexo 12 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira da preparação e conservação de frutos e de produtos hortícolas

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Arrefecer frutas e legumes antes de congelar	A temperatura das frutas e legumes pode ser reduzida antes do congelamento através do contacto com água fria, melhorando a eficiência do processo. A água circulante refrigerada pode ser continuamente arrefecida com a instalação de um refrigerador adicional ou de placas evaporadoras, reduzindo o consumo energético.	Diminuição do consumo energético entre 15 e 20%, com uma redução de 5 a 7 kWh/t no consumo de eletricidade e redução da potência necessária entre 3 e 5.5 kW por cada t/h.	O investimento em placas evaporadoras para arrefecimento da água circulante varia entre 10.000€ e 50.000€, dependendo da escala da operação.	Requer espaço adicional para instalação e a utilização de um controlador de humidade mais rigoroso para evitar condensação excessiva.
Pré-tratamento e reciclagem de água	No processamento de frutas e hortaliças, é utilizada uma grande quantidade de água para lavagens e higienização. A reciclagem e o pré-tratamento da água permitem reduzir o consumo total de água e diminuir a energia necessária para o aquecimento nos processos produtivos.	Possibilidade de reduzir o consumo de água em até 50% e de diminuir o consumo de energia entre 10 e 20% em processos que envolvem aquecimento da água.	O investimento varia entre 20.000 e 80.000 €, consoante a capacidade de tratamento e os requisitos de qualidade da água.	A qualidade da água pode ser afetada, exigindo monitorização rigorosa, e a instalação pode ser complexa, dependendo das condições da unidade industrial.
Recuperação de calor de sistemas de refrigeração	A recuperação de calor dos sistemas de refrigeração permite reaproveitar o calor gerado no processo de arrefecimento para aquecer água ou outros setores da instalação.	Possibilidade de reduzir o consumo de energia em até 25%, melhorando a eficiência térmica da unidade produtiva.	O investimento varia entre 30.000 e 100.000€, dependendo do tamanho do sistema de refrigeração e da infraestrutura necessária para redistribuir o calor recuperado.	Pode apresentar desafios na integração com sistemas existentes e exige manutenção contínua para garantir tanto eficiência como fiabilidade.
Otimização de sistemas de congelamento rápido	O congelamento rápido individualizado é amplamente utilizado para preservar a qualidade de frutas e hortaliças. A otimização da temperatura e do fluxo de ar nos sistemas de congelamento pode reduzir significativamente o consumo de energia	Possibilidade de reduzir o consumo de eletricidade entre 10 e 15%, melhorando a eficiência energética sem comprometer a qualidade dos produtos.	Os custos de implementação variam entre 20.000 e 150.000 €, dependendo do nível de automatização, do sistema de controlo de temperatura e da gestão do fluxo de ar.	O custo de atualização pode ser elevado e a otimização requer treino especializado das equipas para garantir o correto funcionamento do sistema.

Anexo 13 - Fichas detalhadas de medidas de descarbonização aplicáveis à fileira dos cereais e panificação

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Recuperação de calor nos fornos	A recuperação de calor consiste na instalação de permutadores térmicos que captam o calor dos gases de exaustão e o reutilizam para pré-aquecer o ar de combustão ou a água. Esta medida reduz a energia necessária para o aquecimento inicial, aumentando a eficiência do processo.	Pode permitir reduções de consumo de gás ou eletricidade entre 10 e 30%, resultando numa significativa poupança energética.	O investimento em sistemas de recuperação de calor varia entre 40.000 € e 200.000 €, consoante a capacidade do forno e a dimensão da unidade.	A implementação depende da compatibilidade com os fornos existentes, sendo essencial uma manutenção regular para garantir a eficiência do sistema.
Processamento térmico contínuo	O processamento térmico contínuo, especialmente através da extrusão, é uma solução eficiente e versátil para o setor dos cereais e da panificação. Esta tecnologia permite reduzir o consumo energético, os custos operacionais e o espaço necessário, ao mesmo tempo que oferece flexibilidade para produzir uma ampla gama de produtos, como cereais de pequeno-almoço e snacks.	O processamento térmico por extrusão é altamente eficiente, adaptável e energeticamente vantajoso, permitindo reduções de até 44% nos custos de equipamentos, 19% no consumo de matérias-primas e 14% em custos de mão de obra, além de simplificar diversas etapas produtivas.	O investimento inicial em equipamentos de processamento térmico contínuo por extrusão pode situar-se entre 55.000 € e 440.000 €, dependendo da capacidade e especificações do sistema.	A implementação desta tecnologia deve ser cuidadosamente avaliada, pois os produtos obtidos podem apresentar características diferentes das produzidas por métodos tradicionais, especialmente no caso da panificação.
Uso de motores de alta eficiência para moagem	A substituição de motores elétricos de alta potência por modelos de elevada eficiência, aliada à adoção de variadores de velocidade, pode reduzir significativamente o consumo de energia no processo de moagem.	Esta medida pode melhorar a eficiência energética entre 5 e 10% por motor.	O investimento médio varia entre 10.000 e 50.000 € por motor, dependendo da potência e das especificidades do equipamento.	Requer um investimento inicial elevado, com um retorno sobre o investimento a médio prazo.

Medida	Descrição sucinta	Motivação e Benefícios	Custos	Restrições e Barreiras
Sistemas de refrigeração otimizados	A adoção de compressores de alta eficiência, variadores de velocidade e a manutenção de temperaturas de condensação e evaporação otimizadas permite melhorar significativamente a eficiência energética dos sistemas de refrigeração.	Pode proporcionar um aumento da eficiência energética entre 15 e 25%.	O investimento na otimização dos sistemas de refrigeração, incluindo a instalação de novos compressores e controladores de velocidade variável, varia entre 50.000 e 300.000 €, dependendo da dimensão e complexidade do sistema.	O custo inicial é elevado, especialmente para empresas que já possuem sistemas de refrigeração convencionais e necessitam de adaptações ou substituições para implementar estas melhorias.
Isolamento de áreas refrigeradas	A aplicação de isolamento térmico em áreas refrigeradas reduz as perdas de frio, contribuindo para uma maior eficiência energética. A seleção de materiais de revestimento eficazes é essencial para minimizar a transferência de calor e otimizar o desempenho dos sistemas de refrigeração.	O isolamento térmico pode melhorar a eficiência dos sistemas de refrigeração entre 5% e 10%, resultando numa redução do consumo de energia de até 10%.	Para instalações industriais de média dimensão, os custos de implementação variam entre 5.000 e 50.000 €, dependendo da área a isolar e dos materiais utilizados.	Sem barreiras ou restrições significativas.
Sistemas de controlo de processo	A automatização das instalações permite otimizar os processos produtivos, ajustando o funcionamento dos equipamentos em tempo real e desligando-os quando não são necessários. Esta abordagem melhora a eficiência operacional e reduz o consumo de energia desnecessário.	Pode resultar em economias de 15 a 30% no consumo de energia, dependendo da complexidade e do nível de automação implementado.	O investimento em Controladores Lógicos Programáveis (CLP) e sensores varia entre 10.000 € e 50.000 €, enquanto o software de automação pode custar entre 5.000 € e 30.000 €, dependendo da complexidade do sistema. Além disso, a manutenção anual ronda os 2.000 € a 10.000 €, incluindo atualizações, calibração de sensores e suporte técnico.	Envolve o projeto e a construção de um sistema de controlo de processos, exigindo sensores, instrumentos, computadores e a aplicação de processamento de dados.