



Desenvolvimento de uma ferramenta para apoio à decisão na valorização de subprodutos de bivalves

Joana Andreia Martins da Costa

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar

Janeiro de 2026



Desenvolvimento de uma ferramenta para apoio à decisão na valorização de subprodutos de bivalves

Joana Andreia Martins da Costa

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar

Dissertação de mestrado realizada sob a orientação da Professora Susana Filipa de Jesus Silva e da
Professora Alexandra Augusta Ramos Lopes da Cruz.

Janeiro de 2026

Agradecimentos

Este mestrado foi uma viagem longa e desafiante, feita de esforços, resiliência e de caminhos que nem sempre seguiram a rota inicialmente traçada. Ao longo deste percurso, surgiram ventos inesperados que obrigaram a mudar o rumo, a abrandar, e por vezes, a recomeçar. A conclusão deste trabalho simboliza, não apenas o fim de uma etapa académica, mas a concretização de um sonho construído ao longo do meu percurso pessoal. Para chegar até aqui, foi fundamental o apoio que recebi ao longo deste caminho, os ombros amigos, as palavras de incentivo e todas as formas de ajuda que tornaram possível alcançar este ponto.

Gostaria de expressar o meu agradecimento às minhas orientadoras, professora Susana Filipa de Jesus Silva e a professora Alexandra Augusta Ramos Lopes da Cruz, por todo o apoio que me prestaram, mesmo com todos os percalços deste caminho, por todo o acompanhamento ao longo deste tempo e por terem ajudado a simplificar quando tudo parecia confuso.

Agradeço aos meus pais, por sempre me apoiarem nas minhas decisões, por serem sempre o meu braço direito, por nunca me deixarem cair e incentivarem a alcançar todos os meus objetivos e sonhos. O vosso apoio, foi e sempre será, um pilar fundamental na minha vida tornando-me aquilo que hoje sou.

Ao meu namorado, Marcelo, tenho a agradecer por me ter enxugado todas as lágrimas que surgiram neste percurso, por não me ter deixado cair quando tudo parecia não ter volta. Agradeço todo o apoio e incentivo constante para que este objetivo fosse realizado com sucesso.

À minha bebé Alice, que surgiu no auge deste percurso, sem nada a fazer prever. Que mesmo sendo tão pequenina me demonstra todos os dias que a persistência é um ponto chave deste caminho, que com apenas o seu sorriso me enche de forças.

Ao meu braço direito, Sofia, agradeço por teres sido o meu ombro amigo para todas as partilhas e desabafos que surgiram ao longo deste percurso, por teres agarrado a minha mão e teres enfrentado o desafio de um mestrado comigo. Que seja sempre assim, a nossa caminhada, lado a lado.

Por fim, gostaria de agradecer às empresas que de forma gentil colaboraram comigo na realização deste trabalho, através das entrevistas realizadas, para que conseguisse obter dados reais deste setor. A vossa participação foi muito importante para a realização do objetivo final.

Um obrigado a todos os que cruzaram o meu caminho durante este percurso!

Resumo

A crescente produção e consumo de bivalves em Portugal e no mundo tem originado um aumento significativo de subprodutos, principalmente conchas, que continuam maioritariamente a ser encaminhadas para aterros. Esta prática representa um custo económico relevante para as empresas do setor, tendo um elevado impacto ambiental, sendo uma oportunidade perdida no âmbito da economia circular.

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento e validação de uma ferramenta de apoio à decisão para a valorização de subprodutos de bivalves. Pretende-se assim auxiliar as empresas produtoras, centros de depuração e expedição de bivalves na valorização sustentável dos seus subprodutos, integrando critérios técnicos, económicos, legais e ambientais. O desenvolvimento foi iterativo e suportado em pesquisa bibliográfica e entrevistas aos operadores do setor.

Os resultados obtidos demonstram que as conchas representam entre 65% e 90% do peso total dos bivalves, o que se traduz na produção anual de subprodutos quantidades muito significativas. A nível nacional, verificou-se que as empresas geram, em média, cerca de 11% de subprodutos face ao volume total produzido, sendo que as empresas entrevistadas encaminham atualmente estes resíduos para a eliminação, principalmente através da deposição em aterro. Esta prática está associada a custos económicos relevantes e a impactos ambientais negativos. Apesar de a literatura demonstrar um elevado potencial de valorização das conchas em vários setores como a construção, agricultura, tratamento de águas, alimentação animal, cosmética e a farmacêutica, a adoção destas soluções ainda é limitada, sobretudo devido à falta de informação, dificuldades técnicas e até à ausência de instrumentos de apoio à decisão mais adaptados à realidade das empresas.

Neste contexto a ferramenta desenvolvida, denominada de “BivalValor”, foi concebida para ser prática, intuitiva e adaptável às diferentes realidades de cada empresa de forma a permitir avaliar diferentes opções de valorização em função do volume de subprodutos gerados e da capacidade operacional e financeira da empresa.

Posto isto, conclui-se que a disponibilização desta ferramenta constitui um contributo relevante para promover práticas mais sustentáveis no setor dos bivalves e reduzir os custos associados à gestão de resíduos.

Palavras-chave: Bivalves; Conchas; Subprodutos; Economia circular; Ferramenta de apoio à decisão; Sustentabilidade.

Abstract

The growing production and consumption of bivalves in Portugal and worldwide has led to a significant increase in by-products, mainly shells, which continue to be sent to landfills. This practice represents a significant economic cost for companies in the sector, has a high environmental impact, and is a missed opportunity in terms of the circular economy.

The aim of this work was to develop and validate a decision support tool for the recovery of bivalve by-products. The intention is to assist bivalve producers, purification centres and dispatchers in the sustainable recovery of their by-products, integrating technical, economic, legal and environmental criteria. The development was iterative and supported by bibliographic research and interviews with operators in the sector.

The results obtained show that shells represent between 65% and 90% of the total weight of bivalves, which translates into a very significant annual production of by-products. At national level, it was found that companies generate, on average, around 11% of by-products in relation to the total volume produced, with the companies interviewed currently sending this waste for disposal, mainly through landfill. This practice is associated with significant economic costs and negative environmental impacts. Although the literature shows a high potential for the recovery of shells in various sectors such as construction, agriculture, water treatment, animal feed, cosmetics and pharmaceuticals, the adoption of these solutions is still limited, mainly due to a lack of information, technical difficulties and even the absence of decision support tools that are more adapted to the reality of companies.

In this context, the tool developed, called ‘BivalValor’, was designed to be practical, intuitive and adaptable to the different realities of each company in order to allow the evaluation of different recovery options depending on the volume of by-products generated and the operational and financial capacity of the company.

That said, it can be concluded that the availability of this tool is a significant contribution to promoting more sustainable practices in the bivalve sector and reducing the costs associated with waste management.

Keywords: Bivalves; Shells; By-products; Circular economy; Decision support tool; Sustainability.

Índice Geral

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract	v
1. Introdução	1
1.1. Caracterização morfológica dos bivalves	1
1.2. Produção e consumo de bivalves	2
1.3. Contexto socioeconómico	4
1.4. Gestão de subprodutos	5
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo geral	6
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
2. Metodologia	8
2.1. Identificação do problema	8
2.2. Pesquisa bibliográfica e enquadramento teórico	8
2.3. Entrevistas ao setor	9
2.4. Desenvolvimento da ferramenta de apoio à decisão.....	9
2.5. Validação e reajuste da ferramenta	9
3. Estado da arte	11
3.1. Caracterização dos subprodutos	11
3.1.1. Composição química, nutricional e funcional dos bivalves	11
3.1.2. Composição química das conchas dos bivalves.....	12
3.2. Dados estatísticos	13
3.3. Aplicações de subprodutos.....	15
3.4. Fluxograma de produção.....	24
4. Diagnóstico das práticas do setor a nível nacional	27
5. Desenvolvimento de ferramenta de apoio	30
5.1. Enquadramento	30
5.2. Exemplos	31
5.3. Ferramenta “BivalValor”	32
6. Disponibilização e sustentabilidade futura da ferramenta	39
7. Conclusão	40
8. Referências bibliográficas	41
9. Anexos	47

Lista de figuras

Figura 1 - Composição de um bivalve	2
Figura 2 - Estruturas flutuantes de produção de mexilhão conhecidas como “bateas”	4
Figura 3 - Mexilhões de bouchot cultivados em estacas de madeira	4
Figura 4 - Esquema metodológico das etapas realizadas	8
Figura 5 - Vista longitudinal de <i>M. galloprovincialis</i> que mostra a organização estrutural entre a concha e o manto subjacente;	13
Figura 6 - Estrutura do volume de produção em aquicultura por espécie	14
Figura 7 - Importações e exportações mundiais de mexilhões, janeiro-junho.....	15
Figura 8 - Lista de publicações científicas na área de valorização de conchas de moluscos desde 1980 agrupadas por década (a) e por ano desde 2000 (b). Em (b), o intervalo de tempo no eixo x é expresso omitindo-se 20.	16
Figura 9 - Cadeia reprodutiva de bivalves, desde a sua colheita até à fase de expedição	25
Figura 10 - Fluxo de valorização de resíduos agroalimentares segundo o projeto Model2Bio...32	

Lista de tabelas

Tabela 1 - Composição nutricional dos bivalves.....	12
Tabela 2 – Principais aplicações dos subprodutos de bivalves identificadas na literatura	19
Tabela 3 - Produção e subprodutos gerados pelas empresas analisadas	27
Tabela 4 - Enquadramento legal, ambiental e económico das opções de valorização das conchas de bivalves.....	35

Lista de siglas

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

°C – Grau Celsius

PME – Pequenas e médias empresas

DGADR - Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

DGAV – Direção-Geral de Alimentação e Veterinária

INFARMED - Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde

TGR - Taxa de Gestão de Resíduos

1. Introdução

1.1. Caracterização morfológica dos bivalves

Os bivalves são animais de corpo mole que se encontram protegidos por uma concha de duas valvas, que são articuladas por charneiras e são mantidas unidas por músculos adutores (**Figura 1**). De forma a se alimentarem e a respirarem, os bivalves filtram uma grande quantidade de água que entra através da cavidade paleal e banha as brânquias, local esse onde ficam retidos os fitoplâncton e todos os microrganismos e partículas orgânicas que se encontram em suspensão na água. Esta forma de alimentação faz com que os bivalves sejam considerados suspensívoros ou filtradores, pois alimentam-se das partículas em suspensão das águas (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, n.d.-a).

Estas espécies aquáticas tanto habitam em águas salgadas como em águas doces, no entanto são mais abundantes as que habitam em locais marinhos. Alguns vivem de forma livre, enquanto outros vivem enterrados em areias e até mesmo fixos em alguns substratos (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, n.d.-a).

A biologia dos bivalves é determinada através da combinação das influências do ambiente que os rodeia, mas também da interação com os outros seres vivos. Os fatores ambientais que mais afetam os bivalves e a sua atividade são a temperatura, a luz, a salinidade, a quantidade de oxigénio dissolvido na água, a natureza do fundo das águas e o movimento das águas. No que diz respeito à interação com os outros seres vivos está mencionada a presença de animais competidores, predadores e parasitas (H. A. Silva et al., n.d.).

O consumo de bivalves tem uma relevância bastante importante na tradição e na gastronomia portuguesa, através disto, existe em Portugal uma atividade relevante sobre a captura e comercialização destes bivalves (Palma et al., 2008). São ainda bastante apreciados do ponto de vista nutricional pois são uma fonte de nutrientes essenciais, uma vez que oferece aos seus consumidores uma fonte de proteína de alta qualidade, bem como vitaminas e minerais (Costeira, 2024).

A concha dos bivalves desempenha um papel estrutural e funcional, bastante fundamental, que constitui a principal proteção do organismo e representa uma fração significativa do seu peso total. É formada maioritariamente por carbonato de cálcio sob a forma de calcite e aragonite que está associada a uma matriz orgânica rica em proteínas que confere a resistência mecânica e estabilidade à estrutura. Esta estrutura apresenta uma organização em camadas bem definidas, cuja espessura e composição pode variar consoante a espécie, a idade do indivíduo e as condições ambientais, como a disponibilidade de sais minerais, a temperatura e o pH da água.

Existem vários estudos que indicam que a concha corresponde a cerca de 65% a 90% do peso total do bivalve fresco, o que demonstra uma relação próxima entre o peso do animal e o peso da concha. No entanto, esta relação não é totalmente proporcional, uma vez que bivalves de maior dimensão tendem a apresentar uma concha mais pesada. Este aspeto é relevante no contexto da produção e transformação de bivalves, pois condiciona diretamente a quantidade de subprodutos gerados ao longo da cadeia produtiva (Kobayashi & Samata, 2006; Louis et al., 2022)

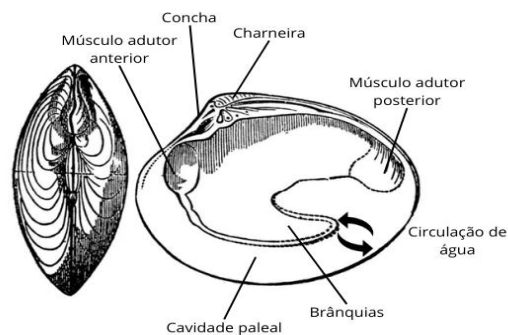


Figura 1 - Composição de um bivalve

Fonte: Feito pela autora com base em (Conchological Society of Great Britain and Ireland, n.d.; Instituto Português do Mar e da Atmosfera, n.d.-a)

1.2. Produção e consumo de bivalves

A produção e consumo de bivalves enquadram-se num cenário de crescimento contínuo da aquacultura a nível mundial. Este setor representa atualmente mais de metade do pescado e de outros alimentos aquáticos consumidos pela população humana. Apesar deste crescimento, a produção enfrenta desafios relevantes associados às alterações climáticas, à degradação ambiental e à instabilidade dos ecossistemas costeiros (Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries, 2024).

À escala global, os diferentes grupos de bivalves apresentam dinâmicas de produção e comércio bastante distintas. No caso do mexilhão, o comércio internacional registou um aumento significativo no primeiro semestre de 2025, atingindo cerca de 200.000 toneladas, com o Chile como principal exportador mundial, seguido pelos Países Baixos e pela Espanha. A China mantém-se como maior produtor global desta espécie.

Relativamente às ostras o comércio mundial cresceu cerca de 10% durante o mesmo período, o que totaliza cerca de 45.000 toneladas. A França lidera as exportações, apesar de em 2025 ter registado uma ligeira redução, enquanto outros países, como a Malásia, apresentaram um crescimento.

No que diz respeito às amêijoas, a China assume uma posição dominante sendo responsável por cerca de 40% das exportações globais, no entanto verifica-se um aumento do volume

comercializado no início de 2025, sendo a República da Coreia o principal importador (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.).

Já a nível europeu, a produção de bivalves desempenha um papel relevante, tanto do ponto de vista económico como ambiental, estando frequentemente associada a modelos de aquacultura sustentáveis. Em Espanha, em particular a região de Galiza, destaca-se como sendo o segundo maior produtor mundial de mexilhões, assegurando cerca de 40% da produção europeia através de um modelo de aquacultura sustentável assente em estruturas flutuantes conhecidas como “bateas” (**Figura 2**). Em França, a produção tradicional de mexilhões de *bouchot*, cultivados em estacas de madeira (**Figura 3**), assume especial relevância, sobretudo na Baía de Mont-Saint-Michel, onde a produção anual varia entre 8.000 e 10.000 toneladas, constituindo o único produto marinho francês com Denominação de Origem Protegida. Em contraste a Itália tem enfrentado dificuldades significativas na produção de amêijoas, particularmente no Delta do Pó, pois a invasão do caranguejo-azul provocou perdas substanciais de sementes o que originou uma forte redução da produção e um aumento acentuado dos preços. Posto isto, a produção europeia tem sido afetada por fatores ambientais adversos, nomeadamente o aumento da temperatura da água do mar e a maior presença de algas nocivas, com impactos evidentes em várias regiões produtoras (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.).

Em Portugal, o consumo de produtos do mar assume uma importância histórica e cultural bastante marcada. Em 2006 o consumo médio anual situava-se nos 58,5 kg por habitante, levando a que Portugal fosse o país com maior consumo de produtos marinhos da União Europeia e um dos mais elevados a nível mundial., em 2019 os dados já contavam com 59.9 kg por habitante e já em 2020 os dados indicam um consumo de cerca de 60.62 kg por habitante. No entanto, este elevado consumo tem implicações relevantes ao nível da pegada ecológica alimentar, sendo o peixe e o marisco responsáveis por uma parte significativa do impacto ambiental associado à alimentação. É importante perceber que as preferências dos consumidores incidem maioritariamente sobre espécies de elevado nível trófico, como o bacalhau e o atum, enquanto os bivalves representam apenas uma fração residual do consumo declarado. (Murthy et al., 2023; Pessoa et al., 2006; Sousa et al., 2023).

No que diz respeito à produção nacional, Portugal dispõe de 14 zonas estuarino-lagunares principais destinadas à produção e controlo de moluscos bivalves, englobando os principais estuários, rias e lagoas costeiras do país. Estas áreas constituem a base da atividade de apanha e produção, registando-se um aumento gradual das capturas ao longo dos últimos anos. Em 2005, a apanha de bivalves rondava as 8.500 toneladas, tendo atingido cerca de 9.863 toneladas em

2021, o que evidencia a relevância crescente deste setor no contexto da aquacultura nacional (Braga et al., 2023; Instituto Português do Mar e da Atmosfera, n.d.-b, 2024).



Figura 2 - Estruturas flutuantes de produção de mexilhão conhecidas como “bateas”

Fonte: Barco Variante Espiritual, 2024



Figura 3 - Mexilhões de *bouchot* cultivados em estacas de madeira

Fonte: Jornal de Laguna, 2025

1.3. Contexto socioeconómico

Em Portugal, a fileira dos bivalves assume uma importância que vai muito além da sua dimensão gastronómica e cultural, que se reflete de forma significativa no desenvolvimento socioeconómico das comunidades costeiras. A apanha e a produção destes moluscos representam, para muitas comunidades costeiras, uma fonte de rendimento essencial, sustentando não apenas pescadores e mariscadores, mas também as empresas ligadas à área. Este setor contribui para o emprego local e para a continuidade de práticas tradicionais que, ao longo de gerações, moldaram a relação entre a população e as práticas ligadas ao mar (J. Oliveira et al., 2013).

A nível económico, o facto das empresas se tornarem resilientes faz com quem se garanta a sustentabilidade do setor. Estudos recentes indiciam que a dimensão empresarial, a experiência adquirida, as localizações geográficas influenciam o desempenho do setor, contribuindo para uma economia azul (Santos, 2024). Simultaneamente começa-se a destacar a valorização de subprodutos, nomeadamente as conchas, tendo ganho relevância no âmbito da economia circular. Foram realizados estudos no Algarve, que demonstram um potencial de inovação associado a esta valorização, no entanto também são identificadas várias barreiras, tais como a falta de conhecimento por parte dos operadores, a falta de obrigações legais para o tratamento destes subprodutos, entre outros (Magalhães et al., 2024).

Para além da sua vertente económica, estes organismos desempenham funções ecológicas bastante importantes, entre as quais a capacidade de mitigar fenómenos de eutrofização costeira através da filtragem natural da água. Devido a este fenómeno considera-se que existem benefícios económicos indiretos para a sociedade, uma vez que representa um impacto estratégico não só na economia, mas também na sustentabilidade ambiental (Cubillo et al., 2023; Ferreira et al., 2007). Assim, mais do que um setor produtivo, a fileira dos bivalves em Portugal deve ser entendida como um elemento estratégico, conjugando sustentabilidade ambiental, dinamização regional e potencial de inovação, fatores que justificam o investimento em soluções criativas para a valorização dos seus subprodutos.

Com isto, este setor deve ser entendido como um pilar de desenvolvimento regional e ambientalmente responsável, levando a que haja uma necessidade de explorar soluções inovadoras para a valorização destes subprodutos.

1.4. Gestão de subprodutos

A produção e o consumo de bivalves, gera anualmente grandes quantidades de resíduos, sobretudo conchas, cuja sua deposição ainda ocorre frequentemente em aterros ou são acumulados em zonas costeiras, o que gera custos bastante acrescidos para os produtores mas também representa um problema ambiental bastante relevante, pois a acumulação descontrolada destes subprodutos pode alterar o pH dos solos, comprometer a qualidade da água e provocar desequilíbrios nos ecossistemas marinhos e terrestres (Fagundes & Silva, 2022; J. Oliveira et al., 2013; Yao et al., 2014).

Foram realizados vários estudos que demonstram que estes subprodutos descartados, possuem um elevado potencial de valorização. As conchas de bivalves são ricas em carbonato de cálcio, que podem ser utilizadas em diferentes setores industriais, tais como a produção de cerâmica e cimento, a aplicações na agricultura e em processos de descontaminação ambiental (Magalhães et al., 2024; Summa et al., 2022).

Deste modo, os impactos ambientais associados ao desperdício deste subproduto devem ser encarados como uma solução inovadora e sustentável, capaz de transformar um resíduo abundante numa matéria-prima funcional, de forma a reforçar os princípios da economia azul e da economia circular, levando a práticas de gestão mais sustentáveis (Magalhães et al., 2024; Summa et al., 2022)

Muitos operadores destes setores desconhecem alternativas existentes à gestão de subprodutos, assim como os seus requisitos legais e até mesmo os benefícios ambientais e económicos que estão associados ao descarte destes subprodutos de forma mais sustentável. A literatura demonstra que a falta de informação e de capacidade técnica constitui uma das principais barreiras à adoção de práticas sustentáveis nos sistemas produtivos, uma vez que condiciona a perceção de viabilidade, aumenta a incerteza e dificulta a integração de soluções inovadoras nos processos existentes. Neste contexto, mesmo estratégias de valorização tecnicamente viáveis e economicamente vantajosas tendem a ser subaproveitadas (Varyvoda et al., 2025).

Existem estudos recentes que destacam que a inexistência de orientações claras e de instrumentos de apoio à decisão adequados comprometer a transição para modelos mais circulares e sustentáveis, limitando o aproveitamento eficiente de recursos e a redução de impactos ambientais (Nicastro et al., 2024).

Dado a este desconhecimento surgiu a oportunidade de desenvolver uma ferramenta prática, acessível e orientada para o apoio à decisão destes operadores, de forma a auxiliar as empresas na escolha da melhor estratégia de valorização dos subprodutos que se adequa à sua realidade. Esta ferramenta foi concebida para ser um instrumento de utilização simples e intuitiva que integra diferentes tipos de informação necessária para ajudar os operadores nas suas decisões de forma personalizada à sua empresa.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é o desenvolvimento e validação de uma ferramenta de apoio à decisão destinada a valorizar de forma sustentável os subprodutos gerados pelas empresas produtoras, centros de depuração e expedição de bivalves integrando os critérios técnicos, económicos e ambientais existentes de forma a promover a economia circular e a reduzir os custos e impactos associados ao descarte e eliminação destes subprodutos, que são maioritariamente conchas.

1.5.2. Objetivos específicos

De forma a concretizar o objetivo geral exposto, recorreu-se a diversos objetivos específicos que foram sendo alcançados ao longo do desenvolvimento do trabalho:

- Caracterizar de forma morfológica, química, nutricional e funcional os bivalves com uma maior incidência na composição das conchas;
- Pesquisa bibliográfica referente às tecnologias e aplicações já existentes para a valorização dos subprodutos em estudo e no mercado, seja nacional como internacional;
- Diagnosticar as práticas atuais da gestão de subprodutos por parte das empresas (produtores, centros de depuração e expedição) através de entrevistas realizadas aos operadores;
- Identificar as barreiras que limitam a adoção de práticas de valorização;
- Desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão que seja prática, simples e intuitiva que permita avaliar diferentes opções de valorização dos subprodutos, adequada à realidade de cada empresa;
- Validar a ferramenta desenvolvida idealmente juntos das partes interessadas incorporando o seu feedback para a melhorar;
- Garantir a disponibilidade e utilização da ferramenta no pós projeto, através da sua divulgação.

2. Metodologia

Este trabalho seguiu uma metodologia de carácter exploratório e prático, que teve como objetivo perceber a problemática da gestão dos subprodutos no setor e desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão útil que pudesse ser utilizada pelos operadores. Esta metodologia foi organizada em várias etapas interligadas que se foram reajustando ao longo do desenvolvimento do trabalho consoante as dificuldades encontradas.

Ao longo do seu desenvolvimento foi-se integrando o conhecimento científico existente (através de pesquisas bibliográficas) com a realidade prática do setor (através das entrevistas realizadas), de forma a permitir ajustar o desenvolvimento da ferramenta às necessidades dos operadores.

De forma a obter uma visão global do trabalho realizado, a metodologia esta sintetizada nas seguintes etapas principais (**Figura 4**).

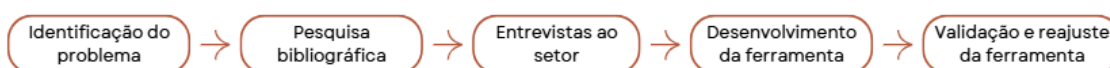


Figura 4 - Esquema metodológico das etapas realizadas

2.1. Identificação do problema

A primeira etapa consistiu na identificação do problema com base na observação da realidade do setor de produção, de centros de depuração e expedição de moluscos bivalves em Portugal. Observou-se que estas atividades geram diariamente quantidades elevadas de subprodutos de bivalves (maioritariamente conchas), sendo que com isto as empresas carretam custos elevados para que seja efetuado o seu descarte da empresa e contribui para impactos ambientais negativos.

Assim foi possível definir o problema principal deste estudo, a ausência de estratégias práticas e acessíveis que apoiem os operadores na valorização dos subprodutos gerados de forma sustentável, assim como a falta de instrumentos de apoio à decisão que facilitem a adoção de estratégias.

2.2. Pesquisa bibliográfica e enquadramento teórico

Após a identificação do problema, realizou-se uma pesquisa bibliográfica exaustiva de forma a perceber a realidade nacional e internacional referente à valorização dos subprodutos de bivalves.

Com base na bibliografia existente foi possível nesta fase:

- Caracterizar os bivalves e o seus subprodutos, nomeadamente as conchas;

- Identificar as tecnologias e aplicações já existentes ou em fase de estudo para a valorização das conchas;
- Reconhecer as limitações técnicas, económicas e operacionais que condicionam a implementação das soluções no contexto real.

Estas conclusões foram importantes para definir as informações a incluir na ferramenta de apoio à decisão. Verificou-se que apesar de ser um tema ainda bastante em desenvolvimento, já existem alguns estudos e aplicações práticas a decorrer.

2.3. Entrevistas ao setor

De forma a complementar as informações obtidas através da pesquisa bibliográfica e a realidade das empresas, procedeu-se à realização de entrevistas telefónicas às empresas produtoras, centros de depuração e expedição de bivalves, uma vez que assim obteríamos dados reais que comprovassem as quantidades de subprodutos geradas em comparação com as quantidades de bivalves vendidos e produzidos.

Através destas entrevistas tínhamos como objetivo quantificar as quantidades de subprodutos gerados, identificar as práticas que atualmente são adotadas para a gestão dos subprodutos, perceber qual o nível de conhecimento dos operadores relativamente às alternativas já existentes e por fim compreender quais eram as barreiras que as empresas possuem para a não adotarem medidas sustentáveis.

2.4. Desenvolvimento da ferramenta de apoio à decisão

Após toda a recolha de dados já menciona anteriormente, procedeu-se ao desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão.

Esta ferramenta foi desenvolvida de forma a ser prática, intuitiva e que se adaptasse às diferentes realidades de cada empresa, integra critérios técnicos, económicos e operacionais, como o volume de subprodutos gerados e a capacidade financeira das empresas.

O principal objetivo desta ferramenta é apoiar os operadores na melhor escolha de estratégia de valorização adequada à sua realidade, promovendo a transformação destes em oportunidades de criação de valor.

2.5. Validação e reajuste da ferramenta

Após o desenvolvimento do protótipo inicial, a ferramenta foi objeto de um processo de validação junta dos operadores interessados. Nesta fase os utilizadores puderam testar a ferramenta e deixar o seu feedback para que fosse possível identificar oportunidades de melhoria.

Este feedback foi integrado no aperfeiçoamento da ferramenta que originou um segundo protótipo mais alinhado com as necessidades das empresas.

3. Estado da arte

3.1. Caracterização dos subprodutos

A valorização de subprodutos provenientes dos recursos marinhos tem assumido um papel importante no que diz respeito à economia circular e à sustentabilidade da indústria pesqueira. Os subprodutos dos recursos marinhos que são gerados ao longo do seu processamento (conchas, vísceras, peles, exosqueletos, etc) que não são destinados ao consumo humano podem representar até 75% da biomassa total produzida, o que representa uma fração bastante significativa. Estes subprodutos apresentam uma composição química muito diversa, apresentando um elevado teor de carbonato de cálcio, proteínas, lípidos e diversos compostos bioativos como colagénio, peptídeos, quitina, entre outros.

É fundamental caracterizar os bivalves e os seus subprodutos, de uma forma química, nutricional e funcional, pois este é um passo essencial para identificar as potenciais vias de valorização permitindo avaliar o valor acrescentado potencial dos subprodutos e apoiar no processo de tomada de decisão de forma mais informada, olhando em redor dos critérios técnicos, económicos e ambientais. Este é um passo importante e necessário, pois as quantidades produzidas são cada vez mais elevadas tornando-se assim necessário investir no seu aproveitamento de uma forma sustentável para que não sejam deitados fora como resíduos (Ling Wen Xia et al., 2024; Mkadem & Kaanane, 2024).

3.1.1. Composição química, nutricional e funcional dos bivalves

A composição química e nutricional da parte edível dos bivalves é bastante variável principalmente entre espécies, no entanto, existem também variações dentro dos indivíduos da mesma espécie que dependem de diversos fatores tais como a sua idade, o meio ambiente que os rodeia, a época do ano e até mesmo a disponibilidade de alimento que possuem na sua alimentação (M. C. R. M. Oliveira, 2012).

De acordo com a **Tabela 1** de uma forma geral grande parte da parte edível dos bivalves são constituídos por água (cerca de 80%) e proteínas (cerca de 10%), já os lípidos representam apenas 1 a 2% o que torna estes produtos bastante interessantes do ponto de vista nutricional. No que diz respeito aos hidratos de carbono, eles são constituídos maioritariamente por glicogénio e representam entre 2 e 4%.

Conclui-se que os bivalves apresentam um baixo teor calórico pois o seu valor energético é relativamente baixo devido à elevada quantidade de água presente, o mesmo podemos afirmar no que diz respeito aos lípidos, no entanto, são produtos bastante ricos em proteínas de elevada qualidade podendo ser incluídos em dietas saudáveis e equilibradas. Os bivalves são bastante apreciados do ponto de vista nutricional, não só por serem bastante ricos em vitamina A e vitamina

B12, mas também pela seleção de minerais que estão presentes, tais como, o fósforo, potássio sódio, cálcio, magnésio, ferro e zinco (Associação Portuguesa de Nutrição, 2022).

Tabela 1 - Composição nutricional dos bivalves

Produto (100g)	Água (g)	Proteína (g)	H. Carbono (g)	Lípidos (g)	Energia (Kcal)
Mexilhão	82,5	12,1	2	1,5	70
Amêijoia	81,1	11,7	2,6	0,9	65
Berbigão	82,5	10,5	2,7	0,7	59
Ostra	83	8,6	3,9	1,7	65
Média	82,3	10,7	2,8	1,2	65

Fonte: (Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA), 2025)

3.1.2. Composição química das conchas dos bivalves

A concha dos bivalves corresponde a mais de 70% do peso total do bivalve, representando assim uma parte bastante significativa do mesmo.

A composição química destas conchas varia entre espécies, como acontece com os próprios bivalves, podendo ser influenciada por diversos fatores principalmente ambientais, como o pH, a temperatura e a composição química da água onde o bivalve habita (D. Silva et al., 2010).

A concha é composta maioritariamente por carbonato de cálcio, cerca de 95%, e os restantes 5% são compostos por materiais orgânicos, como proteínas magnésio, sódio, ferro e outros minerais (Fagundes & Silva, 2022).

Esta concha apresenta três camadas, o *periostracum*, é uma camada externa composta por conchiolina (proteína), uma camada intermediária formada por aragonite ou calcite e uma camada interna composta por carbonato de cálcio cristalizado, conforme é possível observar através da **Figura 5** (Louis et al., 2022; Pires, 2018).

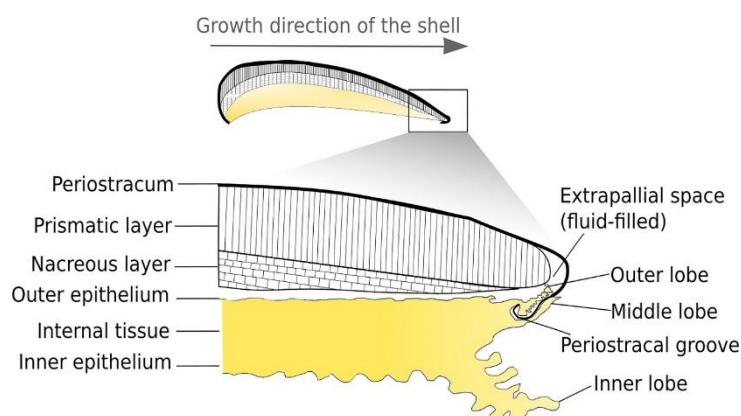


Figura 5 - Vista longitudinal de *M. galloprovincialis* que mostra a organização estrutural entre a concha e o manto subjacente;

Fonte: Louis et al., 2022

3.2. Dados estatísticos

A análise dos dados estatísticos referentes à produção de bivalves permite enquadrar a dimensão e evolução do setor, bem como compreender o volume de subprodutos gerados ao longo da cadeia produtiva. O crescimento contínuo da produção, aliada à forte utilização da aquicultura, tem implicações diretas na quantidade de subprodutos gerados, reforçando a valorização no âmbito da economia circular.

De forma global, a produção de bivalves atingiu cerca de 18,4 milhões de toneladas em 2023, o que corresponde a aproximadamente 9,9% da produção total de alimentos aquáticos. Este volume é maioritariamente da aquicultura, pois é responsável por cerca de 91,9% da produção, o que evidencia a crescente importância dos sistemas de produção controlados para conseguir responder à procura mundial. Entre as principais espécies produzidas destacam-se as ostras, com cerca de 6 milhões de toneladas, seguidas das amêijoas, com 5,5 milhões de toneladas e por fim os mexilhões e as vieiras ambos com produções próximos dos 2 milhões de toneladas (Choi et al., 2024; Esposito et al., 2026; Summa et al., 2022).

A produção mundial encontra-se concentrada na China, pois é responsável por cerca de 78% do total global com valores estimados de aproximadamente 14,6 milhões de toneladas. Esta liderança resulta sobretudo da produção intensiva da ostra-japonesa (*Magallana gigas*) e da amêijoia-japonesa (*Ruditapes philippinarum*), são espécies bastante cultivadas devido à sua elevada produtividade e aceitação no mercado (Choi et al., 2024; Esposito et al., 2026).

Do ponto de vista económico, o comércio internacional de bivalves atingiu, em 2022, um valor aproximado de 6 milhões de dólares, o que representa cerca de 3% do valor total das exportações de animais aquáticos, o que demonstra uma grande relevância do setor no contexto do comércio global (Esposito et al., 2026).

Em Portugal, a produção de bivalves distribui-se entre a captura em meio selvagem e a aquicultura, sendo a aquicultura a responsável por um crescimento significativo do setor nos últimos anos. Em 2020 a produção aquícola atingiu as 16,999 toneladas, registando um aumento de 18,6% face a 2019. Os bivalves assumiram um papel determinante neste crescimento com uma produção de 9,863 toneladas, o que corresponde a 58% da produção aquícola nacional, representado um aumento expressivo de 47,5% relativamente ao ano anterior (European Commission, 2023; Instituto Nacional de Estatística, 2021).

Através da **Figura 6** é possível observar que entre as espécies produzidas em aquicultura, as ostras destacam-se como a principal espécie em 2020, com uma produção de 3,838 toneladas, mais do dobro do valor registado em 2019. As amêijoas obtiveram uma produção de 3,659 toneladas, enquanto os mexilhões atingiram 2,007 toneladas, o que corresponde a um crescimento de 37,7%. A importância dos bivalves na aquicultura nacional é refletida na estrutura do setor, uma vez que cerca de 89% dos estabelecimentos aquícolas correspondem a viveiros dedicados à produção de moluscos.

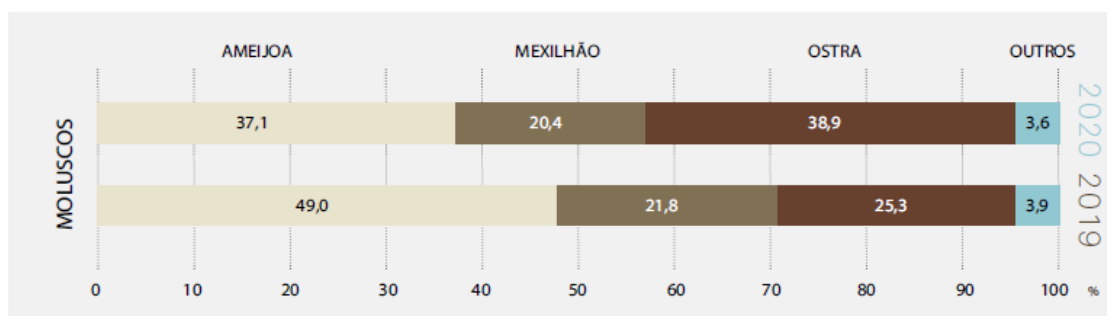


Figura 6 - Estrutura do volume de produção em aquicultura por espécie

Fonte: Instituto Nacional de Estatística, 2021

No que diz respeito à pesca em meio selvagem, em 2021 foram capturadas 20,963 toneladas de moluscos, incluindo bivalves e cefalópodes, o que representa um aumento de 30,8% face a 2020. Entre os bivalves destaca-se o berbigão com 3,921 toneladas e as amêijoas com 1,402 toneladas, em ambos os casos se apresenta um crescimento significativo em relação ao ano anterior. Este aumento também se reflete no número de profissionais do setor, uma vez que em 2021 houve um crescimento 10,1% face a 2020 de registo de apanhadores marinhos e pescadores apeados licenciados (Instituto Nacional de Estatística, 2021).

As tendências do mercado evidenciam alguns desafios relevantes. Em 2025 os fatores climáticos e biológicos condicionaram a produção e influenciaram a evolução dos preços. No mercado internacional, o comércio de mexilhões registou um aumento de 16% no primeiro semestre de 2025, mantendo-se o Chile como o principal exportador mundial, como é possível observar através da **Figura 7**. Em contraste, o mercado das ostras tem apresentado uma tendência de descida dos preços, associada à perceção negativa dos consumidores relativamente a episódios

de marés vermelhas e poluição em determinadas zonas produtoras. Já no caso das amêijoas, verifica-se a situação oposta, com preços bastante elevados (atingiram valores próximos de 14,40€/kg em Itália a outubro de 2025 (Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.)).

	2023	2024	2025
Imports			
Italy	21.43	19.51	23.80
France	27.47	22.17	23.73
United States of America	19.72	18.40	19.72
Other countries	82.39	79.20	86.00
Total imports	151.00	139.28	153.25
Exports			
Chile	54.69	55.86	66.69
Netherlands (Kingdom of the)	14.52	21.38	31.39
Spain	25.17	19.76	27.24
Other countries	78.99	70.57	78.45
Total exports	173.36	167.57	203.77

Figura 7 - Importações e exportações mundiais de mexilhões, janeiro-junho

Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations, n.d.

Importa ainda salientar o impacto associado à produção de resíduos. As conchas representam entre 65% e 90% do peso total dos bivalves frescos, o que se traduz, a nível global, no descarte anual de mais de 10 milhões de toneladas de conchas. Estes subprodutos são frequentemente encaminhados para aterros ou devolvidos ao meio marinho, o que constitui um desafio ambiental significativo, mas também uma oportunidade de valorização (Choi et al., 2024; Summa et al., 2022).

Em suma, os dados estatísticos evidenciam que o crescimento da produção de bivalves tanto a nível internacional como nacional, está associado diretamente com o aumento da produção de subprodutos. Este enquadramento reforça a necessidade de desenvolver soluções sustentáveis que permitam esta valorização de forma a contribuir para a redução dos impactos ambientais e para a criação de novos valores no setor com base nos princípios da economia circular.

3.3. Aplicações de subprodutos

A **Figura 8** demonstra que a valorização dos subprodutos de bivalves tem tido alvo de grande interesse científico em virtude do seu potencial enquanto recurso alternativo e sustentável. Particularmente as conchas representam a maior fração dos subprodutos gerados ao longo da cadeia produtiva, o que se torna vantajoso, uma vez que as suas características físico-químicas permitem que seja feita a sua aplicação em diferentes setores. A sistematização destas aplicações

é fundamental para ajudar a compreender as oportunidades existentes e apoiar para que sejam tomadas de decisões de forma consciente e informada (Fagundes & Silva, 2022).

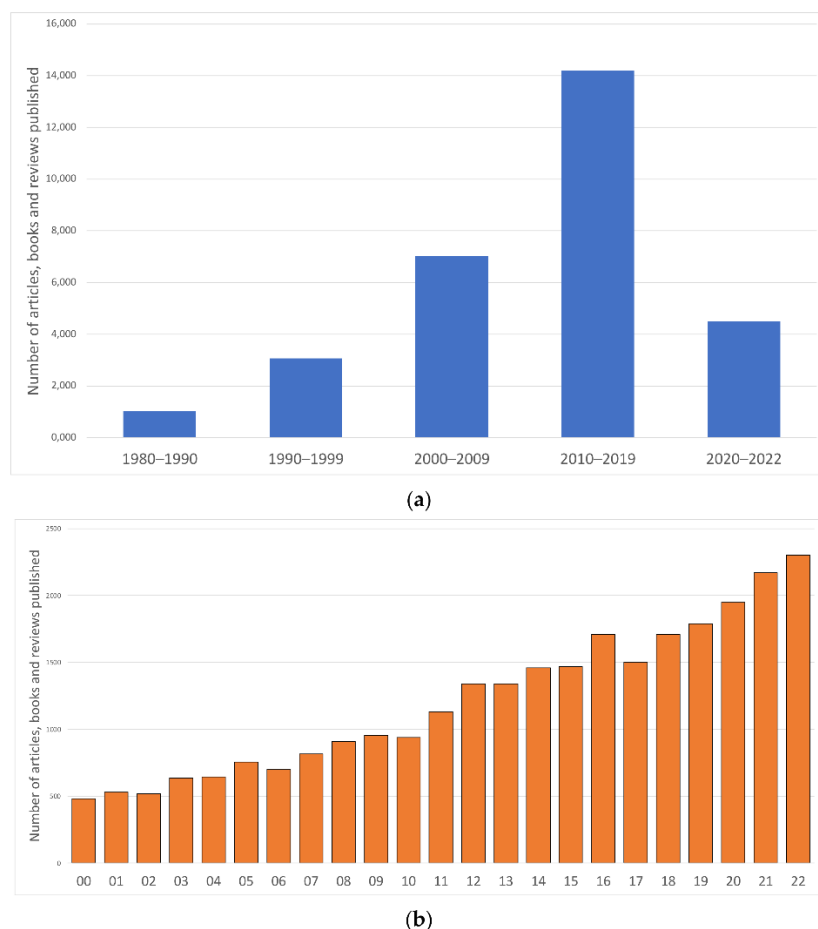


Figura 8 - Lista de publicações científicas na área de valorização de conchas de moluscos desde 1980 agrupadas por década (a) e por ano desde 2000 (b). Em (b), o intervalo de tempo no eixo x é expresso omitindo-se 20.

Fonte: Summa et al., 2022

A **Tabela 2** reúne e organiza as principais aplicações dos subprodutos de bivalves descritas na literatura, indicando o setor de utilização, o tipo de resíduo utilizado, o objetivo da aplicação e o respetivo estado de desenvolvimento. Esta sistematização permite uma análise global do desenvolvimento das várias soluções, assim como da diversidade das abordagens propostas para a valorização dos subprodutos.

Apresenta um conjunto de aplicações para os subprodutos de bivalves que evidencia a sua utilização em diversas áreas, nomeadamente, na indústria, em materiais de construção, na alimentação animal, na saúde, na energia, na agricultura e no setor ambiental. Esta diversidade demonstra o elevado potencial da valorização destes resíduos enquanto matérias-primas alternativas.

No setor industrial as aplicações estão relacionadas com a substituição parcial de algumas matérias-primas tradicionais, com por exemplo a incorporação de conchas trituradas em pastas de

cerâmica ou a sua utilização como aditivo em materiais como o PVC. Estas soluções têm como principal objetivo a redução de custos e a melhoria de determinadas propriedades dos materiais, existindo já algumas em fase de aplicação industrial (de Assis Filho et al., 2021; H. Silva et al., 2019; Macedo Franco Ferreira, 2021).

Relativamente aos materiais de construção, existem diversas abordagens que incluem a utilização das conchas em misturas betuminosas, tijolos e materiais compostos. Estas aplicações têm como objetivo melhorar as propriedades mecânicas, neutralizar a acidez ambiental e criar soluções construtivas mais sustentáveis. Algumas destas opções ainda se encontram em fase de desenvolvimento e validação, enquanto outras apresentam um maior grau de maturidade (Caroscio et al., 2024; Go Limpets, n.d.; H. Silva et al., 2019) .

No que diz respeito à área alimentar, a valorização das conchas surge maioritariamente associada à alimentação animal, principalmente como fonte de cálcio na alimentação de aves poedeiras. Os estudos efetuados indicam efeitos bastante positivos no desempenho produtivo e na qualidade dos ovos, embora estas aplicações se encontrem, na sua maioria, em fase experimental (Çatli et al., 2012; Mendonça, 2019).

No setor da saúde, farmacêutica e cosmética, estes subprodutos revelam um elevado potencial devido à presença de compostos bioativos. Neste setor as aplicações estão relacionadas com a extração de peptídeos bioativos, lípidos do nácar e cálcio para suplementos alimentares, onde se verifica que algumas destas soluções já se encontram em fase comercial, refletindo um maior valor acrescentado associado a este tipo de valorização (H. Silva et al., 2019; Sasaki et al., 2019; Siahaan et al., 2022).

Na energia, as aplicações apresentadas utilizam o pó de conchas como catalisador em processos de produção de biohidrogénio. Esta soluções ainda se encontram em fase laboratorial, mas apresentam resultados promissores do ponto de vista da sustentabilidade energética (El-Qelish et al., 2024) .

Por fim, nas áreas agrícolas e ambiental, as conchas são utilizadas como agentes de correção da acidez dos solos e como bioadsorventes no tratamento de águas residuais. Estas aplicações destacam-se por se encontrarem já implementadas em larga escala, demonstrando um elevado nível de maturidade e uma forte adequação aos principais da economia circular (Summa et al., 2022).

De modo geral, a análise da tabela evidencia que apesar de muitas aplicações ainda se encontrarem em fases iniciais de desenvolvimento, já existem outras soluções consolidadas e tecnicamente viáveis. O facto de existir esta diversidade reforça a importância de disponibilizar

ferramentas que apoiem os operadores na avaliação e seleção das opções de valorização mais adequadas a sua realidade, seja operacional ou financeira.

Tabela 2 – Principais aplicações dos subprodutos de bivalves identificadas na literatura

Área	Aplicação	Objetivo	Resíduo	Projeto	Referência	Fase
1. Indústria	Substituição de um mineral constituinte do calcário (Calcite)	Formulação de pastas de faiança	Conchas de ostra e mexilhão	“Valorização de resíduos de cascas de bivalves em pastas de faiança”	(Macedo Franco Ferreira, 2021)	<u>Fase de prova de conceito – Desenvolvimento e teste de um protótipo funcional de forma a demonstrar a técnica e a operacionalidade do proposto</u>
	Cerâmica	Louça de cerâmica de conchas – possui características como brancura, transparência e leveza	Conchas	Shandong Sea Porcelain Group	(Diplomat Magazine, 2024)	<u>Fase de aplicação industrial</u>
	Porcelana “KAOMER”	Conchas de ostras, transformadas em um material mais branco, resistente e luminoso do que a porcelana tradicional	Conchas de ostra	Kaomer	(Kaomer, n.d.)	<u>Fase comercial</u> – É comercializado por empresas como a “Kaomer”,
	Aditivo no PVC	O pó das conchas é usado como aditivo no PVC para reduzir os custos e melhorar propriedades	Conchas	“The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product”	(H. Silva et al., 2019)	<u>Fase de aplicação industrial</u>
	Filtrar corantes sintéticos	Utilizado para filtrar corantes sintéticos aniônicos provenientes de indústrias têxteis, de papel, plásticos e couro	Conchas	“Removal of textile dyes by benefited marine shells wastes: From circular economy to multi-phenomenological modeling”	(de Assis Filho et al., 2021)	<u>Fase de investigação e desenvolvimento em escala laboratorial</u>

2. Materiais de construção	Mistura de concreto asfáltico	Produção de misturas betuminosas como bio enchimentos	Conchas de ostra, mexilhão e amêijoas	“Preliminary study on the application of waste bivalve shells as biofiller for the production of asphalt concrete”	(Caroscio et al., 2024)	<u>Fase de desenvolvimento e implementação</u> – aplicação de um novo método para avaliar a sustentabilidade de futuros projetos de construção (Foi testado em um projeto de construção de um edifício residencial na china)
	Tijolos de espuma de concha de ostra	São utilizados para neutralizar a acidez da água da chuva	Concha de ostra	“The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product”	(H. Silva et al., 2019)	<u>Fase de desenvolvimento e implementação</u> – encontra-se em fase de validação de normas e aplicações especializadas
	Criação de pedra artificial (composta por conchas moídas e resina polimérica)	Utilizada para o fabrico de bancadas de trabalho e tampos de mesa pois possui propriedades mecânicas como dureza	Conchas			<u>Fase comercial</u> – Já é comercializado por empresas no Brasil, mas está em <u>fase de testes</u> para validar o seu desempenho
	Construção de recifes artificiais sustentáveis	Os subprodutos são integrados no betão para substituir a brita e areia	Conchas	“Valorisation of gourmet shellfish waste for sustainable artificial reef construction”	(Carral et al., 2025)	<u>Fase experimental e de testes laboratoriais avançados</u>
3. Alimentar	Alimentação de frangos	Desempenho da qualidade dos ovos das galinhas poedeiras	Conchas de ostra	“Performance and egg quality of aged laying hens fed diets supplemented with meat and bone meal or oyster shell meal”	(Çatli et al., 2012)	<u>Fase de estudo experimental</u> – Foi realizada uma execução prática onde foram recolhidos dados experimentais, estando a ser analisados os resultados para obter conclusões
	Alimentação de codorniz	Desempenho produtivo, rendimento da carcaça e a	Conchas de ostra, mexilhão	“Conchas de sururum maçunim e ostras: Uma alternativa viável na	(Leão et al., 2020; Mendonça, 2019)	<u>Fase de estudo experimental</u>

		resistência óssea das aves	e berbigão	alimentação de codornas”		
4. Farmacêutica/ Saúde	A casca de ostra tem um peptídeo inibidor de ECA (enzima conversora de angiotensina – protéase responsável pela regulação da pressão arterial)	Regulação da pressão arterial através de um possível alimento funcional ou agente farmacêutico	Concha de ostra	“Isolation and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from pearl oyster (Pinctada fucata) shell protein hydrolysate”	(Sasaki et al., 2019)	<u>Fase de estudo experimental em escala laboratorial</u>
	Lípidos de Nácar	Utilizado para restaurar a barreira cutânea, no tratamento de peles com dermatite atópica (contém compostos semelhantes ao esqualeno)	Conchas	“Potential Cosmetic Active Ingredients Derived from Marine By-Products”	(Siahaan et al., 2022)	<u>Fase comercial</u> – Já é comercializado por empresas como a “Ostrealia”, utiliza o nácar de conchas de ostra para nutrição da pele
	Pó de ostra como estabilizador de emulsões	Utilizado pó de ostra como estabilizador de emulsões em formulações cosméticas e em produtos de nutrição da pele e antienvelhecimento	Concha de ostra			<u>Fase de investigação e desenvolvimento</u>
	Suplementos Alimentares	O cálcio extraído é transformado em suplementos dietéticos para a reposição de cálcio no corpo humano	Conchas	“The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product”	(H. Silva et al., 2019)	<u>Fase de aplicação comercial</u>

	“Cosmética Verde”	Utilização de conchas para extração de quitina e quitosano, minerais e polissacáridos sulfatados e ácidos, para aplicação em produtos de beleza e higiene pessoal	Conchas			<u>Fase de investigação e ensaios clínicos; Existem certos produtos já comercializados em empresas como CNC Cosmetic (Alemanha), Primex EHF (Islândia) e Sisu (Canadá)</u>
5. Energia	Etapa de produção de biohidrogénio e ácidos gordos voláteis	Pó de ostra é utilizado como catalisador ecológico e sustentável para potenciar a produção de biohidrogénio através da fermentação de óleos alimentares usados	Concha de ostra	“From seashells to sustainable energy: Trailblazing the utilization of Anadara uropigimelana shells for sustainable biohydrogen production from leftover cooking oil”	(El-Qelish et al., 2024)	<u>Fase de estudo experimental em escala laboratorial</u> – realizaram-se diversos controlos experimentais e desenvolveram-se diversas análises de forma a avaliar a eficácia deste processo
6. Agricultura	Conchas são transformadas em agentes de calagem (aplicação de calcário no solo)	Aplicação de calcário no solo para neutralizar a acidez dos mesmos e melhorar a sua fertilidade	Conchas	“Trends and Opportunities of Bivalve Shells’ Waste Valorization in a Prospect of Circular Blue Bioeconomy”	(Summa et al., 2022)	<u>Fase de maturidade</u> – Implementação em larga escala
7. Ambiental	Biofiltros e adsorventes	Ajudam na remoção de metais pesados no tratamento de águas residuais	Conchas	“Trends and Opportunities of Bivalve Shells’ Waste Valorization in a Prospect of Circular Blue Bioeconomy”	(Summa et al., 2022)	<u>Fase de maturidade</u> – Implementação em larga escala
	Tratamento de águas residuais	Transformação de cascas num material	Conchas de amêijoas	“Clam shell waste recycling and valorization for	(Mignardi et al., 2024)	<u>Fase de estudo experimental em escala laboratorial</u>

		absorvente eficiente - hidroxiapatite		sustainable Hg remediation”		
	Tratamento de águas residuais da aquicultura	O biocarvão produzido a partir destes resíduos é utilizado como um adsorvente de alta eficiência para a remoção de diversos contaminantes	Conchas	“A state-of-the-art review on producing engineered biochar from shellfish waste and its application in aquaculture wastewater treatment”	(Wan Mahari et al., 2022)	<u>Fase de investigação e desenvolvimento experimental</u>

3.4. Fluxograma de produção

Um fluxograma de produção é uma ferramenta bastante essencial na otimização do processo de fabrico de um produto alimentar, uma vez que organiza as diferentes etapas envolvidas, os fluxos de matérias-primas, produtos e subprodutos (Cravo, 2023; D. Silva, 2019).

No contexto da produção e comercialização de moluscos bivalves, o uso de um fluxograma é particularmente relevante, pois possibilita uma visão global do percurso que o produto percorre, desde a sua colheita até à sua expedição. Para além disso permite identificar onde são gerados os subprodutos e perceber o papel das diferentes partes interessadas ao longo da cadeia produtiva. Posto isto, o fluxograma constitui uma base de apoio à análise da gestão de subprodutos e à identificação das oportunidades para que seja feita uma valorização mais sustentável.

A **Figura 9** representa a cadeia reprodutiva dos bivalves desde a sua colheita até à fase de expedição através das seguintes etapas, servindo de base à análise desenvolvida ao longo deste trabalho (Pires, 2018; Regulamento (CE) N.º 853/2004 Do Parlamento Europeu e Do Conselho de 29 de abril de 2004, 2004):

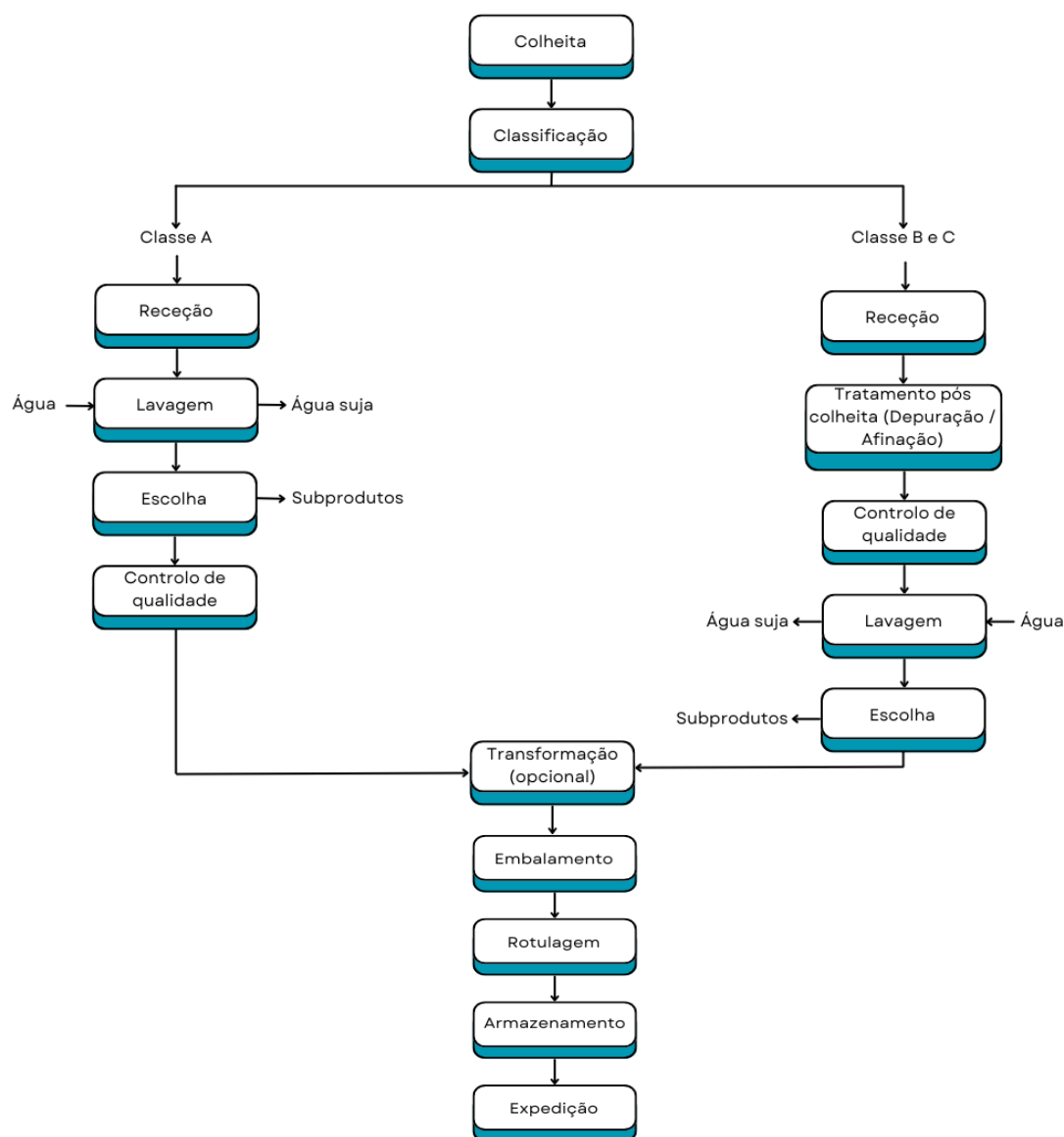


Figura 9 - Cadeia reprodutiva de bivalves, desde a sua colheita até à fase de expedição

- **Colheita e classificação:** A colheita dos bivalves é efetuada em diversas zonas de produção que são classificadas posteriormente através do IPMA de acordo com os critérios microbiológicos e químicos. Os bivalves podem então ser classificados como classe A, classe B ou classe C (Despacho n.º 1550/2022, de 8 de fevereiro, 2022; Soares et al., 2012).
- **Receção:** Os bivalves são rececionados em centros de expedição e depuração, onde se verifica toda a sua documentação relativamente à zona de colheita e classificação e serão encaminhados conforme a mesma. Nesta etapa é também importante verificar a qualidade dos bivalves de forma a garantir a sua segurança, deve-se verificar a sua espécie e tamanho, a sua vitalidade, se estão a temperatura adequada, o aspeto visual e o odor dos mesmos (V. G. P. Oliveira, 2018; Pires, 2018; Policarpo, 2017).

- **Tratamento pós colheita:** Este tratamento apenas é necessário em bivalves provenientes de zonas que estejam classificadas como classe B ou C, uma vez que não estão aptos para consumo direto. Este tratamento consiste na depuração dos bivalves classificados como classe B ou a afinação para os bivalves classificados como classe C (Pires, 2018).
- **Controlo de qualidade:** Este controlo consiste principalmente na verificação dos níveis microbiológicos e químicos dos bivalves de forma a garantir a segurança dos mesmos. São realizadas diversas análises microbiológicas, especialmente à E. Coli e testes de biotoxinas marinhas.
- **Lavagem e escolha:** Todos os bivalves antes do processo de embalagem sofrem um processo de lavagem e escolha onde são retiradas todas as conchas e lamas que possam provir da apanha (em bivalves de classe A) ou do processo de depuração ou afinação (em bivalves de classe B ou C).
- **Transformação:** Este processo é opcional, uma vez que os bivalves podem ser enviados para centros autorizados de transformação por opção dos centros de expedição e depuração, ou caso necessitem de um tratamento térmico para garantir a segurança alimentar destes, como é o caso da pasteurização ou cozedura.
- **Embalamento e rotulagem:** Por fim os bivalves são embalados e rotulados consoante o seu tipo de venda, tendo sempre de ser com os materiais adequados e de forma adequada.
- **Armazenamento:** Após o processo anterior os bivalves devem ser armazenados até ao momento da sua expedição em temperatura adequada, habitualmente entre 1°C e 4°C. Deve-se realizar periodicamente o controlo desta temperatura de forma a garantir a segurança dos mesmos (Policarpo, 2017).
- **Expedição:** Os bivalves devem ser transportados em condições adequadas e cuidadosas, tendo sempre especial atenção ao controlo de temperatura para que não haja quebra da cadeia de frio.

4. Diagnóstico das práticas do setor a nível nacional

O diagnóstico das práticas do setor a nível nacional no que diz respeito à gestão de subprodutos foi realizado com base em entrevistas telefónicas diretamente às empresas produtoras, centros de depuração e expedição de bivalves, utilizando um guião previamente preparado (Anexo I). Durante o processo de recolha destes dados foram-se verificando algumas dificuldades, principalmente no que diz respeito à disponibilidade das empresas em participar neste estudo.

Foram contactadas vinte empresas deste setor, uma empresa indicou não dispor de valores quantificáveis para disponibilizar, outra empresa referiu não gerar subprodutos que fossem passíveis de ser analisados, não sendo assim estas duas empresas consideradas no diagnóstico e apenas quatro aceitaram colaborar e responder às perguntas colocadas. As restantes empresas que foram contactadas não foi possível obter resposta, umas por falta de atendimento aos contactos telefónicos e outras por indisponibilidade em colaborar no estudo. Estes acontecimentos condicionam a dimensão da amostra em análise, pois isto, os resultados devem ser interpretados como indicativos da realidade do setor, mas não representativos da totalidade das empresas a nível nacional.

Ainda assim, os dados obtidos permitem identificar algumas tendências. As empresas reportaram as quantidades significativas de subprodutos, maioritariamente conchas, associadas diretamente ao volume de produção e comercialização dos bivalves.

A Tabela 3 demonstra que a percentagem de subprodutos gerados pelas empresas varia entre 9% e 15% da produção anual, observando-se valores semelhantes entre as empresas apesar de terem volumes de produção distintos. Observa-se que as quantidades de subprodutos geradas variam proximamente entre 400kg/ano e 36 000 kg/ano, enquanto os volumes de produção anual variam entre 4 000kg e 421 366kg, o que corresponde a uma percentagem média na ordem dos 11% face ao total produzido.

Tabela 3 - Produção e subprodutos gerados pelas empresas analisadas

<i>Empresa</i>	Produção anual (kg)	Subprodutos gerados (kg)	Subprodutos (%)
<i>A</i>	421 366	36 000	9
<i>B</i>	4 000	400	10
<i>C</i>	20 000	3 000	15
<i>D</i>	340 000	30 000	9

No que diz respeito às práticas de gestão adotadas, foi possível verificar que na maioria das empresas os subprodutos são encaminhados para eliminação, recorrendo a tratamento externo ou

à destruição através dos próprios na empresa. Nenhuma das empresas entrevistadas identificou a utilização de práticas de valorização de subprodutos. A ausência destas práticas pode estar associada à falta de informação por parte dos operadores relativamente às alternativas já existentes e até mesmo à dificuldade em avaliar a viabilidade económica das soluções que possam conhecer.

Apesar desta realidade, algumas empresas entrevistadas demonstraram interesse em participar em iniciativas ou projetos que promovam a valorização sustentável dos subprodutos, desde que obtivessem um melhor conhecimento da questão em prática e que fosse proveitoso a nível financeiro para a empresa.

De um modo geral, foi possível observar que a gestão de subprodutos no setor dos moluscos bivalves segue maioritariamente a mesma lógica, centrada na eliminação dos subprodutos. Contudo, as dificuldades que foram identificadas na recolha de dados e o interesse por parte das empresas reforça a necessidade de desenvolver instrumentos que facilitem o acesso à informação e apoiem os operadores na identificação de soluções para a valorização dos subprodutos de uma forma sustentável, contribuindo para a economia circular.

No que respeita aos custos associados à eliminação destes subprodutos em aterro, importa considerar a aplicação da Taxa de Gestão de Resíduos (TGR), prevista no Regime Geral de Gestão de Resíduos. Esta taxa incide sobre a deposição de resíduos em aterros e tem como objetivo desincentivar o encaminhamento de resíduos para eliminação, promovendo alternativas de valorização e reciclagem (Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de Dezembro, 2020).

Em 2025, o valor base da TGR para deposição em aterro era de 35 €/tonelada. Assim, considerando o caso da empresa A, que encaminhou cerca de 36 toneladas de subprodutos para aterro, o custo associado apenas à TGR teria sido aproximadamente 1 260€ assumindo a aplicação integral da taxa (100%). Este valor demonstra que, mesmo antes de considerar outros encargos, a simples deposição dos resíduos já representa um custo económico significativo para as empresas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2026).

Contudo os valores efetivamente pagos pelas empresas são geralmente superiores ao valor base da TGR, uma vez que os operadores de gestão de resíduos, aplicam tarifas adicionais de receção e tratamento que incluem custos operacionais, de transporte e de funcionamento das infraestruturas. O custo total de deposição pode variar entre aproximadamente 67 €/tonelada e 195 €/tonelada, dependendo do tipo de resíduo e do serviço prestado (Valorsul – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Regiões Lisboa e Oeste S.A., 2025).

Esta diferença entre o valor legal mínimo da TGR e os valores reais cobrados pelos operadores reforça o custo da eliminação em aterros para as empresas do setor dos bivalves. Esta situação torna ainda mais valorizada a procura por alternativas de valorização dos subprodutos, não só por

razões ambientais, mas também como estratégia para redução de custos operacionais a médio e longo prazo.

5. Desenvolvimento de ferramenta de apoio

5.1. Enquadramento

A produção, transformação e comercialização de bivalves em Portugal origina uma quantidade bastante elevada de subprodutos, principalmente conchas, e a sua gestão continua a ser maioritariamente a sua eliminação através de aterros.

Como foi possível desenvolver ao longo deste trabalho, esta prática de eliminação acarreta custos económicos relevantes para as empresas, mas simultaneamente representa uma perda de oportunidade de valorização dos mesmos, dado o grande potencial destes subprodutos para aplicações em diversos setores.

Ao analisar a mais diversa bibliografia expressa neste trabalho, foi permitido constatar que existem diversas soluções e tecnologias já estudadas e algumas em estudo para a valorização destes subprodutos, principalmente das conchas dos bivalves, enquadrando este reaproveitamento nos princípios da economia circular, no entanto, observa-se que ainda existem limitações no que diz respeito à aplicação destas práticas na indústria e no mercado. Este facto deve-se à falta de acesso à informação que as empresas possuem acerca deste tema, assim como o desconhecimento dos enquadramentos legais aplicáveis e à inexistência de ferramentas que auxiliem as indústrias na gestão e avaliação das alternativas disponíveis.

A identificação desta falha deu origem ao desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão, concebida para responder às necessidades das empresas. Esta foi estruturada de forma a ser prática, intuitiva e a apoiar não só as indústrias, mas todo o setor ligado ao comércio de bivalves, como produtores e centros de depuração e expedição, de forma que possam valorizar os seus subprodutos tendo sempre em consideração as especificidades e limitações de cada realidade empresarial.

Esta ferramenta permite ao utilizador analisar diferentes opções de valorização em função do volume de subprodutos gerados e da capacidade financeira da empresa, tendo como principal objetivo que as empresas encarem os seus subprodutos não como um problema operacional, mas sim como uma oportunidade de inovação e sustentabilidade.

Posto isto, o enquadramento desta ferramenta é fundamentado pela necessidade de aproximar os conhecimentos científicos com a parte prática empresarial, ajudando a colmatar a distância entre as soluções apresentadas e a sua aplicação por parte das empresas. A disponibilização desta ferramenta de simples utilização contribuirá para a diminuição do encaminhamento dos subprodutos para os aterros de forma a diminuir os encargos associados a esta prática e reforçando a sustentabilidade económica e ambiental neste setor.

5.2. Exemplos

O desenvolvimento e a aplicação de ferramentas de apoio à decisão no setor alimentar têm vindo a ganhar relevância nos últimos anos, principalmente nas áreas onde é necessário integrar vários fatores, como a sustentabilidade, eficiência económica e a gestão de recursos. Estes tipos de sistemas têm sido utilizados para apoiar decisões que são complexas ao longo da cadeia agroalimentar, de forma a permitir aos operadores analisar diferentes cenários e selecionar as estratégias mais adequadas à sua realidade (Kamariotou et al., 2021).

É apresentado por Barons et al., 2024, uma ferramenta de apoio à decisão aplicada ao setor alimentar orientada para a agricultura sustentável e para a redução de desperdícios alimentares. Este sistema permite avaliar diferentes opções de gestão tendo em conta as variáveis económicas, ambientais e políticas, que funciona como um suporte à tomada de decisão em contextos de incerteza. Embora o principal foco desta ferramenta esteja na produção agrícola, a sua lógica de integração de critérios e análise de cenários apresenta semelhanças com a abordagem apresentada neste trabalho, particularmente no que respeita à apresentação de soluções sustentáveis ao longo da cadeia produtiva.

Outro exemplo de aplicação deste tipo de ferramentas, é o sistema descrito por Kamariotou et al., 2021, que apoia a definição de estratégias digitais e operacionais em pequenas e médias empresas da cadeia agroalimentar. Esta ferramenta considera fatores como a capacidade financeira das empresas, o nível de maturidade tecnológica e os objetivos estratégicos, de forma a permitir uma adaptação à especificidade de cada empresa. Este exemplo é relevante para este trabalho, uma vez que aborda a importância das ferramentas de apoio à decisão ajustada à realidade das PME, visto que no setor dos bivalves existem diversas empresas enquadradas nesta categoria.

Respeitante à gestão de produtos perecíveis, destaca-se a ferramenta apresentada por Pina et al., 2021, que se foca na definição dinâmica de preços de produtos hortofrutícolas com base na estimativa da sua vida útil e na evolução da qualidade microbiológica. O principal objetivo desta ferramenta é a redução do desperdício alimentar através da adaptação de estratégias de comercialização ao estado do produto. Este exemplo evidencia o uso destas ferramentas na otimização do uso de recursos alimentares e na minimização de perdas, sendo estes também os princípios no contexto da valorização dos subprodutos de bivalves.

A **Figura 10**, demonstra a ferramenta Model2bio. É um sistema pioneiro de apoio à decisão fundamentado em modelos matemáticos que foi concebido para prever as características físico-químicas dos fluxos de resíduos agroalimentares e a identificar as melhores rotas para a sua valorização. O principal objetivo desta ferramenta é dar uma “segunda vida” aos desperdícios alimentares, transformando subprodutos da indústria em novos produtos de valor acrescentado.

Esta ferramenta utiliza modelos matemáticos para prever fluxos residuais, ajudando a mitigar os obstáculos que impedem a gestão eficiente de subprodutos com grande potencial de valorização (Model2Bio n.d.).

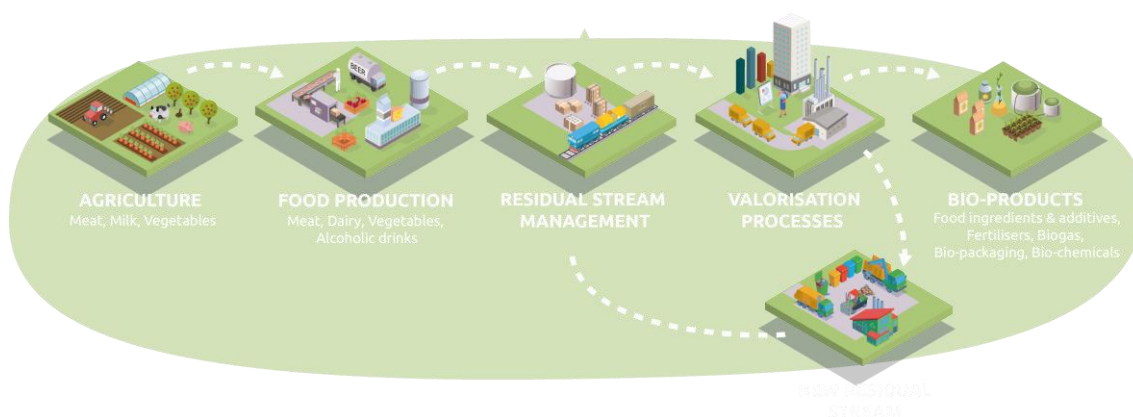


Figura 10 - Fluxo de valorização de resíduos agroalimentares segundo o projeto Model2Bio

Fonte: Model2Bio n.d.

Em suma, as ferramentas apresentadas encontram-se em fase de validação, ou prova de conceito, estando disponíveis através dos artigos publicados em websites de acesso aberto. No entanto, o protótipo desenvolvido para a agricultura sustentável e para a redução de desperdícios alimentares (Barons et al., 2024), foi desenvolvido através de um software que está disponível através de um site. O sistema desenvolvido para os retalhistas hortícolas (Pina et al., 2021) consiste em folhas de cálculo Microsoft Excel, de forma a ser uma ferramenta intuitiva para as PME. Já a ferramenta Model2Bio, (Model2Bio n.d.) é uma plataforma de software ainda pioneira, no entanto já foi validada em ambiente real em 4 países.

De um modo geral, estes exemplos demonstram que as ferramentas de apoio à decisão que já existem no setor alimentar estão orientadas por diversas áreas como a produção, a gestão da cadeia de abastecimento e a redução do desperdício, no entanto, verifica-se que não existem ferramentas no que diz respeito à valorização de subprodutos, em particular no setor dos moluscos bivalves. Esta falha evidencia a necessidade de desenvolver soluções adaptadas a esta realidade, reforçando a necessidade de desenvolver uma ferramenta que integra critérios técnicos, económicos e ambientais de forma prática e acessível aos operadores.

5.3. Ferramenta “BivalValor”

A **Tabela 4** apresenta uma consolidação da informação que foi analisada ao longo do trabalho. A sua elaboração baseou-se na recolha e organização dos dados que sustentaram o desenvolvimento da ferramenta de apoio à decisão de forma a permitir sintetizar de uma forma comparativa as principais valorizações das conchas de bivalves, tendo em conta os respetivos requisitos técnicos, legais, ambientais e económicos.

De uma forma resumida é possível verificar que para a maioria das aplicações identificadas é necessário que cumpram o Regulamento (CE) n.º 1069/2009, uma vez que é fundamental que as conchas se encontrem isentas de tecidos moles para que não sejam classificadas como subprodutos animais, o que vai simplificar a sua autorização como matéria-prima em processos industriais. Contudo, apesar de já ser reconhecido o potencial de valorização, as conchas continuam a ser, em muitos casos, legalmente enquadradas como resíduos ao abrigo do Regime Regal de Gestão de Resíduos, tornando necessária a sua reclassificação como subproduto ou matéria-prima secundária pelas autoridades competentes para permitir a sua aplicação (Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de Dezembro, 2020; Regulamento (CE) n.º 1069/2009 Do Parlamento Europeu e Do Conselho, de 21 de Outubro de 2009, 2009)

No que diz respeito aos custos associados, a maioria das opções de valorização pressupõe ainda a realização de etapas de processamento para que as conchas possam ser utilizadas, tais como lavagem, secagem, moagem e frequentemente a etapa de calcinação a temperaturas entre os 500°C e 650°C, com o objetivo de remover toda a matéria orgânica ainda existente de forma a garantir a conformidade legal.

Apesar destes requisitos, as soluções apresentadas contribuem para a valorização de resíduos com impacto ambiental bastante positivo, enquadrando-se nos princípios da economia circular, o que permite em simultâneo uma redução dos encargos económicos para as empresas, principalmente através da diminuição dos custos associados à deposição em aterros, cujas taxas podem atingir valores entre 60-80€ por tonelada de subprodutos (Summa et al., 2022).

Com base na análise da literatura, nas práticas do setor a nível nacional e nas necessidades identificadas juntos dos operadores, foi desenvolvida uma ferramenta de apoio à decisão designada por “BivalValor”. Esta ferramenta tem como principal objetivo apoiar os produtores, centros de depuração e expedição de moluscos bivalves na avaliação e seleção de estratégias de valorização dos subprodutos gerados, tendo em consideração a realidade específica de cada empresa.

A ferramenta “BivalValor” foi desenvolvida para permitir um rápido e fácil diagnóstico à realidade de cada operador. Teve como requisitos ser de fácil utilização (questões curtas, rápida consulta, apoios visuais) e adaptada à estrutura do setor, maioritariamente composto por pequenas e médias empresas. A ferramenta recolhe um conjunto de informações fornecidas pelo seu utilizador, tais como volume de subprodutos gerados, a capacidade financeira disponível para investimento e o interesse em diferentes tipos de valorização, através destes dados a ferramenta orienta a utilização para opções de acordo com a sua capacidade.

O desenvolvimento da ferramenta resultou num primeiro protótipo, apresentado às partes interessadas com o objetivo de recolher contributos e validar a sua utilidade prática. Esta fase

permitiu confirmar a relevância da ferramenta enquanto instrumento de apoio à decisão, bem como identificar oportunidades de melhoria. O feedback recolhido demonstrou a importância da vertente económica no processo de decisão dos operadores, nomeadamente no que diz respeito ao investimento inicial necessário, aos custos associados aos equipamentos e ao potencial retorno financeiro das diferentes opções de valorização.

No âmbito do processo de validação da ferramenta de apoio à decisão, no dia 25 de novembro de 2025 participei numa sessão pública de divulgação científica “Sistemas Alimentares do Futuro: um mar de soluções” integrada na Semana da Ciência e da Tecnologia 2025 realizada na Escola Superior de Turismo e Tecnologia do Mar. Esta sessão teve como objetivo promover a divulgação de projetos de investigação e inovação orientados para a sustentabilidade dos sistemas alimentares.

Durante esta sessão foi realizada a apresentação do presente trabalho bem como da ferramenta de apoio à decisão desenvolvida. A ferramenta foi disponibilizada aos participantes para que pudessem experimentar, de forma a permitir que testassem o seu funcionamento e analisassem a sua aplicabilidade prática. Este momento contou como uma oportunidade relevante para a recolha de feedback no que diz respeito à clareza da informação apresentada, à facilidade de utilização, à adequação dos critérios e às sugestões de melhoria.

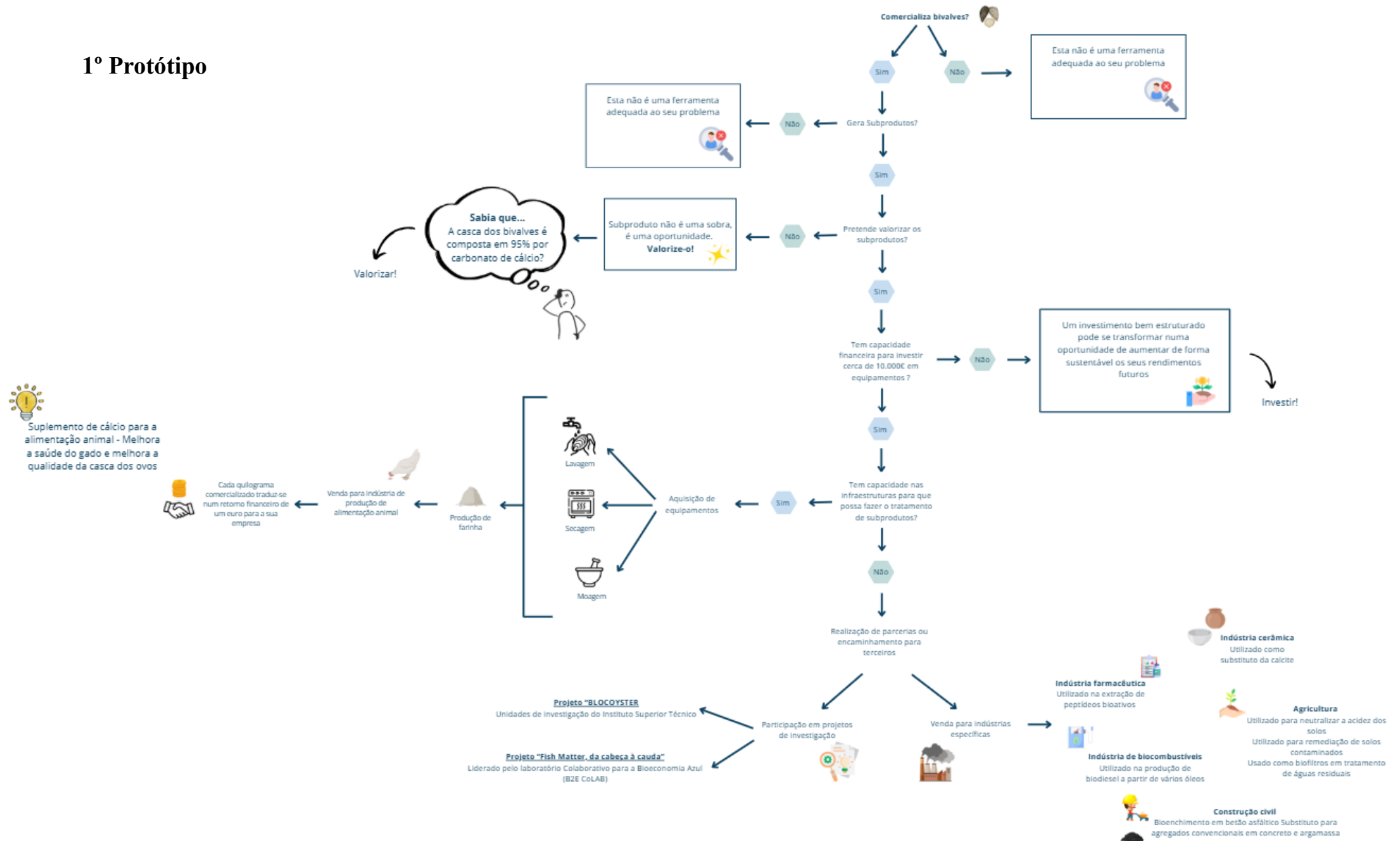
Em resposta a este feedback, a ferramenta foi ajustada, originando um segundo protótipo mais completo e de acordo com as expectativas e necessidades do setor. As melhorias incidiram sobretudo na clarificação da informação económica associada a cada opção de valorização, na identificação dos principais produtos derivados das conchas para cada área de aplicação e na referência a possíveis incentivos ou apoios financeiros existentes. Estas alterações contribuíram para tornar a ferramenta mais completa e orientada para que os operadores possam tomar as suas decisões mais acertadas à sua realidade.

Tabela 4 - Enquadramento legal, ambiental e económico das opções de valorização das conchas de bivalves

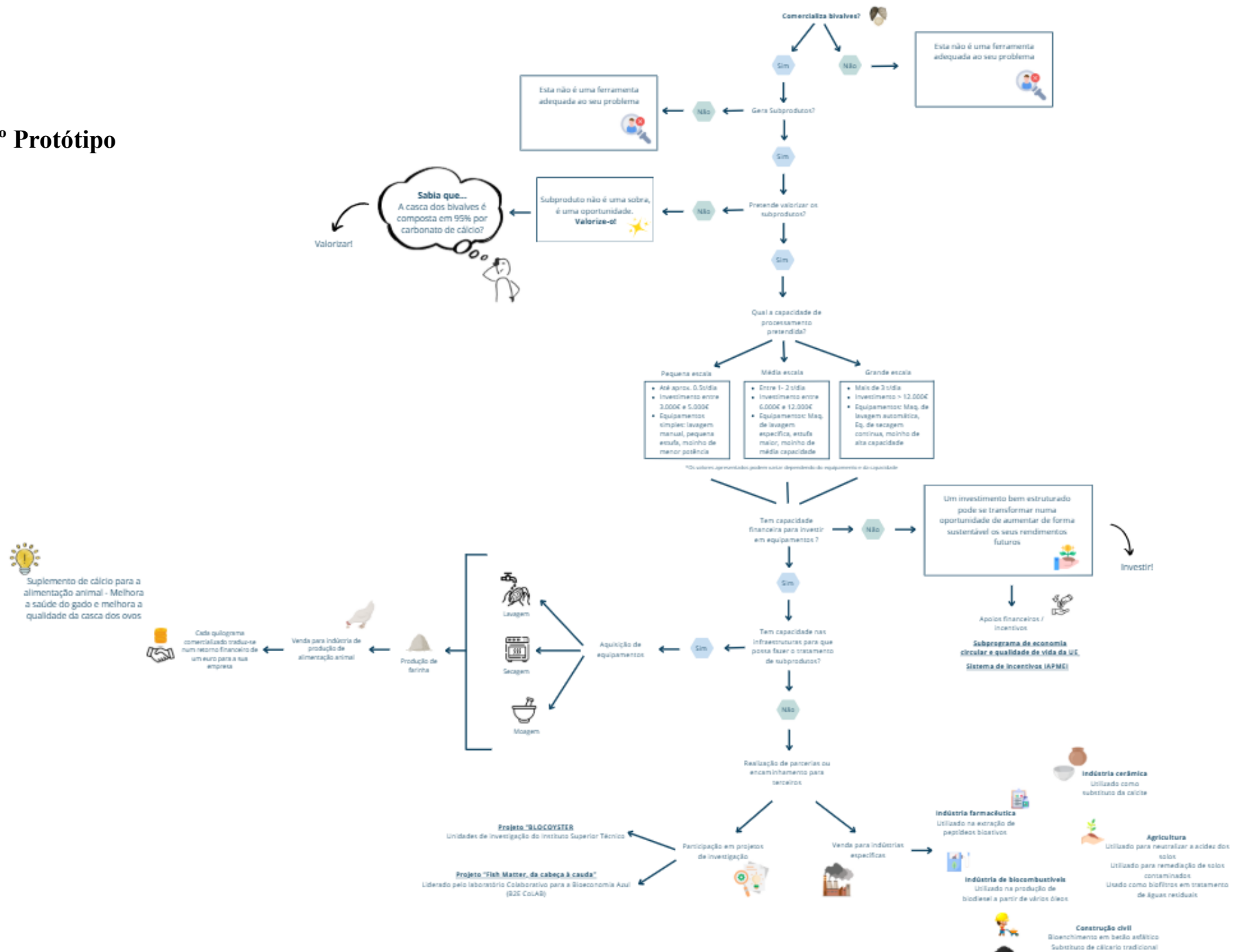
Opção de valorização	Conformidade legal	Autorizações necessárias	Impacto ambiental	Custo	Referência
Indústria (Cerâmica)	Conforme - Quando classificadas como subproduto	As conchas devem ser classificadas como subprodutos e estar autorizadas pelas autoridades competentes (APA)	Positivo – Redução do consumo de matérias-primas minerais	Médio – Custos associados à moagem fina (moagem de conchas é mais lenta que a moagem de calcite)	Macedo Franco Ferreira, 2021; Magalhães et al., 2024; Vilarinho et al., 2025
Materiais de construção (Betão / Misturas betuminosas / Cimento)	Conforme - Mediante cumprimento das normas técnicas aplicáveis	A utilização das conchas deve cumprir normas técnicas de construção (EN 998-2 / UNI EN 13139)	Positivo a moderado – Substituição parcial de matérias-primas naturais não renováveis (areia e calcário); Redução de emissões associadas à extração (cimento)	Médio –Necessidade de processamento; Controlo granulométrico e testes técnicos	Leone et al., 2023; Paim Cescon et al., 2025
Alimentação animal (Fonte de cálcio em ração)	Conforme -Mediante Regulamentação	Autorização no âmbito dos subprodutos animais (Reg. CE n.º 1069/2009); Aprovação da DGAV	Positivo – Substituição de fontes minerais convencionais de cálcio	Médio – Custos de higienização; Controlo sanitário; Certificação	Regulamento (CE) N.º 1069/2009 Do Parlamento Europeu e Do Conselho , de 21 de Outubro de 2009, 2009; Regulamento (UE) N.º 142/2011 Da Comissão, de 25 de Fevereiro de 2011, 2011; Summa et al., 2022
Farmacêutica / Saúde (Cálcio / Nácar / Compostos bioativos)	Conforme - Altamente regulamentado (Reg. CE n.º 1223/2009)	Autorizações da INFARMED; Cumprimento de boas práticas de fabrico	Positivo – Reduz o impacto químico no ambiente (substitui ingredientes sintéticos, ex. dióxido de titânio)	Elevado – Custos de limpeza, calcinação e moagem para atingir níveis de pureza de 90-95% de carbonato de cálcio (Essenciais para o grau farmacêutico e cosmético); No entanto	Regulamento (CE) N.º 1223/2009 Do Parlamento Europeu e Do Conselho, de 30 de Novembro de 2009, 2009; Summa et al., 2022

				gera produtos de elevado valor acrescentado	
Energia (Catalisador em biohidrogénio)	Conforme – Desde que reconhecidas como matéria-prima	Conformidade ambiental através da mitigação das emissões de dióxido de carbono	Positivo – Utilização de energias alternativas	Elevado – Investimento tecnológico elevado e ainda sem retorno comercial consolidado	El-Qelish et al., 2024; Kwon et al., 2022; Summa et al., 2022
Agricultura (Corretivo dos solos / calagem)	Conforme - A concha tem de ser corretamente processada (sem tecidos residuais); Tem de passar por etapas de lavagem, secagem, moagem e calcinação	A utilização de subprodutos de origem animal, está sujeita ao cumprimento das normas para estes subprodutos e à emissão de parecer pelos serviços competentes (DGADR)	Positivo – Redução da acidez dos solos, imobilização de metais pesados; Substituição de calcário natural; Desvio de resíduos de aterro Negativo – Consumo de eletricidade nos processos de calcinação e de limpeza	Baixo – É mais barato que os fertilizantes comerciais; O custo mais elevado será do transporte	Laohavisuti et al., 2025; Summa et al., 2022
Ambiental (Bioadsorventes / Tratamento de águas)	Conforme – Desde que a concha seja processada corretamente	As conchas devem ser classificadas como subprodutos e estar autorizadas pelas autoridades competentes (APA)	Muito positivo – Remoção de até 90% de iões tóxicos (ex. chumbo)	Baixo a médio – Depende do nível de processamento e escala	Al-Mur, 2024; Summa et al., 2022
Deposição em aterro (Eliminação)	Conforme – Tem de ser enquadrado como resíduo	Cumprimento do regime geral de resíduos; Pagamento de taxas de gestão de resíduos	Negativo – Perda de recurso; Impacto ambiental através da poluição de solos e águas subterrâneas e emissões associadas aos gases de aterro que contribuem para o efeito de estufa	Custo direto elevado – Taxas de deposição em aterro; Taxa de gestão de resíduos; Custos de transporte	Agência Portuguesa do Ambiente, 2021; Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de Dezembro, 2020; Directiva 2008/98/CE Do Parlamento Europeu e Do Conselho, de 19 de Novembro de 2008 , 2008

1º Protótipo



2º Protótipo



6. Disponibilização e sustentabilidade futura da ferramenta

A ferramenta de apoio à decisão que foi desenvolvida no âmbito deste trabalho foi concebida como uma ferramenta interativa, de acesso simples e flexível que está disponível através do seguinte link online:

- https://www.canva.com/design/DAG97q6TdYw/nEIN7Dx9mDQKl2_U0mapzQ/v?utm_content=DAG97q6TdYw&utm_campaign=designshare&utm_medium=ink2&utm_source=uniquelinks&utm_id=h267fa9ace2

A sua disponibilização em formato digital permite que a ferramenta seja utilizada de forma autónoma pelos diferentes operadores do setor, facilitando o acesso à informação e promovendo a sua aplicação prática em contextos reais de tomada de decisões.

Um dos aspetos principais da ferramenta é o facto de ser dinâmica e evolutiva. A ferramenta foi pensada para estar em constante atualização, incorporando novas sugestões, necessidades e apontamentos de melhoria identificados pelos operadores. Esta abordagem permite que a ferramenta se mantenha sempre ajustada à realidade do setor, acompanhando eventuais alterações ao nível de práticas produtivas e das opções de valorização disponíveis.

Prevê-se que a ferramenta possa ser futuramente disponibilizada às empresas que participaram nas entrevistas realizadas no âmbito deste estudo e adicionalmente ser divulgada junto das associações de produtores de moluscos bivalves de forma a contribuir para uma maior abrangência e para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor.

Está igualmente prevista a disponibilização da ferramenta na página oficial do MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente de forma a reforçar a ligação entre a investigação científica e o setor empresarial. Esta integração em contexto institucional contribui para a credibilidade da ferramenta e para a sua continuidade após a conclusão deste trabalho, permitindo que a mesma seja utilizada, atualizada e até adaptada no âmbito de futuros projetos de investigação.

Conclui-se que a disponibilização online e a perspetiva de atualização continua da ferramenta no futuro contribua para a sua sustentabilidade, assegurando que o conhecimento desenvolvido não se limita ao contexto académico, mas que pode ser aplicado no setor. Posto isto, assume-se que a ferramenta é um instrumento com potencial para evoluir ao longo do tempo acompanhando sempre as necessidades dos utilizadores e promovendo a valorização sustentável dos subprodutos de bivalves, em ligação com os princípios da economia circular.

7. Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho permitiu demonstrar que a gestão dos subprodutos de bivalves em Portugal continua fortemente assente na sua eliminação em aterros, apesar do elevado potencial de valorização das conchas, dos custos económicos elevados e do elevado impacto ambiental associados ao seu descarte.

A revisão bibliográfica demonstrou que existem múltiplas aplicações tecnicamente viáveis para estes subprodutos em diversos setores tais como a construção, energia, alimentação animal, cosmética, indústria cerâmica, agricultura, entre outros. No entanto, verificou-se que a passagem deste conhecimento técnico para as empresas ainda não é eficaz, principalmente devido à falta de informação acessível, às dificuldades regulatórias e a ausência de ferramentas que apoiem na tomada de decisão consoante a sua realidade.

As entrevistas que foram realizadas junto das empresas confirmaram que embora os operadores reconheçam o problema da gestão dos subprodutos, a maioria não dispõe de meios técnicos ou instrumentos que lhes permitam avaliar alternativas de valorização de forma estruturada e fundamentada. Ainda assim, foi identificado interesse por parte das empresas em participar em iniciativas que promovam soluções mais sustentáveis desde que estas sejam economicamente viáveis e exequíveis, o que reforçou a necessidade e adequabilidade do desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à decisão.

Posto isto, o desenvolvimento da ferramenta “BivalValor” foi o principal objetivo deste trabalho. Esta ferramenta integra critérios técnicos, económicos e ambientais, apoiando as empresas na seleção de estratégias de valorização mais adequadas à sua realidade. A sua validação junto dos operadores do setor evidenciou que se trata de um instrumento útil, de fácil compreensão e com potencial para incentivar a práticas mais sustentáveis.

De forma global, este estudo reforça a importância de aproximar o conhecimento científico da realidade empresarial, promovendo soluções práticas que contribuam para a redução de resíduos, para a valorização de recursos e para a transição deste setor para um modelo mais alinhado com os princípios da economia circular e da sustentabilidade ambiental.

Como perspetiva futura, pretende-se dar conhecimento da ferramenta a um maior número de empresas, bem como integrá-la em plataformas digitais ou programas de apoio ao setor, de forma a garantir a sua utilização e atualização continuada, para que se observe um impacto efetivo na gestão de subprodutos de bivalves em Portugal. Pretende-se também com a divulgação desta ferramenta, apelar ao desenvolvimento de mais ferramentas deste género para aplicação noutras falhas que surjam em diversos setores.

8. Referências bibliográficas

- Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). *Relatório do estado do ambiente em Portugal 2020-21*.
https://apambiente.pt/sites/default/files/_A_APA/Comunicacao/Media/NotasOCS2021/Nota_ComSocial_84-2021_REA_2020-21.pdf
- Agência Portuguesa do Ambiente. (2026, January 15). *Valor da TGR*.
<https://apambiente.pt/residuos/valor-da-tgr>
- Al-Mur, B. A. (2024). Application of Marine Mollusk Shells (*Meretrix lusoria*) as Low-Cost Biosorbent for Removing Cd²⁺ and Pb²⁺ Ions from Aqueous Solution: Kinetic and Equilibrium Study. *Water*, 16(18), 2615. <https://doi.org/10.3390/w16182615>
- Associação Portuguesa de Nutrição. (2022). *Pescar Saúde* (E-Book No63).
- Barco Variante Espiritual. (2024, October 3). *Cultivo do Mexilhão: Tradição Galega*.
<https://www.barcovarianteespiritual.com/pt/cultivo-de-mexilhao-tradicao-da-galega/>
- Barons, M. J., Walsh, L. E., Salakpi, E. E., & Nichols, L. (2024). A Decision Support System for Sustainable Agriculture and Food Loss Reduction under Uncertain Agricultural Policy Frameworks. *Agriculture*, 14(3), 458. <https://doi.org/10.3390/agriculture14030458>
- Braga, A. C., Rodrigues, S. M., Lourenço, H. M., Costa, P. R., & Pedro, S. (2023). Bivalve Shellfish Safety in Portugal: Variability of Faecal Levels, Metal Contaminants and Marine Biotoxins during the Last Decade (2011–2020). *Toxins*, 15(2).
<https://doi.org/10.3390/toxins15020091>
- Caroscio, L., De Pascale, B., Tataranni, P., Chiavetta, C., Lantieri, C., & Bonoli, A. (2024). Preliminary study on the application of waste bivalve shells as biofiller for the production of asphalt concrete. *Cleaner Engineering and Technology*, 20.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100743>
- Carral, L., Lamas-Galdo, M. I., Buenhombre, J. L. M., Barros, J. J. C., Álvarez-Feal, C., & Tarrio-Saavedra, J. (2025). Valorisation of gourmet shellfish waste for sustainable artificial reef construction. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 41, 101258.
<https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2025.101258>
- Çatli, A. U., Bozkurt, M., Küçkyılmaz, K., Çinar, M., Bintas, E., Çöven, F., & Atik, H. (2012). Performance and egg quality of aged laying hens fed diets supplemented with meat and bone meal or oyster shell meal. *South African Journal of Animal Science*, 42(1), 74–82.
<https://doi.org/10.4314/sajas.v42i1.9>
- Choi, S. H., Lee, J. H., Yoo, J., Hyeon Park, J., Bae, J. S., & Young Park, C. (2024). Toward transformation of bivalve shell wastes into high value-added and sustainable products in South Korea: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 129, 38–52.
<https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2023.08.032>
- Conchological Society of Great Britain and Ireland. (n.d.). *Bivalve shell and soft part terminology*. Retrieved January 7, 2026, from https://conchsoc.org/aids_to_id/bivalve-parts.php
- Costeira, I. M. da C. M. D. (2024). *Análise das variações espaciais das espécies de bivalves com valor comercial em sistemas costeiros portugueses*.

- Cravo, E. (2023, April 26). *Fluxograma de produção: entenda essa poderosa ferramenta*. <https://blog.kalatec.com.br/fluxograma-de-producao/>
- Cubillo, A. M., Lopes, A. S., Ferreira, J. G., Moore, H., Service, M., & Bricker, S. B. (2023). Quantification and valuation of the potential of shellfish ecosystem services in mitigating coastal eutrophication. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 293, 108469. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2023.108469>
- de Assis Filho, R. B., Baptistella, A. M. S., de Araujo, C. M. B., Fraga, T. J. M., de Paiva, T. M. N., de Abreu, C. A. M., & da Motta Sobrinho, M. A. (2021). Removal of textile dyes by benefited marine shells wastes: From circular economy to multi-phenomenological modeling. *Journal of Environmental Management*, 296, 113222. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113222>
- Decreto-Lei n.o 102-D/2020, de 10 de dezembro. (2020, December 10).
- Despacho n.o 1550/2022, de 8 de Fevereiro, Pub. L. No. Diário da República: Série II de 2022-02-08 (2022).
- Diplomat Magazine. (2024, June 18). *The Art of Transforming Seashells into Ceramics – Seashell Ceramics*. <https://diplomatmagazine.eu/2024/06/18/the-art-of-transforming-seashells-into-ceramics-seashell-ceramics/>
- Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008 ,. (2008, November 19).
- Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries. (2024, December 13). *Map of the Week – Shellfish Farms – Happy Holidays!* https://maritime-forum.ec.europa.eu/map-week-shellfish-farms-happy-holidays_en
- El-Qelish, M., El-Shafai, S. A., Azouz, R. A. M., Rashad, E., & Elgarahy, A. M. (2024). From seashells to sustainable energy: Trailblazing the utilization of Anadara uropigimelana shells for sustainable biohydrogen production from leftover cooking oil. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(2), 111914. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2024.111914>
- Esposito, G., Colussi, S., Carella, F., Turolla, E., Pastorino, P., Mossotto, C., Gabetti, A., Dibra, A., Maganza, A., Renzi, M., Zanoli, A., Faggio, C., Bozzetta, E., Gini, M., Meloni, D., Prearo, M., & Sicuro, B. (2026). Shellfish aquaculture: Balancing sustainability, innovation and environmental challenges. *Aquaculture*, 613, 743367. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2025.743367>
- European Commission, D.-G. for M. A. and F. (DG M. (2023). *Multi-annual National Strategic Plans for the development of sustainable Aquaculture for the period 2021 to 2030*. https://aquaculture.ec.europa.eu/system/files/2023-03/AAM_MNSP_CZECH%20REPUBLIC_0.pdf
- Fagundes, T. F. da S., & Silva, L. B. da. (2022). Potencial uso dos resíduos de conchas de moluscos: uma revisão. *Research, Society and Development*, 11(3), e43011326614. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26614>
- Ferreira, J. G., Hawkins, A. J. S., & Bricker, S. B. (2007). Management of productivity, environmental effects and profitability of shellfish aquaculture — the Farm Aquaculture Resource Management (FARM) model. *Aquaculture*, 264(1–4), 160–174. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.12.017>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). *Bivalves prices up, with the exception of oysters*. Retrieved January 10, 2026, from <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/cbce71e2-53c9-4fad-ba11-5da1052584db/content>
- Go Limpets, L. (n.d.). *CELS - Economia Circular de Cascas de Lapas*. Retrieved January 16, 2026, from <https://www.eeagrants.gov.pt/pt/programas-mfeee-2014-2021/crescimento-azul/projetos/projetos/cels/>
- H. Silva, T., Mesquita-Guimarães, J., Henriques, B., Silva, F. S., & Fredel, M. C. (2019). The Potential Use of Oyster Shell Waste in New Value-Added By-Product. *Resources*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.3390/resources8010013>
- Instituto Nacional de Estatística, I. P. (2021). *Estatísticas da Pesca - 2021*. https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=36828280&PUBLICACOESmodo=2
- Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge (INSA). (2025). *Tabela da Composição de Alimentos (PortFIR)*.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (n.d.-a). *Morfologia, biologia e ecologia dos moluscos bivalves*. Retrieved January 13, 2026, from <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/pescas/index.html>
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (n.d.-b). *Perguntas frequentes sobre pescas*. Retrieved July 2, 2025, from https://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/pescas/faqdetail.html?f=/pt/educativa/faq/pescas/faq_0001.html
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2024). *Deliberação n.o 793/2024 de 18 de junho*. https://www.ipma.pt/pt/bivalves/docs/files/Delibexxo_n.x_793-2024_de_18_de_junho.pdf
- Jornal de Laguna. (2025). *Bouchot: Um sistema tradicional de produção de mexilhões*. <https://www.jornaldelaguna.com.br/bouchot-um-sistema-tradicional-de-producao-de-mexilhoes/>
- Kamariotou, M., Kitsios, F., Charatsari, C., Lioutas, E. D., & Talias, M. A. (2021). Digital Strategy Decision Support Systems: Agrifood Supply Chain Management in SMEs. *Sensors*, 22(1), 274. <https://doi.org/10.3390/s22010274>
- Kaomer. (n.d.). *Savoir-faire: L'art de transformer la mer en matière précieuse*. Retrieved January 16, 2026, from <https://kaomer.com/pages/savoir-faire>
- Kobayashi, I., & Samata, T. (2006). Bivalve shell structure and organic matrix. *Materials Science and Engineering: C*, 26(4), 692–698. <https://doi.org/10.1016/J.MSEC.2005.09.101>
- Kwon, G., Cho, D. W., Jang, H., Shiung Lam, S., & Song, H. (2022). Synergistic effects of blending seafood wastes as Co-pyrolysis feedstock on syngas production and biochar properties. *Chemical Engineering Journal*, 429, 132487. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2021.132487>
- Laohavisuti, N., Seangarun, C., Boonchom, B., Rungrojchaipon, P., Boonmee, W., & Seesamong, S. (2025). Upcycling bivalve mollusk shell wastes into triple super-, mono-and di-calcium phosphates for fertilizers and mineral animal feed. *Environmental Technology & Innovation*, 37, 103988. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2024.103988>

- Leone, R., Calà, A., Capela, M. N., Colajanni, S., Campisi, T., & Saeli, M. (2023). Recycling Mussel Shells as Secondary Sources in Green Construction Materials: A Preliminary Assessment. *Sustainability*, 15(4), 3547. <https://doi.org/10.3390/su15043547>
- Ling Wen Xia, F., Supri, S., Djamaludin, H., Nurdiani, R., Leong Seng, L., Wee Yin, K., & Rovina, K. (2024). Turning waste into value: Extraction and effective valorization strategies of seafood by-products. *Waste Management Bulletin*, 2(3), 84–100. <https://doi.org/10.1016/J.WMB.2024.06.008>
- Louis, V., Besseau, L., & Lartaud, F. (2022). Step in Time: Biomineralisation of Bivalve's Shell. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.906085>
- Macedo Franco Ferreira, M. (2021). *Valorização de resíduos de cascas de bivalves em pastas de faiança*.
- Magalhães, F. C., Bellei, P., Flores-Colen, I., & da Costa, E. M. (2024). Blue Circular Economy—Reuse and Valorization of Bivalve Shells: The Case of Algarve, Portugal. *Recycling*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/recycling9020027>
- Mendonça, D. da S. (2019). *Conchas de sururum maçunim e ostras: Uma alternativa viável na alimentação de codornas*. <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/10010/1/Conchas%20de%20sururu%2c%20ma%c3%a7unim%20e%20ostras%20uma%20alternativa%20vi%c3%a1vel%20na%20alimenta%c3%a7%c3%a3o%20de%20codornas.pdf>
- Mignardi, S., Tocci, E., & Medeghini, L. (2024). Clam shell waste recycling and valorization for sustainable Hg remediation. *Heliyon*, 10(15), e35375. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2024.E35375>
- Mkadem, H., & Kaanane, A. (2024). A comprehensive review on marine by-products use for the recovery of value-added products. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 50, 100972. <https://doi.org/10.1016/J.COGSC.2024.100972>
- Model2Bio - Uma ferramenta pioneira de apoio à decisão, baseada em modelos matemáticos para prever fluxos de resíduos agroalimentares e identificar as melhores vias para a sua valorização. (n.d.). Retrieved January 16, 2026, from <https://www.model2bio.eu/>
- Murthy, A., Galli, A., Madeira, C., & Moreno Pires, S. (2023). Consumer Attitudes towards Fish and Seafood in Portugal: Opportunities for Footprint Reduction. *Sustainability*, 15(2), 1363. <https://doi.org/10.3390/su15021363>
- Nicastro, R., Papale, M., Fusco, G. M., Capone, A., Morrone, B., & Carillo, P. (2024). Legal Barriers in Sustainable Agriculture: Valorization of Agri-Food Waste and Pesticide Use Reduction. *Sustainability*, 16(19), 8677. <https://doi.org/10.3390/su16198677>
- Oliveira, J., Castilho, F., Cunha, Â., & Pereira, M. J. (2013). Bivalve harvesting and production in Portugal: An overview. *Journal of Shellfish Research*, 32(3), 911–924. <https://doi.org/10.2983/035.032.0334>
- Oliveira, M. C. R. M. (2012). *Moluscos Bivalves em Portugal: Composição Química e Metais Contaminantes*.
- Oliveira, V. G. P. (2018). *Segurança Sanitária dos Moluscos Bivalves Vivos Produzidos em Zonas Estuarinas Portuguesas e Respetivo Controlo Oficial*.

- Paim Cescon, A., Bruschi, G. J., & Korf, E. P. (2025). Urban Mining of Bivalve Shell Waste as a Sustainable Alternative to Limestone Exploitation: A Review on Alkali-Activated Cements and Mortars. *Mining*, 5(4), 69. <https://doi.org/10.3390/mining5040069>
- Palma, A. S., Pereira, C., Afonso, C., Matias, D., Ruano, F., Lourenço, H., Silva, H., Fernandes, L., Sobral, M., Castilho, M. F., Martins, M. F., Botelho, M. J., Nunes, M. L., Moita, M. T., Costa, P., Vale, P., Cachola, R., Pedro, S., Gomes, S., & Rodrigues, S. (2008). *Produção, Salubridade e Comercialização de Moluscos Bivalves em Portugal* (H. A. Silva & I. Batista, Eds.; No20).
- Pessoa, M. F., Mendes, B., & Oliveira, J. S. (2006). *Culturas marinhas em Portugal*. https://web.archive.org/web/20081029054523/http://igbp-portugal.org/cluster2006/comunicacoes/m_f_pessoa/cluster2006-zc06c-comun.pdf
- Pina, M., Gaspar, P., & Lima, T. (2021). Decision Support System in Dynamic Pricing of Horticultural Products Based on the Quality Decline Due to Bacterial Growth. *Applied System Innovation*, 4(4), 80. <https://doi.org/10.3390/asi4040080>
- Pires, D. S. (2018). *Produção de Moluscos Bivalves e Fatores de Risco Associados*.
- Policarpo, P. K. (2017). *Caracterização Microbiológica de Bivalves Vivos: Efeito do Transporte e Variação Temporal Entre Espécies*.
- Regulamento (CE) N.º 853/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho de 29 de Abril de 2004 (Diário da República). (2004, April 29).
- Regulamento (CE) N.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro de 2009. (2009, October 21). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A02009R1069-20191214>
- Regulamento (CE) N.º 1223/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de Novembro de 2009. (2009, November 30).
- Regulamento (UE) N.º 142/2011 da Comissão, de 25 de Fevereiro de 2011. (2011, February 25). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex:32011R0142>
- Santos, E. (2024). Regional Dynamics and Economic Sustainability of Mariculture Firms in Portugal: A Financial Performance Analysis. *Water*, 16(12), 1655. <https://doi.org/10.3390/w16121655>
- Sasaki, C., Tamura, S., Tohse, R., Fujita, S., Kikuchi, M., Asada, C., & Nakamura, Y. (2019). Isolation and identification of an angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptide from pearl oyster (*Pinctada fucata*) shell protein hydrolysate. *Process Biochemistry*, 77, 137–142. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2018.11.017>
- Siahaan, E. A., Agusman, Pangestuti, R., Shin, K.-H., & Kim, S.-K. (2022). Potential Cosmetic Active Ingredients Derived from Marine By-Products. *Marine Drugs*, 20(12), 734. <https://doi.org/10.3390/md20120734>
- Silva, D. (2019, May 14). *Fluxograma de produção: qual a importância dele para sua empresa*. <https://gepea.com.br/fluxograma-de-producao/>
- Silva, D., Debacher, N. A., Borges De Castilhos Junior, A., & Rohers, F. (2010). Caracterização físico-química e microestrutural de conchas de moluscos bivalves provenientes de cultivo da região Litorânea da ilha de Santa Catarina. In *Quim. Nova* (Vol. 33, Issue 5).

- Silva, H. A., Costa, P., & Rodrigues, S. (n.d.). *Morfologia, biologia e ecologia dos moluscos bivalves*. Instituto Português Do Mar e Da Atmosfera. Retrieved March 26, 2025, from <https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/pescas/index.html>
- Soares, F., Almeida, C., & Cachola, R. (2012). *Qualidade Microbiológica dos Bivalves da Ria Formosa - Vinte anos de Resultados*.
- Sousa, R., Gaspar, M., Lucas, J., Freitas, M., & Ideia, P. (2023). Shellfish consumption preferences in an oceanic archipelago. *Frontiers in Marine Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1149888>
- Summa, D., Lanzoni, M., Castaldelli, G., Fano, E., & Tamburini, E. (2022). Trends and Opportunities of Bivalve Shells' Waste Valorization in a Prospect of Circular Blue Bioeconomy. *Resources*, 11(5), 48. <https://doi.org/10.3390/resources11050048>
- Valorsul – Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos Regiões Lisboa e Oeste S.A. (2025, January 1). *Quanto custa depositar*. <https://www.valorsul.pt/pt/area-de-utilizador/quanto-custa-depositar/>
- Varyvoda, Y., Thomson, A., & Bruno, J. (2025). Factors Influencing the Adoption of Sustainable Agricultural Practices in the U.S.: A Social Science Literature Review. *Sustainability*, 17(15), 6925. <https://doi.org/10.3390/su17156925>
- Vilarinho, I. S., Ferreira, M., Miranda, C., Silva, J., Batista, S., Gonçalves, M. C., & Seabra, M. P. (2025). Decarbonisation of Earthenware Ceramic Production Using Bivalve Shell Waste. *Ceramics*, 8(2), 76. <https://doi.org/10.3390/ceramics8020076>
- Wan Mahari, W. A., Waiho, K., Azwar, E., Fazhan, H., Peng, W., Ishak, S. D., Tabatabaei, M., Yek, P. N. Y., Almomani, F., Aghbashlo, M., & Lam, S. S. (2022). A state-of-the-art review on producing engineered biochar from shellfish waste and its application in aquaculture wastewater treatment. *Chemosphere*, 288, 132559. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.132559>
- Yao, Z., Xia, M., Li, H., Chen, T., Ye, Y., & Zheng, H. (2014). Bivalve Shell: Not an Abundant Useless Waste but a Functional and Versatile Biomaterial. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44(22), 2502–2530. <https://doi.org/10.1080/10643389.2013.829763>

9. Anexos

Anexo I – Guião de entrevista

Empresa

- Nome da empresa;
- Principal atividade da empresa;
- Nome e cargo do responsável pelo preenchimento;

Produção e vendas

- Quais são as principais espécies de bivalves que são produzidas e comercializadas pela empresa;
- Qual foi a quantidade total de bivalves vendidos no último ano;

Subprodutos

- Quais são os principais subprodutos gerados no processo de produção e comercialização de bivalves;
- Em média, quantas toneladas de resíduos de conchas são geradas;
- Existe variação sazonal na quantidade de subprodutos gerados? Porquê?

Gestão de subprodutos

- Como a empresa procede com os subprodutos gerados?
- Existe na empresa algum processo de valorização ou reutilização destes subprodutos? Quais?
- Quais são os principais desafios enfrentados pela empresa na gestão destes subprodutos?
- A empresa teria interesse em participar em iniciativas de economia circular de forma a aproveitar estes subprodutos?