



---

**ValorNatural** – Valorização de Recursos Naturais através da Extração de Ingredientes de Elevado Valor Acrescentado para Aplicações na Indústria Alimentar

---

## **Entregável nº 8.4.4.**

**Versão do Documento: 1**

**Data de Submissão: 28/02/2020**

**Responsável: ISQ**

**Nome do Documento:** Definição da abordagem metodológica para a caracterização do desempenho económico

### **Histórico de Revisão**

<b>Revisão</b>	<b>Data</b>	<b>Parceiros Envolvidos</b>	<b>Descrição</b>

**Sistema de Incentivos à Investigação e Desenvolvimento Tecnológico (SI & DT)**  
**Programas Mobilizadores**

## **Lista de autores**

Luís Oliveira

Sara Pinto

Margarida Gonçalves

Helena Monteiro

## Sumário

No presente Entregável 8.4.4 – *Definição da abordagem metodológica para a caracterização do desempenho económico*, identificaram-se os cenários em estudo para cada aditivo alimentar de origem natural (identificados pelos parceiros com o TRL mais elevado) e a abordagem metodológica de *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) a ser utilizada para a caracterização do desempenho económico. No que respeita aos bioativos naturais foi selecionado o extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente ergosterol, e o extrato enriquecido em vitamina D2. Os corantes naturais identificados com maior potencial de aplicação foram os corantes à base de *Hibiscus sabdariffa L.*, *Sambucus nigra L.* e *Gomphrena globosa L.* A caracterização dos processos produtivos foi realizada pelos parceiros à escala laboratorial. Será seguida uma abordagem de análise *gate-to-gate*, que considera a variação dos fluxos mássicos e económicos ocorridos desde a receção das matérias-primas para o processamento do substrato de origem vegetal até à produção do aditivo alimentar. Com a aplicação da metodologia MFCA pretende-se avaliar e diminuir os custos associados à utilização de recursos, reduzindo, simultaneamente, o impacto ambiental.

## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	8
<b>2. Descrição do Sistema em Estudo</b> .....	11
I. Bioativos Naturais .....	13
II. Corantes naturais .....	15
<b>3. Abordagem e metodologia</b> .....	19
I. Princípios .....	19
II. Metodologia .....	21
<b>4. Conclusão</b> .....	25
<b>5. Referências</b> .....	26
<b>6. Anexos</b> .....	27
I. Questionário Enviado .....	27
II. Respostas dos Parceiros.....	29
i. PPS3. Corantes naturais .....	29
ii. PPS5. Bioativos naturais .....	35

**Identificação**

<b>Entregável</b>	8.4.4 - Definição da abordagem metodológica para a caracterização do desempenho económico.
<b>Tipo de Entregável</b>	Relatório
<b>Nível de disseminação</b>	Confidencial
<b>PPS</b>	<b>PPS8</b> – Disseminação de informação e exploração de resultados

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Identificação dos aditivos alimentar de origem natural em estudo. ....	12
Tabela 2 - Material Flow Cost Accounting: Tipo de custos.....	23
Tabela 3 - Lista de inventário (por ingrediente).....	28
Tabela 4 - Lista de inventário (por ingrediente).....	31
Tabela 5 - Lista de inventário (por ingrediente).....	37

## Índice de Figuras

Figura 1 – Fases do ciclo de vida da produção dos aditivos naturais considerados na análise de performance ambiental.....	12
Figura 2 – Sistema em estudo para a produção de ergosterol a partir de bio resíduos de cogumelos. ....	14
Figura 3 - Sistema em estudo para a produção de Vitamina D2 a partir de bio resíduos de cogumelos. ....	15
Figura 4 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Hibiscus sabdariffa L. ....	16
Figura 5 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Sambucus L.....	17
Figura 6 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Gomphrena globosa L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III. ....	18
Figura 7 - Material Flow Cost Accounting - Adaptado de A. Bierer et.al, 2012. ....	20
Figura 8 - Etapas de implementação da MFCA, ciclo PDCA adaptado de (ISO 14051:2011)...	22

## 1. Introdução

A consciencialização atual do consumidor sobre a existência de alternativas naturais aos aditivos artificiais massivamente utilizados na indústria alimentar, mas considerados menos saudáveis e com potenciais efeitos tóxicos e alergénicos, tem promovido a procura por alimentos formulados com ingredientes de base natural [1], [2]. A investigação nesta área tem ganho destaque, mas ainda é necessário alargar o leque de opções disponíveis, encontrar novas fontes com potencial real e desenvolver processos de extração e estabilização eficientes e sustentáveis.

Uma vez que a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) considera apenas os aspetos ambientais, necessita de ser complementada com uma avaliação dos custos. Desta forma, será aplicada a metodologia Material Flow Cost Accounting (MFCA) aos novos produtos e equipamentos a desenvolver.

O objetivo da Tarefa 8.4.4 – *Avaliação económica do Ciclo de Vida*, é o de caracterizar o desempenho económico dos aditivos naturais, de modo a quantificar para cada um dos diferentes produtos e tecnologias em estudo, a contribuição dos diversos fatores de custo (materiais, produção, transporte, consumo, fim de vida), nas diferentes fases do ciclo de vida, permitindo tomar decisões mais sustentadas na seleção dos produtos e equipamentos. Embora os aditivos alimentares sejam, em termos mássicos, constituintes menores dos produtos, o seu impacto pode realmente ser significativo; no entanto, a maioria dos estudos de MFCA, negligência a incorporação de aditivos alimentares nos produtos. Um dos motivos que sustenta a exclusão de aditivos do estudo, prende-se com o facto de, dada a complexidade dos estudos de avaliação económica, é usual limitar a fronteira de sistemas complexos usando regras de *cut-off* mássicos, isto é, excluindo processos ou produtos que tenham pouca representatividade em termos mássicos, como é o caso dos aditivos alimentares.

Em linha com o exposto anteriormente, a aplicação da metodologia de MFCA para avaliação económica da produção de aditivos alimentares está ainda numa fase embrionária, sendo os estudos dedicados a esta temática citados de seguida.

Fakoya e Poll (2013) [3] analisaram a integração de um sistema ERP (*enterprise resource planning*) com a metodologia MFCA numa cervejaria sul-africana, de forma a obter informações sobre custos de resíduos existentes. A integração destes sistemas potencia uma visão transparente do fluxo de recursos existentes dentro da organização,

possibilitando a identificação de fases de produção que geram resíduos. Esta informação poderá ser utilizada na melhoria do apoio à decisão para a redução e/ou reaproveitamento dos mesmos. Durante este estudo, para recolher informação foram realizadas entrevistas aos trabalhadores da cervejaria e recorreu-se ao website da empresa para recolher dados adicionais. Da informação recolhida, concluiu-se que foi necessário integrar bases de dados das várias divisões num só sistema para facilitar a troca de informação e que os dados sobre os resíduos não estão integrados entre as divisões. A acessibilidade desta informação, tanto entre as divisões da produção como para o departamento de contabilidade facilita a integração do MFCA no sistema de base de dados criado e possibilita uma análise adequada dos resíduos existentes para posterior redução ou reaproveitamento.

Christ e Burrit (2017) [4] examinaram a aplicação do MFCA para a melhoria da gestão dos resíduos na indústria da restauração, de forma a melhorar financeiramente e ambientalmente o desempenho dos restaurantes. Este artigo, embora não tenha feito uma aplicação a um caso de estudo específico, tinha como objetivo demonstrar a importância e o potencial desta ferramenta, bem como a falta de investigação na área. Conclui-se que o MFCA pode auxiliar significativamente na redução do desperdício alimentar, através da identificação dos custos diretos e indiretos que contribuem de forma crucial no apoio à decisão para uma maior poupança de recursos e um melhor desempenho financeiro.

Os artigos previamente descritos focam-se, principalmente, na gestão dos resíduos gerados e não na produção dos alimentos. Após uma extensa pesquisa bibliográfica, concluiu-se que não existe literatura variada sobre a integração de MFCA na indústria alimentar. Isto estabelece um precedente para que os resultados obtidos neste projeto possam enriquecer substancialmente a literatura sobre a integração de MFCA na indústria alimentar, especificamente na análise de aditivos naturais.

O presente entregável (E8.4.4) está estruturado da seguinte forma:

- **Introdução:** Contextualização do paradigma associado ao uso de aditivos alimentares artificiais e da necessidade de contribuir para o desenvolvimento sustentável das soluções de engenharia dos aditivos alimentares de origem natural, alvo de estudo no projeto ValorNatural®. Inclui, uma revisão sumária de estudos científicos de *Material Flow Cost Accounting* aplicados a aditivos alimentares.

- **Descrição do Sistema em Estudo:** Identificam-se os aditivos alimentares naturais em estudo, nomeados pelos parceiros como tendo o TRL mais elevado, e descrevem-se os principais processos envolvidos na sua produção. É definido o objetivo e âmbito do estudo, nomeadamente os casos de estudo, os cenários, a unidade funcional e as fronteiras dos sistemas em estudo;
- **Abordagem e metodologia:** Descreve-se a metodologia de *Material Flow Cost Accounting* e as principais etapas metodológicas;
- **Conclusão:** Enumeram-se as principais conclusões em termos de objetivos.

## 2. Descrição do Sistema em Estudo

O presente estudo incide na análise da caracterização económica dos novos aditivos alimentares de origem natural em desenvolvimento no projeto mobilizador Valor Natural® e, para tal, assume fronteiras comuns ao estudo de ACV (cuja metodologia é apresentada no Entregável E8.4.3). Tendo o propósito de selecionar apenas os aditivos com maior potencial e estado de desenvolvimento mais avançados, foi recolhida informação junto dos parceiros afetos às PPS3 (Corantes naturais), PPS4 (Aromas naturais e modelos de aromas), PPS5 (Bioativos naturais) e PPS6 (Inovação em processos de extração, refinação e técnicas de conservação) para a identificação e caracterização dos sistemas em estudo mediante a entrega de um questionário (ver capítulo Anexos - Questionário). Obtiveram-se dados relativamente aos aditivos alimentares de PPS3 (Corantes naturais) e PPS5 (Bioativos naturais), ambos à escala laboratorial (ver capítulo Anexos - Respostas dos Parceiros). Neste sentido decidiu-se efetuar um estudo de ACV à escala laboratorial (escala passível de ser documentada pelos parceiros) complementado com a metodologia MFCA.

Conforme forem rececionadas respostas ao PPS4 e PPS6, serão elaborados novos cenários a incorporar no sistema em estudo e estes serão incorporados nos próximos entregáveis das atividades 8.4.3 - *Avaliação ambiental do ciclo de vida*, 8.4.4 - *Avaliação económica do ciclo de vida* e 8.4.5 - *Avaliação da ecoeficiência*. Com o desenrolar do projeto, espera-se que novos dados quantitativos de inventário relativos à utilização de equipamentos piloto de extração e refinação (a fornecer pelos parceiros do projeto) permitam comparar a produção dos aditivos (inicialmente modelados à escala laboratorial) com uma escala mais próxima da industrialização.

A unidade funcional, que permite a comparação equitativa do desempenho económico entre os vários cenários em estudo, será a quantidade mássica necessária para o aditivo atingir a sua funcionalidade alimentar. Quer isto dizer que, se tomará como unidade funcional a quantidade necessária para se obter a mesma funcionalidade que se obteria com o aditivo sintético que se visa substituir, uma vez que a correspondência de substituição mássica poderá não ser a mesma. No caso da quantidade não ser claramente identificável, a unidade funcional para os aditivos alvo será a quantidade mássica identificada pelos parceiros.

A avaliação da performance económica preconiza uma abordagem *gate-to-gate*, que considera a inclusão dos impactos ocorridos desde que a matéria-prima (substrato de origem vegetal) é rececionada incluindo o seu processamento até à produção do aditivo alimentar (Figura 1). Excluem-se da análise as etapas associadas à produção agrícola ou obtenção dos resíduos de origem vegetal e as associadas à incorporação dos aditivos nos produtos alimentares, uma vez que ambas abarcam grande incerteza nesta fase do projeto. Adicionalmente o principal interesse do estudo de MFCA é o de avaliar e o de otimizar as tecnologias de processamento, extração e estabilização dos aditivos alimentares em estudo no projeto, informando sobre alternativas com menor impacto económico.

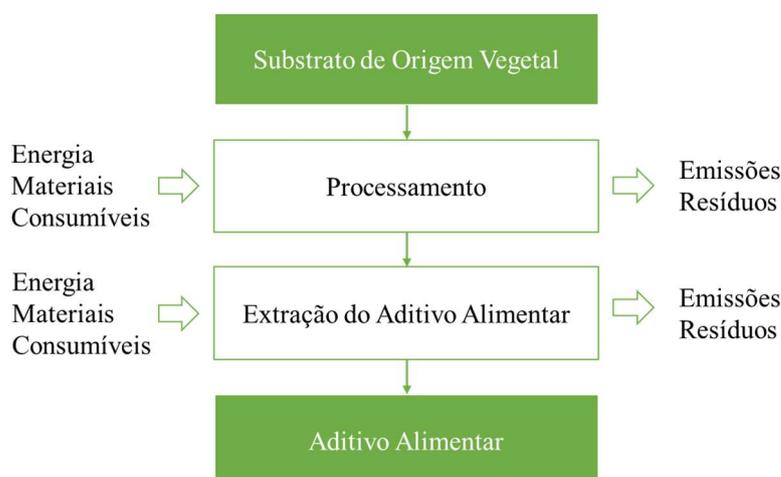


Figura 1 – Fases do ciclo de vida da produção dos aditivos naturais considerados na análise de performance ambiental.

Nos subcapítulos seguintes descrevem-se as etapas associadas à obtenção de cada aditivo alimentar, as quais serão consideradas na análise económica. Os aditivos alimentares de origem natural, selecionados pelos respetivos parceiros de acordo com o TRL mais elevado, estão identificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação dos aditivos alimentar de origem natural em estudo.

Classe de Aditivo Alimentar	Identificação do Aditivo Alimentar
Bioativos Naturais	Ergosterol
	Vitamina D2
Corantes naturais	Extratos corante à base de <i>Hibiscus sabdariffa L.</i>
	Extrato corante à base de <i>Sambucus nigra L.</i>
	Extrato corante à base de <i>Gomphrena globosa L.</i>

## I. Bioativos Naturais

Nos bioativos naturais foram selecionados dois aditivos:

- a) o extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente ergosterol;
- b) o extrato enriquecido em vitamina D2.

O objetivo do ergosterol é o de atuar como agente hipocolesterolémico, podendo ser incorporado em alimentos de cariz lipofílico como o queijo. Pode também ser incorporado em matrizes hidrofílicas após estabilização por técnicas de encapsulação. A vitamina D2, que consiste na conversão do ergosterol em ergocalciferol (vitamina D2) através da luz ultravioleta, pode ser extraída e incorporada em farinha para produtos de panificação e pastelaria.

As etapas consideradas dentro do âmbito do estudo são as indicadas na Figura 2 para o ergosterol e na Figura 3 para a vitamina D2. Exclui-se do âmbito da análise os impactos ambientais associados à produção dos resíduos de cogumelos, uma vez que este resíduo é valorizado através do presente processo, não possuindo anteriormente valor económico e não sendo atualmente considerado um coproduto, devido ao estágio inicial de desenvolvimento dos processos de valorização.

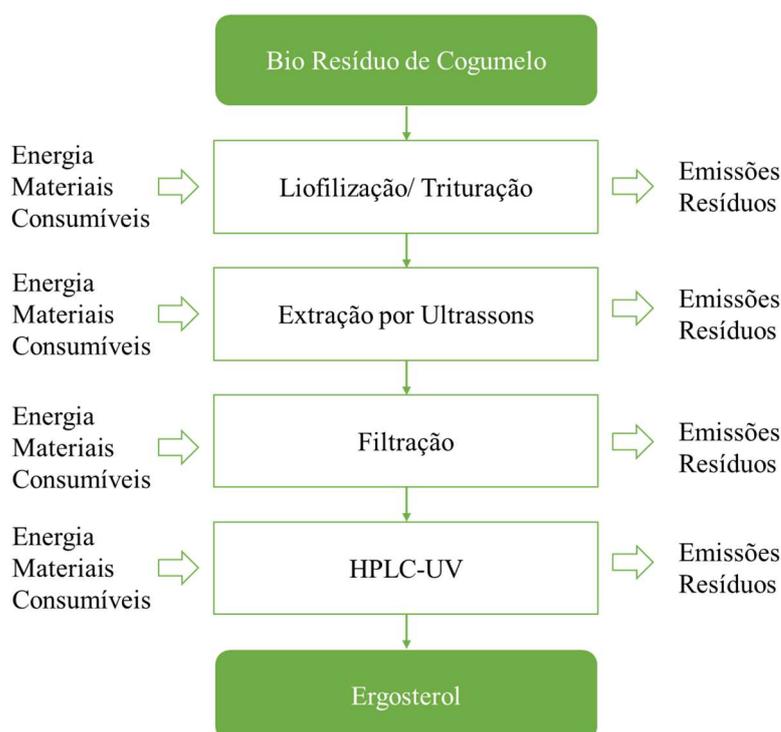


Figura 2 – Sistema em estudo para a produção de ergosterol a partir de bio resíduos de cogumelos.

Para a produção do ergosterol, são utilizados como matéria-prima bio resíduos da indústria produtora de cogumelos. O processo de produção do ergosterol inicia-se com a liofilização dos resíduos no liofilizador e posteriormente reduzidos a pó no triturador. De seguida, os componentes ativos são extraídos com etanol no equipamento de extração assistida por ultrassons. Após a sua extração, a amostra é filtrada e o solvente é evaporado até à secura no evaporador rotativo. O ergosterol é depois identificado e quantificado por HPLC-UV.

O ingrediente bioativo rico em vitamina D2 é obtido recorrendo à técnica de irradiação ultravioleta (câmara de irradiação Ultravioleta), para a conversão do ergosterol em vitamina D2 (intensidade de exposição e tempo otimizado). Após a irradiação dos resíduos em fresco, é necessário congelar e liofilizar as amostras. Trituram-se e procede-se à extração da Vitamina D2 por extração assistida por ultrassons com hexano. Após a sua extração, a amostra é filtrada e o solvente é evaporado até à secura no evaporador rotativo. A vitamina D2 é identificada e quantificada por HPLC-UV.

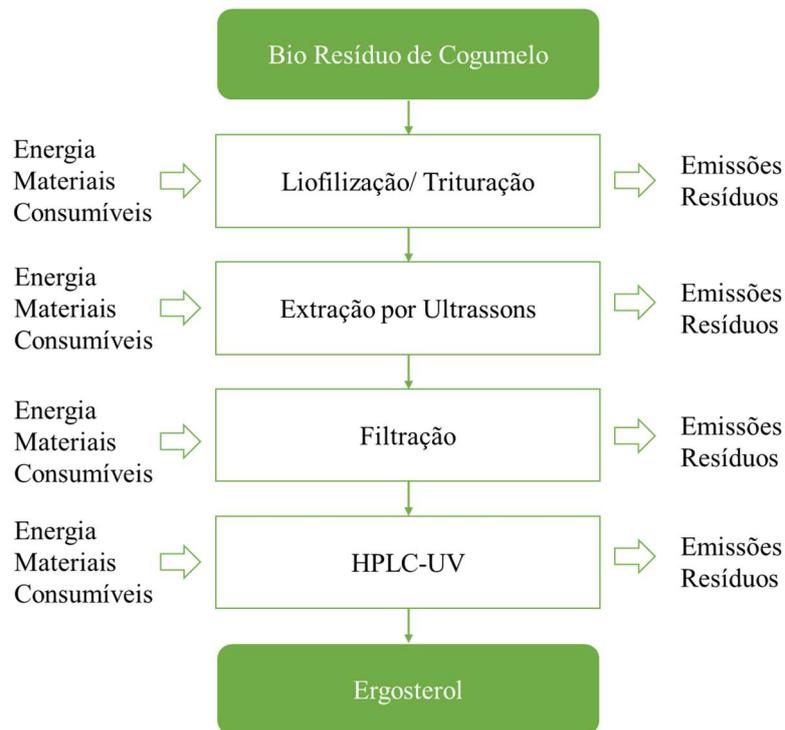


Figura 3 - Sistema em estudo para a produção de Vitamina D2 a partir de bio resíduos de cogumelos.

## II. Corantes naturais

Foram identificados três extratos corantes naturais com maior potencial de aplicação e passíveis de serem incorporados em matrizes alimentares, sendo eles:

- a) extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa L.*,
- b) extrato corante à base de *Sambucus nigra L.* e
- c) extrato corante à base de *Gomphrena globosa L.*

O processo de obtenção do extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa L.*, rico em delfinidina-3-*O*-sambubiósido é o indicado na Figura 4.

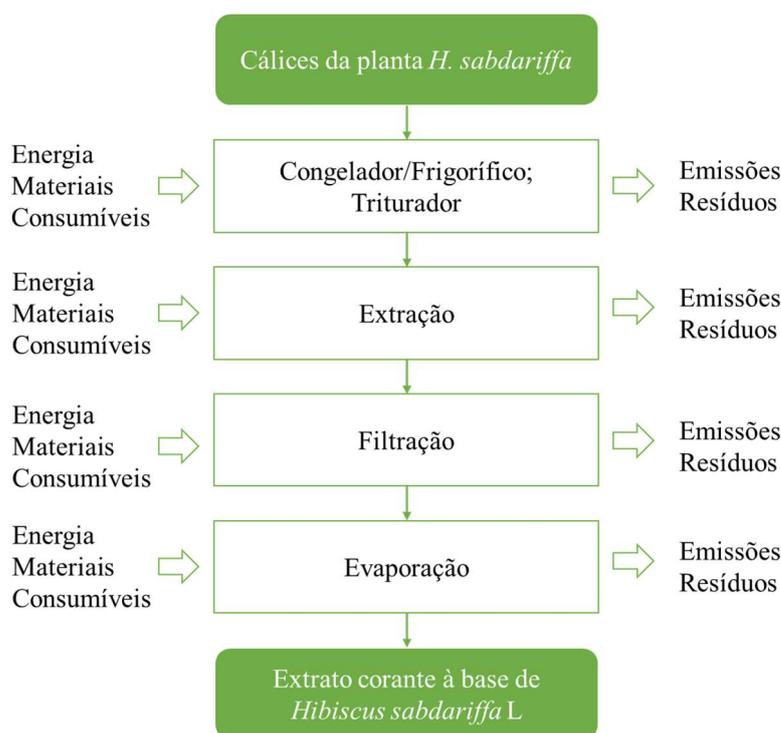


Figura 4 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Hibiscus sabdariffa L.

São utilizados cálices da planta *H. sabdariffa* como matéria-prima para a obtenção do extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa L.* rico em delfinidina-3-*O*-sambubiósido. As amostras previamente congeladas são primeiramente liofilizadas e reduzidas a pó. De seguida, a fração corante é extraída por maceração, utilizando como solvente uma mistura de etanol/água. Após a extração a fração etanólica é evaporada e a fração aquosa é imediatamente congelada e é feita a sua secagem pela técnica de Spray-drying usando maltodextrina como material adjuvante. O resíduo do processo consiste num sólido (sem a fração corante) resultante da extração.

O processo de produção do extrato de corante à base de *Sambucus nigra L.* é rico em cianidina-3-*O*-sambubiósido e está ilustrado na Figura 5.

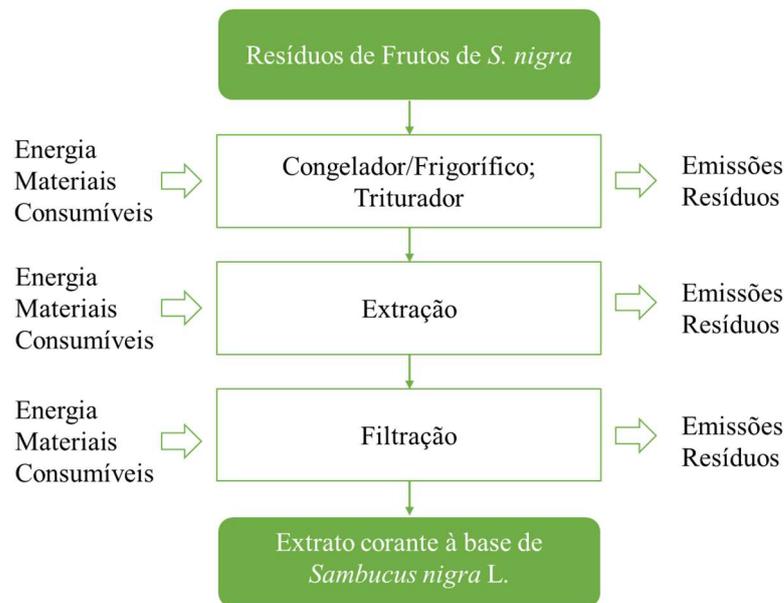


Figura 5 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Sambucus L.

São utilizados resíduos de frutos de *S. nigra* para a obtenção do extrato corante à base de *Sambucus nigra* L. rico em cianidina-3-*O*-sambubiósido. O processo de produção inicia-se com a congelação das amostras, as quais são liofilizadas e reduzidas a pó. O processo de maceração da fração corante é realizado utilizando água como solvente. Após a extração do corante, o sobrenadante é imediatamente congelado e posteriormente é feita a sua secagem pela técnica de Spray-drying usando maltodextrina, como material adjuvante. O resíduo do processo consiste num sólido (sem a fração corante) resultante da extração.

Na Figura 6 está esquematizado o processo de produção do extrato corante à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III.

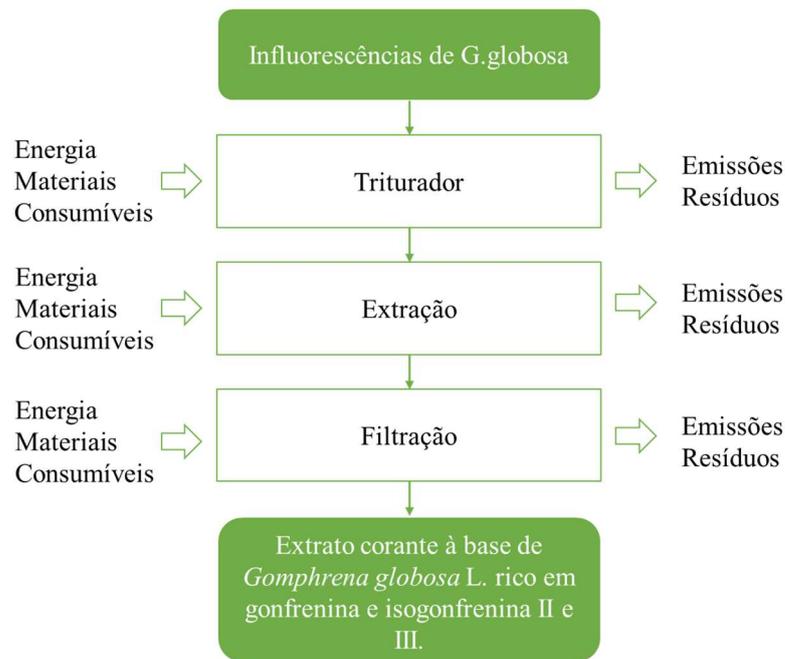


Figura 6 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III.

As fluorescências de *G. globosa* são primeiramente reduzidas a pó. De seguida, são extraídas por maceração, usando água como solvente. Após a extração o sobrenadante é imediatamente congelado e posteriormente sujeito a uma secagem pela técnica de Spray-drying usando maltodextrina, como material adjuvante. O resíduo do processo consiste num sólido (sem a fração corante) resultante da extração.

### 3. Abordagem e metodologia

#### I. Princípios

De modo a considerar o estudo da caracterização do desempenho económico dos novos aditivos naturais e os seus sistemas produtivos, numa fase preliminar do seu desenvolvimento, em que os dados primários existentes são com base no seu desenvolvimento laboratorial, optou-se por seguir a metodologia do Material Flow Cost Accounting (MFCA).

O primeiro e principal conceito de MFCA é o balanço de massa. Este é baseado nas leis da termodinâmica que pressupõe que o material ou a energia em qualquer sistema não podem ser criados ou destruídos, apenas podem ser transformados.

O MFCA é considerado como uma das mais poderosas ferramentas da contabilidade e gestão ambiental, sendo uma abordagem eficaz para satisfazer a necessidade de aumentar a produtividade, reduzindo simultaneamente os custos e impactos ambientais da produção, uma vez que permite identificar de forma transparente o uso de materiais e recursos [5] ao longo de uma cadeia de produção.

Esta metodologia caracteriza-se por ser um método contabilístico orientado para o fluxo que traça e quantifica, em unidades físicas e monetárias, todos os fluxos materiais e energéticos. Além disso, compara os custos associados aos produtos e às perdas materiais [6]. A aplicabilidade deste método é independente do tipo de sistema ou organização de produção. Permite o reconhecimento das fontes de resíduos primários, simplificando a identificação dos problemas e, portanto, a solução.

A análise do MFCA divide o processo em centros de quantidade [5]. Os centros de quantidade são partes seleccionadas de um processo onde as entradas e saídas são quantificadas, primeiro em unidades físicas e, em seguida, em unidades monetárias. Os fluxos dos materiais e o uso de energia em todos os centros de quantidade devem ser descritos por um modelo de fluxo. A Figura 7 mostra um exemplo simplificado de um modelo de fluxo considerando apenas os movimentos de materiais [7].

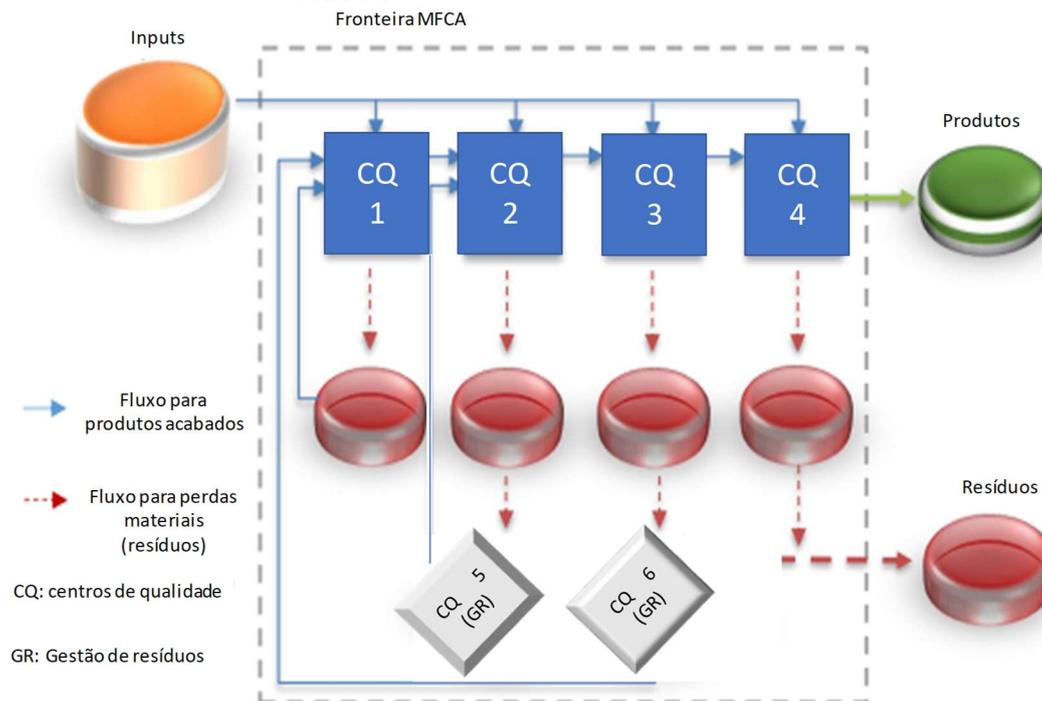


Figura 7 - Material Flow Cost Accounting - Adaptado de A. Bierer et.al, 2012.

O modelo de fluxo deve ilustrar a variação global de materiais e energia ao longo do sistema produtivo em estudo, bem como fornecer uma visão geral de todo o processo, identificando os pontos onde podem ocorrer potenciais perdas [7]. Além disso, deve evidenciar o efeito financeiro das perdas, o que posteriormente permitirá concentrarem-se nos pontos mais críticos e desenvolver melhorias técnicas e organizacionais [8] que mitiguem estes riscos.

As leis de conservação de massa e energia afirmam que a massa e a energia não podem ser criadas nem destruídas, apenas transformadas. Com base neste princípio e para assegurar que todos os fluxos de materiais sejam contabilizados, deve ser realizado um balanço de massa (Equação 1) para o sistema e individualmente para cada centro de quantidade, considerando as entradas, saídas e mudanças no stock de materiais [5].

$$Input_{material} = Output_{material} + Output_{resíduos\ materiais} + \Delta Inventário \quad (1)$$

Havendo dificuldade na contabilização de alguns materiais ao longo da produção, esta análise irá incorporar alguma imprecisão e incerteza. Caso haja irregularidades

inexplicadas, estas devem ser analisadas e investigadas mais detalhadamente para avaliar o seu impacto.

Como pode ser observado na equação, o MFCA considera a produção de bens como um sistema de fluxos que pode ser dividido em [8].

1. Fluxos de materiais desejados (produtos);
2. Fluxos indesejados de material: movimento de saídas não intencionais de material ou perdas de material (desperdício e resíduos).

O MFCA considera como fluxos indesejados:

- Perda de material durante o processamento e produtos defeituosos;
- Materiais que permanecem no equipamento após a instalação;
- Materiais auxiliares como solventes, lubrificantes, detergentes, etc.;
- Matérias-primas, trabalhos em processo e produtos em stock rejeitados devido a deterioração ou outros motivos.

Nas indústrias transformadoras, todas as etapas do processo de fabricação podem ser fontes de resíduos e perdas. A subsequente diminuição dos resultados indesejados implica uma redução da procura de materiais de entrada, conduz a efeitos económicos e ecológicos positivos, aumenta a produtividade e reforça a capacidade competitiva do desenvolvimento do produto. [8].

Em conclusão, o MFCA traça e avalia os fluxos de materiais com o objetivo de aumentar a produtividade dos recursos e resolver os problemas de desperdício. Consequentemente, leva à redução da procura de recursos, reduzindo simultaneamente o impacto ambiental e os custos [9].

## II. Metodologia

A implementação do MFCA pode ser entendida como um procedimento de vários passos desde a sua introdução até à sua aplicação para avaliar um sistema produtivo. No entanto, pode fornecer informações significativas nas várias fases do ciclo de melhoria contínua: *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). O conhecimento dos potenciais impactos ambientais e financeiros obtidos a partir da análise do MFCA pode melhorar consideravelmente a avaliação do PDCA. Assim, os benefícios da implementação do MFCA serão melhorados se for construído de acordo com o ciclo PDCA e tornar-se uma

ferramenta de melhoria contínua dentro do sistema contabilístico [7]. A Figura 8 propõe um esquema das etapas de implementação do MFCA com um ciclo PDCA.

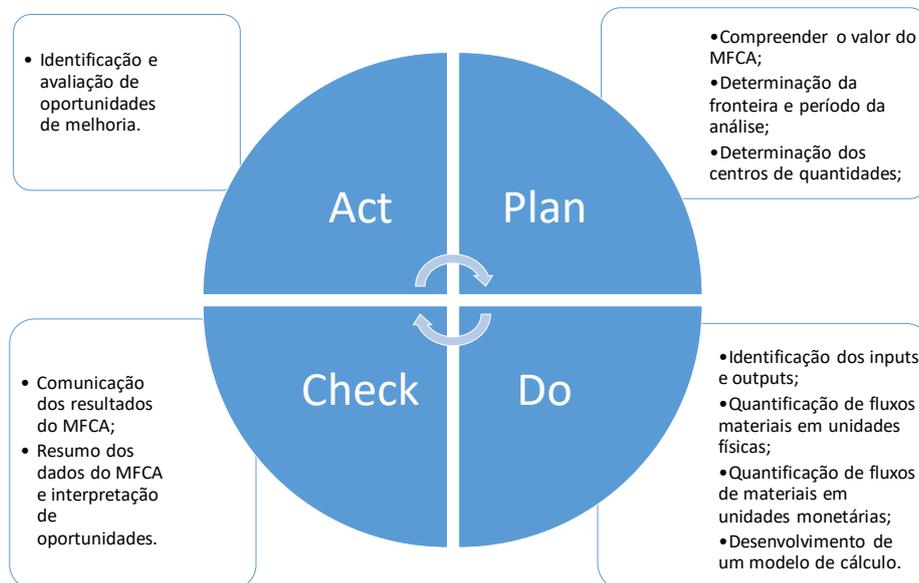


Figura 8 - Etapas de implementação da MFCA, ciclo PDCA adaptado de (ISO 14051:2011).

Na fase *Plan*, primeiramente, deve ser compreendido a praticabilidade, as vantagens e o valor do MFCA. A fase *Do* é a identificação das entradas e das saídas para cada centro de quantidade. Normalmente as entradas são materiais e energia, e as saídas são produtos e perdas mássicas e energéticas. Uma vez identificadas todas as entradas e saídas, estas devem ser quantificadas em unidades físicas. Para calcular os balanços de materiais, todas as unidades físicas devem ser convertíveis numa única unidade padronizada.

Após a recolha e validação dos dados de fluxo material, estes devem ser traduzidos em unidades monetárias para apoiar a tomada de decisões. Os fluxos desejados e indesejados não carregam apenas o custo do material. Uma vez que cada processo requer a entrada de mão-de-obra, depreciação, energia, transporte, entre outros custos associados, o MFCA adiciona todas as informações de custos aos dados de quantidade com base nos fluxos de materiais. Assim, a perda económica pode ser analisada não apenas em relação ao material, mas também incluindo todos os custos de fabrico. Na Tabela 2 apresentam-se os vários tipos de custo do método MFCA [5].

<b>Sistema</b>	Custos associados a todas as despesas que ocorrem no manuseio interno dos fluxos de material, exceto os custos de material, energia e custos de gestão de resíduos como trabalhos, transporte e depreciação [5].
<b>Material</b>	Custos dos principais materiais e sub-materiais auxiliares. Os custos de material para cada fluxo de entrada e saída são quantificados pela multiplicação do montante físico pelo custo unitário do material ao longo do período escolhido para a análise [5]. O uso de custos de entrada fixos permite uma avaliação consistente para todas as etapas [10].
<b>Energia</b>	Custos relacionados com a energia consumida em cada centro de quantidade.
<b>Gestão de Resíduos</b>	Custos associados ao manuseio de perdas de material. Estes custos devem ser inteiramente atribuídos às perdas materiais [5].

Tabela 2 - *Material Flow Cost Accounting*: Tipo de custos

No caso em que os vários tipos de custo sejam difíceis de atribuir aos seus respetivos centros de quantidade, deve ser selecionado um critério de alocação, de forma a facilitar a integração dos custos.

A avaliação do desempenho ambiental baseia-se, frequentemente, nos recursos consumidos nas unidades físicas. Em oposição, a avaliação financeira utiliza unidades monetárias. Para basear a tomada de decisão em informações financeiras e ambientais ao mesmo tempo, o modelo de cálculo deve integrar os dados materiais e energéticos recolhidos nas unidades físicas com os seus custos associados [5]. O modelo de cálculo deve ser desenvolvido com base nos requisitos, fundamentos e princípios da metodologia do MFCA, embora a norma ISO 14051 forneça uma orientação para o cálculo de custos. O modelo de cálculo pode seguir três passos [5]:

1. Cálculo de custos de material;
2. Cálculo e alocação de custos de energia, sistema e gestão de resíduos;
3. Apresentação e análise integrada de dados de custos.

A revisão e interpretação dos resultados obtidos após a análise do MFCA permitirá a identificação dos centros de quantidade com as perdas materiais mais relevantes. Além disso, podem ser analisados individualmente com mais detalhe para identificar as causas profundas das ineficiências e os fatores que originam os custos. As informações gerais

fornechas pelo MFCA podem apoiar um amplo leque de decisões que visam a melhoria do desempenho tanto ambiental como financeiro [5]. Finalmente, para compreender melhor a magnitude e as consequências, os dados devem ser revistos para estudar as potenciais oportunidades de melhorar o desempenho ambiental e económico.

#### 4. Conclusão

Os aditivos alimentares embora sejam, em termos mássicos, constituintes menores dos produtos, o seu impacto pode realmente ser significativo. Acresce que, regra geral, a grande maioria dos estudos de MFCA, negligência a incorporação de aditivos alimentares nos produtos. Importa, desta forma, o contributo científico do presente estudo para a caracterização económica da produção de aditivos alimentares.

Foi recolhida informação junto dos parceiros para a identificação e caracterização dos sistemas em estudo mediante a entrega de um questionário (ver capítulo Anexos - Questionário). Os aditivos foram selecionados pelos respetivos parceiros de acordo com o TRL mais elevado. Nos bioativos naturais foi selecionado o extrato enriquecido em microesteróis, nomeadamente ergosterol, e o extrato enriquecido em vitamina D2. Os corantes naturais identificados com maior potencial de aplicação foram os extratos corantes à base de *Hibiscus sabdariffa L.*, de *Sambucus nigra L.* e de *Gomphrena globosa L.* A caracterização dos processos produtivos foi realizada, pelos parceiros, à escala laboratorial. Espera-se que o contínuo desenvolvimento do trabalho dos parceiros, conduza a uma nova bateria de dados à escala-piloto.

É seguida a abordagem de análise *gate-to-gate*, considera-se a inclusão dos impactos ocorridos desde a receção das matérias-primas para o processamento do substrato de origem vegetal até à produção do aditivo alimentar. Exclui-se da análise as etapas associadas à produção ou obtenção dos resíduos de origem vegetal e as associadas à incorporação dos aditivos nos produtos alimentares. O interesse é o de avaliar e o de otimizar as tecnologias de processamento, extração e estabilização dos aditivos alimentares em estudo no projeto. Importa ressaltar que, a robustez dos resultados depende, em larga escala, dos resultados providenciados pelos parceiros. Dependendo da informação recebida os cenários apresentados, no *Capítulo Descrição do Sistema em Estudo*, poderão ser adaptados.

O MFCA traça e avalia os fluxos de materiais com o objetivo de aumentar a produtividade dos recursos e resolver os problemas de desperdício. Consequentemente, leva à redução da procura de recursos, reduzindo simultaneamente o impacto ambiental e os custos [9].

## 5. Referências

- [1] M. Carocho, P. Morales, and I. C. F. R. Ferreira, “Natural food additives: Quo vadis?,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 45, no. 2, pp. 284–295, 2015, doi: 10.1016/j.tifs.2015.06.007.
- [2] N. Martins, C. L. Roriz, P. Morales, L. Barros, and I. C. F. R. Ferreira, “Food colorants: Challenges, opportunities and current desires of agro-industries to ensure consumer expectations and regulatory practices,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 52, pp. 1–15, 2016, doi: 10.1016/j.tifs.2016.03.009.
- [3] M. B. Fakoya and H. M. Van Der Poll, “Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa,” *J. Clean. Prod.*, vol. 40, pp. 136–140, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2012.09.013.
- [4] K. L. Christ and R. Burritt, “Material flow cost accounting for food waste in the restaurant industry,” *Br. Food J.*, vol. 119, no. 3, pp. 600–612, 2017, doi: 10.1108/BFJ-07-2016-0318.
- [5] N. E. I. 14051:2011, “Environmental Management - Material Flow Cost Accounting - General Framework,” 2011.
- [6] J. Kauffman and K. M. Lee, “Handbook of Sustainable Engineering,” *Handb. Sustain. Eng.*, pp. 1–1298, 2013, doi: 10.1007/978-1-4020-8939-8.
- [7] A. Bierer and U. Götze, “Energy Cost Accounting: Conventional and Flow-oriented Approaches,” *J. Compet.*, vol. 4, no. 2, pp. 128–144, 2012, doi: 10.7441/joc.2012.02.09.
- [8] R. Sygulla, A. Bierer, and U. Gotze, “Material Flow Cost Accounting: A Tool for Designing Economically and Ecologically Sustainable Production Processes,” 2014.
- [9] M. Nakajima, “The New Management Accountig Field Established by Material Flow Cost Accounting (MFCA),” 2006.
- [10] R. Sygulla, A. Bierer, and U. Gotze, “Material Flow Cost Accounting - Proposals for Improving the Evaluation of Monetary Effects of Resource Saving Process Designs,” *44th CIRP Int. Conf. Manuf. Syst.*, no. June, pp. 1–3, 2011.

## 6. Anexos

### I. Questionário Enviado

#### Questionário sobre ingredientes em desenvolvimento no Projeto Valor Natural para Tarefas de Avaliação de sustentabilidade e Ecoeficiência

A ser preenchido por parceiros dos PPSs 3/4/5:

PPS3. Corantes naturais

PPS4. Aromas naturais e modelos de aromas

PPS5. Bioativos naturais

PPS6. Inovação em Processos de Extração, Refinação e Técnicas de Conservação

**Objetivo:** Obter informação técnica junto dos parceiros para fundamentar a seleção de casos de estudo para as Tarefas de Avaliação de Sustentabilidade e Ecoeficiência (T8.4.3 a T8.4.5) a cargo do ISQ e INEGI.

1. Identifique os ingredientes em desenvolvimento e o seu objetivo.
  - Ordene-os, colocando em primeiro o que considera mais promissor, melhor documentado e/ou com um TRL mais elevado, e por último o que considera em estado mais preliminar e pior documentado. Justifique sumariamente.
2. Para cada ingrediente (aroma/corante/bioativo) descreva o seu processo de produção (piloto) identificando matérias primas, equipamentos associados, consumos de energia e coprodutos.
  - Matéria-prima (identifique se é utilizado um bio-resíduo);
  - Processo de extração (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
  - Processo de refinação (equipamento utilizável, consumo energético, principais consumíveis);
  - Coprodutos (identificação de produtos secundários de valor acrescentado)
  - Resíduos resultantes do processo.
3. Para cada ingrediente, identifique se algum dos equipamentos alternativos inovadores (do PPS6) poderão ser utilizados no processo. Se sim, indique:
  - Que equipamento;
  - Em que operação;
  - Se este substitui equipamentos convencionais, especifique quais;
  - O potencial benefício do novo equipamento face ao convencional.
4. Para cada ingrediente, identifique se ele substitui um ingrediente convencional existente no mercado. Se sim, identifique o item a ser substituído e o seu processo convencional de produção.
5. Para cada ingrediente, identifique em que unidade o ingrediente é medido (e.g: ml; kg; ou outra).
6. Para os ingredientes a selecionar como caso de estudo, será necessário recolher dados quantitativos mais detalhados de inventário.  
Para cada processo produtivo, é necessário identificar e quantificar os “inputs” (energia e todos os recursos);
  - os “outputs” (produtos, coprodutos, emissões, resíduos);
  - custos fixos e variáveis associados (materiais, consumíveis, energia, mão de obra, investimentos e imobilizados);
  - volume de produção;
  - valor de venda.
7. Para cada ingrediente, indicar o contacto técnico preferencial (investigador ou responsável pela investigação) para pedido de informação adicional ou esclarecimento de dúvidas.

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):**

**Fase do Processo de Produção:**

Tabela 3 - Lista de inventário (por ingrediente).

<b>Inputs</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</b>
Materiais:			
A	1	Kg	Descrição da origem
B	100	ml	Descrição
Consumíveis:			
C	10	ml	Fornecedor xpto
D	0,05	Kg	Ficha técnica abc
Energia:			
Eletricidade (equipamento A)	50	kWh	
Gás natural	1	m <sup>3</sup>	
<b>Outputs</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</b>
Produtos			
A1	1	Kg	Descrição da origem
A2	0,1	kg	Descrição
Emissões:			
Resíduos:			
<b>Custos</b>	<b>Custo (€)</b>	<b>Quantidade/unidade</b>	<b>Notas</b>
Materiais:			
A	25€	2 Kg	
B	100€	100 ml	
Consumíveis			
C	70€	100 ml	
D	50€	1kg	
Energia			
Eletricidade	0.20€	kWh	
Equipamentos			
Equipamento A	80000€	aquisição	Vida útil estimada (20 anos)

*NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.*

## II. Respostas dos Parceiros

### i. PPS3. Corantes naturais

**Objetivo:** Obter informação técnica junto dos parceiros para fundamentar a seleção de casos de estudo para as Tarefas de Avaliação de Sustentabilidade e Ecoeficiência (T8.4.3 a T8.4.5) a cargo do ISQ e INEGI.

8. Identifique os ingredientes em desenvolvimento e o seu objetivo.
  - Ordene-os, colocando em primeiro o que considera mais promissor, melhor documentado e/ou com um TRL mais elevado, e por último o que considera em estado mais preliminar e pior documentado. Justifique sumariamente.
    - i) Extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa* L., rico em delphinidina-3-*O*-sambubiósido: o objetivo deste ingrediente é atuar como agente corante, podendo ser incorporado em matrizes alimentares.
    - ii) Extrato corante à base de *Sambucus nigra* L., rico em cianidina-3-*O*-sambubiósido: o objetivo deste ingrediente é atuar como agente corante, podendo ser incorporado em matrizes alimentares.
    - iii) Extrato corante à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III: o objetivo deste ingrediente é atuar como agente corante, podendo ser incorporado em matrizes alimentares.
    - iv) Extrato corante à base de *Curcuma longa* L. rico em curcuminóides: o objetivo deste ingrediente é atuar como agente corante, podendo ser incorporado em matrizes alimentares.
  
9. Para cada ingrediente (aroma/corante/bioativo) descreva o seu processo de produção (piloto) identificando matérias primas, equipamentos associados, consumos de energia e coprodutos.
  - i) Extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa* L. rico em delphinidina-3-*O*-sambubiósido:
    - A) Matéria-prima: são utilizados cálices da planta *H. sabdariffa*.
    - B) Processo de produção: estas amostras são congeladas, liofilizadas e reduzidas a pó. De seguida são extraídos através de maceração, a fração corante, usando como solvente uma mistura de etanol/água (80:20, v/v). Após a extração a fração etanólica da mistura foi evaporada recorrendo-se a um evaporador rotativo (Büchi R-210, Flawil, Suíça) (60 °C, pressão reduzida) e a fração aquosa foi imediatamente congelada e transformada em pó pela técnica de *Spray-drying* usando maltodextrina (20%), como material encapsulante.
    - C) Equipamentos associados: congelador, placa de agitação, evaporador rotativo e *spray-drying*.
    - D) Consumo de energia: Congelador – 1 dia (0,885 kW/h), triturador - 5 min (0,112 kW/h), evaporador rotativo – 30 minutos (0,7 kW/h), *Spray-drying* (5 kW/h), placa – 2 horas (0,04 kW/h).
    - E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado.
    - F) Resíduos: resíduo sólido (sem a fração corante) resultante da extração.
  
  - ii) Extrato corante à base de *Sambucus nigra* L. rico em cianidina-3-*O*-sambubiósido:
    - A) Matéria-prima: são utilizados resíduos de frutos de *S. nigra*.
    - B) Processo de produção: estas amostras são congeladas, liofilizadas e reduzidas a pó. De seguida são extraídos através de maceração, a fração corante, usando como solvente água (100%). Após a extração o sobrenadante foi imediatamente congelado e transformado em pó pela técnica de *Spray-drying* usando maltodextrina (20%), como material encapsulante.
    - C) Equipamentos associados: congelador, *Spray-drying*, placa de agitação.
    - D) Consumo de energia: Congelador – 1 dia (0,885 kW/h), triturador - 5 min (0,112 kW/h), *Spray-drying* (5 kW/h), placa – 2 horas (0,04 kW/h).
    - E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado.

- iii) F) Resíduos: resíduo sólido (sem a fração corante) resultante da extração.  
 Extrato corante à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III.  
 A) Matéria-prima: são utilizadas as influorescências de *G. globosa*.  
 B) Processo de produção: reduzidas a pó para posterior análise. De seguida são extraídas através de maceração, usando como solvente água (100%). Após a extração o sobrenadante foi imediatamente congelado e transformado em pó pela técnica de *Spray-drying* usando maltodextrina (20%), como material encapsulante.  
 C) Equipamentos associados: congelador, placa de agitação, *Spray-drying*.  
 D) Consumo de energia: Congelador – 1 dia (0,885 kW/h), triturador - 5 min (0,112 kW/h), *Spray-drying* (5 kW/h), placa – 2 horas (0,04 kW/h).  
 E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado.  
 F) Resíduos: resíduo sólido (sem a fração corante) resultante da extração.
- iv) Extrato corante à base de *Curcuma longa* L. rico em curcuminoides.  
 A) Matéria-prima: é utilizado a amostra em pó obtida comercialmente.  
 B) Processo de produção: em curso (não podendo estimar todos os equipamentos intervenientes no processo nem os gastos de tempo e energia).  
 C) Equipamentos associados: Sistema de ultra-sons e *spray-drying*.  
 D) Consumo de energia: Ainda não é possível determinar.  
 E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado.  
 F) Resíduos: resíduo sólido (sem a fração corante) resultante da extração.
10. Para cada ingrediente, identifique se algum dos equipamentos alternativos inovadores (do PPS6) poderão ser utilizados no processo. Se sim, indique:
- Que equipamento;
    - o Não aplicável
  - Em que operação;
    - o Não aplicável
  - Se este substitui equipamentos convencionais, especifique quais;
    - o Não aplicável
  - O potencial benefício do novo equipamento face ao convencional
    - o Não aplicável
11. Para cada ingrediente, identifique se ele substitui um ingrediente convencional existente no mercado. Se sim, identifique o item a ser substituído e o seu processo convencional de produção.
- o Os extratos corantes obtidos à base de *Hibiscus sabdariffa* L. e à base de *Sambucus nigra* L. acima mencionados representam um potencial substituto ao corante alimentar comercial E163. As antocianinas (E 163) são obtidas por extração com água sulfatada, água acidificada, dióxido de carbono, metanol ou etanol a partir de vegetais e frutas comestíveis (Regulamento (UE) n.o 231/2012 da Comissão).
  - o O extrato corante obtidos à base de à base de *Gomphrena globosa* L. acima mencionados representam um potencial substituto ao corante alimentar comercial E162. Este corante (vermelho-beterraba, betanina; E163) é obtido pressionando a beterraba triturada como sumo prensado ou por extração aquosa, em conformidade com a definição do Regulamento (UE) n.o 231/2012 da Comissão.
  - o Extrato corante à base de *Curcuma longa* L. representam um potencial substituto ao corante alimentar comercial curcumina (E100). Segundo JECFA (2006), apenas os seguintes solventes podem ser utilizados na extração e purificação de E100: acetona, metanol, etanol, isopropanol, hexano, acetato de etilo. O dióxido de carbono supercrítico também pode ser usado na extração.
12. Para cada ingrediente, identifique em que unidade o ingrediente é medido (e.g: ml; kg; ou outra).
- o µg de antocianinas/g extrato
  - o mg de betacianinas/g extrato

13. Para os ingredientes a selecionar como caso de estudo, será necessário recolher dados quantitativos mais detalhados de inventário.  
 Para cada processo produtivo, é necessário identificar e quantificar (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**):
- os “inputs” (energia e todos os recursos);
  - os “outputs” (produtos, coprodutos, emissões, resíduos);
  - custos fixos e variáveis associados (materiais, consumíveis, energia, mão de obra, investimentos e imobilizados);
  - volume de produção;
  - valor de venda.
14. Para cada ingrediente, indicar o contacto técnico preferencial (investigador ou responsável pela investigação) para pedido de informação adicional ou esclarecimento de dúvidas.
- Extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa* L. rico em delfinidina-3-*O*-sambubiósido, extrato corante à base de *Sambucus nigra* L. rico em cianidina-3-*O*-sambubiósido, extrato corantes obtidos à base de à base de *Gomphrena globosa* L. e extrato corante à base de *Curcuma longa* L.:

Investigadores: Lillian Barros – [lillian@ipb.pt](mailto:lillian@ipb.pt); Maria Inês Dias – [maria.ines@ipb.pt](mailto:maria.ines@ipb.pt)

Tabela 4 - Lista de inventário (por ingrediente).

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato corante à base de *Hibiscus sabdariffa* L. rico em delfinidina-3-*O*-sambubiósido

**Fase do Processo de Produção: TRL3**

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Cálices de <i>H. sabdariffa</i>	0,001	Kg	Fornecido pela empresa Pragmático Aroma Lda. (Alfândega da Fé, Portugal)
<b>Consumíveis:</b>			
Etanol	60	ml	Enzymatic
Filtros de nylon	1		Enzymatic
Maltodextrina	1	Kg	
<b>Energia:</b>			
Frigorífico/congelador	0,885	kWh	
Spray-drying	5	kWh	
Triturador	0,112	kWh	
Evaporador rotativo	0,7	kWh	
<b>Outputs</b>			
<b>Produtos</b>			
Extrato corante à base de <i>Hibiscus sabdariffa</i> L. rico em delfinidina-3- <i>O</i> -sambubiósido	7,03	mg/g extrato	
<b>Emissões:</b>			
<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente	<0,001	kg	

Custos	Custo (€)	Quantidade/unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Cálices de <i>H. sabdarifa</i>	0€	2 Kg	Fornecido pela empresa Pragmático Aroma Lda. (Alfândega da Fé, Portugal)
<b>Consumíveis</b>			
Etanol	8,40€	2,5 L	
Filtros de nylon	3,55€	50 un	
Maltodextrina	27.67€	1 Kg	
<b>Energia</b>			
Congelação	0,13 €		
Spray-drying	0,74€		
Trituração	0,002 €		
Extração	0,0059€		
Evaporação	0,014 €		
<b>Equipamentos</b>			
Mini Spray Dryer "BUCHI", com Spray nozzle e filtros de entrada e saída (Modelo B-290 Advanced)	37 000€		
Triturador (1,2,3 moulinex)	50€	1	
Evaporador Rotativo (rotary evaporator Büchi R-210, Flawil, Suíça)	6 000€	1	
Placa (VELP Scientific, Usmate, Italy)	270€	1	
Frigorífico/congelador (BEKO RDSE450K20W)	430€	1	

NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato corante à base de *Sambucus nigra* L. rico em cianidina-3-O-sambubiósido

### Fase do Processo de Produção: TRL3

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Resíduos de <i>S. nigra</i>	0,001	Kg	Colheita realizada entre Outubro e Novembro de 2018, em Bragança, Portugal.
<b>Consumíveis:</b>			
Filtros de nylon	1		Enzymatic
Maltodextrina	1	Kg	
<b>Energia:</b>			
Frigorífico/congelador	0,885	kWh	
Spray-drying	5	kWh	
Triturador	0,112	kWh	
<b>Outputs</b>			
<b>Produtos</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</b>

Extrato corante à base de <i>Sambucus nigra</i> L. rico em cianidina-3-O-sambubiósido	6,05	mg/g extrato	
<b>Emissões:</b>			
<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente	<0,001	kg	
<b>Custos</b>	<b>Custo (€)</b>	<b>Quantidade/unidade</b>	<b>Notas</b>
<b>Materiais:</b>			
Resíduos de <i>S. nigra</i>	0€	2 Kg	Colheita realizada entre Outubro e Novembro de 2018, em Bragança, Portugal.
<b>Consumíveis</b>			
Filtros de nylon	3,55€	50 un	
Maltodextrina	27.67€	1 Kg	Maltodextrina
<b>Energia</b>			
Congelação	0,13 €		
Spray-drying	0,74€		
Trituração	0,002 €		
Extração	0,0059€		
<b>Equipamentos</b>			
Mini Spray Dryer "BUCHI", com Spray nozzle e filtros de entrada e saída (Modelo B-290 Advanced)	37 000€		
Triturador (1,2,3 moulinex)	50€	1	
Placa (VELP Scientific, Usmate, Italy)	270€	1	
Frigorífico/congelador (BEKO RDSE450K20W)	430€	1	

*NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.*

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato corante à base obtidos à base de à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III

**Fase do Processo de Produção:**

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Inflorescências de <i>Gomphrena globosa</i> L.	0,005	Kg	Fornecido pela empresa Ervital (Castro Daire, Portugal)
<b>Consumíveis:</b>			
Filtros de nylon	1		Enzymatic
Maltodextrina	1	Kg	
<b>Energia:</b>			
Frigorífico/congelador	0,885	kWh	
Spray-drying	5	kWh	
Triturador	0,112	kWh	

Outputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Produtos</b>			
Extrato corante à base de <i>Gomphrena globosa</i> L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III	Gonfrenina 2: 8,6 Gonfrenina 3: 17,9 Isogonfrenina II: 6,9 Isogonfrenina III: 13,5	mg/g extrato	
<b>Emissões:</b>			
<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente	<0,005	kg	
<b>Custos</b>	<b>Custo (€)</b>	<b>Quantidade/unidade</b>	<b>Notas</b>
<b>Materiais:</b>			
Inflorescências de <i>Gomphrena globosa</i> L.	25€	2 Kg	Fornecido pela empresa Ervital (Castro Daire, Portugal)
<b>Consumíveis</b>			
Filtros de nylon	3,55€	50 un	
Maltodextrina	27.67€	1 Kg	Maltodextrina
<b>Energia</b>			
Congelação	0,13 €		
Spray-drying	0,74€		
Trituração	0,002 €		
Extração	0,0059€		
<b>Equipamentos</b>			
Mini Spray Dryer "BUCHI", com Spray nozzle e filtros de entrada e saída (Modelo B-290 Advanced)	37 000€		
Triturador (1,2,3 moulinex)	50€	1	
Placa (VELP Scientific, Usmate, Italy)	270€	1	
Frigorífico/congelador (BEKO RDSE450K20W)	430€	1	

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato corante à base de *Curcuma longa* L. rico em curcuminóides

**Fase do Processo de Produção:** A falta de dados na seguinte tabela é justificada pelo facto deste processo ainda se encontrar em curso, não sendo possível saber exatamente todos os equipamentos, solventes, gastos monetários e energéticos necessários para o processo. Será completa assim que o processo for concluído.

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
<i>Curcuma Longa</i> L. em pó	0,050	Kg	Pingo Doce (Bragança, Portugal)
<b>Consumíveis:</b>			
A definir			
<b>Energia:</b>			
A definir			
<b>Outputs</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</b>
<b>Produtos</b>			
Extrato corante à base de <i>curcuminoides</i>	A definir		
<b>Emissões:</b>			
A definir			

<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente			
<b>Custos</b>	<b>Custo (€)</b>	<b>Quantidade/unidade</b>	<b>Notas</b>
<b>Materiais:</b>			
<i>Curcuma Longa</i> L. em pó	3€	50 g	Pingo Doce (Bragança, Portugal)
<b>Consumíveis</b>			
A definir			
<b>Energia</b>			
A definir			
<b>Equipamentos</b>			
A definir			

## ii. PPS5. Bioativos naturais

**Objetivo:** obter informação técnica junto dos parceiros para fundamentar a seleção de casos de estudo para as Tarefas de Avaliação de Sustentabilidade e Ecoeficiência (T8.4.3 a T8.4.5) a cargo do ISQ e INEGI.

15. Identifique os ingredientes em desenvolvimento e o seu objetivo.
  - Ordene-os, colocando em primeiro o que considera mais promissor, melhor documentado e/ou com um TRL mais elevado, e por último o que considera em estado mais preliminar e pior documentado. Justifique sumariamente.
    - i) Extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente ergosterol: o objetivo deste ingrediente é atuar como agente hipocolesterolémico podendo ser incorporado em alimentos de cariz lipofílico como o queijo, devido à solubilidade facilitada do ingrediente neste meio. Pode também ser incorporado em matrizes hidrofílicas após encapsulação de modo a facilitar a sua solubilidade em meio aquoso.
    - ii) Extrato enriquecido em Vitamina D2 (o ergosterol pode ser convertido em ergocalciferol (vitamina D2) através da luz UltraVioleta) por conseguinte será extraída e incorporada em farinha para produtos de panificação e pastelaria.
  
16. Para cada ingrediente (aroma/corante/bioativo) descreva o seu processo de produção (piloto) identificando matérias primas, equipamentos associados, consumos de energia e coprodutos.
  - i) Extrato enriquecido em micosteróis: A) Matéria prima: são utilizados bio resíduos da indústria produtora de cogumelos sem qualquer valor económico. B) Processo de produção: estes resíduos são liofilizados e reduzidos a pó. De seguida são extraídos com etanol no equipamento de extração assistida por ultrassons. Após a sua extração a amostra é filtrada e o solvente é evaporado até à secura. C) Equipamentos associados: liofilizador, triturador, extrator por ultrassons, evaporador rotativo; D) Consumo de energia: liofilizador -2 dias (96 kW/h), triturador - 5 minutos (0.112 kW/h), ultrassons - 15 minutos (0.09375 kW/h), evaporador rotativo – 30 minutos (0.7 kW/h); E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado; F) Resíduos: resíduo sólido resultante da extração.
  - ii) Extrato enriquecido em Vitamina D2: A) Matéria-prima: para a produção de bioativos naturais, propõe-se selecionar as diferentes matérias-primas com vista à obtenção de ingredientes ricos em micosteróis, especialmente ergosterol e vitamina D2 (ergocalciferol) (e.g., bio-resíduos de *Agaricus bisporus*); B) Processo de extração: O ingrediente bioativo rico em vitamina D2 será obtido recorrendo à técnica de irradiação ultravioleta (câmara de irradiação Ultravioleta), para conversão do ergosterol em vitamina D2 (intensidade de exposição e tempo otimizado). Após a irradiação é necessário congelar e liofilizar os bio-resíduos. Trituram-se e procede-se à extração da Vitamina D2 por extração assistida por ultrassons com hexano; C) Equipamentos

associados: liofilizador, triturador, extrator por ultrassons, evaporador rotativo; D) Consumo de energia: liofilizador -2 dias (96 kW/h), triturador - 5 minutos (0.112 kW/h), ultrassons - 30 minutos (0.09375 kW/h), evaporador rotativo – 30 minutos (0.7 kW/h), câmara de irradiação: (0,125 kW/h); E) Coprodutos: não se produzem coprodutos de valor acrescentado; F) Resíduos: resíduo sólido resultante da extração.

17. Para cada ingrediente, identifique se algum dos equipamentos alternativos inovadores (do PPS6) poderão ser utilizados no processo. Se sim, indique:
- Que equipamento;
    - o Sistema de extração por fluido supercrítico (SFE-CO2)
    - o Sistema de refinação líquido-líquido com base na tecnologia NETmix
  - Em que operação;
    - o Obtenção de extratos enriquecidos em Vitamina D2 e extratos enriquecidos em micosteróis
  - Se este substitui equipamentos convencionais, especifique quais;
    - o Ultra-sons.
  - O potencial benefício do novo equipamento face ao convencional.
    - o A extração assistida por ultrassons revela-se mais dispendiosa. A extração SFE-CO2 e refinação líquido-líquido (usando CO2) com base na tecnologia NETmix representa uma alternativa com vantagens significativas: o CO2 tem custos baixos, não é combustível e não explosivo; os produtos extraídos mantêm as suas propriedades; tanto os produtos como eventuais resíduos não são contaminados com solventes; possibilitando a extração seletiva e fracionada.
18. Para cada ingrediente, identifique se ele substitui um ingrediente convencional existente no mercado. Se sim, identifique o item a ser substituído e o seu processo convencional de produção.
- O extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente ergosterol apresenta-se como uma alternativa à utilização de fitoesteróis existentes no mercado como agentes funcionalizantes de iogurtes para efeito hipocolesterolémico. O seu processo de produção está patenteado; no entanto estes agentes são extraídos de vários tipos de plantas.
19. Para cada ingrediente, identifique em que unidade o ingrediente é medido (e.g: ml; kg; ou outra).
- Vitamina D2: µg/100g
  - Extrato enriquecido em micosteróis: µg/100g:
20. Para os ingredientes a seleccionar como caso de estudo, será necessário recolher dados quantitativos mais detalhados de inventário.
- Para cada processo produtivo, é necessário identificar e quantificar (**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**):
- os “inputs” (energia e todos os recursos);
  - os “outputs” (produtos, coprodutos, emissões, resíduos);
  - custos fixos e variáveis associados (materiais, consumíveis, energia, mão de obra, investimentos e imobilizados);
  - volume de produção;
  - valor de venda.
21. Para cada ingrediente, indicar o contacto técnico preferencial (investigador ou responsável pela investigação) para pedido de informação adicional ou esclarecimento de dúvidas.
- Extrato enriquecido em vitamina D2: Investigadores: Ângela Fernandes - [afeitor@ipb.pt](mailto:afeitor@ipb.pt); Lillian Barros: [lillian@ipb.pt](mailto:lillian@ipb.pt)
  - Extrato enriquecido em micosteróis: Investigadores: Sandrina Heleno - [sheleno@ipb.pt](mailto:sheleno@ipb.pt); Lillian Barros: [lillian@ipb.pt](mailto:lillian@ipb.pt)

Tabela 5 - Lista de inventário (por ingrediente).

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato enriquecido em micosteróis

**Fase do Processo de Produção:** TRL3

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais comuns aos dois ingredientes:</b>			
Bioresíduos da indústria produtora de cogumelos	1	kg	Mogaricus Lda.
<b>Consumíveis no ingrediente enriquecido em micosteróis:</b>			
Etanol	150	ml	Enzymatic
Filtros nylon	1		Enzymatic
<b>Energia para o ingrediente enriquecido em micosteróis:</b>			
Liofilizador	96	kW/h	
Triturador	0.112	kW/h	
Equipamento extrator	0.09375	kW/h	
Evaporador rotativo	0.7	kW/h	
<b>Energia para o ingrediente enriquecido em micosteróis:</b>			
Liofilizador	96	kW/h	
Triturador	0.112	kW/h	
Equipamento extrator	0.09375	kW/h	
Evaporador rotativo	0.7	kW/h	
<b>Outputs</b>			
<b>Produtos</b>			
Extrato enriquecido em micosteróis	350	mg	
<b>Emissões:</b>			
-			
-			
<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente enriquecido em micosteróis	1	g	
<b>Custos</b>			
		<b>Custo (€)</b>	<b>Quantidade/unidade</b>
<b>Materiais:</b>			
Bioresíduos da indústria produtora de cogumelos	0	50 kg	Fornecidos pela empresa Mogaricus Lda.
<b>Consumíveis</b>			
Etanol P.A.	8,40 €	2,5 L	
<b>Energia</b>			
Liofilização	1,92 €		
Trituração	0,002 €		
Extração	0,002 €		
Evaporação	0,014 €		
<b>Equipamentos</b>			
Liofilizador (FreeZone 4.5 model 7750031, Labconco, KS, USA)	25000€	1	

Triturador (1,2,3 moulinex)	50€	1	
Evaporador rotativo (rotary evaporator Büchi R-210, Flawil, Switzerland)	6000 €	1	
Equipamento ultrassons (Hielscher UIP1500hdT Ultrasonic Homogenizer)	3700 €	1	

*NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.*

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):** Extrato enriquecido em Vitamina D2

**Fase do Processo de Produção:** TRL3

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Bioresíduos da indústria produtora de cogumelos	1	kg	Mogaricus Lda.
<b>Consumíveis:</b>			
Hexano P.A.	60	mL	Enzymatic
DMSO P.A.	30	mL	Enzymatic
Metanol P.A.	30	mL	Enzymatic
Filtro nylon	1		Enzymatic
<b>Energia:</b>			
Liofilizador	96	kW/h	
Triturador	0.112	kW/h	
Equipamento extrator	0.09375	kW/h	
Evaporador rotativo	0.7	kW/h	
Câmara de irradiação	0,125	kW/h	
Outputs	Quantidade	Unidade	Notas
<b>Produtos</b>			
Extrato enriquecido em vitamina D2	150	µg	
<b>Emissões:</b>			
-			
-			
<b>Resíduos:</b>			
Resíduo sólido resultante da extração do ingrediente enriquecido em vitamina D2	1	g	
Custos	Custo (€)	Quantidade/unidade	Notas
<b>Materiais:</b>			
Bioresíduos da indústria produtora de cogumelos	0	50 kg	Fornecidos pela empresa Mogaricus Lda.
<b>Consumíveis</b>			
Metanol P.A.	7,43€	2,5 L	
Hexano P.A.	6 €	2,5 L	
DMSO P.A.	80,78 €	2,5 L	
<b>Energia</b>			
Irradiação			
Liofilização	1,92 €		
Trituração	0,002 €		
Extração	0,002 €		
Evaporação	0,014 €		
<b>Equipamentos</b>			

Câmara de irradiação (Cabina ultravioleta UVABC) (UV- Consulting Peschl España)	14000€	1	
Liofilizador (FreeZone 4.5 model 7750031, Labconco, KS, USA)	25000€	1	
Triturador (1,2,3 moulinex)	50€	1	
Evaporador rotativo (rotary evaporator Büchi R-210, Flawil, Switzerland)	6000 €	1	
Equipamento ultrassons (Hielscher UIP1500hdT Ultrasonic Homogenizer)	3700 €	1	
Sistema de extração por fluido supercrítico (SFE-CO2)	n/a	1	Equipamento a desenvolver no âmbito do projeto
Sistema de refinação líquido-líquido com base na tecnologia NETmix	n/a		Equipamento a desenvolver no âmbito do projeto

*NOTA: substituir entradas exemplificativas (a azul) por dados relativos ao ingrediente e processo em causa.*