



---

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

---

## **Entregável nº 8.4.3.**

**Versão do Documento: 1**

**Data de Submissão: 28/02/2020**

**Responsável: ISQ**

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

### **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**

Margarida Gonçalves

Helena Monteiro

Luís Oliveira

Sara Pinto

## Sumário

No presente Entregável 8.4.3 – *Definição da abordagem metodológica para caracterização do desempenho ambiental*, 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 Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) a ser utilizada para a caracterização do desempenho ambiental. Nos 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 extratos 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. A ACV será realizada segundo os referenciais ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006, utilizando o software SimaPro 9 e o método de cálculo ReCiPe. Será seguida uma abordagem de análise *gate-to-gate*, que considera a inclusão dos impactos ocorridos desde a produção das matérias-primas para o processamento do substrato de origem vegetal até à produção do aditivo alimentar. Após esta primeira fase, pretende-se demonstrar com resultados de ACV as vantagens reais e os pontos críticos dos processos de produção destes aditivos naturais em termos de impactos ambientais.

## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	9
<b>2. Descrição do Sistema em Estudo</b> .....	11
I. Bioativos Naturais .....	13
II. Corantes naturais .....	15
<b>3. Abordagem e metodologia</b> .....	18
III. Estrutura e componentes da ACV .....	19
i. Objetivo e âmbito .....	20
ii. Inventário .....	21
iii. Avaliação de impacto .....	21
iv. Interpretação.....	26
v. Limitações .....	26
<b>4. Conclusão</b> .....	28
<b>5. Referências</b> .....	30
<b>6. Anexos</b> .....	32
IV. Questionário Enviado.....	32
V. Respostas dos Parceiros .....	34
i. PPS3. Corantes naturais .....	34
ii. PPS5. Bioativos naturais .....	40

**Identificação**

<b>Entregável</b>	8.4.3, Definição da abordagem metodológica para caracterização do desempenho ambiental
<b>Tipo de Entregável</b>	Relatório
<b>Nível de disseminação</b>	Confidencial
<b>PPS</b>	PPS8 – Disseminação de informação e exploração de resultados

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Identificação dos aditivos alimentar de origem natural em estudo. ....	12
Tabela 2- Identificação das categorias de impacto do método de avaliação de impacto de ciclo de vida ReCiPe.....	24
Tabela 3 -Categorias de dano do método de avaliação de impacto de ciclo de vida ReCiPe. ....	25
Tabela 4 – Escolha de valores na modelação ambiental de ciclo de vida da emissão e gases com efeito de estufa. ....	25
Tabela 5 - Identificação das categorias de impacto do método de avaliação de impacto de ciclo de vida USEtox. ....	26
Tabela 6 - Lista de inventário (por ingrediente).....	33
Tabela 7 - Lista de inventário (por ingrediente).....	36
Tabela 8 - Lista de inventário (por ingrediente).....	42

## 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. ....	13
Figura 3 - Sistema em estudo para a produção de Vitamina D2 a partir de bio resíduos de cogumelos. ....	14
Figura 4 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Hibiscus sabdariffa L. ....	15
Figura 5 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de Sambucus L.....	16
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.....	17
Figura 7 – Representação esquemática do conceito de caixa preta dos processos unitários.....	19
Figura 8 – Componentes da metodologia de avaliação de ciclo de vida.....	20
Figura 9 – Esquema simplificado da etapa de avaliação de impacto de ciclo de vida. ....	21

## Índice de Equações

Equação 1 – Quantificação das categorias de impacto num estudo de avaliação de ciclo de vida.....	22
Equação 2 – quantificação dos fatores de caracterização num estudo de avaliação de ciclo de vida.....	22
Equação 3 – Quantificação de valores normalizados num estudo de avaliação de ciclo de vida.....	23
Equação 4 – Quantificação da ponderação em estudos de avaliação de ciclo de vida.....	23



## 1. Introdução

A crescente associação de efeitos negativos ao consumo de alimentos com aditivos artificiais propulsionou a procura por novos aditivos alimentares de origem natural, tanto pela indústria alimentar como por parte dos consumidores. Para além da diminuição da negatividade associada ao consumo dos aditivos artificiais, é crucial assegurar que a produção dos novos ingredientes naturais seja competitivamente mais sustentável.

O objetivo da Tarefa 8.4.3 – *Avaliação ambiental do ciclo de vida*, é o de caracterizar o desempenho ambiental dos aditivos naturais, de modo a contribuir para o desenvolvimento sustentável das soluções de engenharia, promovendo práticas sustentáveis, e permitindo uma integração plena de soluções ambientalmente mais favoráveis. 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 análise de ciclo de vida (ACV), negligência a incorporação de aditivos alimentares nos produtos. Os motivos que sustentam a exclusão de aditivos do estudo, prendem-se com dois aspetos: dada a complexidade dos estudos de avaliação de ciclo de vida, é usual limitar a fronteira de sistemas complexos usando regras de *cut-off* mássicos, isto é, excluindo processos ou produtos que tenham muito pouca representatividade em termos mássicos, como é o caso dos aditivos alimentares; adicionalmente, nas bases de dados de inventário e de cálculo de ACV estão caracterizados muito poucos aditivos, o que não permite facilmente rastrear esses impactos, quando o foco do estudo não é esse.

Em linha com o exposto anteriormente, a aplicação da metodologia de ACV para avaliação ambiental da produção de aditivos alimentares está ainda numa fase embrionária, os estudos dedicados a esta temática são citados de seguida. Forte et al. [1], analisou a produção de celulose bacteriana para ser utilizada como aditivo alimentar. Os resultados indicam que a produção dos materiais, efluentes hídricos e processos de refrigeração e aquecimento são as fases mais impactantes para a totalidade dos impactos. Pérez-López et al. [2], estudou a produção de compostos bioativos a partir da microalga *Tetraselmis suecica*, concluindo que a fase do processo com uma maior contribuição para todas as categorias ambientais foi a inoculação e fase de crescimento da microalga. Outros estudos focam-se sobretudo na otimização dos processos de extração dos compostos

ativos e efetuam paralelamente uma análise ambiental, nomeadamente extração com ultrassons para obtenção do antioxidante polifenol produzido a partir de chicória [3], extração com água quente pressurizada para obtenção de antioxidantes a partir de folhas de alecrim [4] e processos de produção do corante dióxido de titânio [5]. Neste contexto, o contributo científico do presente estudo de caracterização ambiental em ciclo de vida da produção de aditivos alimentares tem uma elevada relevância, acrescentado conhecimento à literatura sobre o impacto ambiental associado ao desenvolvimento destes aditivos.

O presente entregável (E8.4.3) está estruturado da seguinte forma:

- **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 análise de ciclo de vida, as principais etapas metodológicas, e os métodos de cálculo selecionados para a quantificação dos potenciais impactos ambientais;
- **Conclusão:** enumeram-se as principais conclusões em termos de objetivo e âmbito do estudo de avaliação de ciclo de vida.

## 2. Descrição do Sistema em Estudo

O presente estudo incide na análise da caracterização de potenciais impactos ambientais dos novos aditivos alimentares de origem natural em desenvolvimento no projeto mobilizador Valor Natural®, tendo o propósito de selecionar apenas os aditivos com maior potencial e estado de desenvolvimento mais avançados. Para isso, foi recolhida informação junto dos parceiros afetos ao 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).

Conforme forem rececionadas respostas ao PPS4 e PPS6, serão elaborados novos cenários a incorporar no sistema em estudo (se o nível de desenvolvimento e a caracterização de inventário possibilitar modelar a respetiva ACV), 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 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 ambiental 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 ambiental, mediante a metodologia de ACV, 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 ACV 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 ambiental.

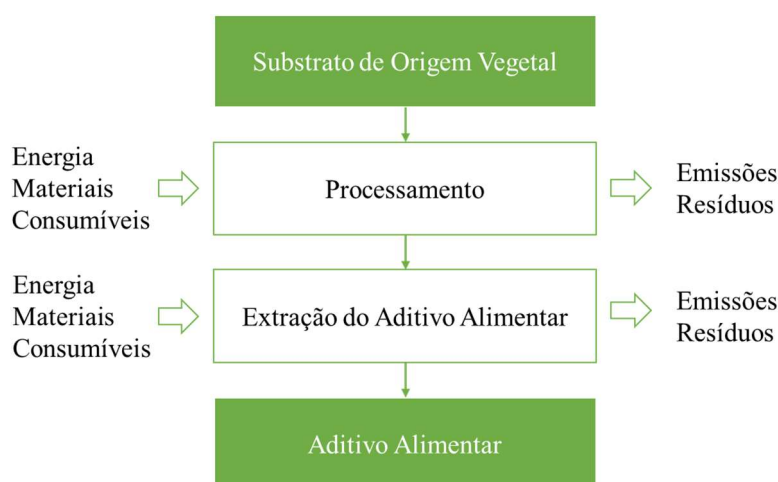


Figura 1 – Fases do ciclo de vida da produção dos aditivos naturais considerados na análise de performance ambiental.

Nos subcapítulos seguintes descrevem-se as etapas associadas à obtenção de cada aditivo alimentar, as quais serão consideradas na análise ambiental. 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.

<b>Classe de Aditivo Alimentar</b>	<b>Identificação do Aditivo Alimentar</b>
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 a sua 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.

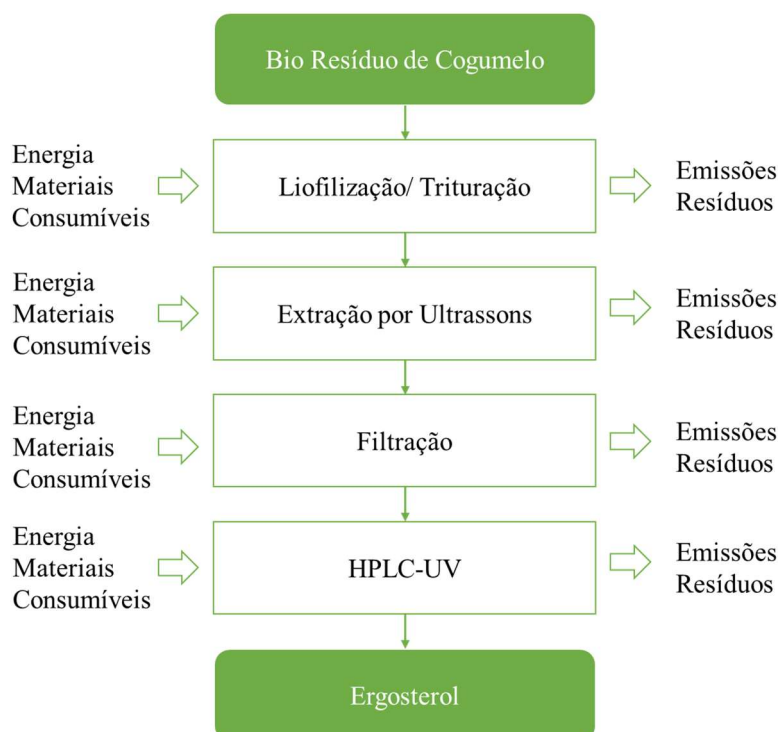


Figura 2 – Sistema em estudo para a produção de ergosterol a partir de bio resíduos de cogumelos.

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, os quais são 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 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 nos resíduos em fresco, 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. 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.

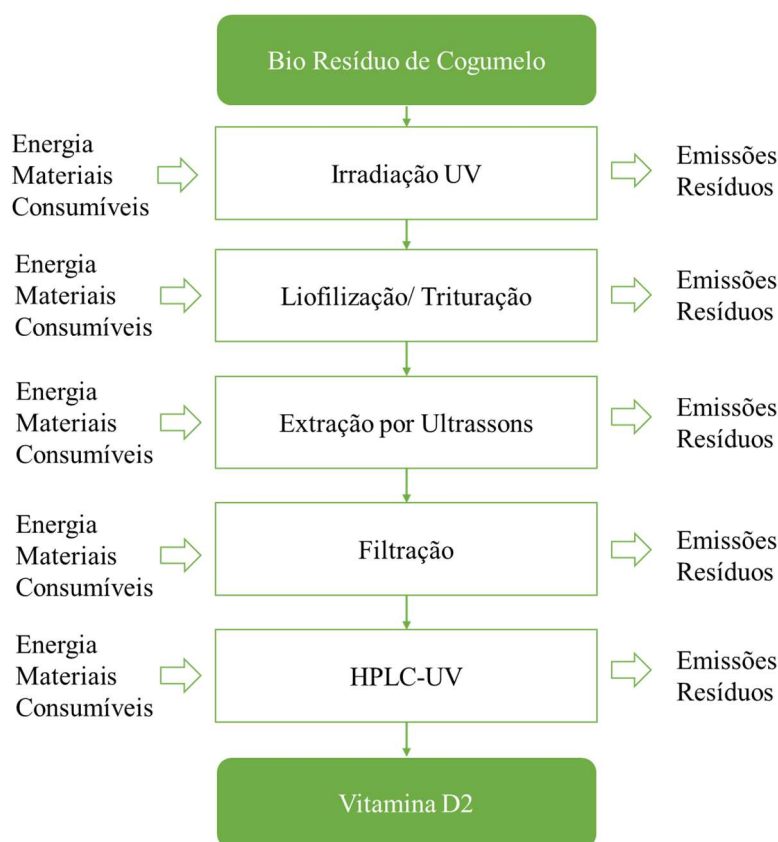


Figura 3 - Sistema em estudo para a produção de Vitamina D2 a partir de bio resíduos de cogumelos.

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

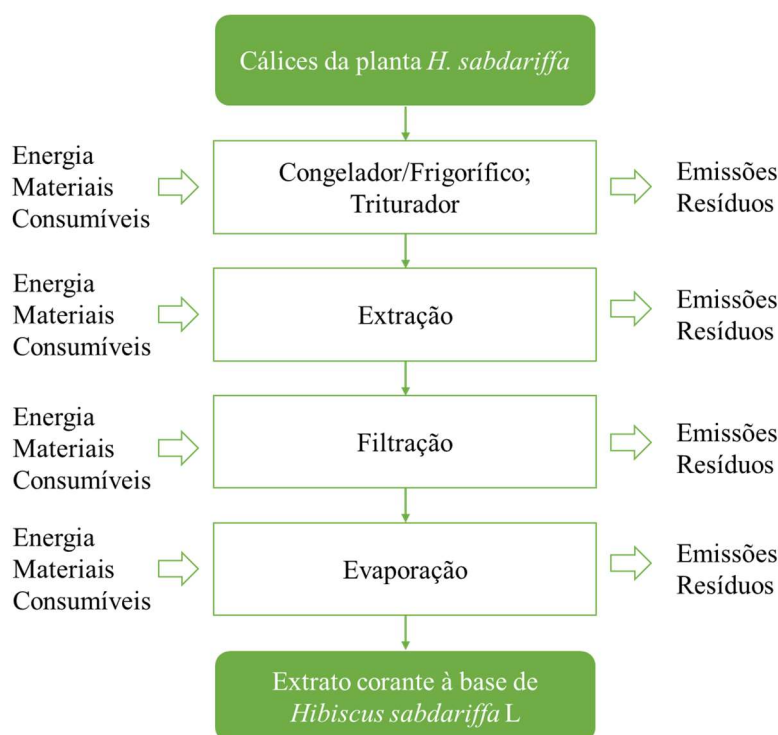


Figura 4 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de *Hibiscus sabdariffa L.*

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 sujeita 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.

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.

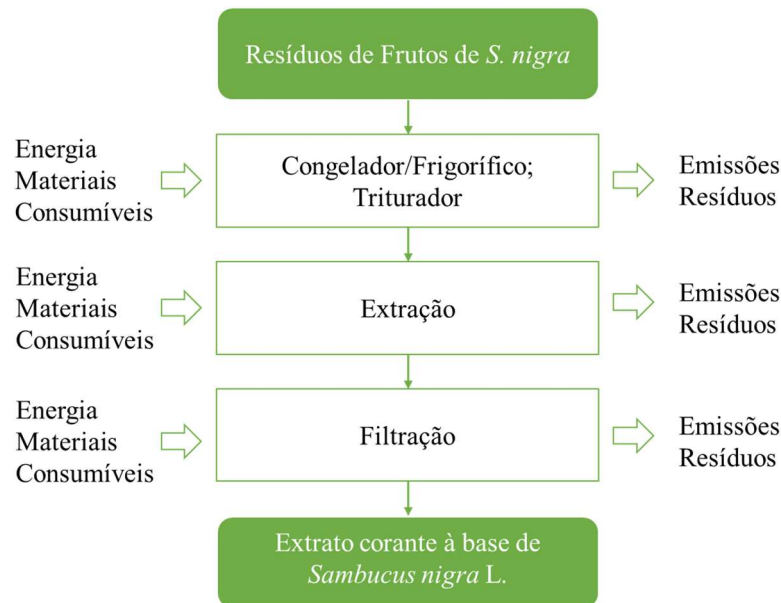


Figura 5 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de *Sambucus* L.

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 sujeito a um processo de 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.

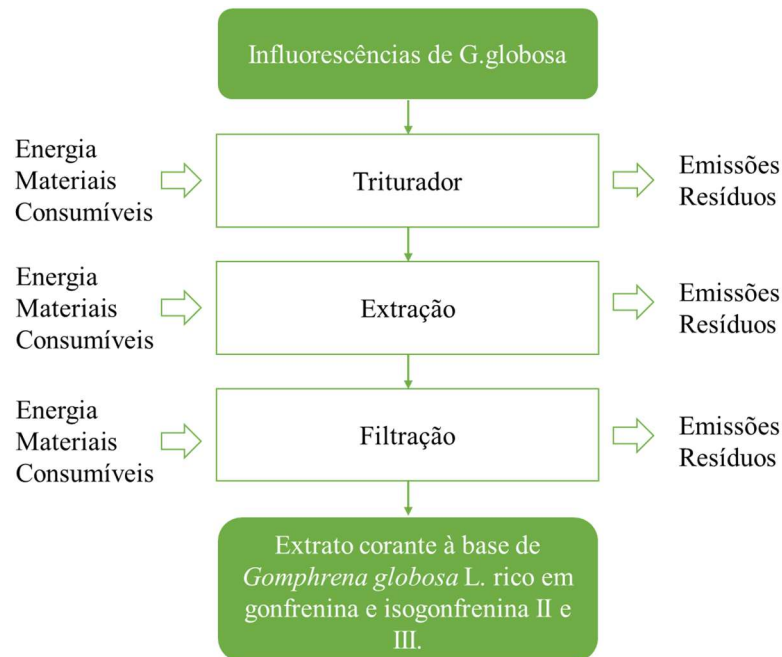


Figura 6 - Sistema em estudo para a produção de extrato de corante à base de *Gomphrena globosa* L. rico em gonfrenina e isogonfrenina II e III.

As influorescências 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 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

É seguida a abordagem metodológica de ACV para efetuar o estudo da caracterização do desempenho ambiental de novos aditivos naturais e os seus sistemas produtivos. A escolha desta metodologia recai no facto das valências inerentes à possibilidade de quantificar não só o desempenho ambiental dos processos produtivos, permitindo uma comparação real e célere de diferentes cenários, como também o de identificar os principais aspetos ambientais e pontos críticos, que poderão constituir um fator determinante na seleção das soluções de engenharia propostas, e na identificação de potenciais melhorias.

A ACV, normalizada pela ISO 14040:2006 e 14044:2006, é uma metodologia para a quantificação de potenciais impactos ambientais de sistemas (produto, processo, serviços, etc.) ao longo do seu ciclo de vida, ou parte deste [6]. O ciclo de vida de um sistema, inicia-se, regra geral, com a fase de desenho e desenvolvimento, seguido da fase de extração de recursos, produção, uso e/ou utilização e fim de vida (ex.: reutilização, reciclagem, aterro, etc.).

O objetivo principal da ACV é o de suportar a tomada de decisão no que concerne à melhoria da performance ambiental dos sistemas. Quando aplicada na fase de desenho e de desenvolvimento de novos produtos e processos pode ser utilizada de modo a comparar diferentes configurações alternativas, de modo a minorar os impactos ambientais das novas soluções. Por outro lado, pode ser utilizada para comparar o desempenho ambiental de sistemas distintos, mas com a mesma funcionalidade, de modo a que os principais impactos ambientais e benefícios sejam considerados aquando da tomada de decisão sobre melhorias a introduzir nos processos, na prevenção da poluição e na otimização de utilização de recursos.

As diferentes fases do ciclo de vida dos produtos e processos têm impactos ambientais, associados por exemplo ao consumo de recursos e emissões de substâncias. Existem várias categorias de impactos ambientais, como as alterações climáticas, redução da camada de ozono, formação de smog, eutrofização, acidificação, escassez de recursos e toxicidade. Estes impactos, podem ser agrupados em três principais categorias de dano, nomeadamente saúde humana, qualidade dos ecossistemas e escassez de recursos.

### III. Estrutura e componentes da ACV

A ACV consiste na quantificação e avaliação da significância dos fluxos de entrada e saída dos processos que ocorrem em cada fase no ciclo de vida do produto. O sistema é construído baseado no conceito de caixa preta para cada processo unitário (Figura 7). O processo é descrito em termos de entradas e saídas, sem que seja caracterizada as suas interações internas. Os processos unitários estão associados entre si, por meio de fluxos intermédios (Figura 7), cada processo unitário pode representar uma ou diversas atividades, como a fase de produção de um produto e o seu transporte até um armazém de logística.

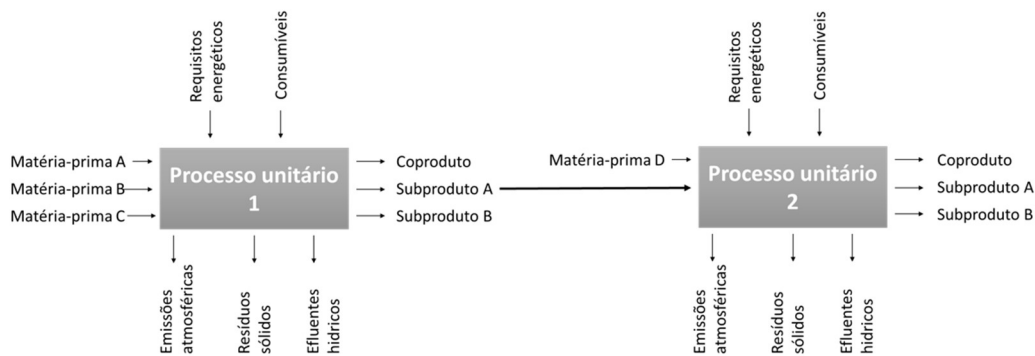


Figura 7 – Representação esquemática do conceito de caixa preta dos processos unitários.

Na etapa de avaliação do impacto do ciclo de vida, as entradas e saídas de cada processo unitário são convertidas em impactos e danos ambientais mediante um processo de cálculo. As séries da norma ISO 14000 estabelecem quatro componentes, distintas, mas interligados entre si, na metodologia de ACV (descrita nos próximos capítulos). Os componentes são (Figura 8):

1. Objetivo e âmbito;
2. Inventário do ciclo de vida;
3. Avaliação do impacto do ciclo de vida;
4. Interpretação do ciclo de vida.

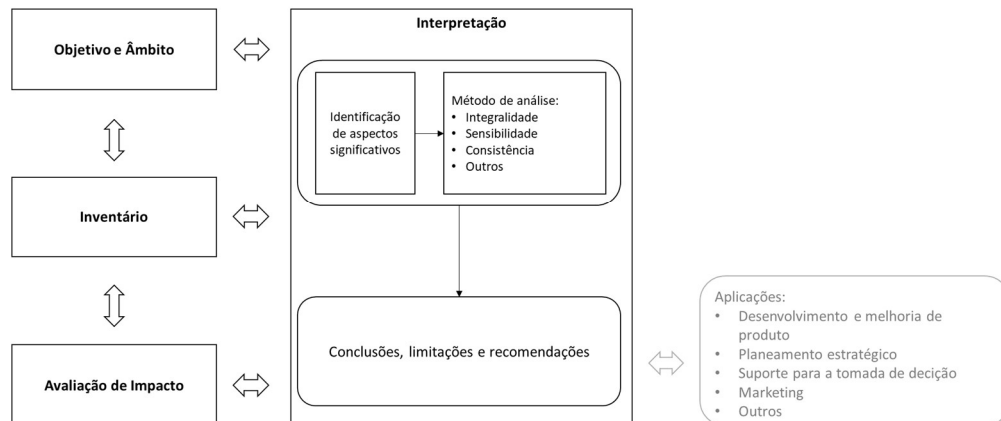


Figura 8 – Componentes da metodologia de avaliação de ciclo de vida.

### i. Objetivo e âmbito

Na primeira etapa da ACV, objetivo e âmbito, identifica-se e descreve-se o sistema em estudo em termos de decisões críticas, isto é que impactam nas etapas seguintes, como a unidade funcional, fronteiras do sistema e hipóteses delineadas. As decisões críticas sobre o sistema em estudo são passíveis de serem adaptadas, ao longo das outras etapas da ACV (Figura 8).

A unidade funcional consiste numa medida de referência quantificável para avaliar a performance ambiental do sistema em estudo, a partir da qual todos os fluxos de entrada e saída dos processos unitários são aferidos e os impactos ambientais quantificados. Esta unidade de referência permite uma comparação da performance ambiental entre sistemas alternativos.

A definição da extensão do ciclo de vida do sistema em estudo, processos considerados e interligações entre estes, é identificada na descrição das fronteiras do sistema. As fronteiras do sistema devem estar em consonância com o objetivo do estudo, porque as decisões sobre a sua extensão afetam diretamente a magnitude dos impactos ambientais.

De modo a conferir uma maior transparência sobre os resultados obtidos, todas as decisões devem ser todas identificadas. As hipóteses delineadas podem estar associadas a diversos fatores, como limitações na obtenção de dados até a complexidade elevada dos sistemas em estudo. Os resultados da ACV só são válidos para as premissas elaboradas e hipóteses delineadas nesta etapa.

## ii. Inventário

Na etapa de inventário os fluxos de entrada (ex.: consumos energéticos) e saída (ex.: emissões atmosféricas) de cada processo unitário, considerado nas fronteiras do sistema em estudo, são quantificados por unidade funcional. De modo a averiguar a qualidade dos dados recolhidos e a sua significância para os potenciais impactos ambientais, pode-se efetuar verificações e análises de sensibilidade. Consoante os resultados obtidos, poder-se-á proceder à redefinição das fronteiras do sistema, de modo a eliminar dados sem significância e a introduzir novos.

A recolha de dados, que compreende a etapa de inventário, do presente estudo de ACV, é efetuada no trabalho elaborado na 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). Paralelamente, considera-se, que de forma a detalhar da melhor maneira possível os sistemas em estudo, usar-se-á as bases de dados disponíveis, como por exemplo a ecoinvent [7], assim como dados bibliográficos.

## iii. Avaliação de impacto

O resultado da etapa de avaliação de impacto de ciclo de vida consiste na quantificação da performance ambiental do sistema em estudo. Os fluxos de entrada e saída recolhidos por processo unitário são convertidos em indicadores de impacto, com base na unidade funcional (Figura 9).

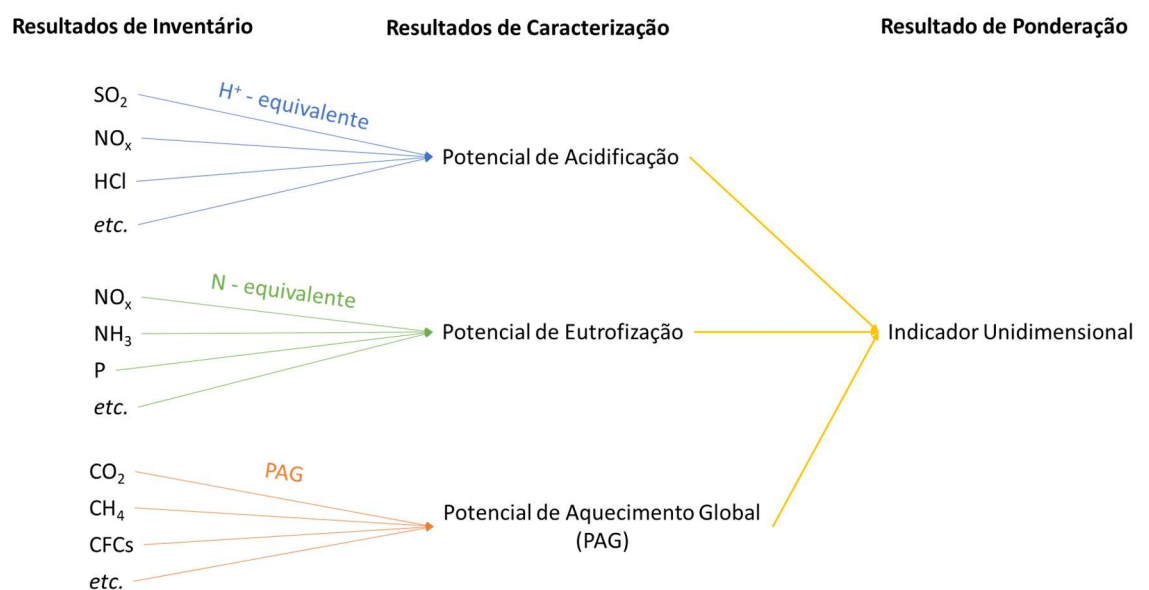


Figura 9 – Esquema simplificado da etapa de avaliação de impacto de ciclo de vida.

Os potenciais impactos do sistema em estudo, são traduzidos em categorias de impacto, cuja quantificação é realizada através de métodos de cálculo. Estes métodos seguem duas fases de cálculo obrigatórias, a classificação e caracterização, e duas opcionais, a normalização e ponderação [8], nomeadamente:

1. Classificação: Atribuição dos dados de inventário às categorias de impacto escolhidas;
2. Caracterização: Quantificação dos indicadores de impacto através de fatores de caracterização do método de cálculo escolhido, ex.: Potencial de Aquecimento Global (PAG);
3. Normalização: Relativização da magnitude dos indicadores de impacto através de valores de referência;
4. Ponderação e/ou agrupamento: De modo a facilitar a interpretação dos resultados, utilizam-se fatores numéricos, baseados em escolhas de valor, para ponderar e/ou agrupar as categorias de impacto. Esta fase embora agilize a etapa de interpretação incrementa a incerteza nos resultados obtidos.

A Equação 1 indica como os resultados de inventário originam categorias de impacto, utilizando os fatores de caracterização.

$$\text{Categoria de Impacto} = \sum_s \text{Fator de Caracterização}_s \times \text{Resultado de Inventário}_s$$

*Equação 1 – Quantificação das categorias de impacto num estudo de avaliação de ciclo de vida. S representa o fluxo (ex.: emissão atmosférica).*

Os fatores de caracterização dos impactos ambientais associados às emissões são exemplificados na Equação 2 (equações similares estão disponíveis para outros fatores ambientais, como consumo de recursos).

$$\text{Fatores de Caracterização}_{s,i,t} = \sum_j \frac{\text{Efeito}_{s,j,t}}{\text{Emissão}_{s,t}}$$

*Equação 2 – quantificação dos fatores de caracterização num estudo de avaliação de ciclo de vida. O parâmetro s representa o composto químico, i representa a localização da emissão, j é a localização relativa do recetor da emissão e t é o período temporal.*

Na primeira das fases facultativas, a normalização, o resultado das categorias de impacto é dividido por um valor de referência de forma a equalizar os resultados numa dimensão comum a todos (Equação 3).

$$N_k = \frac{S_k}{R_k}$$

*Equação 3 – Quantificação de valores normalizados num estudo de avaliação de ciclo de vida. O parâmetro  $k$  é a categoria de impacto,  $N$  é o indicador normalizado,  $S$  é a categoria de impacto oriunda da fase de caracterização e  $R$  é o valor de referência.*

Os resultados normalizados podem ser agrupados, através da utilização de fatores, assentes em escolhas de valor, de modo a que a interpretação dos resultados normalizados seja simplificada. A Equação 4 exemplifica um possível processo de calculo utilizado nesta fase.

$$EI = \sum V_k N_k$$

*Equação 4 – Quantificação da ponderação em estudos de avaliação de ciclo de vida.  $EI$  é o indicador ambiental,  $V_k$  é o fator de agrupamento por categoria de impacto  $k$  e  $N$  é o indicador normalizado.*

A ACV efetuada no âmbito do projeto ValorNatural será realizada segundo os referenciais ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006, utilizando o software SimaPro 9 [9] e o método de calculo ReCiPe [10]. O ReCiPe é um método de avaliação de impacto de ciclo de vida, cientificamente aceite e utilizado pela comunidade científica, que contempla uma longa lista de categorias de impacto ambiental (com a terminologia de “ponto médio”) e um número limitado de categorias de dano (com a terminologia de “ponto final”). Estes, últimos, podem ser agregados de forma a gerar um indicador único de fácil comunicação, no entanto este valor possui um maior grau de incerteza. No âmbito do projeto ValorNatural, duas análises serão realizadas:

1. Análise de pontos médios, contemplando as duas fases obrigatórias de classificação e caracterização. O intuito é compreender como os potenciais impactos estão associados aos processos unitários de cada aditivo alimentar por categoria de impacto ambiental;
2. Análise de categorias de pontos finais, de forma a obter-se um rácio que pode ser convertido num indicador unidimensional.

O método ReCiPe possui 3 categorias de pontuação final (saúde humana, ecossistema e escassez de recursos) e 17 pontos intermédios, que conseguem cobrir de uma forma global e expedita a caracterização ambiental de um vasto leque de ciclos de

vida de diferentes sistemas. As categorias de impacto do método ReCipe estão identificadas na Tabela 2 em termos de indicadores, fatores de caracterização e unidades.

Tabela 2- Identificação das categorias de impacto do método de avaliação de impacto de ciclo de vida ReCipe.

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fator de Caracterização</b>	<b>Unidade</b>
Aquecimento global	Aumento da força infravermelha radiativa	PAG	kg CO <sub>2</sub> -eq atmosférico
Empobrecimento da camada de ozono	Decaimento de ozono estratosférico	Potencial de empobrecimento da camada de ozono	kg CFC-11-eq atmosférico
Radiação ionizante	Aumento da dose absorvida	Potencial de radiação ionizante	kBq Co-60-eq atmosférico
Formação de material particulado	PM2.5 assimilação pela população	Potencial de formação de material particulado	kg PM2.5-eq atmosférico
Formação fotoquímica de oxidantes: ecossistemas terrestres	Aumento troposférico de ozônio	Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos: ecossistemas	kg NO <sub>x</sub> -eq. to atmosférico
Formação de oxidantes fotoquímicos: saúde humana	Aumento da exposição da população a ozono troposférico	Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos: humanos	kg NO <sub>x</sub> -eq. atmosférico
Acidificação terrestre	Aumento de protões em solos naturais	Potencial de acidificação terrestre	kg SO <sub>2</sub> -eq. atmosférico
Eutrofização água doce	Aumento de fósforo em água doce	Potencial de eutrofização de água doce	kg P-eq. água doce
Toxicidade humana: cancro	Aumento do risco de incidência de doenças cancerígenas	Potencial de toxicidade humana	kg 1,4-DCB-eq ar urbano
Toxicidade humana: não-cancro	Aumento do risco de incidência de doenças não-cancerígenas	Potencial de toxicidade humana	kg 1,4-DCB-eq ar urbano
Ecotoxicidade terrestre	Aumento de risco em solos naturais	Potencial de ecotoxicidade terrestre	kg 1,4-DCB-eq to solo industrial
Ecotoxicidade em água doce	Aumento de risco em águas doces	Potencial de ecotoxicidade em água doce	kg 1,4-DCB-eq água doce
Ecotoxicidade marinha	Aumento de risco na água do mar	Potencial de ecotoxicidade marinha	kg 1,4-DCB-eq to água salgada
Uso do solo	Alteração do uso do solo	Potencial de ocupação de terras agrícolas	m <sup>2</sup> × ano solo agrícola-eq.
Uso da água	Aumento do consumo de água	Potencial de consumo de água	m <sup>3</sup> água-eq. consumida
Escassez de recursos minerais	Aumento da extração e minérios	Potencial excedente de minério	kg Cu-eq.
Escassez de recursos fósseis	Valor de aquecimento superior	Potencial de combustível fóssil	kg petróleo-eq.

Na Tabela 3 são identificadas as categorias de dano (pontuação final) e como estas se relacionam com as categorias de impacto, pontos intermédios e as respetivas unidades. Para a saúde humana as unidades são o *Disability Adjusted Life Years* (DALY) - ano de vida ajustado por incapacitação, que representa o número de anos perdidos na vida de uma pessoa devido aos efeitos colaterais de um acidente ou doença; as unidades referentes aos impactos do consumo de água referem-se à desnutrição causada pela escassez de água nos países menos desenvolvidos. Para as categorias de dano nos ecossistemas a unidade refere-se à perda relativa de espécies, contemplando a vertente espaço-temporal, nos ecossistemas terrestre, água doce e marinha. Nomeadamente,



potencial de desaparecimento de espécies de uma área (m<sup>2</sup>) por ano ou potencial de desaparecimento de espécies num volume (m<sup>3</sup>) por ano. Na categoria de dano sobre os recursos, minerais e fósseis, as unidades traduzem-se em, no potencial custo excedente, medido em dólares americanos para o período de 2013 (USD2013) [10].

Tabela 3 -Categorias de dano do método de avaliação de impacto de ciclo de vida ReCiPe.

Categorias de dano	Categorias de impacto	Unidades das categorias de dano	
Saúde Humana	Aquecimento global	DALY/kg CO <sub>2</sub> eq.	
	Empobrecimento da camada de ozono	DALY/kg CFC11 eq.	
	Radiação ionizante	DALY/kBq Co-60 eq. atmosférico	
	Formação de material particulado	DALY/kg PM2.5 eq.	
	Formação fotoquímica de oxidantes	DALY/kg NO <sub>x</sub> eq.	
	Toxicidade humana: cancro	DALY/kg 1,4-DCB eq. ar urbano	
	Toxicidade humana: não-cancro	DALY/kg 1,4-DCB eq. ar urbano	
	Consumo de água	DALY/m <sup>3</sup> consumo	
Ecossistemas Terrestres	Aquecimento global	Espécies.ano/kg CO <sub>2</sub> eq.	
	Formação fotoquímica de oxidantes	Espécies.ano /kg NO <sub>x</sub> eq.	
	Acidificação	Espécies.ano /kg SO <sub>2</sub> eq.	
	Toxicidade	Espécies.ano /kg 1,4-DBC eq. solo industrial	
	Consumo de água	Espécies.ano /m <sup>3</sup> consumo	
	Uso do solo - ocupação	Espécies.ano / colheita anual eq.	
Ecossistemas de Água doce	Aquecimento global	Espécies.ano /kg CO <sub>2</sub> eq.	
	Eutrofização	Espécies.ano /kg P para água doce eq.	
	Toxicidade	Espécies.ano /kg 1,4-DBC emitted to freshwater eq.	
	Consumo de água	Espécies.ano /m <sup>3</sup> consumo	
Ecossistemas Marinhos	Toxicidade	Espécies.ano /kg 1,4-DBC água marinha eq.	
Recursos	Escassez de recursos minerais	USD2013/kg Cu	
		Petróleo bruto	USD2013/kg
		Antracite	USD2013/kg
	Escassez de recursos fósseis	Gás natural	USD2013/Nm <sup>3</sup>
		Lenhite	USD2013/kg
		Turfa	USD2013/kg

Escolheu-se a perspetiva cultural Hierárquica do método ReCiPe. As perspetivas culturais pretendem traduzir escolhas relativas às escalas temporais dos danos efetuados sobre o meio ambiente e às expectativas relacionadas de como o desenvolvimento e implementação de novas tecnologias podem contribuir para evitar futuros danos no ambiente. A perspetiva cultural Hierárquica é considerada como o modelo base pela comunidade científica. Na Tabela 4 exemplifica-se a escolha de valores desta perspetiva, por comparação às demais, associada à modelação de gases com efeito de estufa (GEE) [10].

Tabela 4 – Escolha de valores na modelação ambiental de ciclo de vida da emissão e gases com efeito de estufa.

Aspeto modelado	Individualista	Hierárquica	Igualitária
Escala temporal (anos)	20	100	1.000
Relação clima-carbono incluindo para CO <sub>2</sub> - sem potencial GEE	Não	Sim	Não*
Desenvolvimentos socioeconómicos futuros	Otimista	Padrão	Pessimista
Potencial de adaptação	Adaptativo	Regulador/ fiscalizador	Compreensivo

\* Idealmente, a dicotomia clima-carbono deve ser considerada nesta perspetiva, contudo os PAGs não estão disponíveis para a escala temporal desta perspetiva.

Voet et al. [11], identificou que a incorporação de aditivos nos estudos de ACV é negligenciada de uma forma transversal em vários tipos de produtos, como na indústria papelreira e na de injeção de plásticos. Esta lacuna, pode influenciar sobretudo as categorias de impacto ambiental associadas a efeitos toxicológicos. Desta forma, poder-se-á recorrer, paralelamente, a outros métodos de calculo, robustos para quantificar impactos toxicológicos associados a compostos químicos. O USEtox [12] é um método desenvolvido por UNEP/SETAC *Life Cycle Initiative*, a equipa de trabalho é constituída por investigadores internacionais experientes em ACV e na área de química. As categorias de impacto são as indicadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Identificação das categorias de impacto do método de avaliação de impacto de ciclo de vida USEtox.

<b>Categorias de Impacto</b>	<b>Indicador</b>	<b>Fator de Caracterização</b>	<b>Unidade</b>
Toxicidade	Humana, cancro	Casos de doenças por substância química emitida	Número de casos de doenças por kg de substância
	Humana, não cancro	Casos de doenças por substância química emitida	Número de casos de doenças por kg de substância
Ecotoxicidade	Água doce	Fração de espécies potencialmente afetadas (PAF)	PAF.m <sup>3</sup> .dia

#### iv. Interpretação

A fase de interpretação ocorre paralelamente às outras fases (Figura 8), em que os resultados obtidos, em cada fase, são analisados em termos de precisão e consistência perante as hipóteses delineadas [13]. A interpretação considera dois aspetos principais:

- Processo continuado, que interfere com as outras fases do estudo;
- Potenciar a elaboração de conclusões e recomendações robustas.

De forma a melhorar a interpretação dos resultados obtidos pode-se, nesta fase, determinar a incerteza destes e efetuar uma análise de sensibilidade.

#### v. Limitações

Para a construção dos cenários dos sistemas em estudo são elaboradas hipóteses, que tendem a simplificar a complexidade na modelação dos cenários, mas em contrapartida acarretam limitações para a extrapolação dos resultados obtidos. Para a obtenção de conclusões sólidas, os pontos críticos dos processos devem ser caracterizados de forma conclusiva.

O objetivo da Tarefa 8.4.3 – Avaliação ambiental do ciclo de vida é o de quantificar os potenciais impactos ambientais dos sistemas em estudo, com base na construção de cenários baseados em dados de inventário obtidos no âmbito do projeto ValorNatural. A robustez dos resultados da ACV dependem, em larga escala, dos resultados providenciados pelos parceiros das 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) relativos aos processos/aditivos em estudo. Importa também referir que os estudos de ACV estão profundamente dependentes da disponibilidade de dados de outras fontes, nomeadamente dados de caracterização de impacto ambiental de processos e produtos utilizados na extração/estabilização dos aditivos documentados em bases de dados de impacto ambiental e/ou na literatura. Dependendo da informação disponível os cenários apresentados poderão ser adaptados, alguns proxy's poderão ser assumidos (no sentido de incorporar processos semelhantes), e novas hipóteses elaboradas.

#### 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 ACV, negligência a incorporação de aditivos alimentares nos produtos. Importa, desta forma, o contributo científico do presente estudo para a caracterização ambiental em ciclo de vida 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 micosteróis, 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.*, *Sambucus nigra L.* e *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 produção 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.

A ACV efetuada será realizada segundo os referenciais ISO 14040:2006 e ISO 14044: 2006, utilizando o software SimaPro 9 [9] e o método de cálculo ReCiPe [10]. O ReCiPe é um método de avaliação de impacto de ciclo de vida, comumente utilizado pela comunidade científica, contempla uma longa lista de categorias de impacto ambiental (com a terminologia de “ponto médio”) e um número limitado de categorias de dano (com a terminologia de “ponto final”). Estes, últimos, podem ser agregados de forma a gerar

um indicador único de fácil comunicação, no entanto este valor possui um maior grau de incerteza.

Numa primeira fase, e a par com os requisitos técnicos e viabilidade económica, pretende-se com esta análise demonstrar com resultados concretos, as vantagens reais dos processos de produção de aditivos naturais e respetivos produtos alimentares, suportando do ponto de vista ambiental a aferição da definição técnica dos processos de produção. Metodologicamente, esta análise deverá conduzir aos seguintes pontos:

- Identificação dos pontos fracos e fortes de processo;
- Identificação e quantificação das ineficiências no processo;
- Avaliação de cenários de melhoria;
- Estudos comparativos de soluções;
- Geração de orientações e soluções.

## 5. Referências

- [1] A. Forte, F. Dourado, M. Gama, and E. Ferreira, “Life Cycle Assessment (Cradle-To-Gate) of Bacterial Cellulose Production,” in *2019 The 6th International Conference on Energy and Environment Research – Energy and environment: challenges towards circular economy*, 2019, pp. 343–344.
- [2] P. Pérez-López, S. González-García, R. G. Ulloa, J. Sineiro, G. Feijoo, and M. T. Moreira, “Life cycle assessment of the production of bioactive compounds from *Tetraselmis suecica* at pilot scale,” *J. Clean. Prod.*, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.07.028.
- [3] P. Vauchel *et al.*, “Comparative LCA of ultrasound-assisted extraction of polyphenols from chicory grounds under different operational conditions,” *J. Clean. Prod.*, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.06.042.
- [4] M. Castro-puyana, J. a Mendiola, I. Rodríguez-meizoso, C. Turner, and E. Ibáñez, “Comparative Life Cycle Assessment Study of Green Extraction Processes to Obtain Antioxidants from Rosemary Leaves .,” *J. Supercrit. Fluids*, 2009, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2012.09.005>.
- [5] S. Middlemas, Z. Z. Fang, and P. Fan, “Life cycle assessment comparison of emerging and traditional Titanium dioxide manufacturing processes,” *J. Clean. Prod.*, 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.019.
- [6] G. Rebitzer *et al.*, “Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications,” *Environment International*. 2004, doi: 10.1016/j.envint.2003.11.005.
- [7] G. Wernet, C. Bauer, B. Steubing, J. Reinhard, E. Moreno-Ruiz, and B. Weidema, “The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1087-8.
- [8] D. W. Pennington *et al.*, “Life cycle assessment Part 2: Current impact assessment practice,” *Environment International*. 2004, doi: 10.1016/j.envint.2003.12.009.
- [9] PRe, “SimaPro 7: Database Manual,” *Methods Libr.*, 2008, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [10] M. Huijbregts *et al.*, “ReCiPe 2016,” *Natl. Inst. Public Heal. Environ.*, 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1246-y.
- [11] E. Voet, L. Oers, T. Rydberg, J. Westerdahl, and H. Larsen, “Global Risk-Based Management of Chemical Additives II: Risk-Based Assessment and Management Strategies,” Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012, pp. 7–23.
- [12] P. Fantke *et al.*, *USEtox 2.0 User Manual (v2)*. 2015.
- [13] ILCD, “ILCD Handbook - General guide on LCA - Detailed guidance,” *Constraints*, 2010, doi: 10.2788/38479.

*Cofinanciado por:*



## 6. Anexos

### IV. 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.



Tabela 6 - Lista de inventário (por ingrediente).

**Nome do ingrediente (corante/aroma/bioativo):**
**Fase do Processo de Produção:**

Inputs	Quantidade	Unidade	Notas
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>	
Outputs	Quantidade	Unidade	Notas
Produtos			
A1	1	Kg	Descrição da origem
A2	0,1	kg	Descrição
Emissões:			
Resíduos:			
Custos	Custo (€)	Quantidade/unidade	Notas
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.

## V. 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 delfinidina-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 delfinidina-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:
- 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 7 - 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	
<b>Custos</b>			
	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>			
Extrato corante à base de <i>Sambucus nigra</i> L.	6,05	mg/g extrato	

rico em cianidina-3-O-sambubiósido			
<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	
<b>Outputs</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</b>
<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>curcuminoïdes</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 L.</i> 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 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.
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 8 - 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>Quantidade</b>	<b>Unidade</b>	<b>Notas</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>Notas</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.*