



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

Entregável nº 8.4.5

Versão do Documento: 1

Data de Submissão: 31/08/2020

Responsável: ISQ

Nome do Documento: Relatório de caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural, novos produtos alimentares e novos equipamentos produtivos

Histórico de Revisão

Revisão	Data	Parceiros Envolvidos	Descrição

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

Programas Mobilizadores

Lista de autores

Helena Monteiro

Bruna Moura

Sara Pinto

Sara Campos

José Atilano

Luís Oliveira

Cofinanciado por:



Sumário

O presente Entregável 8.4.8 – Relatório de caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural, novos produtos alimentares e novos equipamentos produtivos tem como objetivo a avaliação da ecoeficiência de diferentes ingredientes naturais produzidos no âmbito do projeto mobilizador ValorNatural®. A análise da ecoeficiência, cuja abordagem metodológica se encontra descrita no Entregável 8.4.5, segue os princípios normativos da ISO 14045:2012. Esta análise permite estimar e comparar os desempenhos ambiental e económico, em simultâneo, entre ingredientes com a mesma funcionalidade. Com base nos resultados dos estudos de Avaliação de Ciclo de Vida e de *Material Flow Cost Accounting*, a relação entre impacte ambiental (através do indicador pegada de carbono, quantificada em kg de CO₂-eq) e custo de produção (€) é apresentada visualmente para 15 extratos, permitindo identificar, por grama de extrato, os extratos alternativos com maior e com menor eficiência de custos por impacte ambiental gerado. Na impossibilidade de identificar indicadores de valor para alguns dos ingredientes, o cálculo do indicador de ecoeficiência foi limitado aos seguintes extratos: extratos corantes à base de: *H. sabdariffa*, *S. nigra* e *G. globosa*; extrato aromático à base de *R. officinalis* desidratado obtido através de extração por fluido supercrítico (SFE) e extratos bioativos: enriquecido em micosteróis, nomeadamente Ergosterol e em Vitamina D₂ (obtido por dois métodos diferentes – irradiação UV antes da EAU (Cenário 1) e irradiação UV depois da EAU, Cenário 2).

De acordo com os resultados para os extratos em questão, obtiveram-se os seguintes indicadores de ecoeficiência (em valor.kg CO₂-eq⁻¹): extratos **corantes** à base de *H. sabdariffa* - 1,93, *S. nigra* - 374 e *G. globosa* - 3,09E+06; extrato **aromático** à base de *R. officinalis* desidratado obtido por SFE - 0,448; extratos **bioativos** enriquecidos em micosteróis, nomeadamente Ergosterol - 0,604, Vitamina D₂ (Cenário 1) - 83,6 e Vitamina D₂ (Cenário 2) - 3,45. De salientar que estes valores são abstratos e não podem ser comparados entre ingredientes com funcionalidades distintas. No entanto, esta informação será útil, como *baseline*, para avaliar as medidas de melhoria para o mesmo ingrediente que se esperam obter até ao final do projeto, assim como o possível dimensionamento de alguns dos processos a uma escala piloto.

Índice

1. Introdução	8
2. Sistema em Análise e Metodologia	9
I. Objetivo e Âmbito em Estudo	10
II. Avaliação Ambiental.....	12
III. Avaliação de Valor do Sistema de Produto	13
3. Análise e Discussão de Resultados	14
i. Avaliação Económica e Ambiental	14
ii. Avaliação da ecoeficiência	16
4. Conclusão	18
5. Referências	20

Identificação

Entregável	8.4.8, Relatório de caracterização da ecoeficiência dos novos aditivos alimentares de origem natural, novos produtos alimentares e novos equipamentos produtivos
Tipo de entregável	Relatório
Nível de disseminação	Confidencial
PPS	PPS8 – Disseminação de informação e exploração de resultados

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Ingredientes analisados nos estudos ambiental e económico	11
Tabela 2 - Resultados das análises ambiental e económica para os aditivos em estudo; os valores são apresentados por UF (1 g de extrato obtida)	12
Tabela 3 - Indicadores de valor selecionados.....	13
Tabela 4 - Dados quantitativos utilizados para determinação do valor do produto e respetivos resultados.....	14
Tabela 5 - Valores de ecoeficiência dos processos extrativos dos produtos em análise	17

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação gráfica do custo em função da pegada de carbono para os aditivos em estudo por grama de extrato	15
Figura 2 - Representação gráfica do custo e do impacte ambiental por grama de extrato	15

1. Introdução

A crescente associação de efeitos negativos ao consumo de alimentos com aditivos artificiais propulsionou a procura de novos aditivos alimentares de origem natural, tanto pela indústria alimentar como por parte dos consumidores. Os aditivos sintéticos conduzem a efeitos negativos, quer para o ser humano, quer para o meio ambiente. Neste enquadramento, é importante o desenvolvimento de aditivos com base em produtos naturais, menos nocivos para a saúde e para o ambiente, sendo por isso essencial assegurar que a produção dos novos ingredientes naturais seja competitivamente mais sustentável.

A ecoeficiência é um conceito inovador que visa traduzir a relação entre o benefício económico de determinada atividade ou processo de produção e os impactos ambientais que lhe estejam associados, estando diretamente relacionada com o desenvolvimento sustentável. É um complemento fundamental para a gestão equilibrada dos recursos naturais na medida em que permite a quantificação, através de indicadores de ecoeficiência, dos valores económicos e ambientais envolvidos em determinada atividade. Esta permite estudar alternativas economicamente rentáveis que simultaneamente reduzam o consumo dos recursos. A avaliação da ecoeficiência da produção de aditivos alimentares não é uma prática comum e encontra-se ainda numa fase inicial, nomeadamente no que diz respeito aos aditivos desenvolvidos neste projeto.

O presente estudo tem como objetivo a avaliação da ecoeficiência dos processos de extração dos aditivos alimentares, com maior potencial e estado de desenvolvimento, avaliados no âmbito do projeto ValorNatural®. Este entregável (E8.4.8) estrutura-se da seguinte forma:

Sistema em Análise e Metodologia: Descreve-se, de uma forma sumária a metodologia da análise da ecoeficiência, os objetivos e o âmbito do estudo. Posteriormente, apresentam-se os resultados da avaliação ambiental e de valor.

Análise e Discussão dos Resultados: Apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos na análise da ecoeficiência.

Conclusão: Enumeram-se as principais conclusões quanto ao objetivo e âmbito do estudo de ecoeficiência.

2. Sistema em Análise e Metodologia

No presente entregável, a metodologia de análise da ecoeficiência realizou-se segundo a norma internacional ISO 14045:2012 [1], como referido no entregável 8.4.5. Segundo esta norma, a ecoeficiência é uma ferramenta de gestão quantitativa que avalia os impactos ambientais do ciclo de vida de um sistema de produtos, juntamente com o valor desse mesmo sistema. Assim, a ecoeficiência engloba o ciclo de vida do produto ou serviço que deve ser quantificado pela metodologia de avaliação de ciclo de vida (ACV) seguindo os normativos da ISO 14040 e ISO 14044 [1]. Os principais objetivos desta metodologia são: o estabelecimento de uma terminologia e de uma estrutura metodológica comum para a avaliação da ecoeficiência; permitir o uso prático da avaliação da ecoeficiência para uma vasta gama de sistemas de produto (incluindo serviços); fornecer uma orientação clara para a interpretação dos resultados da avaliação da ecoeficiência; encorajar uma comunicação transparente, precisa e informativa dos resultados da avaliação da ecoeficiência.

A avaliação de ecoeficiência segundo a norma ISO 14045 compreende 5 etapas interativas entre si:

- 1. Objetivo e âmbito:** Identifica-se o intuito da avaliação de ecoeficiência e descreve-se o sistema em estudo quanto a decisões críticas. Define-se a unidade funcional, que consiste numa medida de referência quantificável para avaliar a ecoeficiência do sistema em estudo. Esta unidade de referência permite uma comparação da avaliação de ecoeficiência entre sistemas alternativos. Nesta fase são também definidas as fronteiras do sistema que devem estar em consonância com o objetivo do estudo e devem ser as mesmas para o estudo componente ambiental (ACV) e da componente do valor do sistema de produto.
- 2. Avaliação ambiental:** Refere-se à ACV, onde são identificados os processos unitários em estudo, critérios de *cut-off*, alocações efetuadas, categorias de impacto em estudo, método de cálculo utilizado e as exclusões efetuadas na avaliação ambiental que se repercutem no estudo da avaliação da ecoeficiência.

3. **Avaliação de valor do sistema de produto:** Nesta etapa identifica-se e descreve-se o tipo e método utilizado para a quantificação do valor do sistema de produto.
4. **Quantificação da ecoeficiência:** Determinação de indicador de ecoeficiência obtido através do rácio entre o valor do sistema ou produto e o seu impacte ambiental (com base nos resultados da ACV). O objetivo do rácio de ecoeficiência é o de incrementar o valor do sistema/produto por impacte ambiental unitário, aumentando o valor e/ou reduzindo o impacte ambiental.
5. **Interpretação:** Na fase de interpretação os resultados obtidos (em cada fase) são analisados perante as hipóteses delineadas.

I. Objetivo e Âmbito em Estudo

O principal objetivo deste estudo é a avaliação da ecoeficiência dos diferentes métodos de extração dos vários ingredientes naturais (Tabela 1) desenvolvidos no âmbito do projeto ValorNatural® à escala laboratorial, para a sua aplicação na indústria alimentar.

Os produtos em estudo são aditivos naturais, nomeadamente corantes, aromas e bioativos previamente selecionados pelos parceiros do projeto como tendo maior potencial de incorporação na indústria alimentar e estudados pelas abordagens metodológicas ACV e MFCA.

Para a realização do presente estudo, foram definidas as fronteiras dos sistemas em estudo e a unidade funcional (UF), sendo esta 1 g de extrato em concordância com as fronteiras dos estudos de ACV e MFCA apresentadas nos entregáveis 8.4.6 e 8.4.7. Considerou-se uma abordagem *gate-to-gate*, onde se inclui todos os impactes obtidos desde a chegada da matéria-prima ao laboratório até à obtenção do aditivo alimentar. Assim, ficam excluídas da análise todas as etapas relativas à produção agrícola e/ou obtenção das matérias-primas e as fases de incorporação dos ingredientes em outros produtos alimentares por serem etapas que apresentam uma elevada incerteza.

Até à data não foi possível elaborar a análise da produção de aditivos à escala piloto, com base nas tecnologias de extração em desenvolvimento (PPS6), dado o estado de desenvolvimento dessas tecnologias ter sofrido atrasos ao longo do projeto devido à

situação pandémica Covid-19. O processo de recolha de inventário e modelação de ACV, MFCa e análise de ecoeficiência é moroso pelo que não foi possível ainda compilar dados de inventário. Dependendo do desenvolvimento do PPS6, poderão vir a ser analisados alguns cenários mais promissores, se a recolha de inventário junto dos parceiros do PPS6 for possível de ser concluída em tempo útil.

Com base nos resultados dos estudos de Avaliação de Ciclo de Vida e de *Material Flow Cost Accounting*, a relação entre custo de produção (€) e impacte ambiental gerado (através do indicador pegada de carbono, quantificada em kg de CO₂-eq) é apresentada visualmente para 15 extratos (identificados na Tabela 1).

Tabela 1 - Ingredientes analisados nos estudos ambiental e económico

Aditivo	Produto	Abreviatura
Corantes Naturais	Extrato de corante à base de <i>Hibiscus Sabdariffa</i> L. (<i>H. sabdariffa</i>)	<i>H. sabdariffa</i>
	Extrato corante à base de <i>Sambucus Nigra</i> L. (<i>S. nigra</i>)	<i>S. nigra</i>
	Extrato corante à base de <i>Gomphrena Globosa</i> L. (<i>G. globosa</i>)	<i>G. globosa</i>
	Extrato corante à base de <i>Bixa Orellana</i> L. (<i>B. orellana</i>)	<i>B. orellana</i>
	Extrato corante à base de <i>Curcuma Longa</i> L. (<i>C. longa</i>)	<i>C. longa</i>
	Extrato corante à base de <i>Curcuma Longa</i> L. (<i>C. longa</i>) encapsulado	<i>C. longa</i> encapsulado
Aromas Naturais	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) fresca - por extração com fluido supercrítico – Cenário A	<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário A)
	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) desidratada - obtido por extração com fluido supercrítico – Cenário A	<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário A)
	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) fresca – obtido por hidrodestilação e liofilização do hidrolato – Cenário B	<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário B)
	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) desidratada – obtido por hidrodestilação e liofilização do hidrolato – Cenário B	<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário B)
	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) fresca – obtido por hidrodestilação – Cenário C	<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário C)
	Extrato aromático à base de <i>Rosmarinus Officinallis</i> L. (<i>R. officinalis</i>) desidratada – obtido por hidrodestilação – Cenário C	<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário C)
Bioativos Naturais	Extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente Ergosterol	Ergosterol
	Extrato enriquecido em Vitamina D ₂ (com irradiação UV no início do processo extrativo) – Cenário 1	Vitamina D ₂ (Cenário 1)
	Extrato enriquecido em Vitamina D ₂ (com irradiação UV no fim do processo extrativo) – Cenário 2	Vitamina D ₂ (Cenário 2)

Na impossibilidade de selecionar e quantificar critérios de valor para alguns dos aditivos alimentares, o cálculo do indicador de ecoeficiência foi efetuado apenas para os seguintes aditivos:

- *H. sabdariffa*;
- *S. nigra*;
- *G. globosa*;
- *R. officinalis* desidratado (Cenário A);
- Ergosterol;
- Vitamina D2 (Cenário 1);
- Vitamina D2 (Cenário 2).

II. Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental dos processos extrativos dos produtos selecionados foi realizada de acordo com as normas internacionais ISO 14040 [2] e ISO 14044 [3]. Os resultados encontram-se disponíveis na íntegra no Entregável 8.4.6 – *Avaliação ambiental de ciclo de vida*.

Para a quantificação do indicador de impacte ambiental a utilizar no rácio de ecoeficiência, optou-se por utilizar a categoria de impacte: Aquecimento Global (GW), medida em CO₂ equivalente e comumente conhecida por Pegada de Carbono. Posto isto, os resultados obtidos para os diferentes ingredientes em estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises ambiental e económica para os aditivos em estudo; os valores são apresentados por UF (1 g de extrato obtida)

Produto (extrato à base de)	GW [kg de CO₂- eq/ g de extrato]	Custo [€/g de extrato]
<i>H. sabdariffa</i>	7,987	3,14
<i>S. nigra</i>	0,0257	0,39
<i>G. globosa</i>	13,61	5,95
<i>B. orellana</i>	233,8	81,16
<i>C. longa</i>	122,1	41,62
<i>C. longa</i> encapsulado	0,6850	3,56
<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário A)	15,14	12,13
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário A)	20,02	22,14
<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário B)	557,5	197,69
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário B)	266,7	120,83
<i>R. officinalis</i> fresco (Cenário C)	18,44	15,48
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário C)	8,433	33,69
Ergosterol	1,668	1,24
Vitamina D2 (Cenário 1)	2,788	1,97
Vitamina D2 (Cenário 2)	16,56	8,03

III. Avaliação de Valor do Sistema de Produto

A avaliação económica dos processos de obtenção dos aditivos em estudo foi realizada segundo a metodologia de *Material Flow Cost Accounting* (MFCA), de acordo com a norma ISO 14051 [4]. A descrição das etapas da avaliação económica, assim como os resultados obtidos (Tabela 2), encontram-se presentes no Entregável 8.4.7 – *Avaliação do custo de ciclo de vida*.

De modo a determinar o valor associado ao produto, recolheu-se, junto dos parceiros, informação acerca de qual seria o indicador de valor mais conveniente na avaliação de cada aditivo alimentar. De uma forma sumária, na Tabela 3 podem ser consultados os indicadores de valor para os respetivos produtos em estudo na presente análise da ecoeficiência.

Posteriormente, quer os impactes ambientais, quer os resultados da análise económica foram normalizados para os valores de massa indicados na Tabela 3.

O valor dos diferentes ingredientes foi determinado, tendo em conta todos os dados quantitativos disponíveis na Tabela 4, através do rácio indicado na Equação 1.

$$\text{Valor do produto} = \frac{\text{Indicador de valor}}{\text{Custo [€]}} \quad (1)$$

Tabela 3 - Indicadores de valor selecionados

Produto	Indicador de Valor	Massa [g]
<i>H. sabdariffa</i>	Quantidade necessária para colorir 10 g de pasta de açúcar	0,454
<i>S. nigra</i>	Quantidade necessária para colorir 10 g de pasta de açúcar	1,632
<i>G. globosa</i>	Quantidade necessária para colorir 10 g de pasta de açúcar	2,00E-04
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário A)	Quantidade necessária para aromatizar 100 g de pão	0,710
Ergosterol	Quantidade a introduzir em 500 g de queijo curado/requeijão	20,0
Vitamina D2 (Cenário 1)	Quantidade de extrato (sem encapsulação) a introduzir num pão – Dose diária de 5 µg de Vit D ₂ + 40%	0,047
Vitamina D2 (Cenário 2)	Quantidade de extrato (sem encapsulação) a introduzir num pão – Dose diária de 5 µg de Vit D ₂ + 40%	0,047

Tabela 4 - Dados quantitativos utilizados para determinação do valor do produto e respetivos resultados

Produto	Custo [€]	Indicador de valor	Valor do Produto
<i>H. sabdariffa</i>	1,43	10	7,015
<i>S. nigra</i>	0,64	10	15,71
<i>G. globosa</i>	0,001	10	8 403
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário A)	15,7	100	6,362
Ergosterol	24,8	500	20,16
Vitamina D ₂ (Cenário 1)	0,092	1	10,88
Vitamina D ₂ (Cenário 2)	0,375	1	2,669

3. Análise e Discussão de Resultados

i. Avaliação Económica e Ambiental

Numa primeira abordagem, foram analisados os desempenhos económico e ambiental (em termos de pegada de carbono – aquecimento global, GW) dos 15 extratos, estudados segundo a ACV e a MFCA. De modo a permitir uma análise simples dos mesmos, encontram-se representados na Figura 1 os custos de cada processo extrativo em função dos impactes ambientais gerados por grama de extrato obtido. Adicionalmente, de forma a possibilitar uma análise mais detalhada, a Figura 2 apresenta os resultados económicos e ambientais dos mesmos ingredientes acima referidos através de um gráfico radar, sendo que os vértices representam os ingredientes obtidos a partir dos diferentes métodos extrativos. De notar que, para uma leitura mais clara, as figuras encontram-se adaptadas a uma escala logarítmica de base 10. Visualmente, os cenários de melhoria de ecoeficiência são aqueles que, para o mesmo extrato, têm menor distância ao eixo (x,y, na Figura 1) traduzindo-se numa redução de custos e/ou de impactes, e no aumento da eficiência de custos (valor) por impacte gerado.

Relativamente aos extratos corantes naturais, verifica-se que o extrato corante à base de *S. nigra* apresenta uma melhor relação custo vs. impacte ambiental, quando comparado com os restantes corantes em análise. Por sua vez, o extrato à base de *B. orellana* é o corante que apresenta menor eficiência de custos por impacto ambiental. Relativamente aos extratos corantes à base de *C. longa*, conclui-se que a relação custo vs. impacte ambiental é mais atrativa para o processo de obtenção do extrato encapsulado do que a do extrato obtido sem encapsulação.

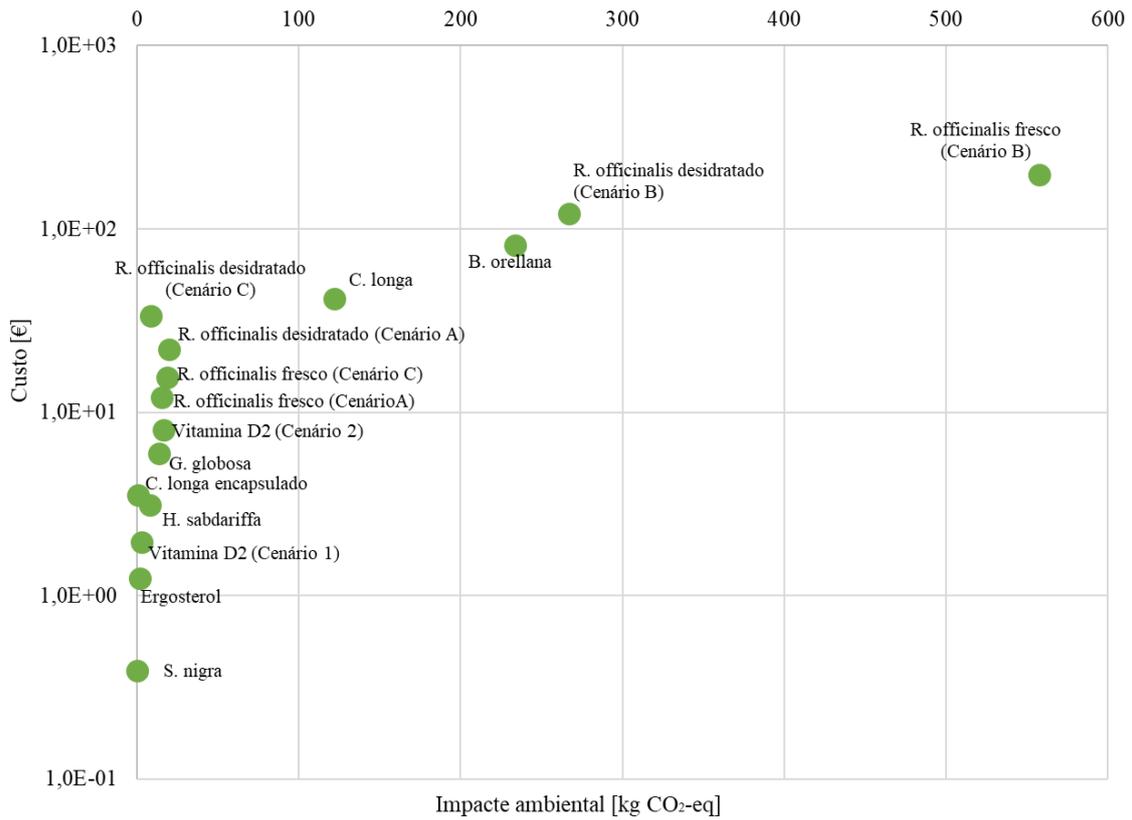


Figura 1 - Representação gráfica do custo em função da pegada de carbono para os aditivos em estudo por grama de extrato

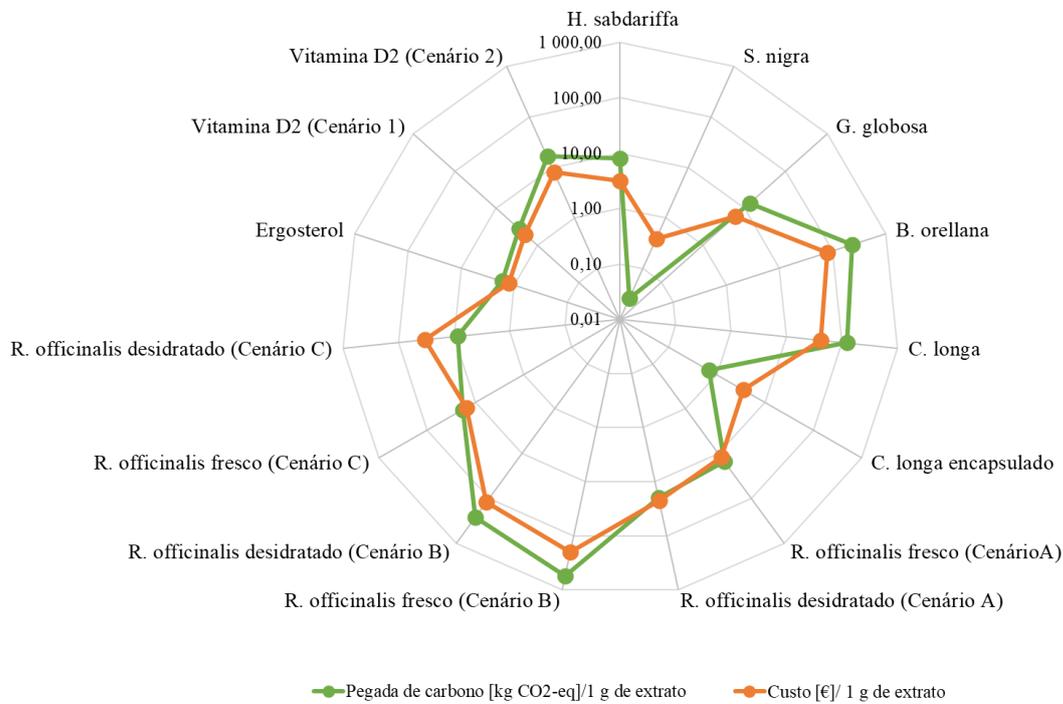


Figura 2 - Representação gráfica do custo e do impacte ambiental por grama de extrato

Atendendo aos resultados obtidos para os extratos aromáticos, conclui-se que o extrato aromático obtido através *R. officinalis* fresco por extração com fluido supercrítico (Cenário A) é o ingrediente que apresenta resultados de desempenho ambiental e económico mais atrativos, seguido do extrato de *R. officinalis* fresco obtido por hidrodestilação sem aproveitamento do hidrolato (Cenário C). Adicionalmente, observa-se que os extratos obtidos através da hidrodestilação com liofilização do hidrolato (Cenário B) são os extratos que apresentam pior desempenho, quer ambiental, quer económico, quando comparado com os extratos à base de *R. officinalis* obtidos por hidrodestilação sem aproveitamento do hidrolato (Cenário C). Este facto pode ser explicado devido ao processo de liofilização ter um grande consumo energético para a quantidade ínfima de óleo essencial que se consegue aproveitar do hidrolato, tendo consequentemente, maiores impactes e custos associados. De notar que, para o Cenário C, do ponto de vista ambiental, o extrato aromático à base de *R. officinalis* desidratado, apresenta uma pegada de carbono inferior ao extrato à base da mesma planta fresca. Contudo, o mesmo não se verifica nos resultados obtidos na análise económica devido ao elevado custo da amostra da planta desidratada.

Em relação aos bioativos naturais, o extrato enriquecido em Vitamina D₂ obtido a partir do método de irradiação UV antes do processo de EAU (Cenário 1) é o que apresenta melhor relação custo/impacte ambiental, quando comparado com o extrato obtido através do método de produção com a irradiação UV depois da EAU (Cenário 2).

ii. Avaliação da ecoeficiência

Através dos resultados obtidos nas etapas de avaliação ambiental e avaliação de valor do sistema de produto, determinou-se o respetivo indicador da ecoeficiência (Tabela 5) de acordo com a Equação 2. Este valor pode ser maximizado diminuindo o custo de produção dos vários ingredientes, e os seus impactes ambientais. Deste modo, um produto é mais ecoeficiente quanto maior for o seu indicador de ecoeficiência. De notar que, como nem todos os ingredientes apresentam a mesma funcionalidade, ou indicador de valor, estes não podem ser todos comparados entre si.

$$\text{Ecoeficiência [valor. kg de CO}_2\text{eq}^{-1}] = \frac{\text{Valor do Sistema de Produto}}{\text{Impacte Ambiental (Pegada de Carbono)}} \quad (2)$$

Tabela 5 - Valores de ecoeficiência dos processos extrativos dos produtos em análise

Produto	Ecoeficiência [valor.kg de CO₂-eq⁻¹]
<i>H. sabdariffa</i>	1,93
<i>S. nigra</i>	374
<i>G. globosa</i>	3,09E+06
<i>R. officinalis</i> desidratado (Cenário A)	0,448
Ergosterol	0,604
Vitamina D ₂ (Cenário 1)	83,6
Vitamina D ₂ (Cenário 2)	3,45

Apesar dos tons dos corantes serem diferentes, como o indicador de valor para três deles é igual (rendimento de cada extrato corante para colorir a 10 g de pasta de açúcar), considerou-se que os indicadores de ecoeficiência desses corantes podem ser comparados. Assim, da análise comparativa dos corantes naturais, verifica-se que o extrato corante à base de *G. Globosa* é mais ecoeficiente em relação aos extratos corantes provenientes das amostras *H. Sabdariffa* e de *S. Nigra*. Apesar de ter menor eficiência de custo por impacto ambiental, por grama de extrato (Figura 1), o extrato à base de *G. Globosa* tem um rendimento maior e, por isso, apresenta-se como uma solução mais ecoeficiente. Este resultado evidencia a importância da definição dos indicadores de valor para cada ingrediente nos estudos de ecoeficiência.

No que diz respeito aos diferentes métodos de produção do extrato enriquecido em Vitamina D₂, pode-se verificar que o Cenário 1 é o método mais ecoeficiente. Uma das razões para o Cenário 1 ser mais atrativo em relação ao Cenário 2 é o consumo de energia. Isto é, para obter os mesmos resultados de indicador de valor, é necessário o consumo de uma maior quantidade de eletricidade por parte do Cenário 2 do que através do Cenário 1. Quanto maior o consumo energético, maior é o seu impacto ambiental e maior o seu custo de produção, o que leva a valores de ecoeficiência mais baixos.

4. Conclusão

No presente estudo da ecoeficiência, foram avaliados os desempenhos ambiental e económico do processo de obtenção de diferentes aditivos naturais (corantes, aromas e bioativos), à escala laboratorial. Devido à ausência de dados em relação a alguns dos ingredientes, a análise da ecoeficiência foi realizada apenas para alguns deles: Extrato corante à base de *H. sabdariffa*; Extrato corante à base de *S. nigra*; Extrato corante à base de *G. globosa*; Extrato aromático à base de *R. officinalis* desidratado obtido por extração por fluido supercrítico (SFE); Extrato enriquecido em micosteróis, nomeadamente Ergosterol; Extrato enriquecido em Vitamina D₂ (Cenário 1) e Extrato enriquecido em Vitamina D₂ (Cenário 2).

Comparando os processos de obtenção de 1 g de extrato (UF) para os três ingredientes corantes- mencionados anteriormente, pode-se concluir que o extrato à base de *S. nigra* é o extrato que apresenta uma relação custo vs. impacte ambiental mais atrativa. Por outro lado, o extrato à base de *G. Globosa* é o aditivo que apresenta uma menor eficiência de custo por impacte ambiental. Contudo, como tem um rendimento maior, este ingrediente apresenta-se como uma solução mais ecoeficiente. Este resultado evidencia a importância da definição dos indicadores de valor para cada ingrediente, nos estudos de ecoeficiência.

Relativamente aos extratos aromáticos, verifica-se que o extrato à base de *R. officinalis* fresca obtido por extração com fluido supercrítico (Cenário A) apresenta melhor relação custo vs. impacte ambiental por UF. Todavia, os ingredientes obtidos por hidrodestilação com liofilização do hidrolato (Cenário B) são os extratos que revelam piores desempenhos, ambiental e económico, devido ao elevado consumo energético por parte do equipamento utilizado na liofilização. De um ponto de vista ambiental, o extrato aromático à base de *R. officinalis* desidratada obtido através de hidrodestilação sem aproveitamento do hidrolato (Cenário C), apresenta um melhor desempenho ambiental quando comparado com o extrato à base da mesma planta fresca por 1 g de extrato obtida. De um ponto de vista económico, o mesmo não se verifica, uma vez que a amostra de *R. officinalis* desidratada apresenta um custo mais elevado, quando comparado com a amostra fresca.

Por fim, o extrato enriquecido em Vitamina D₂ obtido através do processo que realiza a irradiação UV antes da extração assistida por ultrassons (Cenário 1) é mais ecoeficiente do que método extrativo que considera a irradiação depois da extração assistida por ultrassons (Cenário 2).

No próximo entregável, espera-se identificar medidas de melhoria da ecoeficiência e compará-las com os resultados presentes neste entregável. É expectável que a otimização da capacidade de processos unitários, como a liofilização, melhore o desempenho económico e ambiental de todo o processo, uma vez que se trata de um procedimento com bastante impacto e, conseqüentemente, custos energéticos, podendo alterar algumas das conclusões apresentadas. Até ao final do projeto, é expectável que sejam descritos novos processos, nomeadamente a uma escala piloto, onde se possa comparar a ecoeficiência e soluções de melhoria.

5. Referências

- [1] ISO, “ISO 14045 Environmental management - Eco-efficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines,” 2012.
- [2] ISO, “ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework.” 2006.
- [3] ISO, “ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines.” 2010.
- [4] ISO, “ISO 14051 Environmental Management - Material Flow Cost Accounting - General Framework,” 2011.