

**AVALIAÇÃO DE ECOEFICIÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO  
DE UMA ORGANIZAÇÃO VITIVINÍCOLA.  
O CASO DA SOCIEDADE AGRÍCOLA E COMERCIAL DO VAROSA, S.A. (MURGANHEIRA)  
Eco-efficiency Assessment of a Sparkling Wine Production Process.  
The Case of Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A. (Murganheira)**

JOÃO CARDOSO <sup>(1)</sup>, MARTA RODRIGUES LOURENÇO <sup>(2)</sup> e RODRIGO MAIA <sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Mestre em Engenharia Ambiente, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, ega12058@fe.up.pt

<sup>(2)</sup> Engenheira Alimentar, Enóloga, Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A.,  
Lugar Abadia Velha, Ucanha, Viseu, marta.l@murganheira.com

<sup>(3)</sup> Professor Associado, FEUP,  
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, rmaia@fe.up.pt

## Resumo

De forma a avaliar a ecoeficiência do processo produtivo da Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A. (Murganheira), procedeu-se a uma Avaliação de Ciclo de Vida, determinando um valor económico representativo do sistema, tal como definido na ISO 14045.

Foi definida uma abordagem *cradle-to-gate*, estudando 4 fases do sistema produtivo: Viticultura, Produção de Vinho, Engarrafamento e Embalagem e Distribuição. Foi definida a unidade funcional (UF) de 0,75 litros de vinho produzido, utilizada a metodologia CML-IA, e considerando as atividades de *Foreground* e de *Background* do sistema produtivo.

Com base nos resultados da avaliação do sistema produtivo do ano de 2014, concluiu-se que a utilização de fertilizantes e de produtos fitossanitários (Viticultura), e a produção de garrafas (Engarrafamento e Embalagem) são os fatores que mais contribuem para os impactos obtidos nos resultados do sistema.

Reproduziu-se a avaliação para o ano de 2012 e testaram-se outras variações no sistema produtivo do ano de 2014, concluindo-se que a diminuição de aplicação de fertilizantes e da quantidade de vidro das garrafas e também a geração própria de eletricidade contribuem para melhoria da ecoeficiência do processo.

**Palavras-chave:** Ecoeficiência, ciclo de vida, espumante, fertilizante, garrafa de vidro

## Abstract

In order to evaluate the eco-efficiency of the production system of the Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A. (Murganheira) a Life Cycle Assessment was performed determining an economic value, as presented in ISO14045.

A *cradle-to-gate* approach was defined, and 4 phases of the system were studied: Viticulture, Wine Production, Bottling and Packaging and Distribution. A functional unit of 0,75L of produced wine was defined and the CML-IA methodology was used taking into account *Foreground* and *Background* activities.

Based on the results of the 2014 production process evaluation, it was possible to conclude that the utilization of fertilizers and phytosanitary products (Viticulture) and the glass bottle production (Bottling and Packaging) are the main contributors to the impact results of the system.

A similar analysis was performed for the 2012 production year, and some different variations of the 2014 production process were also tested, allowing to conclude that decrease of fertilizers use and of bottles weight, along with own electricity production can be eco-efficiency improving measures.

**Keywords:** Eco-efficiency, life cycle, sparkling wine, fertilizers, glass bottle.

## 1. Introdução

A crescente preocupação ambiental global tem vindo a obrigar à realização de estudos de avaliação de ciclo de vida (ACV) e de avaliação da ecoeficiência, que permitem quantificar consumos e emissões durante o ciclo de vida de um produto ou sistema e estimar os diferentes impactos ambientais associados (Point *et al.*, 2012).

A agricultura tem sido apontada como um dos setores ambientalmente mais preocupantes, contribuindo para o declínio de fontes de energia, poluição de solo e água, e como tal uma das principais causas para emissões de gases de efeito de estufa (Pizzigallo *et al.*, 2008; Fusi *et al.*, 2014). Nesse setor, a produção de vinho é um dos mais importantes contribuintes para o peso dos impactos ambientais (CE, 2013).

De acordo com a consulta bibliográfica realizada, verificou-se que existem vários estudos de avaliação de ciclo de vida em empresas do setor vitivinícola a nível mundial; no entanto, nenhum dos estudos identificados relaciona a componente ambiental com a componente económica, estabelecendo uma avaliação da ecoeficiência dos processos produtivos das empresas. Igualmente, nenhum dos estudos aborda a produção de vinho espumante, sendo que o presente trabalho se propõe contribuir para suprir essas lacunas identificadas.

Embora os estudos identificados não relacionem os resultados ambientais obtidos com uma componente económica, são, ainda assim, de potencial interesse para análise e comparação no âmbito do presente estudo.

Em alguns desses trabalhos foram efetuadas avaliações de ciclo de vida numa abordagem *cradle-to-grave* (Point *et al.*, 2012; Amienyo *et al.*, 2014; Fusi *et al.*, 2014; Pizzigallo *et al.*, 2008), embora este último não incluía a distribuição do produto final. Outros estudos analisados efetuaram uma abordagem *cradle-to-gate* (Neto *et al.*, 2013; Ardente *et al.*, 2006; Benedetto, 2013; Vázques-Rowe *et al.*, 2012). Também Villanueva-Rey *et al.* (2013) executam uma avaliação de ciclo de vida para comparar diferentes atividades da fase da viticultura.

Analisando os resultados dos estudos acima mencionados, é possível verificar que são frequentemente apontadas as fases de viticultura e de engarrafamento e embalagem, especialmente a atividade de produção de garrafas, como as com maior contributo para os resultados de impacto ambiental obtidos.

Nesse sentido, foi efetuada uma avaliação de ecoeficiência do processo produtivo da empresa Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A. (Murganheira). Esta empresa portuguesa, fundada em 1947, dedica-se à produção de vinhos espumantes de elevada qualidade, através do método tradicional (*champenoise*). No âmbito do estudo, foi recolhida informação diretamente da empresa, com o objetivo de efetuar a avaliação de ecoeficiência do processo produtivo, considerando diferentes fases do processo, da viticultura à distribuição.

Foram analisadas não apenas atividades de *Foreground*, ou seja atividades desempenhadas diretamente pela empresa, como atividades de *Background*, atividades desempenhadas por outras empresas, que permitem a obtenção de bens e recursos, utilizados pela empresa em estudo, e que podem ter uma influência muito significativa nos resultados de ecoeficiência obtidos (Neto *et al.*, 2013; Point *et al.*, 2012; Amienyo *et al.*, 2014). Assim, foi possível apresentar resultados para as várias categorias de impacto para diferentes atividades pertencentes às fases do processo produtivo da empresa.

## 2. Métodos

O estudo baseou-se nas definições da International Organization for Standardization (ISO) para a avaliação de ecoeficiência, ISO14045, que determina a utilização da avaliação de ciclo de vida para o estudo do comportamento ambiental do processo produtivo (ISO, 2012).

Esta definição determina a avaliação de ecoeficiência como um rácio entre as componentes ambiental e económica, que pode ser considerado como apresentado na seguinte equação ou como o seu inverso.

$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{Influência ambiental (Componente ambiental)}}{\text{Valor do produto ou serviço (Componente económica)}} \quad [1]$$

De acordo com a definição adotada nesta equação, os melhores resultados de ecoeficiência correspondem a rácios de cálculo próximos de zero (Pereira, 2009).

O estudo ambiental é definido pela ISO14040 e pela ISO14044 que apresentam o enquadramento para o desenvolvimento da avaliação de ciclo de vida (ILCD, 2012).

Estas normas definem a estrutura de trabalho que foi seguida para o presente estudo: objetivo e âmbito, inventário, avaliação de impacto e interpretação e discussão de resultados (ISO, 2008; ISO, 2010).

Além do estudo ambiental, foi considerado o estudo de indicadores económicos que permitam obter resultados de ecoeficiência.

### 2.1. Definição de objetivo e âmbito

Para o desenvolvimento do estudo em causa foi primeiramente apontado o objetivo de avaliar o ano produtivo de 2014.

Para comparação e enquadramento dos resultados, propôs-se a repetição do estudo para o ano produtivo de 2012, também apresentado neste trabalho, no qual a utilização de fertilizantes sintéticos foi significativamente inferior a 2014.

Propôs-se igualmente efetuar uma avaliação da influência da introdução de produção de eletricidade por painéis solares e de alterações na quantidade de vidro utilizada na produção de garrafas.

No âmbito do estudo foi definida uma unidade funcional de 0,75L de vinho produzido. Foi igualmente definida a avaliação numa perspetiva *cradle-to-gate*, considerando 4 fases do processo (Figura 1), cujas atividades do ciclo de vida avaliadas no âmbito do trabalho foram:

- Viticultura – produção e combustão de diesel, e produção, transporte e aplicação de fertilizantes sintéticos e de produtos fitossanitários;
- Produção de Vinho – produção de eletricidade, produção e transporte de produtos enológicos e de limpeza, descargas de efluentes da adega e emissões gasosas decorrentes do processo de fermentação;
- Engarrafamento e Embalagem – produção e transporte de garrafas de vidro, rolhas de cortiça, rótulos, muselets e caixas de embalagem;
- Distribuição – transporte global do produto final aos distribuidores grossistas.

Foram excluídas do âmbito do estudo as etapas do processo após distribuição do produto final para o mercado grossista, incluindo as atividades relacionadas com o consumidor, as atividades de fim de vida da garrafa e atividades de manutenção de bens de produção como infraestruturas e equipamento, ou processos administrativos da empresa.

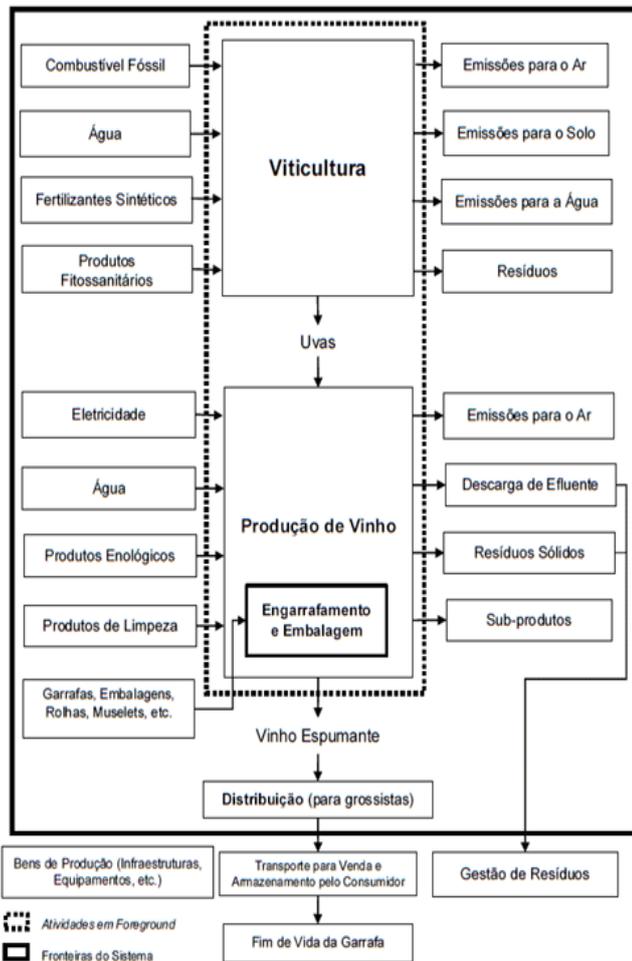


Figura 1. Diagrama das fases e fronteiras do sistema produtivo.

## 2.2. Inventário

A informação necessária foi fornecida pela empresa, tendo incluído os valores de consumo de água, combustível fóssil (diesel), fertilizantes e fitossanitários para a viticultura, eletricidade, produtos enológicos e de limpeza para a produção de vinho e os produtos utilizados no engarrafamento e embalagem.

Foram também recolhidos e tratados os dados com informação relativa ao transporte dos vários produtos utilizados e sobre o transporte do produto final.

Além disso, a informação de inventário relacionada com a saída de elementos do sistema foi calculada através de fatores de emissão recolhidos por consulta bibliográfica, nomeadamente em casos como a combustão de diesel e a aplicação de produtos na vinha.

A informação relativa às atividades de *Background* (por exemplo: produção e transporte de produtos), foi recolhida em bases de dados como Ecoinvent 3 (Ecoinvent, 2015) e ELCD (ELCD, 2014), consultadas através do software SimaPro 8.0 (Apêndice A). De seguida, apresentam-se os dados de inventário das diferentes fases recolhidos para o ano de 2014.

### 2.2.1. Viticultura

A Murganheira possui cerca de 30 hectares de vinha própria, que permitem a produção de menos de 10% das uvas necessárias para a produção de vinho espumante.

As restantes são fornecidas por outros produtores localizados na mesma região, a que corresponde a “Denominação de Origem Controlada Távora-Varosa”.

As suas atividades produtivas são acompanhadas pela empresa, o que permite considerar, para efeitos do estudo, que usam práticas semelhantes às da Murganheira.

Assim, a informação de inventário foi apenas baseada nas atividades desenvolvidas pela Murganheira na sua vinha, considerando os seus respetivos consumos de recursos e emissões associadas, sendo os valores obtidos para esta fase reportados à quantidade de vinho proveniente de uvas de produção própria.

A informação de inventário desta fase é apresentada no Quadro 1 e inclui informação sobre os diferentes recursos, produtos e emissões. No caso dos fertilizantes, apenas foi considerada a utilização de fertilizantes sintéticos e as emissões relacionadas com a aplicação desses fertilizantes foi estimada.

As emissões de azoto foram calculadas através de metodologias seguidas em bibliografia da especialidade, nomeadamente as emissões  $N_2O$ ,  $NH_3$  para o ar e  $NO_3$  para a água foram calculadas de acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006) e as emissões de  $NO$  para o ar por Nemecek & Kagi (2007). As emissões de fósforo para a água, sob a forma de  $P_2O_5$ , foram calculados segundo Dalgaard *et al.* (2006).

Para o cálculo rigoroso das emissões decorrentes da utilização de produtos fitossanitários, seria necessário conhecer um grande número de fatores, nomeadamente quanto à forma de aplicação dos produtos e às características atmosféricas e meteorológicas no momento de aplicação (EMEP/EEA, 2013).

Como não foi possível conhecer todas essas características, foram utilizados fatores de emissão de acordo com trabalhos de Margni *et al.* (2002) e Fusi *et al.* (2014), que definem que 75% das componentes são emitidas para o solo, 10% para a água por escoamento, 10% são emitidos para o ar e 5% retidas pelas plantas.

As emissões para o ar provenientes da utilização de combustíveis fósseis pela maquinaria agrícola foram calculadas de acordo com a metodologia de EMEP/EEA (2013a), considerando a abordagem *Tier 2*.

Informação sobre processos de *Background* como a produção de fertilizantes e de produtos fitossanitários (cobrindo 68,8% em massa) e o seu transporte, produção de combustível fóssil e transporte de uvas foi obtida por consulta de bases de dados (Apêndice A).

Relativamente ao transporte de produtos e uvas, a empresa disponibilizou informação acerca dos meios de transporte e a localização dos fornecedores, permitindo estimar as distâncias entre os mesmos e a empresa.

Para o transporte de uvas entre a vinha e a adega foi considerada a utilização de carrinhas de transporte (3,3t) e para o transporte de produtos utilizados (fertilizantes e fitossanitários) desde os fornecedores, foi considerada a utilização de camião de transporte (16-32t).

Quadro 1. Informação de inventário da Viticultura (2014).

Entradas Viticultura	Unidade	Quantidade/UF			
Água	m <sup>3</sup>	1,86E-03	Diisopropilnaftaleno sulfonato de sódio	kg	5,04E-06
Terrenos Ocupados	m <sup>2</sup>	3,86E+00	Ciclohexanona	kg	1,91E-07
Diesel	kg	8,50E-03	Emissões para a água (devido a produtos fitossanitários)		
Fertilizantes sintéticos			Flufenoxurão	kg	7,63E-06
Fertilizante (NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> )	kg	3,84E-01	Cobre	kg	6,71E-05
Fertilizante (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg	3,21E-02	Cimoxanil	kg	6,71E-06
Fertilizante (K <sub>2</sub> O)	kg	2,09E-02	Folpete	kg	7,16E-05
Produtos Fitossanitários			Metalaxil	kg	1,42E-05
Flufenoxurão	kg	7,63E-05	Penconazol	kg	3,69E-06
Cobre	kg	6,71E-04	Clorpirifós	kg	3,18E-07
Cimoxanil	kg	6,71E-05	Dimetomorfe	kg	2,76E-06
Folpete	kg	7,16E-04	Flazassulfurão	kg	3,18E-07
Metalaxil	kg	1,42E-04	Piraclostrobina	kg	4,45E-07
Penconazol	kg	3,69E-05	Metirame	kg	4,90E-06
Clorpirifós	kg	3,18E-06	Meptildinocape	kg	5,34E-06
Dimetomorfe	kg	2,76E-05	Miclobutanil	kg	1,66E-06
Flazassulfurão	kg	3,18E-06	Quinoxifena	kg	1,66E-06
Piraclostrobina	kg	4,45E-06	Diflufenicão	kg	6,61E-05
Metirame	kg	4,90E-05	Glifosato	kg	6,08E-04
Meptildinocape	kg	5,34E-05	Diisopropilnaftaleno sulfonato de sódio	kg	5,04E-06
Miclobutanil	kg	1,66E-05	Ciclohexanona	kg	1,91E-07
Quinoxifena	kg	1,66E-05	Emissões para o solo (devido a produtos fitossanitários)		
Diflufenicão	kg	6,61E-04	Flufenoxurão	kg	5,72E-05
Glifosato	kg	6,08E-03	Cobre	kg	5,04E-04
Diisopropilnaftaleno sulfonato de sódio	kg	5,04E-05	Cimoxanil	kg	5,04E-05
Ciclohexanona	kg	1,91E-06	Folpete	kg	5,37E-04
<b>Saídas Viticultura</b>	<b>Unidade</b>	<b>Quantidade/UF</b>	Metalaxil	kg	1,07E-04
Uvas	kg	9,98E-01	Penconazol	kg	2,77E-05
Emissões para o ar (devido a fertilizantes sintéticos)			Clorpirifós	kg	2,38E-06
N <sub>2</sub> O	kg	7,72E-03	Dimetomorfe	kg	2,07E-05
NH <sub>3</sub>	kg	4,66E-02	Flazassulfurão	kg	2,38E-06
NO	kg	2,21E-03	Piraclostrobina	kg	3,34E-06
Emissões para a água (devido a fertilizantes sintéticos)			Metirame	kg	3,67E-05
NO <sub>3</sub>	kg	4,08E-01	Meptildinocape	kg	4,01E-05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kg	9,32E-04	Miclobutanil	kg	1,24E-05
Emissões para o ar (devido a produtos fitossanitários)			Quinoxifena	kg	1,24E-05
Flufenoxurão	kg	7,63E-06	Diflufenicão	kg	4,96E-04
Cobre	kg	6,71E-05	Glifosato	kg	4,56E-03
Cimoxanil	kg	6,71E-06	Diisopropilnaftaleno sulfonato de sódio	kg	3,78E-05
Folpete	kg	7,16E-05	Ciclohexanona	kg	1,43E-06
Metalaxil	kg	1,42E-05	Emissões para o ar (devido a combustão de diesel)		
Penconazol	kg	3,69E-06	CH <sub>4</sub>	kg	1,10E-07
Clorpirifós	kg	3,18E-07	CO	kg	5,07E-05
Dimetomorfe	kg	2,76E-06	CO <sub>2</sub>	kg	2,68E-02
Flazassulfurão	kg	3,18E-07	N <sub>2</sub> O	kg	1,18E-06
Piraclostrobina	kg	4,45E-07	NH <sub>3</sub>	kg	6,80E-08
Metirame	kg	4,90E-06	NMVOOC	kg	6,68E-06
Meptildinocape	kg	5,34E-06	NO <sub>x</sub>	kg	1,15E-04
Miclobutanil	kg	1,66E-06	PM <sub>10</sub>	kg	4,94E-06
Quinoxifena	kg	1,66E-06	PM <sub>2,5</sub>	kg	4,94E-06
Diflufenicão	kg	6,61E-05	TSP	kg	4,94E-06
Glifosato	kg	6,08E-04			

### 2.2.2. Produção de vinho

Após a viticultura, da qual são obtidas as uvas, procede-se à vinificação, com a empresa a obter um rácio de 1kg de uvas para produzir 0,75L de vinho, similarmente a outros estudos (e.g. Neto *et al.* (2013); Amienyo *et al.* (2014); Fusi *et al.* (2014)). Apresenta-se no Quadro 2, a informação de inventário sobre a fase de produção de vinho. Relativamente às emissões para o ar, apontam-se principalmente as decorrentes do processo de fermentação, com a emissão de CO<sub>2</sub>, e Compostos Orgânicos Voláteis Não-Metânicos (COVNM).

A emissão de CO<sub>2</sub> foi incluída no inventário mas não foi considerada na avaliação de impacte ambiental, porque é considerado que esta emissão é equilibrada pelo sequestro de carbono que ocorre com o processo de formação da uva na fase de viticultura (Neto *et al.*, 2013; Fusi *et al.*, 2014). A emissão de COVNM foi calculada através de fatores de emissão presentes em EMEP/EEA (2013b). Para a análise de atividades de *Background*, foi consultada informação relativa à produção de eletricidade, e à produção (de cerca de 68,5%, em massa) de produtos utilizados na produção de vinho (enológicos, de limpeza, etc.), através de bases de dados (Apêndice A).

Quadro 2. Informação de inventário da Produção de Vinho (2014).

Entradas Produção de Vinho	Unidade	Quantidade/UF
Água	m <sup>3</sup>	7,34E-04
Terrenos Ocupados	m <sup>2</sup>	1,13E-03
Uvas	kg	9,98E-01
Eletricidade	kWh	2,71E-01
Produtos Enológicos		
Ácido Tartárico	kg	2,45E-05
Fosfato de Diamónio	kg	1,84E-03
Parafina	kg	2,88E-04
Isocianato de Alilo	kg	5,87E-06
Monopropilenoglicol	kg	1,29E-03
Ácido Ascórbico	kg	1,94E-05
Bentonite/Montemorilonita	kg	1,27E-05
Polivinilpirrolidona	kg	5,87E-06
Reticulada (PVPP)		
Goma Arábica	kg	1,17E-05
Enzimas	kg	3,81E-06
Leveduras	kg	1,40E-04
Nutrientes	kg	7,34E-05
Nutrientes (Levedura Inativa)	kg	9,79E-05
Taninos	kg	2,21E-04
Açúcar	kg	9,79E-03
Produtos de Limpeza		
Hidróxido de Sódio	kg	5,30E-03
Hipoclorito de Sódio	kg	9,43E-05
2-Butoxietanol	kg	8,02E-06
Metasilicato de Disódio	kg	2,47E-06
Peróxido de Hidrogénio	kg	1,75E-04
Ácido Peracético	kg	4,10E-05
Hidróxido de Potássio	kg	2,23E-06
Ácido Nítrico	kg	2,26E-05
Ácido Fosfórico	kg	7,52E-06
Álcool (Éter com Polietileno Glicol)	kg	1,47E-05
Ácido Cítrico Monohidratado	kg	1,66E-04
Materiais Filtrantes		
Placas Filtrantes	kg	2,15E-04
Terras Filtrantes	kg	1,31E-03
Produtos Lubrificantes		
Lubrificantes	kg	3,07E-04
Saídas Produção de Vinho	Unidade	Quantidade/UF
Vinho Espumante	L	7,50E-01
Descargas de Efluentes		
Azoto Total	kg	1,08E-05
Fósforo Total	kg	6,20E-06
Sólidos Suspensos Totais	kg	1,09E-05
CQO	kg	3,45E-05
CBO	kg	1,84E-06
Emissões para o ar (devido a fermentação)		
COVNM	kg	4,31E-04
CO <sub>2</sub>	kg	7,35E-02
Sub-produtos		
Bagaço	kg	2,48E-01
Resíduos de Embalagens	kg	1,61E-02

Relativamente ao transporte dos produtos utilizados na produção de vinho, foram estimadas as distâncias entre a empresa e os fornecedores desses produtos e foi considerada a utilização de camiões de transporte (16-32t) para esse efeito.

### 2.2.3. Engarrafamento e embalagem

Esta fase é considerada para uma análise mais apropriada do impacte de atividades como a produção e transporte dos produtos que compõem o produto final além do vinho, tais como rolhas, garrafas, rótulos, muselets e caixas de cartão.

A informação respeitante à massa de cada produto utilizado por unidade funcional foi fornecida pela empresa (Quadro 3), considerando um incremento de 7% decorrente de perdas.

Quadro 3. Informação de inventário de Engarrafamento e Embalagem (2014).

Produtos	Massa (kg)/UF
Garrafa de Vidro	9,42E-01
Rolha de Cortiça	9,63E-03
Papel	1,07E-03
Muselet	5,35E-03
Embalagem de Cartão	9,06E-02

Para o cálculo do impacte da produção dos diferentes produtos foram utilizadas bases de dados (Apêndice A), com exceção da produção de rolhas, para a qual foi utilizado um trabalho de investigação de Rives (2011).

Foi analisado o transporte dos diferentes produtos desde os produtores dos mesmos até à Murganheira, considerando a utilização de camiões de transporte (16-32t).

### 2.2.4. Distribuição

Para a fase de distribuição, estudou-se o transporte do produto final para os diferentes destinos tanto nacionais como internacionais.

As distâncias e meios de transporte desde a empresa até aos distribuidores grossistas foram definidos através de informação fornecida pela empresa.

A informação recolhida e calculada para composição de inventário da fase de distribuição é apresentada no Quadro 4.

Quadro 4. Informação de inventário da Distribuição (2014)

País de Destino	Garrafas	Quant. Total (ton) <sup>1</sup>	Meio de Transporte	Dist. (km)	Quant. Total (tkm/UF)
Portugal	845919	1,52E+03	CT <sup>2</sup>	300 <sup>3</sup>	4,47E-01
França	24	4,32E-02	CT <sup>2</sup>	1537	6,49E-05
Reino Unido	92	1,65E-01	NC <sup>4</sup>	1587	2,57E-04
Luxemburgo	1734	3,12E+00	CT <sup>2</sup>	1920	5,86E-03
Espanha	12	2,16E-02	CT <sup>2</sup>	458	9,68E-06
Alemanha	351	6,31E-01	CT <sup>2</sup>	2582	1,60E-03
Holanda	755	1,36E+00	CT <sup>2</sup>	2035	2,71E-03
Bélgica	31	5,57E-02	CT <sup>2</sup>	1839	1,00E-04
Filipinas	570	1,02E+00	NC <sup>4</sup>	16136	1,62E-02
Timor	480	8,63E-01	NC <sup>4</sup>	16355	1,38E-02
Macau	1890	3,40E+00	NC <sup>4</sup>	16322	5,43E-02
Brasil	1080	1,94E+00	NC <sup>4</sup>	8107	1,54E-02
Rússia	4677	8,41E+00	CT <sup>2</sup>	4362	3,59E-02
Estados Unidos	552	9,93E-01	NC <sup>4</sup>	5955	5,79E-03
Japão	322	5,79E-01	NC <sup>4</sup>	19077	1,08E-02
Hong Kong	24	4,32E-02	NC <sup>4</sup>	16405	6,93E-04
Suíça	990	1,78E+00	CT <sup>2</sup>	1905	3,32E-03

1 Considerando produto final.

2 Camião de Transporte, com capacidade de 16-32 t.

3 Distância estimada.

4 Navio de Carga. Foi acrescido o transporte dos produtos até ao porto mais próximo (a cerca de 145km) por Camião de Transporte (16-32t).

### 2.3. Avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV)

Para a avaliação de impacto de ciclo de vida, que envolveu as etapas obrigatórias de seleção de categorias de impacto, a classificação e caracterização de impactos, foi escolhida a metodologia CML-IA, que permite obter resultados ao nível da meso-escala através da multiplicação dos dados de inventário pelos fatores de caracterização para cada categoria (Guinée *et al.*, 2002; CML, 2015). Esta metodologia foi a escolhida por ser atual, permitir obter resultados de meso-escala e por ser frequentemente utilizada em trabalhos semelhantes de avaliações a produções de vinho (Neto *et al.*, 2013; Amienyo *et al.*, 2014; Fusi *et al.*, 2014; Point *et al.*, 2012).

As categorias selecionadas foram as categorias definidas como de *baseline* na metodologia utilizada: Depleção de Recursos Abióticos - Elementos (DRA E), Depleção de Recursos Abióticos - Combustíveis Fósseis (DRA CF), Aquecimento Global (AG), Depleção de Camada de Ozono (DCO), Toxicidade Humana (TH), Ecotoxicidade Aquática de Água Doce (EAAD), Ecotoxicidade Aquática de Água Marinha (EAAM), Ecotoxicidade Terrestre (ET), Formação de Oxidantes Fotoquímicos (FOF), Acidificação Potencial (AP) e Eutrofização Potencial (EP). Foi adicionada para análise a categoria de Ocupação de Solo (OS), que sendo identificada pela metodologia como *non-baseline*, foi considerada relevante para o estudo em causa, em função das atividades da empresa (Guinée *et al.*, 2002).

Para a obtenção de informação e resultados das atividades de *Background* do processo produtivo, foi utilizado o *software* SimaPro 8.0, permitindo o estudo dessas atividades através da mesma metodologia (CML-IA) que foi aplicada nas atividades de *Foreground* (PRé, 2014).

### 2.4. Valor económico

Além do estudo da componente ambiental, concretizado através da avaliação de ciclo de vida descrita, a avaliação da ecoeficiência definida para o trabalho, compreende a definição de indicadores económicos representativos de um valor imputável ao processo produtivo em causa e das fronteiras e características do estudo (ISO, 2012).

Para este estudo, foi definido o resultado líquido da empresa como indicador económico a utilizar, sendo que, para o ano de 2014, o correspondente valor associado à produção de vinho anual foi de 0,099€ por garrafa de vinho produzido (unidade funcional de 0,75L). Para o ano de 2012, esse valor foi de 0,275€ por garrafa de vinho produzido.

### 2.5. Análise de cenários

Através do estudo efetuado sobre a produção da empresa no ano de 2014, foi possível identificar as fases e atividades com maior contribuição para os resultados do sistema obtidos. No entanto, a avaliação da ecoeficiência ganha uma maior relevância quando se torna possível efetuar comparações entre cenários e variações no processo produtivo da empresa, que permitem a consideração de procedimentos e metodologias alternativas, e identificar as melhores e/ou potenciais opções para a melhoria da ecoeficiência do processo produtivo (BASF, 2004), o que se procurou efetuar no estudo desenvolvido.

#### 2.5.1. Comparação entre dois anos produtivos: 2012 e 2014

Considerou-se o estudo do ano produtivo de 2012 com o objetivo de compreender efeitos nos resultados decorrentes de algumas diferenças interessantes no processo produtivo entre esse ano e o ano de 2014. A principal diferença foi a muito reduzida utilização de fertilizantes sintéticos (3% da quantidade aplicada em 2014), atividade que teve uma influência muito relevante nos resultados da ecoeficiência de 2014. As diferentes quantidades de fertilização nos dois anos estudados enquadram-se nas periodicidades habituais das práticas de fertilização da empresa. Para além da referida diferença, em 2012: a produção de uvas e vinho foi maior; não haviam sido ainda implementados painéis solares (em funcionamento em 2014), e as garrafas de vidro eram ainda (ligeiramente) mais pesadas. Para o estudo de 2012, foram considerados o mesmo âmbito, as fronteiras do sistema e a unidade funcional usados para o estudo do processo produtivo de 2014. Foi efetuado o estudo específico do inventário para este ano, tendo, no entanto, sido aproveitados alguns dados (menos significativos) do estudo de 2014, como a composição e origem dos produtos de embalagem, ou a quantidade de resíduos de vidro produzidos.

#### 2.5.2. Análise da influência da instalação de painéis solares

Para efetuar um estudo mais aprofundado quanto à influência da aplicação de painéis solares, que ocorreu em 2013, procedeu-se à análise do processo produtivo de 2014, simulando a não existência dos painéis e comparando os resultados desse cenário com os resultados da avaliação da situação real já antes efetuada para o ano de 2014.

A aplicação dos painéis provoca alterações nos dois fatores considerados para avaliação da ecoeficiência (através da equação (1)): no valor económico, devido à venda da energia, que influencia o resultado líquido obtido; e na avaliação ambiental, porque a produção de energia pelos painéis solares foi considerada uma energia limpa, reintroduzida na rede energética, considerando-se o benefício desse fornecimento. A produção de energia foi de cerca de 9,9% relativamente à energia consumida pela empresa, nesse ano (2014).

#### 2.5.3. Análise da oportunidade de melhoria pela redução de vidro das garrafas

Devido a uma tendência de redução já existente e à importância da produção de garrafas nos resultados analisados, avaliou-se uma possível redução mais significativa do peso das garrafas, com valores de redução de 5, 10 e 20% partindo da situação de 2014, para analisar possíveis vantagens em termos de resultados da ecoeficiência.

## 3. Resultados

### 3.1. Avaliação de ecoeficiência do processo produtivo em 2014

Os resultados da avaliação de ecoeficiência da produção de vinho em 2014 demonstram que a maioria das categorias de impacto ambiental é principalmente influenciada pela viticultura e/ou engarrafamento e embalagem (Quadro 5).

Esses resultados (calculados através da divisão dos resultados obtidos na avaliação de ciclo de vida pelo resultado líquido da empresa nesse ano, de 0,099€ por garrafa) vão ao encontro de estudos da bibliografia consultada, como Point *et al.* (2012) e Amienyo *et al.* (2014), que identificam a viticultura como uma das fases mais relevantes, e Fusi *et al.* (2014) e Neto *et al.* (2013) que apontam a produção de garrafas de vidro e atividades de viticultura como ambientalmente mais relevantes.

De acordo com as percentagens apresentadas no Quadro 5, a fase de viticultura apresenta uma influência maioritária em 8 das 12 categorias estudadas, embora numa das categorias, FOF, o resultado da viticultura apresente um valor negativo. Este valor negativo advém do facto da emissão de ácido nítrico (NO) decorrente da aplicação de fertilizantes, na fase de viticultura, ter um fator de caracterização negativo.

Este resultado negativo na viticultura, na categoria FOF, surge também noutros trabalhos (Point *et al.*, 2012) e representa um efeito ambiental positivo. Nesta categoria, o contributo para os valores positivos do impacte provém da fase de produção de vinho, sendo a única categoria, na qual esta fase tem um peso muito significativo.

As outras 4 categorias são influenciadas principalmente pela fase de engarrafamento e embalagem. A distribuição não apresenta uma importância maioritária no resultado global do sistema, em nenhuma categoria estudada.

Como referido, a viticultura é a fase que mais influencia positivamente os resultados de impacte do sistema global nas categorias DRA-CF, OS, AG, EAAD, ET, AP e EP, com 59, 92, 84, 99, 97, 94 e 99% dos resultados de impacte do sistema global.

Comparando a contribuição dos diferentes componentes na viticultura (Figura 2), é possível destacar a influência das atividades relacionadas com a fertilização ocorrida.

Na categoria de DRA-CF, a atividade mais relevante é a produção de fertilizantes, especialmente azotados, embora a produção de garrafas também influencie os resultados. A categoria de OS deve os seus resultados à área ocupada pela vinha.

No caso da categoria AG, a importância da viticultura no resultado final, deve-se principalmente à produção e à aplicação de fertilizantes azotados, destacando-se a influência da emissão de N<sub>2</sub>O.

A categoria de EAAD é influenciada pela aplicação de produtos fitossanitários, principalmente representados pela emissão de folpete para a água e solo e também pela emissão de glifosato e clorpirifós.

A categoria ET é particularmente influenciada pela emissão de folpete para o solo. A categoria AP é influenciada pela aplicação de fertilizantes, devido às emissões de NH<sub>3</sub> e NO para o ar. A influência da viticultura, no caso da categoria EP, deve-se à emissão de NO<sub>3</sub> para a água e NH<sub>3</sub> para o ar, decorrentes da aplicação de fertilizantes.

Após a viticultura, a fase de engarrafamento e embalagem é a que possui influência significativa num maior número de categorias. Embora esta fase represente algum peso noutras categorias, apresenta uma importância maioritária em 4 categorias, DRA-E, DCO, TH e EAAM, com respetivamente, 99, 79, 75 e 68% dos resultados de impacte do sistema global.

Quadro 5. Resultados da avaliação de ecoeficiência relativa à produção de 2014.

	DRA (E) (kg Sb eq/€)	DRA (CF) (MJ eq/ €)	OS (m <sup>2</sup> .ano/ €)	AG (kg CO <sub>2</sub> eq/€)	DCO (kg CFC-11 eq/€)	TH (kg 1,4DCB eq/€)	EAAD (kg 1,4DCB eq/€)	EAAM (kg 1,4DCB eq/€)	ET (kg 1,4DCB eq/€)	FOF (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/ €)	AP (kg SO <sub>2</sub> eq/€)	EP (kg PO <sub>4</sub> eq/€)
<b>Viticultura</b>	2,48E-05	2,04E+02	3,90E+01	5,99E+01	1,03E-08	4,76E-01	9,48E+01	4,69E+01	5,81E-01	-7,10E-03	8,86E-01	6,54E-01
Percentagem	0,55%	59,43%	92,33%	84,48%	0,90%	11,03%	99,79%	0,67%	97,22%	-49,10%	93,97%	99,05%
<b>Produção de Vinho</b>	2,88E-07	2,38E+01	5,66E-02	2,24E+00	7,61E-08	2,48E-01	5,88E-03	2,09E+03	1,54E-03	5,37E-03	1,62E-02	1,02E-03
Percentagem	0,01%	6,93%	0,13%	3,16%	6,59%	5,75%	0,01%	29,62%	0,26%	37,15%	1,72%	0,15%
<b>Engarrafamento e Embalagem</b>	4,52E-03	1,02E+02	3,13E+00	7,89E+00	9,13E-07	3,23E+00	1,81E-01	4,77E+03	1,37E-02	1,82E-03	3,73E-02	4,73E-03
Percentagem	99,40%	29,67%	7,41%	11,13%	78,98%	75,01%	0,19%	67,68%	2,29%	12,59%	3,95%	0,72%
<b>Distribuição</b>	2,35E-06	1,37E+01	5,58E-02	8,70E-01	1,56E-07	3,54E-01	1,15E-02	1,43E+02	1,39E-03	1,69E-04	3,39E-03	4,95E-04
Percentagem	0,05%	3,98%	0,13%	1,23%	13,54%	8,21%	0,01%	2,03%	0,23%	1,17%	0,36%	0,08%
<b>Sistema Total</b>	4,54E-03	3,44E+02	4,23E+01	7,09E+01	1,16E-06	4,31E+00	9,50E+01	7,05E+03	5,97E-01	2,61E-04	9,43E-01	6,60E-01
	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

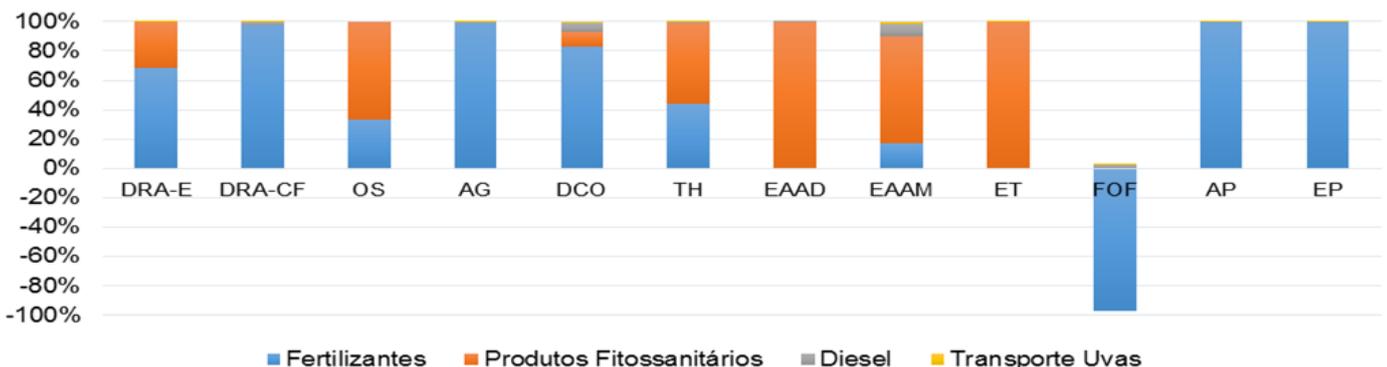


Figura 2. Contribuição relativa dos componentes para os resultados da fase de Viticultura no ano de 2014.

Apresenta-se na Figura 3 a comparação entre as contribuições das componentes desta fase para os resultados obtidos. A produção de rolhas é a atividade com mais influência para os resultados da categoria DRA-E.

No caso da categoria DCO, nota-se uma significativa influência da produção de garrafas.

Na categoria TH, a produção de garrafas de vidro também possui uma importância elevada mas existem contribuições da produção de rolha, pertencente à fase de engarrafamento e embalagem, e de outras atividades das fases de viticultura e distribuição.

No caso da categoria EAAM, o principal contribuinte para os resultados é a produção de garrafas de vidro, com alguma influência na fase de produção de vinho.

As outras fases do processo produtivo estudadas não apresentam peso significativo nos resultados globais. No entanto, a fase de produção de vinho apresenta uma contribuição não negligenciável nas categorias FOF e EAAM, e a fase de distribuição demonstra algum peso nas categorias de DCO e TH.

Assim, com base nos resultados, é possível apontar a uma utilização mais conscienciosa do uso de produtos na fase de viticultura, com a redução de quantidades aplicadas ou a utilização de produtos com menores taxas de lixiviação e volatilização (Villanueva-Rey *et al.*, 2013; Point *et al.*, 2012).

Também se poderá apontar uma redução da quantidade de vidro utilizado, de forma a reduzir o impacto da atividade (Point, *et al.* 2012; Amienyo *et al.*, 2014), sendo que, com essa perspectiva, foi feita uma análise mais aprofundada, adiante apresentada em 3.2.2.

### 3.2. Análise de cenários

#### 3.2.1. Comparação entre 2012 e 2014

Analisando os resultados obtidos nas avaliações dos dois anos produtivos, 2012 e 2014, é possível identificar uma alteração significativa na importância da fase da viticultura, principalmente nas categorias que foram mais influenciadas pela utilização de fertilizantes, no ano de 2014 (Figura 4), refletido também numa redução do valor absoluto de impacto ambiental (Quadro 6). Como referido anteriormente, a utilização de fertilizantes foi muito menor em 2012, e como tal, verificam-se menores valores do impacto e menor importância dessa atividade e da fase de viticultura, em 5 categorias: DRA-CF, AG, FOF, AP e EP. Assim, em 2012, a maior importância relativa da viticultura demonstrada em 2014, passou a corresponder a outras atividades, como a produção de garrafas, com uma importância ainda maior que em 2014, sendo a atividade com maior contribuição para os resultados de impacto em 4 dessas categorias.

Para a comparação dos resultados absolutos obtidos para o processo produtivo dos dois anos (Quadro 6), apenas foram considerados os valores ambientais, só por si significativos, uma vez que os valores económicos considerados diferiam significativamente entre os dois anos.

Na realidade, o indicador económico escolhido para avaliação da ecoeficiência, isto é, o resultado líquido da empresa, apresentou valores bastante diferentes para os dois anos comparados - 335.379€, em 2012, e 101.080€ em 2014, não sendo essa diferença devida a uma diferença substancial nas vendas do produto final, podendo antes estar relacionada com processos de gestão normal de uma empresa, como a compra de produtos, investimentos, etc.

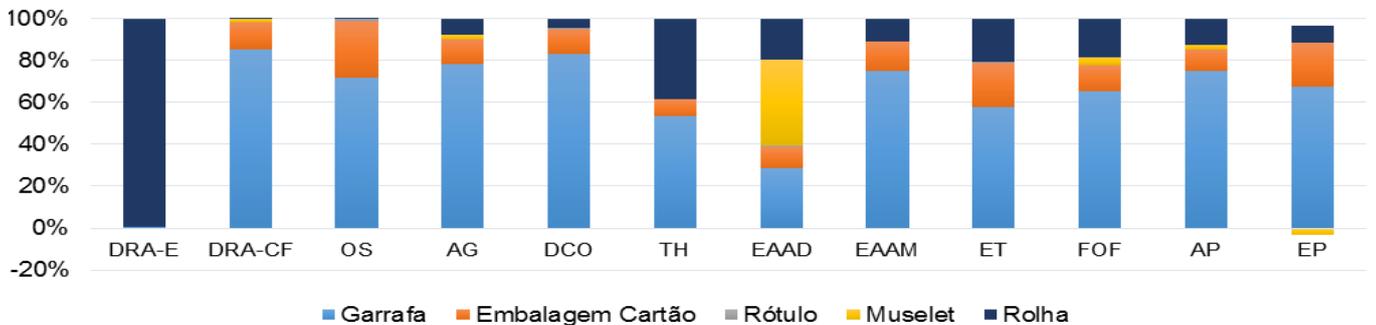


Figura 3. Contribuição relativa dos componentes para os resultados da fase de Engarrafamento e Embalagem no ano 2014.

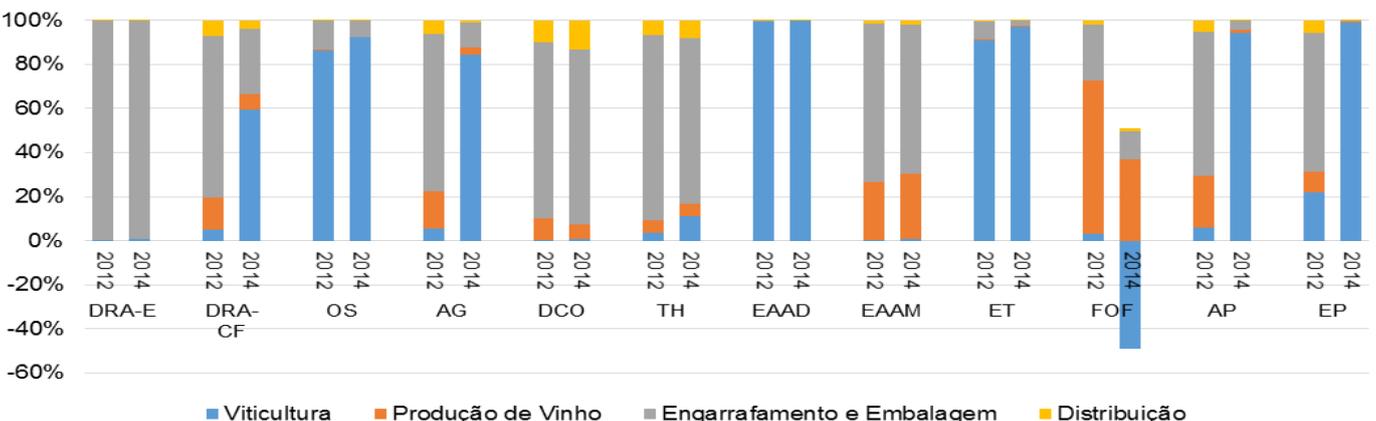


Figura 4. Comparação da contribuição das diferentes fases do processo produtivo para os resultados globais da ecoeficiência em 2012 e 2014.

Além da referida influência da diminuição da fertilização nos resultados considera-se que, como já referido em 2.5, o uso de painéis solares e de garrafas mais leves poderão melhorar os resultados ambientais em 2014. No entanto, como estas melhorias poderão ser camufladas pelas diferenças anteriormente descritas, entre 2012 e 2014, efetuou-se um estudo mais detalhado destas medidas, considerando 2014 como ano base.

3.2.2. Análise da influência da instalação de painéis solares

Os resultados da avaliação da influência específica da utilização de painéis solares para produção de energia em 2014, demonstram uma melhoria nos resultados globais de ecoeficiência em todas as categorias estudadas (Quadro 7). A melhoria é superior a 11% para todas as categorias, atingindo os 14% na categoria de EAAM e 34% na de FOF.

3.2.3. Análise da oportunidade de melhoria pela redução de vidro das garrafas

A análise às reduções de vidro utilizado nas garrafas testadas evidencia melhorias nos resultados em algumas das categorias do impacte, sendo tanto mais evidentes quanto maior a percentagem de redução na quantidade de vidro utilizada no fabrico de cada garrafa.

As categorias de impacte mais afetadas foram DRA-CF, TH, EAAM, DCO e FOF com decréscimos de 5, 9, 10, 15 e 98%, nos resultados do sistema produtivo completo, para a maior redução de vidro estudada (20%) (Quadro 8).

Estas melhorias estão em acordo com os resultados obtidos noutros trabalhos de referência (Amienyo *et al.*, 2014; Point *et al.*, 2012) para diversas categorias do impacte. Deve ser referido que tendo sido feita a comparação partindo dos resultados de 2014, algumas categorias do impacte, nomeadamente as que são mais influenciadas pelas atividades de fertilização, são menos influenciadas pela medida, podendo verificar-se um maior potencial de redução em anos de menor fertilização.

Além da redução dos impactes da atividade de produção de garrafas, ocorrem melhorias no transporte das garrafas até à empresa e na fase da distribuição do produto final, uma vez que o peso dos materiais influencia os resultados dessas atividades.

Foi considerada apenas a influência da medida na componente ambiental, mas prevê-se que em termos económicos também ocorram redução de custos de produção e transporte.

Quadro 6. Resultados de Avaliação do Ciclo de Vida obtidos para os anos de 2012 e 2014.

	DRA (E) (kg Sb eq.)	DRA (CF) (MJ eq.)	OS (m <sup>2</sup> .ano)	AG (kg CO <sub>2</sub> eq.)	DCO (kg CFC-11 eq.)	TH (kg 1,4DCB eq.)	EAAD (kg 1,4DCB eq.)	EAAM (kg 1,4DCB eq.)	ET (kg 1,4DCB eq.)	FOF (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq.)	AP (kg SO <sub>2</sub> eq.)	EP (kg PO <sub>4</sub> eq.)
<b>Viticultura 2012</b>	5,29E-07	7,16E-01	2,03E+00	5,81E-02	1,50E-10	1,42E-02	2,62E+00	2,22E+00	1,56E-02	2,18E-05	3,38E-04	1,64E-04
<b>Produção de Vinho 2012</b>	3,90E-08	1,99E+00	8,41E-03	1,86E-01	1,15E-08	2,18E-02	7,56E-04	1,75E+02	1,13E-04	5,04E-04	1,35E-03	7,18E-05
<b>Engarrafamento e Embalagem 2012</b>	4,47E-04	1,02E+01	3,12E-01	7,87E-01	9,12E-08	3,22E-01	1,79E-02	4,76E+02	1,36E-03	1,81E-04	3,72E-03	4,72E-04
<b>Distribuição 2012</b>	1,74E-07	1,04E+00	4,13E-03	6,64E-02	1,16E-08	2,63E-02	8,50E-04	1,06E+01	1,03E-04	1,58E-05	3,18E-04	4,30E-05
<b>TOTAL 2012</b>	<b>4,48E-04</b>	<b>1,39E+01</b>	<b>2,36E+00</b>	<b>1,10E+00</b>	<b>1,14E-07</b>	<b>3,84E-01</b>	<b>2,64E+00</b>	<b>6,64E+02</b>	<b>1,71E-02</b>	<b>7,23E-04</b>	<b>5,73E-03</b>	<b>7,50E-04</b>
<b>Viticultura 2014</b>	2,46E-06	2,02E+01	3,86E+00	5,92E+00	1,02E-09	4,71E-02	9,39E+00	4,64E+00	5,75E-02	-7,03E-04	8,77E-02	6,47E-02
<b>Produção de Vinho 2014</b>	2,85E-08	2,36E+00	5,60E-03	2,22E-01	7,53E-09	2,46E-02	5,82E-04	2,07E+02	1,52E-04	5,32E-04	1,60E-03	1,01E-04
<b>Engarrafamento e Embalagem 2014</b>	4,47E-04	1,01E+01	3,10E-01	7,80E-01	9,03E-08	3,20E-01	1,79E-02	4,72E+02	1,35E-03	1,80E-04	3,69E-03	4,68E-04
<b>Distribuição 2014</b>	2,32E-07	1,35E+00	5,52E-03	8,61E-02	1,55E-08	3,50E-02	1,14E-03	1,42E+01	1,37E-04	1,67E-05	3,35E-04	4,90E-05
<b>TOTAL 2014</b>	<b>4,50E-04</b>	<b>3,40E+01</b>	<b>4,18E+00</b>	<b>7,01E+00</b>	<b>1,14E-07</b>	<b>4,27E-01</b>	<b>9,41E+00</b>	<b>6,98E+02</b>	<b>5,91E-02</b>	<b>2,58E-05</b>	<b>9,33E-02</b>	<b>6,53E-02</b>

Quadro 7. Comparação dos resultados de ecoeficiência do processo produtivo em 2014 considerando ou não a produção de eletricidade por painéis solares (PS).

TOTAL	DRA (E) (kg Sb eq./€)	DRA (CF) (MJ eq./ €)	OS (m <sup>2</sup> .ano/ €)	AG (kg CO <sub>2</sub> eq./ €)	DCO (kg CFC-11 eq./€)	TH (kg 1,4DCB eq./€)	EAAD (kg 1,4DCB eq./€)	EAAM (kg 1,4DCB eq./€)	ET (kg 1,4DCB eq./€)	FOF (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq./ €)	AP (kg SO <sub>2</sub> eq./€)	EP (kg PO <sub>4</sub> eq./ €)
<b>Situação sem instalação de PS</b>	5,13E-03	3,91E+02	4,77E+01	8,03E+01	1,31E-06	4,90E+00	1,07E+02	8,22E+03	6,75E-01	3,96E-04	1,07E+00	7,46E-01
<b>Situação Real</b>	<b>4,54E-03</b>	<b>3,44E+02</b>	<b>4,23E+01</b>	<b>7,09E+01</b>	<b>1,16E-06</b>	<b>4,31E+00</b>	<b>9,50E+01</b>	<b>7,05E+03</b>	<b>5,97E-01</b>	<b>2,61E-04</b>	<b>9,43E-01</b>	<b>6,60E-01</b>
<b>Varição (%)</b>	<b>-11,45%</b>	<b>-12,07%</b>	<b>-11,45%</b>	<b>-11,74%</b>	<b>-11,56%</b>	<b>-11,96%</b>	<b>-11,45%</b>	<b>-14,20%</b>	<b>-11,47%</b>	<b>-34,15%</b>	<b>-11,61%</b>	<b>-11,46%</b>

Quadro 8. Comparação dos resultados de ecoeficiência do processo produtivo de 2014 considerando diferentes percentagens de redução do vidro utilizado no fabrico das garrafas.

TOTAL	DRA (E) (kg Sb eq./€)	DRA (CF) (MJ eq./ €)	OS (m <sup>2</sup> .ano/ €)	AG (kg CO <sub>2</sub> eq./ €)	DCO (kg CFC-11 eq./€)	TH (kg 1,4DCB eq./€)	EAAD (kg 1,4DCB eq./€)	EAAM (kg 1,4DCB eq./€)	ET (kg 1,4DCB eq./€)	FOF (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq./ €)	AP (kg SO <sub>2</sub> eq./€)	EP (kg PO <sub>4</sub> eq./€)
<b>Situação Real</b>	4,54E-03	3,44E+02	4,23E+01	7,09E+01	1,16E-06	4,31E+00	9,50E+01	7,05E+03	5,97E-01	2,61E-04	9,43E-01	6,60E-01
<b>Redução 5%</b>	4,54E-03	3,39E+02	4,21E+01	7,05E+01	1,11E-06	4,22E+00	9,50E+01	6,87E+03	5,97E-01	1,97E-04	9,42E-01	6,60E-01
<b>Varição (%)</b>	<b>-0,02%</b>	<b>-1,37%</b>	<b>-0,27%</b>	<b>-0,47%</b>	<b>-3,64%</b>	<b>-2,21%</b>	<b>0,00%</b>	<b>-2,59%</b>	<b>-0,07%</b>	<b>-24,47%</b>	<b>-0,16%</b>	<b>-0,03%</b>
<b>Redução 10%</b>	4,54E-03	3,34E+02	4,20E+01	7,02E+01	1,07E-06	4,12E+00	9,50E+01	6,68E+03	5,97E-01	1,33E-04	9,40E-01	6,60E-01
<b>Varição (%)</b>	<b>-0,04%</b>	<b>-2,73%</b>	<b>-0,54%</b>	<b>-0,93%</b>	<b>-7,28%</b>	<b>-4,43%</b>	<b>-0,01%</b>	<b>-5,19%</b>	<b>-0,14%</b>	<b>-48,94%</b>	<b>-0,32%</b>	<b>-0,06%</b>
<b>Redução 20%</b>	4,54E-03	3,25E+02	4,18E+01	6,95E+01	9,87E-07	3,93E+00	9,50E+01	6,32E+03	5,96E-01	5,53E-06	9,37E-01	6,59E-01
<b>Varição (%)</b>	<b>-0,07%</b>	<b>-5,47%</b>	<b>-1,07%</b>	<b>-1,87%</b>	<b>-14,55%</b>	<b>-8,85%</b>	<b>-0,01%</b>	<b>-10,37%</b>	<b>-0,29%</b>	<b>-97,88%</b>	<b>-0,63%</b>	<b>-0,11%</b>

#### 4. Conclusões

Foi possível obter resultados de avaliação de ecoeficiência, por meio de uma avaliação de ciclo de vida, de uma empresa produtora de vinho espumante, demonstrando-se ser este tipo de estudo uma boa opção para análise de processos produtivos e de potenciais medidas alternativas.

Os resultados de ecoeficiência obtidos para os dois anos estudados permitiram a identificar o uso de fertilizantes e produtos fitossanitários (viticultura) e a produção de garrafas (engarrafamento e embalagem) como pontos com mais influência nos resultados de impacto, em conformidade com os resultados de outros trabalhos (Fusi *et al.*, 2014; Neto *et al.*, 2013; Point *et al.*, 2012; Amienyo *et al.*, 2014). A comparação dos resultados entre 2012 e 2014 mostram as principais diferenças nas categorias de impacto que são principalmente influenciadas pela produção e aplicação de fertilizantes. Também foi possível concluir que a instalação de painéis solares e a redução de peso das garrafas demonstram potencial para melhoria de ecoeficiência do processo produtivo da empresa. Numa perspectiva futura aponta-se a análise de anos anteriores para composição de registos históricos e, principalmente, a introdução deste tipo de estudos na gestão corrente de empresas, para avaliação contínua e perspectiva de medidas futuras.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Sociedade Agrícola e Comercial do Varosa, S.A. pela sua receptividade para a execução deste trabalho e por ter facultado toda a informação necessária.

#### Referências

Amienyo, D., C. Camilleri, and A. Azapagic (2014). *Environmental impacts of consumption of Australian red wine in the UK*, Journal of Cleaner Production, Vol. 72, 110-119.

Ardente, F., G. Beccali, M. Cellura, and A. Marvuglia (2006). *POEMS: A Case Study of an Italian Wine-Producing Firm*, Environmental Management, Vol. 38 (3), 350-364.

BASF (2004). *The BASF Eco-Efficiency Analysis method. Germany: Akzo Nobel Product Stewardship and Sustainability*.

Benedetto, G (2013). *The environmental impact of a Sardinian wine by partial Life Cycle Assessment*, Wine Economics and Policy, Vol. 2, 33-41.

CE (2013). *Agriculture in the European Union - Report 2013 - Statistical and Economic Information*, European Commission, Bélgica.

CML (2015). Institute of Environmental Sciences (CML), Universiteit Leiden. Disponível: <http://cml.leiden.edu/software/data-cmlia.html>.

Dalgaard, R., N. Halberg, I. Kristensen, and I. Larsen (2006). *Modelling representative and coherent Danish farm types based on farm accountancy data for use in environmental assessments*, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 117, 223-237.

Ecoinvent (2015). Database - ecoinvent. Disponível: <http://www.ecoinvent.org/database/database.html>.

ELCD (2014). European Platform on Life Cycle Assessment. <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>.

EMEP/EEA (2013). *Air pollutant emissions inventory guidebook Agriculture other including use of pesticides*. European Environment Agency, Copenhaga, Dinamarca.

EMEP/EEA (2013a). *Air pollutant emissions inventory Guidebook 2013. Non-road mobile sources and machinery*, European Environment Agency, Copenhaga, Dinamarca.

EMEP/EEA (2013b). *Air pollutant emissions inventory Guidebook 2013. Food and beverages industry*, European Environment Agency, Copenhaga, Dinamarca.

Fusi, A., R. Guidetti, and G. Benedetto (2014). *Delving into the environmental aspect of a Sardinian white wine: From partial to total life cycle assessment*, Science of the Total Environment, Vol. 472, 989-1000.

Guinée, J.B., et al (2002). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

ILCD (2012). *The International Reference Life Cycle Data System Handbook. Towards more sustainable production and consumption for a resource-efficient Europe*. JRC. IES. European Commission, Itália.

IPCC (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 11: N2O Emissions from Managed Soils, and CO2 Emissions from Lime and Urea Application*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Suíça.

ISO (2008). *ISO 14040:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*, International Organization for Standardization, Genebra, Suíça.

ISO (2010). *ISO 14044:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines*, International Organization for Standardization, Genebra, Suíça.

ISO (2012). *ISO 14045:2012 Environmental management - Eco-efficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines*, International Organization for Standardization, Genebra, Suíça.

Margni, M., D. Rossier, P. Crettaz, and O. Jolliet (2002). *Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems*, Agriculture, Ecosystems and Environment, Vol. 93, 379-392.

Nemecek, T., and T. Kagi (2007). *Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems*. Ecoinvent report no. 15. ART, Ecoinvent, Zurique, Suíça.

Neto, B., A. Dias, and M. Machado (2013). *Life cycle assessment of the supply chain of a Portuguese wine: from viticulture to distribution*, The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 18, 590-602.

Pereira, S (2009). *Ecoeficiência na Indústria - O que não se pode medir não se pode gerir*, Mestrado em Engenharia do Ambiente, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Aveiro.

Pizzigallo, A.C.I., C. Granai, and S. Borsa (2008). *The joint use of LCA and emergy evaluation for the analysis of two Italian wine farms*, Journal of Environmental Management., Vol. 86, 396-406.

Point, E., C. Tyedmers, and C. Naugler (2012). *Life cycle environmental impacts of wine production and consumption in Nova Scotia, Canada*, Journal of Cleaner Production, Vol. 27, 11-20.

PRé (2014). *SimaPro Database Manual Methods library*, PRé Sustainability, Países Baixos.

Rives, J. (2011). *Environmental evaluation of the cork sector in Southern Europe (Catalonia)*, PhD Environmental Sciences and Technology, Universitat Autònoma de Barcelona, Catalunya.

Vázquez-Rowe, I., P. Villanueva-Rey, M<sup>a</sup> T. Moreira, and G. Feijoo (2012). *Environmental analysis of Ribeiro wine form a timeline perspective: Harvest year matters when reporting environmental impacts*, Journal of Environmental Management, Vol. 98, 73-83.

Villanueva-Rey, P., I. Vázquez-Rowe, M<sup>a</sup> T. Moreira, and G. Feijoo (2013). *Comparative life cycle assessment in the wine sector: biodynamic vs conventional viticulture activities in NW Spain*, Journal of Cleaner Production, Vol. 65, 330-341.

## Apêndice A

Processos e bases de dados de *Background*

Atividade	Nome do Processo (SimaPro)	Base de Dados (Projeto)
Produção de Garrafas	Packaging glass, white {DE}   production   Alloc Def, S	Ecoinvent 3 - allocation default
Produção de Embalagens de Cartão	Corrugated board box {RER}   production   Alloc Def, S	Ecoinvent 3 - allocation default
Produção de Rótulos (Papel)	Paper production, woodcontaining, lightweight coated RER	Ecoinvent 3 - allocation default
Produção de Muselets (aço galvanizado)	Galvanized steel sheet, at plant/RNA	USLCI
Produção de Eletricidade	Electricity mix, AC, consumption mix, at consumer, 1kV - 60kV PT S	ELCD
Produção de Diesel	Diesel, from crude oil, consumption mix, at refinery, 200 ppm sulphur EU-15 S	ELCD
Produção de Fertilizantes	Fertiliser (N) Fertiliser (P205) Fertilizer (K2O)	LCA Food DK
Produção de Produto Fitossanitário (Cobre)	Copper, at regional storage/RER S demo7	Introduction to SimaPro
Produção de Produtos de Limpeza	Sodium hydroxide (concentrated) E	Industry data 2.0
	Hydrogen peroxide, without water, in 50% solution state {RER}   hydrogen peroxide production, product in 50% solution state   Alloc Def, S	Ecoinvent 3 - allocation default
Produção de Produtos Enológicos (Açúcar)	Sugar	LCA Food DK
Transporte de Uvas	Small lorry transport, Euro 0, 1, 2, 3, 4mix 7,5t total weight, 3,3 t max payload RER S	ELCD
Transporte de Produtos e Distribuição de Produto Final	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO5 RER Alloc Def, S	Ecoinvent 3 - allocation default
Distribuição de Produto Final	Container ship ocean, technology mix, 27.500 dwt pay load capacity RER S	ELCD