



Daniela Radavelli Fotografia

Identificação dos impactos ambientais de uma vinícola da Serra Gaúcha/RS através de Avaliação do Ciclo de Vida

¹Universidade de Caxias do Sul -
Instituto de Saneamento Ambiental
(ISAM/UCS)
95070-560 Caxias do Sul, RS

²Vinícola Salton S.A.
95710-000 Bento Gonçalves, RS

³Universidade Federal de Sergipe (UFS)
49107-230 São Cristóvão, SE

Autor correspondente:
bbreda@ucs.br

Tiago Panizzon¹

Gregório Bircke Salton²

Kélen Cristofoli²

Bianca Breda¹

Thais Colau²

Vania Elisabete Schneider³

Sendo regulada pela série ISO 14.040, a Avaliação do Ciclo de Vida consiste em uma das principais técnicas de avaliação de impacto ambiental, sendo considerada pela Comissão das Comunidades Europeias como a ferramenta mais adequada para avaliação do potencial impacto ambiental de produtos. Este trabalho apresenta os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida de uma vinícola localizada no município de Bento Gonçalves/RS, durante o ano de 2020. Foram avaliadas as quatro principais linhas de produto dessa unidade: Vinho Tinto, Vinho Branco, Espumante e Suco. A avaliação desenvolvida foi do tipo portão a portão, contemplando somente os impactos que ocorrem dentro dos limites da empresa. De forma geral, o Espumante apresentou o maior impacto ambiental, decorrente do maior consumo de vidro da garrafa e também do transporte da garrafa até a empresa. Os resultados para o Vinho Tinto e o Vinho Branco apresentaram impactos similares entre si. No caso do Suco, observou-se um significativo impacto decorrente da queima da madeira na caldeira. Os maiores impactos, porém, são decorrentes da garrafa de vidro, sendo verificado um efeito bastante positivo gerado pelo uso de cacos reciclados, com a redução dos impactos, variando entre 15% e 19% em média. Observa-se que a redução no peso da garrafa consiste na medida potencialmente mais efetiva para redução dos impactos ambientais. Por fim, destaca-se que enquanto este trabalho restringe-se à avaliação de uma empresa, seus resultados podem servir como um ponto de partida para empresas do ramo planejarem ações efetivas de mitigação de impactos ambientais.

Palavras-chave: ACV; vinicultura; espumante; suco.

Abstract

Identification of the environmental impacts of a winery in Serra Gaúcha/RS through Life Cycle Assessment

Regulated by the ISO 14040 series, Life Cycle Assessment (LCA) is one of the main techniques for assessing environmental impact, considered by the European Commission as the most suitable tool for evaluating the potential environmental impact of products. This paper reports the results of the Life Cycle Assessment of a winery located in the municipality of Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul in 2020. The four main product categories of this unit were evaluated: Red Wine, White Wine, Sparkling Wine, and Juice. The assessment was carried out on a gate-by-gate basis, considering only what occurred within the company's boundaries. Overall, sparkling wine showed the highest environmental impact due to higher glass bottle weight and the longer transportation distance to the company. Additionally, Red Wine and White Wine presented similar impacts. In the case of juice, a significant impact was observed from burning wood in the boiler. However, the greatest impacts are due to glass bottles, with a very positive effect generated by the use of recycled glass shards, reducing impacts by an average of 15% to 19%. Notably, reducing the weight of glass bottles is potentially the most effective measure for reducing environmental impacts. Finally, while this work is restricted to the evaluation of one company, its results can serve as a starting point for companies in the sector to plan effective actions to mitigate environmental impacts.

Keywords: LCA; viticulture; sparkling wine; juice.

Introdução

A demanda por práticas de produção ambientalmente conscientes nas indústrias transcende as considerações sociais e ambientais básicas, impulsionando os consumidores a priorizarem a sustentabilidade e forçando as empresas a reavaliarem suas operações em todos os aspectos do negócio (Soregaroli *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2018; Rugani *et al.*, 2013; Goulart; Alvim, 2016). Nesse contexto, quando a organização possui sua governança comprometida com uma economia de baixo impacto ambiental e social, acaba resultando em retornos de caráter financeiro aos negócios (Schaufele; Hamm, 2017).

Em nível mundial, o setor vitivinícola tem se preocupando com as questões climáticas há mais de uma década. A Organização Internacional da Vinha e dos Vinhos (OIV) lançou três resoluções relacionadas à redução de gases de efeito estufa no setor: a OIV-CST 431/2011 (OIV, 2011), correspondente aos princípios gerais relativos ao Protocolo GHG (*greenhouse gas*); a OIV-CST 503AB/2015 (OIV, 2015), na qual é detalhado o inventário de emissões; e a OIV Collective Expertise Document 2017, na qual são estabelecidos os fatores de emissão e outros critérios relevantes para a realização do balanço de gases de efeito estufa no setor vitivinícola (Svinartchuk; Hunziker, 2017).

Além dessas resoluções, desde 2009, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi regulada pela série ISO 14.040, a qual consiste na compilação e avaliação das entradas, saídas e impactos ambientais de um produto ao longo do seu ciclo de vida (ABNT, 2009). Trata-se de uma das principais técnicas de avaliação de impacto ambiental, sendo considerada pela Comissão das Comunidades Europeias como a ferramenta mais adequada para essa finalidade (Comissão das Comunidades Europeias, 2003). Seu uso permite não apenas avaliar o impacto ambiental atual, mas também informações sobre como reduzi-lo (Harb; Zaydan; Vieira, 2021).

Embora os Inventários de Gases de Efeito Estufa sejam uma ferramenta crucial para avaliar o impacto ambiental das empresas, é fundamental reconhecer as limitações associadas à avaliação exclusiva da pegada de carbono. Lauret, Olsen e

Hauschild (2012) destacaram essas limitações e alertam para o risco de uma abordagem centrada apenas nesse indicador, visto que isso pode direcionar as decisões para medidas que visem a apenas reduzir as emissões de gases de efeito estufa, negligenciando outros impactos, como a adoção de produtos ecotóxicos.

Desse modo, a ACV, desenvolvida neste trabalho, surge como uma alternativa para complementar as avaliações do impacto ambiental do carbono usualmente desenvolvidas, permitindo observar se as ações tomadas não afetam negativamente outros indicadores ambientais. Com base nessa problemática, foi desenvolvida uma Avaliação do Ciclo de Vida de quatro principais produtos de uma vinícola localizada no município de Bento Gonçalves, RS: Vinho Tinto, Vinho Branco, Espumante e Suco, tendo como base o ano de 2020, com vistas à identificação dos principais impactos ambientais ocasionados na produção destes.

Material e Métodos

A Avaliação do Ciclo de Vida foi aplicada para quatro linhas de produtos de uma vinícola localizada no município de Bento Gonçalves/RS. No ano de 2020, a empresa em estudo engarrafou cerca de 21 milhões de litros de bebidas derivadas da uva, estando classificada como empreendimento de Porte Excepcional, de acordo com a legislação ambiental local (CONSEMA, 2018). Destas, 29,8% consistiram em vinhos tintos, 6,5% vinhos brancos, 31,4% espumantes e 32,3% sucos. Um fluxograma geral das fronteiras do estudo está apresentado na figura 1.

Para este estudo, foram considerados quatro Produtos Referência: Vinho Tinto, Vinho Branco, Espumante e Suco, que foram os mais representativos no ano base de 2020. Considerando-se que para cada grupo de produtos, a vinícola comercializa diversas linhas, adotou-se na prática o comportamento médio destes 4 grupos de Produtos Referência.

A Unidade Funcional (UF), também chamada de

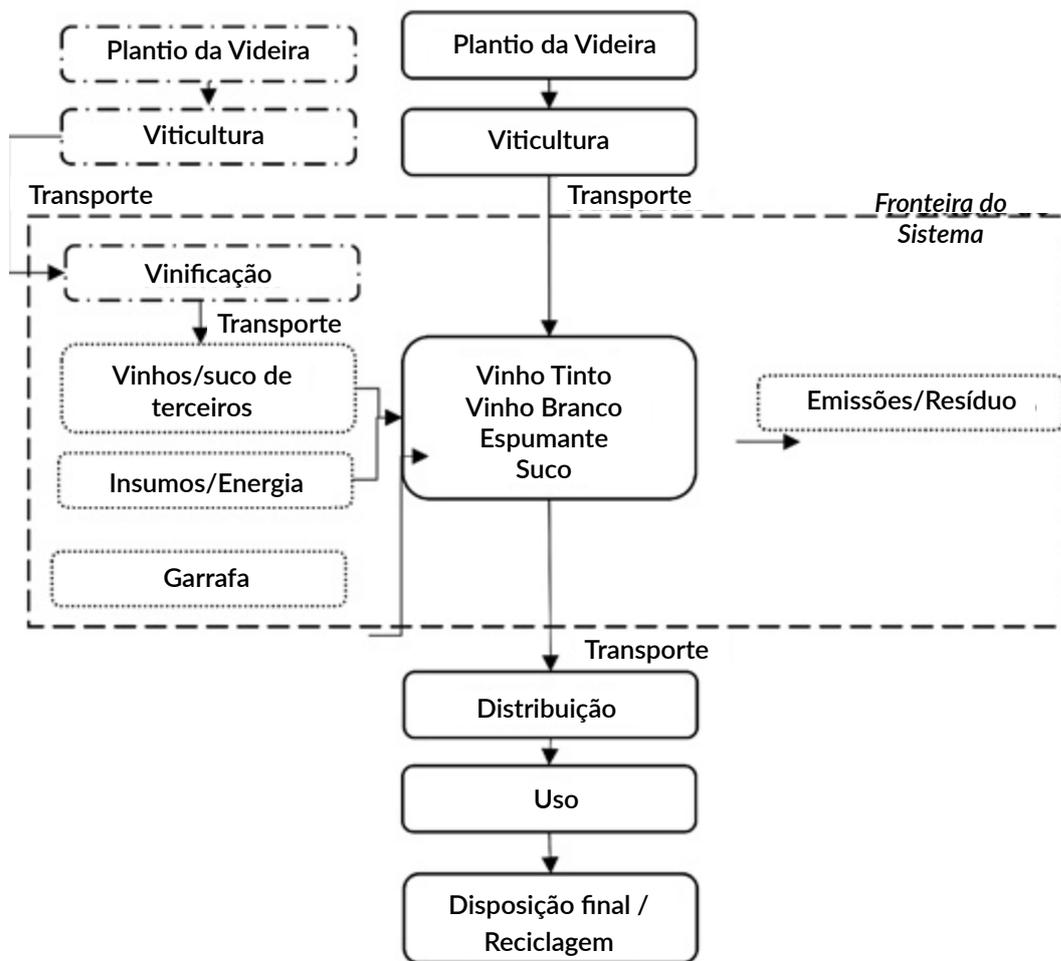


Figura 1. Fluxograma da fronteira de estudo (tracejado).

Unidade de Referência em ACVs Organizacionais pela NBR 14072/19 (ABNT, 2019), consiste no valor a ser utilizado como base de cálculo nos estudos, a qual, usualmente, adota-se como UF a massa ou volume de 1 unidade de produto. Nesse sentido, tendo como base as características dos produtos da empresa, as UFs adotadas foram: Vinhos Tinto, Branco e Espumante - 750 mL; Suco 1500 mL.

A Avaliação desenvolvida foi do tipo “Gate to Gate” (portão a portão), ou seja, contemplando somente o que ocorre dentro dos limites da empresa. Dessa forma, não foram contabilizadas as etapas de Plantio da Videira, Viticultura e Transporte das uvas à empresa, processos à montante, e tampouco as de Transporte do vinho, Distribuição, Consumo e Descarte, situados à jusante.

Além disso, as emissões decorrentes da fermentação do mosto foram obtidas a partir da

relação estequiométrica (0,48 g de CO₂ por g de açúcar), com base na concentração média de açúcar, medida para as uvas da empresa, sendo essas contabilizadas como CO₂ biogênico. Tendo em vista que os resultados deste trabalho utilizam o método ReCiPe (NIPHE, 2016), o qual baseia-se no método IPCC 2013 (Huijbregts *et al.*, 2017), ressalta-se que, para o indicador de Aquecimento Global, essas emissões não estão contabilizadas, uma vez que o método considera somente o impacto decorrente das emissões fósseis.

Todos os insumos utilizados no processo industrial tiveram seus impactos ambientais contabilizados desde a origem e os resíduos avaliados de acordo com seu método de destinação (aterro, compostagem, reciclagem). Os quantitativos totais dos parâmetros utilizados para entradas e saídas foram fornecidos pela empresa e referem-se ao ano de 2020. As quantidades totais de entradas e saídas estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Quantidades totais de entradas e saídas, em 2020.

Tipo	Parâmetro	Quantidade	Unidade
Entrada	Ácido tartárico	10.780	kg
	Açúcar - adoçamento	350.000	kg
	Açúcar - chaptalização	60.000	kg
	Açúcar - espumantes	250.000	kg
	Amônia (refrigeração)	54	kg
	Anidrido sulfuroso	5.457	kg
	Bactéria lática	100	g
	Clarificante	25.351,40	kg
	CMC (carboximetilcelulose)	316	kg
	CO ₂ (gás)	202.620	kg
	Enzimas	966,14	kg
	GLP (cozinha)	1,72	t
	GLP (empilhadeira)	23,75	t
	Goma arábica	5.404	kg
	Lenha para caldeira (suco)	3037,39	t
	Leveduras	831,5	kg
	Nutrientes	7.336,26	kg
	Sorbato de potássio	699	kg
	N ₂ (gás)	136.401	m ³
	O ₂ (gás)	246	m ³
Tanino	265,5	kg	
Saída	Consumo Água	89.350	m ³
	Diesel (gerador)	300	L
	Efluente	40.566,95	m ³
	Embalagem Óleo Lubrificante	7	Un
	Emissões Amônia	54	kg
	Emissões CO ₂ - fermentação (Biogênico)	510.730	kg
	Emissões CO ₂ (Fóssil)	202.620	kg
	Emissões N ₂	136.401	m ³
	Emissões O ₂	246	m ³
	Energia Elétrica	5.843.343,56	kWh
	EPI e Têxtil*	11,1	t
	Lodo ETE	897,28	t
	Madeira	3.608,05	m ³
	Materiais diversos*	11,077	t
	Materiais Metálicos	3,12	t
	Óleo Lubrificante Usado	0,695	t
	Paletes	78	t
	Resíduo Classe 1	11,1	t
	Resíduo Classe 2 (mistos)	11,077	t
	Resíduo de Madeira	78	t
Resíduos Metálicos	3,12	t	
Resíduos Papel/Papelão	60,466	t	
Resíduos Plásticos	44,76	t	

*Não contabilizados na ACV. Fonte: Baseado em dados da empresa (2022).

Além dos insumos apresentados na tabela 1, foram fornecidos pela empresa os pesos médios da Rolha, Cápsula metálica, Rótulos e Caixa, calculados com base na proporção dos produtos comercializados. Para todas as linhas, considerou-se 6 unidades de produto por caixa. Os valores utilizados estão apresentados na tabela 2.

Tendo em vista a relevância do impacto ambiental gerado pela produção da garrafa de vidro em vinícolas, um maior detalhamento foi dado para esse item. Nesse sentido, foram utilizados valores médios do peso da garrafa, percentual de caco reciclado na sua composição e distância média de transporte entre o fabricante e a empresa. Com base no peso da garrafa e na distância de transporte, foi calculado o Fator de Transporte, utilizado no *dataset* de transporte da garrafa. Os valores adotados estão resumidos na tabela 3.

Uma vez que a empresa não apresenta sistema de monitoramento individualizado por processo, ou mesmo por produtos, foi necessário estabelecer uma série de considerações (critérios de alocação) em relação aos valores adotados para a modelagem. De forma geral, foram utilizadas as quantias totais de matérias-primas, água e energia e estimada

a participação desses em cada processo para a fabricação de cada produto. Sendo assim, optou-se por utilizar a alocação mássica por produto, sendo os impactos alocados proporcionalmente à quantidade produzida em cada linha para o ano base. A alocação da energia elétrica nos processos foi feita a partir do consumo total da empresa, com esses valores divididos proporcionalmente por linha de produto.

O consumo de energia elétrica dos equipamentos também foi utilizado como base para distribuição de outros parâmetros, os quais só possuíam dados de geração total, como foi o caso do Consumo de Diesel pelos geradores; Óleo lubrificante novo, usado e embalagens de Óleo; Materiais metálicos novos e usados (Sucatas Metálicas); EPI e material têxtil novo e usado (Resíduo Classe 1); Materiais diversos e resíduos não perigosos (Resíduo Classe 2).

A ACV foi desenvolvida através do software OpenLCA versão 1.11, tendo sido utilizados *datasets* em sua maioria oriundos da base Ecoinvent 3.8, complementados com *datasets* da Product Environmental Footprints V2.0 e da Agribalyse 3.0.1.

Tabela 2. Pesos utilizados para as embalagens.

Linha de Produto	Peso médio ponderado (gramas)			
	Rolha	Cápsula	Rótulo	Caixa
Vinho Tinto	5,15	1,00	1,46	166,80
Vinho Branco	5,03	0,92	0,94	154,58
Espumante	9,00	1,78	0,71	253,50
Suco	4,30 ¹	0,40 ²	1,20	298,00

¹Referente à tampa metálica; ²Referente à cápsula plástica. Fonte: Baseado em dados da empresa (2022).

Tabela 3. Características das garrafas de vidro.

Linha de Produto	Peso da garrafa (g)	% de caco reciclado	Distância de transporte (km)	Fator de transporte (t x km)
Vinho Tinto	426,62	74%	110,0	0,047
Vinho Branco	382,77	72%	142,5	0,055
Espumante	775,00	62,4%	660,78	0,512
Suco	630,00	74%	110,00	0,069

Fonte: Baseado em dados da empresa (2022).

Tendo em vista que a vinícola adquire energia elétrica limpa do mercado livre, não foi utilizado o *dataset* referente à grade Sul de energia do Brasil, disponível no Ecoinvent. Ao invés, adotou-se uma matriz baseada em hidroelétricas, uma vez que esta consiste na principal fonte energética do fornecedor contratado.

O percentual de cacos reciclados, bem como a distância de transporte, foi igualmente considerado, conforme detalhado na tabela 3. No entanto, uma vez que não foram encontrados *datasets* específicos de cacos de vidro, essa situação foi contabilizada através da subtração de valores médios de composição dos insumos dos cacos: 10% de Carbonato de Cálcio, 15% Bicarbonato de Sódio e 75% de Areia.

Outra consideração importante foi feita com relação a lenha, que possui impacto significativo no processo de fabricação do suco. No ano, a empresa utilizou 80% de madeira de Eucalipto e 20% de madeira de Acácia Negra. Uma vez que não foram encontrados *datasets* referentes à Acácia Negra, e que a empresa vem aumentando o percentual de madeira de Eucalipto, optou-se por adotar apenas o *dataset* de Eucalipto para os impactos do “Processamento e Transporte”.

Como método de avaliação de impacto, foi adotada a metodologia ReCiPe (NIPHE, 2016), onde optou-se pelo cenário Hierarquista, uma vez que esse se baseia no consenso científico e probabilidade de ocorrência dos fenômenos,

sendo usualmente a mais adotada. Contudo, apesar de o ReCiPe trabalhar com 18 categorias de impacto, optou-se para este trabalho apresentar apenas as mais relevantes. Para isso, adotou-se como base as diretrizes do método *Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCR), versão de 2020, desenvolvido pela Comissão Europeia para padronizar os estudos de ACV de vinhos na União Europeia (European Commission, 2020). Nesse sentido, foram adotadas as categorias de Aquecimento Global, Formação de material particulado fino, Escassez de recursos fósseis, Acidificação terrestre e Eutrofização de água doce. Na tabela 4 estão apresentadas as 4 categorias de impacto recomendadas pela PEFCR, bem como as cinco categorias do ReCiPe (NIPHE, 2016) adotadas.

Resultados e Discussão

Os tópicos a seguir apresentam os resultados do estudo, divididos em resultados por linha de produto, e os resultados exclusivos da garrafa de vidro, visto seu elevado impacto.

Resultados por Produto de Referência

Os resultados do impacto total, por unidade funcional, estão apresentados na tabela 5.

Observa-se que, em sua maioria, os maiores impactos por UF ocorrem na produção do Suco,

Tabela 4. Categorias de avaliação de impacto adotadas.

Categoria EF	Equivalente adotado no ReCiPe 2016		
	Nome original	Nome traduzido	Unidade de medida
<i>Climate Change</i>	<i>Global Warming</i>	Aquecimento Global	Emissões de dióxido de Carbono (kg CO ₂ eq)
<i>Particulate matter</i>	<i>Fine particulate matter formation</i>	Formação de material particulado fino	Emissão de material particulado (kg MP _{2,5} eq)
<i>Resource use, fossils</i>	<i>Fossil resource scarcity</i>	Escassez de recursos fósseis	Consumo de Petróleo (kg oil eq)
<i>Acidification terrestrial and freshwater</i>	<i>Terrestrial acidification</i>	Acidificação Terrestre	Emissão de dióxido de Enxofre (kg SO ₂ eq)
	<i>Freshwater eutrophication</i>	Eutrofização de água doce	Emissão de Fósforo (kg P eq)

Fonte: Autores (2024), com base em European Commission (2020).

Tabela 5. Categorias de impacto para as linhas de produto, por UF.

Produto	UF	Por UF (kg)				
		CO ₂ eq.	MP _{2,5} eq.	Petróleo eq.	SO ₂ eq.	P eq.
Vinho Tinto	750 mL	0,626	0,0012	0,141	0,0030	0,00008
Vinho Branco	750 mL	0,602	0,0011	0,133	0,0026	0,00009
Espumante	750 mL	0,983	0,0020	0,266	0,0048	0,00012
Suco	1500 mL	1,045	0,0044	0,230	0,0049	0,00015

Fonte: Autores (2024).

porém, tal aspecto deve-se ao fato de os valores se referirem à produção de uma garrafa de 1500 mL. Quando avaliados de forma proporcional, ou seja, utilizando-se os mesmos 750 mL dos demais produtos, verifica-se que os maiores impactos ocorrem no Espumante para as categorias de Aquecimento Global, Escassez de Recursos Fósseis, Acidificação do Solo e Eutrofização da Água Doce, enquanto os maiores impactos ocorrem no Suco para as emissões de Material Particulado Fino, aspecto decorrente da queima da lenha na produção do Suco.

A diferença entre as linhas de produtos é mais facilmente observada na tabela 6, a qual está organizada pelo percentual em relação ao Espumante, o qual apresentou o valor mais alto entre as três linhas de produtos de mesma unidade funcional (750 mL).

Através da tabela 6, observa-se que o Vinho Tinto e o Vinho Branco apresentam impactos similares, sendo que o Vinho Tinto possui um impacto um pouco superior em quatro das cinco categorias avaliadas.

De forma geral, o Espumante possui o maior impacto ambiental, decorrente do maior consumo de vidro da garrafa e também do fato de a garrafa possuir uma distância maior de transporte até a empresa (660 km). Como resultado, a categoria de Escassez de Recursos Fósseis mostrou o pior resultado no Espumante, ou seja, o dobro do impacto em comparação aos vinhos. Cabe destacar que a garrafa de vidro é usualmente apontada em estudos de ACV envolvendo a cadeia de vinho como sendo uma das principais fontes de impactos ambientais (Meneses, Torres, Castells, 2016; Litskas, Tzortzakakis, Stavrinides, 2020).

A categoria de Eutrofização de Água doce foi a que apresentou resultado mais próximo entre as três linhas de produtos, devido ao fato de a emissão de P_{eq} ser bastante mitigada pelo uso de cacos de vidro reciclados, reduzindo o efeito negativo que a garrafa de espumante, mais pesada, ocasiona. A seguir, estão detalhadas as principais conclusões observadas para cada uma das quatro linhas analisadas.

Tabela 6. Comparação das categorias de impacto para as linhas de produto, percentual.

Produto	UF	Por UF (kg)				
		CO ₂ eq.	MP _{2,5} eq.	Petróleo eq.	SO ₂ eq.	P eq.
Vinho Tinto	750 mL	64%	60%	53%	62%	69%
Vinho Branco	750 mL	61%	55%	50%	55%	73%
Espumante	750 mL	100%	100%	100%	100%	100%

Fonte: Autores (2024).

Vinho Tinto e Vinho Branco

- Estima-se que a produção de uma garrafa de 750 mL é responsável pela emissão equivalente de 625 g CO₂, 1,21 g de MP_{2,5}, 3 g de SO₂ e 0,081 g de fósforo e consumo de 141 g de petróleo para o Vinho Tinto; e pela emissão de 600g CO₂, 1,1 g de MP_{2,5}, 2,6 g de SO₂ e 0,08 g de fósforo e pelo consumo de 130 g de petróleo (equivalentes), no caso do Vinho Branco, sendo muito similares os resultados.
- De forma geral, a produção da garrafa de vidro representa o principal impacto ambiental, respondendo em média a 43,5% na categoria de Eutrofização de água doce; e 75,5% na categoria de Escassez de Recursos Fósseis para produção dos Vinhos.
- O uso de cacos reciclados contribui significativamente na redução dos impactos, especialmente na emissão de P_{eq}.
- Se desconsiderada a produção da garrafa, a embalagem de papelão, o açúcar e os gases (CO₂, N₂) consistem nos principais geradores de impactos ambientais.

Espumante

- Estima-se que cada garrafa de Espumante é responsável pela emissão de 983g/CO₂, 2 g de MP_{2,5}, 4,8 g de SO₂ e 0,12 g de fósforo e pelo consumo de 266 g de petróleo (equivalentes).
- De forma geral, a produção da garrafa de vidro representa o principal impacto ambiental. Esse impacto é proporcionalmente maior do que o observado para os vinhos, sendo isso explicado pelo maior peso da garrafa de espumante.
- O uso de caco reciclado contribui significativamente na redução dos impactos, especialmente na emissão de fósforo.
- Se desconsiderada a produção da garrafa, a Caixa de Papelão consiste no principal gerador de impactos ambientais.

Suco

- Estima-se que cada garrafa de Suco (1,5 L) é responsável pela emissão de 1,05 kg/CO₂, 4,4 g de MP_{2,5}, 4,9 g de SO₂ e 0,14 g de fósforo e pelo consumo de 230 g de petróleo (equivalentes).
- De forma geral, a produção da garrafa de vidro representa o principal impacto ambiental, porém, de forma menor do que nos vinhos e espumantes. Isso se deve ao fato de o peso da garrafa ser similar à dos demais produtos, mas o volume transportado ser o dobro.
- O uso de cacos reciclados contribui significativamente na redução dos impactos, especialmente na emissão de fósforo.
- Existe um impacto significativo gerado pela caldeira, em especial pela queima da madeira. Isso é especialmente visível para o indicador de emissão de Material Particulado Fino, no qual a madeira consegue, inclusive, ser mais impactante do que a produção da garrafa de vidro, sendo responsável por 67% das emissões.
- Outros impactos relevantes são a produção da caixa de papelão e da tampa metálica.

Avaliação de sensibilidade para os impactos gerados pela garrafa de vidro

Neste item estão apresentados os resultados da análise de sensibilidade dos impactos a variações no percentual de cacos reciclados nas garrafas, na variação do peso e na redução da distância de transporte desta. Na tabela 7 e na tabela 8, estão apresentados os resultados comparando a garrafa original (com percentual de cacos reciclados conforme tabela 3) com uma garrafa utilizando somente vidro virgem (0% de cacos reciclados).

Em relação ao Vinho Tinto, observa-se em média uma redução de 19% nos impactos, havendo uma forte redução (36%) nas emissões de fósforo equivalente. O Vinho Tinto apresentou resultados similares, com uma queda de 17% em média, com 29% de redução nas emissões de fósforo equivalente.

Tabela 7. Impactos do percentual dos cacos reciclados para Vinho Tinto e Branco.

Categoria	Unidade	Vinho Tinto			Vinho Branco		
		Garrafa original	0% cacos reciclados	Difer.	Garrafa original	0% cacos reciclados	Difer.
Aquecimento Global	kg CO ₂ eq	0,6255	0,7014	-12%	0,6024	0,6687	-11%
Material particulado fino	kg MP _{2,5} eq	0,0012	0,0014	-16%	0,0011	0,0013	-16%
Escassez de recursos fósseis	kg Oil eq	0,1415	0,1588	-12%	0,1328	0,148	-11%
Acidificação Terrestre	kg SO ₂ eq	0,003	0,0036	-21%	0,0026	0,0032	-20%
Eutrofização de A.D.	kg P eq	8,09E-05	1,10E-04	-36%	8,53E-05	1,10E-04	-29%
Média	-	-	-	-19%	-	-	-17%

Fonte: Autores (2024).

Tabela 8. Impactos do percentual dos cacos reciclados para Espumante e Suco.

Categoria	Unidade	Vinho Tinto			Vinho Branco		
		Garrafa original	0% cacos reciclados	Difer.	Garrafa original	0% cacos reciclados	Difer.
Aquecimento Global	kg CO ₂ eq	0,9828	1,0983	-12%	1,0451	1,1572	-11%
Material particulado fino	kg MP _{2,5} eq	0,0020	0,0023	-15%	0,0044	0,0047	-6%
Escassez de recursos fósseis	Kg Oil eq	0,2657	0,2921	-10%	0,2299	0,2555	-11%
Acidificação Terrestre	Kg SO ₂ eq	0,0048	0,0058	-19%	0,0049	0,0059	-18%
Eutrofização de A.D.	kg P eq	1,17E-04	1,60E-04	-37%	1,47E-04	1,90E-04	-29%
Média	-	-	-	-19%	-	-	-15%

Fonte: Autores (2024).

Dessa forma, observa-se um efeito bastante positivo gerado pelo uso de cacos reciclados, com a redução dos impactos variando entre 15% e 19% em média, dependendo da categoria de produto analisada. A categoria de impacto mais beneficiada pela utilização da garrafa com cacos reciclados é a de Eutrofização de Água Doce, com uma variação entre 29% e 37%, dependendo da linha de produto. A Acidificação Terrestre também possui uma redução significativa, sendo o segundo impacto mais reduzido por esta medida (entre 18% e 21%).

A redução média no caso do Espumante foi de 19%, havendo 37% de redução nas emissões de fósforo equivalente. Por fim, o Suco apresentou o menor impacto dentre as categorias, 15% em média, porém, isso é atribuído ao fato de a garrafa de vidro ter uma participação menor sobre o impacto ambiental, quando comparado com as

outras linhas de produtos.

Além disso, uma das principais formas de reduzir os impactos nas linhas de produtos é com a redução do peso das garrafas. Sendo assim, avaliaram-se reduções de até 50% no peso da garrafa em relação ao peso original, e como isso impactaria em média a linha de produto, conforme apresentado na tabela 9. De forma geral, observa-se que a redução no peso da garrafa consiste na medida potencialmente mais efetiva para redução dos impactos ambientais.

Conforme observa-se para o Vinho Tinto e Vinho Branco, há uma forte correlação entre a redução do peso e dos impactos, visto que uma redução de 50% no peso resulta em uma redução média de 33% nas categorias de impacto avaliadas.

No que diz respeito ao Espumante, tendo em

Tabela 9. Comparação entre a redução do peso da garrafa e os efeitos sobre os impactos ambientais dos produtos.

Percentual de redução no Peso	Percentual médio de redução de impactos ambientais dos produtos			
	Vinho Tinto	Vinho Branco	Espumante	Suco
-10%	-7%	-6%	-8%	-5%
-20%	-13%	-13%	-16%	-10%
-30%	-20%	-19%	-24%	-15%
-40%	-26%	-25%	-32%	-20%
-50%	-33%	-32%	-40%	-25%

Fonte: Autores (2024).

vista a maior participação da garrafa de vidro no impacto ambiental, há um benefício maior na redução do peso. Nesse caso, a redução de impacto pode chegar até 40%, com as categorias mais beneficiadas, sendo as de Material Particulado Fino e Acidificação Terrestre.

No caso do Suco, uma vez que a garrafa de vidro possui o menor impacto percentual entre as linhas de produtos, o que se evidencia é um benefício significativo com a redução do peso da garrafa, até 25% de redução dos impactos, porém, inferior às demais linhas de produtos. Ressalta-se que há uma redução percentual menor da categoria de Material Particulado Fino, o que está atrelado ao fato de o Suco possuir um impacto elevado dessa categoria fora da produção da garrafa, na queima da madeira.

Conclusão

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, é possível identificar os principais possíveis pontos para mitigação de impactos ambientais durante a etapa de vinificação. Verificou-se bastante similaridade entre os impactos gerados pelos vinhos Tinto e Branco, com o Vinho Tinto apresentando impacto levemente superior entre as categorias avaliadas, com exceção da de Eutrofização de água doce.

Já o Espumante apresentou impacto mais elevado do que ambos os vinhos nas cinco categorias de impacto avaliadas, sendo essa questão decorrente principalmente da garrafa de vidro mais pesada e com maior distância de transporte até a empresa.

Nesse contexto, destaca-se a importância do impacto gerado na produção e transporte das garrafas de vidro. Como resultado, ações relativas à redução do peso da garrafa e ao aumento do percentual de cacos reciclados resultam nas maiores reduções de impactos ambientais.

No que diz respeito ao Suco, a diferença na unidade funcional (1,5 L x 0,75 L) dificulta sua comparação com os demais produtos. Porém, destaca-se o impacto significativo gerado pela queima da lenha na sua produção, o qual consiste em um importante *hotspot* para redução de impactos ambientais nessa linha de produto.

Por fim, destaca-se que, enquanto este trabalho restringe-se à avaliação de uma empresa, seus resultados podem ser enxergados, dentro de certos limites, como similares à realidade observada na região, permitindo, assim, servir como um ponto de partida para empresas do ramo planejarem ações efetivas de mitigação de impactos ambientais.

Referências

- ABNT. **ABNT NBR ISO 14.040:** gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida e princípios e estrutura. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
- ABNT. **NBR ISO/TS 14.072:** gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida e requisitos e diretrizes para a avaliação do ciclo de vida organizacional. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. **Comunicação da Comissão ao Conselho e ao Parlamento Europeu:** Política integrada de produtos. Desenvolvimento de uma reflexão ambiental centrada no ciclo de vida. Bruxelas: União Europeia, 2003. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52003DC0302>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- EUROPEAN COMMISSION. **Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for still and sparkling wine.** 2. ed. Bruxelas: European Commission, 2020. Disponível em: https://web.archive.org/web/20230313052518/https://ec.europa.eu/environment/eusds/mgmp/pdf/PEFCR%20_Wine_Feb2020.pdf. Acesso em: 26 abr. 2022.
- CONSEMA. **Resolução Consema 372 de 22 de fevereiro de 2018.** Dispõe sobre os empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, passíveis de licenciamento ambiental no Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Presidente do CONSEMA, 2018. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202112/23105618-consema-372-2018-atividades-licenciavies-municipios.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2024.
- GOULART, B. S; ALVIM, A. M. A disposição a pagar pela compensação da emissão de carbono no Rio Grande do Sul: um estudo para a indústria com alto potencial poluidor. **SINERGIA:** revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis (ICEAC), Rio Grande, v. 21, n.1, p. 21-32, dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.17648/sinergia-2236-7608-v21n1-5445>. Disponível em: <https://seer.furg.br/sinergia/article/view/5445/4835>. Acesso em: 18 mar. 2021.
- HARB, W.; ZAYDAN, R.; VIEIRA, M. Improving environmental performance in wine production by life cycle assessment: case of Lebanese wine. **The International Journal Life Cycle Assessment**, Berlim, v. 26, p. 1146-1159, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01895-0>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-021-01895-0>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- HUIJBREGTS, M. A. J. et al. ReCiPe2016: a harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. **The International Journal Life Cycle Assessment**, Berlim, v. 22, p. 138-147, dez. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1246-y>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- LAURET, A.; OLSEN, S. I.; HAUSCHILD, M. Z. Limitations of Carbon Footprint as Indicator of Environmental. **Environmental Science e Technology**, Washington, v. 46, n. 7, p. 4100-4108, abr. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/es204163f>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22443866/>. Acesso em: 07 ago. 2024.
- LITSKAS, V. D.; TZORTZAKIS, N.; STAVRINIDES, M. C. Determining the Carbon Footprint and Emission Hotspots for the Wine Produced in Cyprus. **Atmosphere**, Ottawa, v. 11, n. 5, maio 2020. DOI: [10.3390/atmos11050463](https://doi.org/10.3390/atmos11050463). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4433/11/5/463>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- MARTINS, A. A. et al. Towards sustainable wine: Comparison of two Portuguese wines. **Journal of Cleaner Production**, [S.l.], v. 183, p. 662-676, maio 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.057>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618303652>. Acesso em: 16 mar. 2021.
- MENESES, M.; TORRES, C. M.; CASTELLS, F. Sensitivity analysis in a life cycle assessment of an aged red wine production from Catalonia, Spain. **Science of The Total Environment**, [S.l.], v. 562, p. 571-579, ago. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.083>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971630763X?via%3Dihub>.

NIPHE. **Normalization scores ReCiPe 2016**. Netherlands: NIPHE, 2020. Disponível em: <https://www.rivm.nl/en/documenten/normalization-scores-recipe-2016>. Acesso em: 26 abr. 2022.

OIV. **Resolution OIV-CST 431/2011**. General Principles Of The Oiv Greenhouse Gas Accounting Protocol For The Vine And Wine Sector. Paris: OIV, 2011. Disponível em: <https://www.oiv.int/js/lib/pdfjs/web/viewer.html?file=/public/medias/2107/oiv-cst-431-2011-en.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2024.

OIV. **Resolution Oiv-Cst 503ab-2015**. Greenhouse Gases Accounting In The Vine And Wine Sector - Recognised Gases And Inventory Of Emissions And Sequestrations. Paris: OIV, 2015. Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/2112/oiv-cst-503ab-2015-en.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2022.

RUGANI, B. *et al.* A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 54, p. 61-77, set. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.04.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613002801?via%3Dihub>. Acesso em: 7 abr. 2021.

SCHAUFELLE, I.; HAMM, U. Consumers' perceptions, preferences and willingness-to-pay for wine with sustainability characteristics: A review. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 147, p. 379-397, mar. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.118>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617301336>. Acesso em: 17 mar. 2021.

SOREGAROLI, C. *et al.* Carbon footprint information, prices, and restaurant wine choices by customers: A natural field experiment. **Ecological Economics**, [S.l.], v. 186, ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107061>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800921001191>. Acesso em: 12 abr. 2021.

SVINARTCHUK, T.; HUNZIKER, P. **Methodological Recommendations for Accounting for Ghg Balance in the Vitivinicultural Sector**. Paris: OIV, 2017. Disponível em: <https://www.oiv.int/public/medias/5519/methodological-ghg-balance.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2024.