

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Cálculo da Pegada Carbónica do Vinho Produzido na Herdade dos Grous

Rúben Vicente Fonseca Batista

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Carla Alexandra Monteiro da Silva

2019

Resumo

A indústria vitivinícola, sendo um *player* ativo em emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera tem, neste seguimento, vindo a procurar desenvolver ações que minimizem os impactos da produção de vinho no ambiente. Neste seguimento a Comissão Vitivinícola Regional Alentejana desenvolveu uma iniciativa pioneira em Portugal, o Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo que traçou um plano a ser seguido por todas as entidades associadas, com o intuito de melhorarem o seu desempenho no âmbito da sustentabilidade do setor.

Os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação estão englobados numa vertente mais ambiental do Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo. Pretendeu-se estudar, para os anos de 2016, 2017 e 2018, todo o ciclo de vida do vinho produzido na Herdade dos Grous com o objetivo de obter um valor final da pegada carbónica de uma garrafa de vinho. Deste modo, procedeu-se a um estudo pormenorizado das possíveis variáveis emissoras de gases com efeito de estufa desde a produção das uvas na vinha, passando pela vinificação, embalamento até à distribuição do produto final. Desenvolveu-se ainda um estudo com vista a verificar quantos painéis fotovoltaicos anulariam a pegada carbónica do vinho.

Os resultados deste trabalho mostram que a Herdade dos Grous reduziu a sua pegada carbónica em cerca de 11% desde 2016, tendo esta se situado em 1,71 kg CO_{2(eq)} por garrafa no ano de 2018, não considerando emissões biogénicas. No ano de 2018, o embalamento demonstrou ser a variável que mais peso tem no valor final (88,6%) tendo a viticultura ficado em segundo lugar (15,6%). Em terceiro lugar ficou a vinificação tendo representado 9,4% e por último a distribuição representou 4,3% das emissões. Relativamente ao caso de estudo realizado, chegou-se à conclusão que a instalação de cerca de 6750 módulos fotovoltaicos anularia a pegada carbónica do vinho produzido na Herdade dos Grous.

Palavras chave: Análise de ciclo de vida, Sustentabilidade ambiental, PVsyst, Gases com efeito de estufa

Abstract

The wine industry, being an active player in greenhouse gas emissions to the atmosphere has, in this sequence, been seeking to develop actions that minimize the impacts of wine production on the environment. Following this, the Comissão Vitivinícola Regional Alentejana has developed a pioneer initiative in Portugal, the Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo, which has outlined a plan to be followed by all associated entities, with the aim of improving their performance within the sector's sustainability.

The works developed in this dissertation are included in a more environmental aspect of the Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo. It was intended to study, for 2016, 2017 and 2018, the whole life cycle of the wine produced in Herdade dos Grous with the objective of obtaining a final value of the carbon footprint of a wine bottle. Thus, a detailed study of the possible greenhouse gas emitting variables was carried out from the production of the grapes in the vineyard, through the vinification, packaging and distribution of the final product. A study was also conducted to see how many photovoltaic panels would nullify the carbon footprint of wine.

The results of this work show that Herdade dos Grous has reduced its carbon footprint by about 11% since 2016, having been 1.36 kg CO_{2eq} per bottle in 2018, not accounting with biogenic emissions. In 2018, packaging proved to be the variable that more weight has in the final value (88,6%), with viticulture in second place (15,6%). In third place was the winemaking fase representing 9,4% and finally the distribution represented 4,3% of the total emissions. Regarding the case study, it was concluded that the installation of about 6750 photovoltaic modules would nullify the carbon footprint of the wine.

Keywords: Life Cycle Analysis, Environmental Sustainability, PVsyst, Greenhouse Gases

Índice

Resumo.....	I
Abstract	II
Índice De Figuras.....	VI
Índice De Tabelas	VII
Agradecimentos	IX
Acrónimos	X
Capítulo 1 - Introdução	1
1.1. Contexto.....	1
1.2. Objetivos	2
Capítulo 2 – Enquadramento	4
2.1. O Aquecimento Global, a Indústria Agrícola e o seu Papel no Ambiente.....	4
2.2. Indústria Vitivinícola e as consequências das Alterações Climáticas	5
Capítulo 3 – Revisão Bibliográfica.....	7
3.1. A Sustentabilidade na Indústria Vitivinícola	7
3.2. A Sustentabilidade nos Vinhos do Alentejo	8
3.2.1. A Herdade dos Grous.....	10
3.3. <i>The Greenhouse Gas Protocol</i> and The International Organization of Vine and Wine ...	11
3.4. Definição de Fronteiras Organizacionais.....	12
3.5. Definição das Fronteiras Operacionais	12
3.6. Análise do Ciclo de Vida do Setor do Vinho.....	13
3.6.1. Viticultura	16
3.6.2. Vinificação	19
3.6.3. Embalamento.....	22
3.6.4. Distribuição	24
Capítulo 4 - Método	25
4.1. Práticas na vinha	26
4.2. Fotossíntese da Biomassa	28

4.3. Emissões Fugitivas	29
4.4. Transportes	30
4.5. Combustão estacionária	32
4.6. Práticas na Vinificação (Fermentação malolática)	33
4.7. Eletricidade	34
4.8. Embalamento	36
4.9. Produtos enológicos	38
4.10. Caso de Estudo	39
Capítulo 5 - Resultados	41
5.1 Caso de Estudo	49
Capítulo 6 - Conclusões	57
6.1. Ações de Mitigação	57
Capítulo 7 – Recomendações Futuras	62
Referências	64
Anexos	68
Anexos 1 – Inventário de toda a informação recolhida para a aplicação nos métodos de cálculo	68
Anexos 2 – Tabelas de resultados	77
Anexo 3 – Resultados do Caso de Estudo	89

Índice De Figuras

Figura 1: Evolução da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera [4].....	4
Figura 2:Áreas de aplicação dos três setores estudados no PSVA [15]	9
Figura 3: Capítulos de intervenção primária e secundária estudados para cada participante na fase de autoavaliação.[15]	10
Figura 4: Distribuição da área da herdade nas várias componentes (Fonte: Herdade dos Grous)	11
Figura 5: Fronteiras organizacionais e operacionais de uma empresa [17].....	13
Figura 6 - Cadeia de abastecimento na fase da viticultura relativa aos inputs de energia e combustíveis [17].....	16
Figura 7: Emissões características provenientes da fase da vinificação [17]	19
Figura 8: Fases da vinificação do vinho [32]	19
Figura 9: Produtos presentes nos efluentes ao longo do processo de vinificação [30]	21
Figura 10 - Emissões características provenientes da fase da vinificação [17]	22
Figura 11: Emissões características provenientes da fase do Embalamento [17]	24
Figura 12- Ciclo de vida do Vinho produzido pela Herdade dos Grous (Variáveis a tracejado não foram incluídas no estudo).....	41
Figura 13: Resultados da análise realizada aplicando diferentes fatores de emissão no embalamento	48
Figura 14 - Emissões anuais para cada subfase do processo incluindo emissões biogénicas (kg CO _{2(eq)} /FU)	51
Figura 15 - Emissões anuais respetivas a cada fase do processo por país incluindo emissões biogénicas.....	52
Figura 16 - Emissões anuais respetivas a cada fase do processo por país excluindo emissões biogénicas.....	53
Figura 17 - Emissões totais anuais de CO ₂ por fase do processo incluindo emissões biogénicas	54
Figura 18 –Emissões totais anuais de CO ₂ por fase do processo excluindo emissões biogénicas	55
Figura 19: Resultados do caso de estudo realizado.....	56

Índice De Tabelas

Tabela 1: Valores de pegada de carbono encontrados na bibliografia pesquisada	14
Tabela 2: Valores da área de vinha (F_{OS})	27
Tabela 3: Fatores de emissão a aplicar no cálculo das emissões referente às práticas na vinha..	27
Tabela 4: Distribuição do CO_2 consumido numa planta de videira [16].....	28
Tabela 5: Taxas de perda para sistemas de refrigeração e ar condicionado(Adaptado de [44]) ..	30
Tabela 6 - Dados referente ao combustível (Gasóleo) utilizado nos veículos	31
Tabela 7: Fatores de emissão para cada tipo de transporte.....	32
Tabela 8: Fatores de emissão para o gás natural assim como a densidade específica e poder calorífico inferior	33
Tabela 9: Fator de Emissão (Produção de Eletricidade)	36
Tabela 10: Fatores de Emissão (Transmissão e Distribuição de Eletricidade) [54].....	36
Tabela 11 - Fatores de emissão para as várias tipologias de material afetos ao embalamento....	37
Tabela 12 - Peso dos materiais tipicamente utilizados no embalamento por litro de vinho [57].	38
Tabela 13 - Fator de emissão referentes à produção dos produtos enológicos [36].....	38
Tabela 14: Partição da área da Herdade dos Grous nas suas várias componentes	42
Tabela 15: Informação referente à produção/comercialização do vinho.....	43
Tabela 16 - Emissões de $CO_{2(eq)}$ por fase de processo (g $CO_{2(eq)}/FU$) e por garrafa (incluindo emissões biogénicas).....	43
Tabela 17 - Emissões de $CO_{2(eq)}$ por fase de processo (g $CO_{2(eq)}/FU$) e por garrafa (excluindo emissões biogénicos)	44
Tabela 18: Fatores de emissão para aplicação na análise de sensibilidade	47
Tabela 19 - Resultados da pegada carbónica do vinho após análise de sensibilidade	48
Tabela 20 – Comparação entre garrafas PET e garrafas de vidro [59]	58
Tabela 21 - Tratamento de resíduos da uva, propriedades fitoquímicas e utilidade [66].....	60
Tabela 22 - Inventário de todos os fertilizantes aplicados na vinha e respetivas quantidades	68
Tabela 23 - Dados necessários para o cálculo das emissões provenientes da fotossíntese da biomassa.....	69
Tabela 24 - Combustível utilizado nos transportes afetos à viticultura e vinificação	70
Tabela 25 - Número de Garrafas Vendidas para Portugal e para Exportação e informações sobre o local de recolha/destino e distâncias percorridas	71
Tabela 26: Tabela 25 (continuação).....	72
Tabela 27: Quantidade de gás propano afeto à vinificação	73
Tabela 28 – Informação para o cálculo das emissões provenientes da Fermentação Malolática	74

Tabela 29 - Valores da fatura de Eletricidade (Comprada e Produzida)	75
Tabela 30 - Inventário dos materiais utilizados no embalamento.....	75
Tabela 31 - Produtos adquiridos para a fase de Vinificação	76
Tabela 32 - Emissões de CO _{2(eq)} por variável calculada (g CO _{2(eq)} /FU)	77
Tabela 33: Emissões referentes aos veículos para a viticultura e vinificação	78
Tabela 34: Emissões provenientes da eletricidade afeta à viticultura	79
Tabela 35: Emissões provenientes da fotossíntese da biomassa.....	80
Tabela 36: Emissões provenientes da aplicação de fertilizantes e gestão dos solos na vinha	81
Tabela 37: Emissões referentes á combustão estacionária em equipamentos afetos à adega	82
Tabela 38: Emissões referentes à maquinaria contratada afeta à viticultura	82
Tabela 39: Emissões provenientes das emissões fugitivas no sistema de refrigeração da adega	83
Tabela 40 : Emissões provenientes da fermentação malolática.....	84
Tabela 41: Emissões provenientes da eletricidade afeta à viticultura	85
Tabela 42: Valores de emissões referentes aos produtos enológicos	85
Tabela 43: Emissões referentes à Distribuição do Vinho produzido na Herdade dos Grous	86
Tabela 44:Emissões provenientes do LCA dos materiais afetos ao embalamento	87
Tabela 45 - Resultados do caso de estudo proposto.....	89

Agradecimentos

À professora Carla Silva por toda a ajuda, apoio e paciência no decorrer de todo este trabalho.

Um agradecimento à Comissão Vitivinícola Regional Alentejana, em especial ao João Barroso, pela oportunidade de realizar um trabalho onde pude verificar *in loco* como se processa a produção do vinho e todas as variáveis que lhe estão associadas.

À Miriam Mascaranhas, em representação da Herdade dos Grous por toda a informação prestada e disponibilidade. Este trabalho não teria sido possível sem a sua ajuda.

Um agradecimento muito especial à minha mãe e avó, assim como ao meu pai, por me ensinarem o valor da vida e do trabalho.

Acrónimos

CO ₂	Dióxido de Carbono
CO _{2eq}	Dióxido de Carbono Equivalente
CH ₄	Metano
CVRA	Comissão Vitivinícola Regional Alentejana
EF	<i>Emission Factor</i>
FU	<i>Functional Unit</i>
GHG	Gases com Efeito de Estufa
GHGAP	<i>Greenhouse Gas Accounting Protocol</i>
GWP	<i>Global Warming Potential</i>
HG	Herdade dos Grous
IPCC	<i>Intergovernmental pannel for Climate Change</i>
IWCC	<i>International Wine Carbon Calculator</i>
LCA	<i>Live Cycle Analysis</i>
N ₂ O	Óxido Nitroso
<i>OIV</i>	<i>International Organization of Vine and Wine</i>
PCI	Poder Calorífico Inferior
PPB	Pastagens Permanentes Biodiversas
PSVA	Plano de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>
WRI	<i>World Resources Institute</i>
PEFCR	<i>Product Environmental Footprint Category Rules</i>

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Contexto

O vinho possui uma longínqua importância histórica e religiosa que remonta a diversos períodos da humanidade. Desde cedo, que esta bebida faz parte do cotidiano e hábitos alimentares da humanidade, tendo sido produzido até à revolução industrial, maioritariamente, de modo mais rústico e em pequenas quantidades muitas vezes apenas para consumo doméstico e não comercial.

Foi a partir da revolução industrial, e mais tarde a seguir à segunda guerra mundial, que com um período de crescimento económico e prosperidade, grandes alterações fizeram-se sentir na indústria vitivinícola tendo como consequência o aumento da procura do vinho, muito em especial fora da Europa, onde era normalmente consumido [1].

Com um acelerado crescimento económico mundial aliado a um crescimento populacional igualmente exponencial, a crescente procura por esta bebida propiciou o aumento da produção do vinho através de maiores e mais unidades vinícolas espalhadas por todo o mundo. Atualmente, em muitos países, a indústria vinícola representa já um importante setor com peso na economia sendo estas em grande parte exportadoras deste produto.

Em anos recentes, a crescente pressão das autoridades ambientais e a maior preocupação dos consumidores em conhecer os produtos que adquirem têm levado a uma maior preocupação por parte das entidades produtoras de vinho a reduzirem o seu impacto no meio ambiente.

Em vários locais onde a produção de uva está concentrada, existe uma considerável pressão ambiental, devido a atividades agrícolas, nomeadamente devido ao uso de fertilizantes, pesticidas, energia, água, utilização do solo e produção de lixo orgânico. É, deste modo, importante estudar o processo produtivo do vinho, de modo a identificar em que fases produtivas as emissões são maiores, de forma a definir alterações que possam ser implementadas com o intuito de reduzir a pegada ecológica da indústria.

Vários programas de sustentabilidade na indústria vitivinícola têm sido implementados com a finalidade de satisfazer a exigência dos seus consumidores. Estas mudanças são também decisivas ao nível das receitas dos vários intervenientes, visto, como referido anteriormente, esta indústria estar a tornar-se cada vez mais competitiva, sendo as questões ambientais crescentemente relevantes e decisivas nas quotas de mercado da indústria. Segundo [2] os consumidores mostram-se dispostos a pagar mais por produtos que se mostrem benéficos relativamente à segurança alimentar e ambiental. A título de exemplo, um estudo, realizado aos consumidores de vinho Espanhóis, mostrou que estes estão dispostos a pagar até mais 16% acima do preço de vinho convencional, por vinho biológico.

Com vista a uma maior sustentabilidade na produção de vinho português, nomeadamente na região do Alentejo, a Comissão Vitivinícola Regional Alentejana (CVRA), organização responsável pelo controlo, proteção e certificação dos vinhos produzidos no Alentejo, tendo parceiro principal a Universidade de Évora, decidiu criar o Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo (PSVA).

1.2. Objetivos

A Herdade dos Grous é um dos participantes do PSVA, estando altamente comprometida a desenvolver ações de melhoria no seu processo produtivo de vinho, com a finalidade de reduzir a sua pegada ecológica no meio ambiente. Incluída na pegada ecológica, encontra-se a pegada carbónica que quantifica as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera associada ao processo produtivo do vinho.

Esta dissertação tem como principal objetivo o estudo da pegada de carbono do vinho produzido pela Herdade dos Grous, assim como a identificação de possíveis melhorias que possam ser implementadas, de modo a reduzir as emissões de gases com efeito de estufa (GHG). Nesse âmbito, será realizado um estudo com o intuito de se verificar quantos painéis fotovoltaicos seriam necessários instalar de modo a anular a pegada carbónica da herdade.

Com a finalidade de melhor entender onde existem maiores valores de emissões e logo, onde podem ser implementadas medidas de mitigação, o estudo será dividido em 4 fases. Em primeiro lugar a fase da **viticultura**, que está associada a todos os processos que ocorrem na produção da uva que será posteriormente processada para produção do vinho. Seguidamente a fase da **vinificação** onde estarão contempladas todas as emissões associadas à parte do processo produtivo que ocorre na Adega. Outra fase será o **embalamento** e por fim, serão também estudadas as emissões associadas à **distribuição** do produto final.

1.3. Estrutura

Inicialmente começasse por introduzir um enquadramento do setor agrícola e a sua influência no ambiente. Seguidamente, é abordado o modo como a indústria vitivinícola se tem vindo a desenvolver e as consequências das alterações climáticas nesta.

No terceiro capítulo, procedesse a uma pesquisa bibliográfica adaptada ao estudo em questão. Pretendeu-se dividir a pesquisa de modo a corresponder ao modo como os resultados do trabalho serão apresentados. Assim, esta foi dividida em quatro fases: viticultura, vinificação, embalamento e distribuição.

No capítulo quatro desenvolvem-se os métodos a aplicar no cálculo da pegada de carbono do vinho. Note-se que as quatro fases estudadas neste trabalho são constituídas por várias subfases, sendo que, para cada uma delas diferentes métodos são aplicados para o cálculo das respetivas emissões de dióxido de carbono equivalente.

O capítulo cinco é dedicado à apresentação de todos os resultados obtidos da aplicação dos métodos. Este inicia-se com um enquadramento geral da Herdade dos Grous em relação à distribuição da área assim como são indicados os valores de produção do vinho para cada ano estudado. Seguidamente, para cada subfase são discutidos os resultados obtidos e por fim realiza-se uma comparação com a pesquisa bibliográfica.

O sexto capítulo é dedicado às conclusões do trabalho. São também discutidas possíveis medidas de mitigação de emissão de GHG através de ações que podem ser desenvolvidas em todo o processo produtivo do vinho até à distribuição.

O capítulo sete destina-se a referir medidas que podem complementar o trabalho realizado.

Capítulo 2 – Enquadramento

2.1. O Aquecimento Global, a Indústria Agrícola e o seu Papel no Ambiente

O mundo em que vivemos tem vindo a experienciar alterações sérias nos processos naturais que dele fazem parte, provocando sérios danos ao normal funcionamento do planeta e consequentemente, alterações significativas no quotidiano humano e dos restantes seres vivos.

O crescente aumento de ondas de calor que duram cada vez mais tempo, secas que afetam fortemente a indústria agrícola, chuvas intensas provocando inundações, furacões e tempestades cada vez mais fortes, são alguns dos fenômenos que demonstram que o clima está a mudar a cada dia que passa. A grande maioria das alterações no clima devem-se ao aumento da temperatura do planeta, que aumentou em média 0.9 °C desde a revolução industrial, chegando ao seu valor mais alto no ano de 2016 [3].

São consensuais entre a maioria dos cientistas as razões que levam a este aumento. Devem-se ao significativo aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera, nomeadamente o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O).

O aumento da concentração destes gases é, essencialmente, consequência de atividades humanas que têm vindo a explorar os recursos do planeta. Estas têm vindo a crescer continuamente desde 1970 sendo que, em termos percentuais, entre 2000 e 2010 este aumento foi superior ao registado desde 1970 até 2000, evidenciando o maior crescimento das emissões nos anos mais recentes [4].

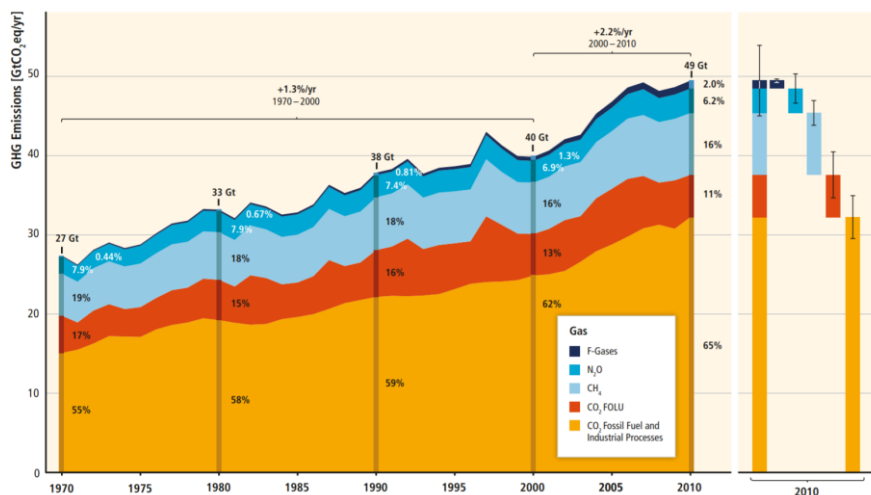


Figura 1: Evolução da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera [4]

Importa referir que, da totalidade de emissões, cerca de 72 % provêm do CO₂, 19% do metano, 6% de óxido nitroso e 3% de gases fluorados [5]. Ainda assim, em 2016 a concentração de CO₂ na

atmosfera foi a maior em 400,000 anos (404 partes por milhão, ppm) e cerca de 7% superior ao ano de 2007.

Reconhecendo os sérios problemas que o planeta atravessa nos dias de hoje, torna-se inequívoco que todos os setores necessitam de se ajustar e desempenhar um papel mais ativo e contributivo na mitigação das alterações climáticas. A agricultura, sendo um setor fundamental na alimentação e economia dos vários países, representa também uma área onde é necessário conjugar esforços, de modo a diminuir o seu potencial nocivo. Este setor contribui com cerca de 5.0 a 5.8 Gt CO_{2eq} de emissões anualmente para a atmosfera, representando aproximadamente 11% da totalidade de emissões de gases com efeito de estufa antropogénicos [6]. Ao ritmo do crescimento populacional atual, em 2050 será necessário produzir mais 50% de alimento comparativamente com a produção atual [7]. É da maior importância reduzir a energia utilizada no setor agrícola de modo a diminuir o seu potencial nocivo de emissões de GHG.

2.2. Indústria Vitivinícola e as Consequências das Alterações Climáticas

A segunda metade do século vinte representou um período de grande mudança no setor do vinho. Como o crescimento económico a acelerar após a segunda guerra mundial, a indústria vitivinícola experienciou grandes mudanças no consumo e produção de vinho [1]. A sua produção em quantidades industriais aumentou, permitindo ao setor ganhar relevância económica em muitas economias produtoras deste produto. Itália, França e Espanha são os maiores produtores de vinho no globo tendo representado em 2015 cerca de 49 % de toda a produção de vinho [8]. Portugal tem permanecido nos últimos anos como o 11º maior produtor de vinho, tendo em 2015 num dos seus melhores anos produzindo cerca de 7.0 Mhl de vinho.

Globalmente, os Estados Unidos, França, Itália e Alemanha representam os maiores consumidores de vinho assegurando cerca de 42% do consumo mundial. Os Estados Unidos, Austrália e China são entre outros, são dos países que mais aumentaram o seu consumo deste produto, tendo em comparação com o ano 2016 crescido cerca de 2.9%, 4.9% e 3.5% respetivamente. Apenas em 2016, 27 mil milhões de litros de vinho foram produzidos tendo a área afeta á produção de vinha sido 7.5 milhões de metros quadrados em todo o mundo. Estima-se que nesse ano as trocas internacionais de vinho tenham representado 29 mil milhões de Euros [9].

É de referir que a indústria vitivinícola é fortemente influenciada pelas condições climáticas, assim como pela qualidade dos solos onde são plantadas as vinhas. Anos com ocorrências climáticas anormais nestas localizações estão normalmente associadas a uma menor produção de vinho, assim como alterações na sua qualidade. O aumento da erosão dos solos, redução do teor de matéria orgânica, redução da qualidade e quantidade de água para regas, alteração do período e tipologia de

pragas representam algumas das situações que podem estar ligadas a consequências que as alterações climáticas têm trazido nas últimas décadas. A título de exemplo, a produção de vinho na Europa no ano de 2017 caiu cerca de 14.6 % comparativamente com 2016 estando isto diretamente ligado às condições climáticas adversas que se fizeram sentir nos países produtores de vinho europeus.

É esperado, de um modo geral, que o aumento da temperatura, irá aumentar a evapotranspiração dos solos, provocar modificações nos padrões normais dos períodos de chuva, aumentando numas geografias e diminuindo noutras criando longas temporadas de secas. Espera-se que o ciclo reprodutivo das vinhas será comprimido na estação mais quente e consequentemente a vindima far-se-á mais cedo. A quantidade de uva prevê-se também ser menor, visto que o peso da evapotranspiração no balanço da água será maior, originando bagos de uva de menor dimensão diminuindo também a sua fertilidade. Em climas mediterrânicos ou outros climas secos, como é o caso de Portugal, a qualidade dos vinhos pode vir a sofrer devido à diminuição da quantidade de água, aumentando os casos de necrose das folhas assim como alterações na fotossíntese [10]. Apesar destas alterações climáticas poderem não ser prejudiciais para todos os tipos de vinha assim como para as várias regiões, é consensual que as alterações climáticas representam um grande desafio na indústria vitivinícola.

Estima-se que o setor agrícola tenha de reduzir as suas emissões em cerca de 1 Gt CO_{2e} até 2030 para atingir a meta dos 2° C de temperatura definida no Acordo de Paris [6]. A indústria vitivinícola, sendo uma fonte de emissões, pode contribuir para atingir essa meta, através da otimização de processos que abrangem todo o espectro que vai desde a produção de uva na vinha, passado pela produção do vinho na adega, pelo seu embalamento e entrega do produto final ao consumidor.

Capítulo 3 – Revisão Bibliográfica

O cálculo da pegada carbónica da produção de vinho pode ser um processo complexo, devido às múltiplas variáveis de lhe estão associadas e respetivas emissões de gases de efeito de estufa.

Este capítulo tem como objetivo dar a conhecer as linhas orientadoras que facilitam o cálculo da pegada carbónica associada ao vinho, assim como mostrar as fases produtivas que lhe estão associadas. Começasse por fazer uma pesquisa sobre a sustentabilidade na indústria vitivinícola em geral, sendo depois aprofundado o papel do Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo na sustentabilidade dos vinhos que representa.

Por fim serão referenciados estudos já realizados neste âmbito e seus resultados, para posteriormente, estes serem comparados com os resultados deste trabalho e respetivas conclusões sejam retiradas.

De referir que se tentou procurar bibliografia que tivesse como unidade funcional uma garrafa típica de vinho branco ou tinto de 0.75L, visto que os resultados deste trabalho virão também a ser apresentados para esta unidade funcional. Relativamente aos gases com efeito de estufa, serão considerados o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). Importa referir que foram contabilizadas as emissões de GHG desde a fase da viticultura à distribuição até ao armazém de retalho. Relativamente aos gases considerados é também importante referir que nas metodologias aplicadas podem aplicados fatores de emissão que poderão ter quantificados outros GHG's que não o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O).

3.1. A Sustentabilidade na Indústria Vitivinícola

A indústria vitivinícola, em parte devido aumento de regulamentação, mas também a uma maior consciência da sua responsabilidade social e ambiental, tem vindo a alterar-se no sentido de práticas mais sustentáveis e amigas do ambiente. Consequentemente, a sustentabilidade ambiental tornou-se uma prioridade nos vários intervenientes que fazem parte na cadeia de abastecimento do vinho [2]. Através dos vários estudos já publicados e das crescentes decisões implementadas neste âmbito, é já possível verificar resultados de algumas mudanças implementadas na indústria em anos recentes.

É importante notar-se que, a sustentabilidade na agricultura, e por conseguinte na indústria vitivinícola, não assenta apenas na redução das emissões dos gases com efeito de estufa. Ohmart em [11] refere que a sustentabilidade na agricultura “envolve tudo o que faz na quinta, desde o impacto económico, ambiental e todos os aspetos relacionados com recursos humanos não incluindo apenas os recursos humanos e a família, mas também a comunidade circundante”. As mesmas palavras podem ser referidas para a indústria vitivinícola.

Um pouco por todas as regiões produtoras de vinho, vários programas de sustentabilidade têm sido implementados.

A Califórnia, sendo a quarta maior região produtora de vinho do mundo, possui um dos mais amplos programas de sustentabilidade. Criada em 2003 a *California Sustainable Winegrowing Alliance* ajuda na implementação do *California Sustainable Winegrowing program* [12]. Este programa criou um código onde são fornecidos a todos os produtores de vinho Californianos, linhas orientadoras no sentido da integração de práticas sustentáveis nas suas operações. Desde a sua criação, são já 1616 os produtores de vinho participantes, representando cerca de 68.8% da área de cultivo de vinha. A título de exemplo, são já 85% dos produtores que implementaram ações com vista à redução do consumo de água nas vinhas, 82 % implementaram alterações com vista ao aumento da eficiência na bombagem de água para rega, 73% monitorizam semanalmente a vinha relativamente a pragas guardando esses dados e ainda 95% encorajam a renovação de nitrogénio nos solos permitindo à vegetação crescer utilizando culturas de cobertura ou compostagem [13]. Foram também aconselhadas medidas nas adegas onde é produzido o vinho sendo que auditorias energéticas, monitorização do consumo de água e separação de resíduos para reciclagem são algumas dessas medidas.

A Califórnia é apenas um dos exemplos de aplicabilidade de medidas concretas em todo o processo produtivo do vinho. A Sustainable Wine South Africa, Entwine Australia e Sustainable Winegrowing New Zeland representam outros programas que têm desenvolvido trabalho dirigido à sustentabilidade na indústria vitivinícola. Portugal acrescenta um importante contributo para esta indústria, estando presente num mercado cada vez mais competitivo em que a diferenciação é um importante fator.

Num mercado que se exige cada vez mais ecológico e sustentável, a publicidade e marketing, representam nos dias de hoje uma ferramenta essencial no aumento das vendas dos vários produtos presentes no mercado, fazendo o vinho parte deste universo. Consequentemente, uma produção vinhateira mais ecológica e sustentável é importante na continuação do crescimento do mercado vinhateiro português assim como no modo como os mercados exteriores olham para a indústria vinícola portuguesa.

3.2. A Sustentabilidade nos Vinhos do Alentejo

Com vista a uma maior sustentabilidade na produção de vinho português, nomeadamente na região do Alentejo, a Comissão Vitivinícola Regional Alentejana (CVRA), organização responsável pelo controlo, proteção e certificação dos vinhos produzidos no Alentejo, tendo parceiro principal a Universidade de Évora, decidiu criar o Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo (PSVA).

Com o objetivo de criar um programa coletivo de sustentabilidade, esta é uma iniciativa pioneira em Portugal com o intuito de proporcionar a todos os membros do programa uma ferramenta de avaliação dos processos e atividades inerentes à produção de vinho, tendo como final propósito a amplificação da competitividade e sustentabilidade dos vinhos produzidos na região Alentejana.

Iniciado em 2014, conta já com 340 membros que representam 46% da superfície de vinha e 65% da produção de vinho na região vitivinícola Alentejana [14].

Estando consciente do grande potencial de ligação entre a competitividade com objetivos ambientais, assim como com a criação de oportunidades, o PSVA tem como algumas das linhas orientadas da sua atuação:

- A redução de custos e aumento da viabilidade económica;
- A resposta a preocupações sociais;
- A redução de desperdícios de produtos;
- O melhoramento da qualidade do produto final;
- A integração dos produtores numa rede com objetivos comuns;
- O incentivo da proatividade em relação ao aumento das pressões ambientais;
- Garantir a durabilidade do negócio;

O objetivo da PSVA define-se como:

*“produzir uvas e vinho de qualidade e de forma economicamente viável,
ao mesmo tempo que se protege o meio ambiente, melhorando as
relações com os colaboradores e vizinhos”*

A avaliação está organizada em 3 setores distintos conforme a tipologia de produtores (viticultura, adega; viticultura & adega)



Figura 2: Áreas de aplicação dos três setores estudados no PSVA [15]

Todos os presentes e futuros participantes no programa passam por várias fases de implementação. Começa-se inicialmente pela realização de uma autoavaliação baseada em onze capítulos de

intervenção primária O resultado dessa autoavaliação é o estabelecimento de uma categoria geral de sustentabilidade (pré-inicial, inicial, intermédio ou desenvolvido). Na *Figura 3* é possível verificar quais os vários capítulos de intervenção primária e secundária estudados para cada participante na fase de autoavaliação.

Capítulos de Intervenção Primária	Capítulos de Intervenção Secundária
Produção Vitícola	Qualidade do Vinho
Gestão de Solos	Gestão Sustentável de Ecossistemas
Gestão de Água na Vinha	Qualidade do Ar
Gestão de Doenças e Pragas na Vinha	Manuseamento e Gestão de Materiais na Produção
Eficiência Energética na Vinha	Opções de Embalamento & Componentes
Gestão de Resíduos na Vinha	Comunidade Envolvente (Comunicação e Envolvimento das Partes Interessadas)
Conservação e Qualidade de Água na Adega	Socio-Economia e Desenvolvimento Regional
Gestão de Resíduos na Adega	
Eficiência Energética na Adega	
Gestão de Doenças e Pragas na Adega	
Recursos Humanos	

Figura 3: Capítulos de intervenção primária e secundária estudados para cada participante na fase de autoavaliação. [15]

O objetivo final de cada membro será a melhoria contínua através implementação de planos de ação anuais, com o propósito de evoluir e posicionar-se na categoria geral de sustentabilidade de desenvolvido.

A Herdade dos Grous é um dos participantes no PSVA e como tal tem vindo a desenvolver ações de melhoria no seu processo produtivo de vinho. Nesta dissertação será estudada a pegada de carbono do vinho produzido pela Herdade dos Grous, assim como a identificação de possíveis melhorias que possam vir a ser implementadas com vista à sua redução.

3.2.1. A Herdade dos Grous

A Herdade dos Grous (HG) fica localizada no Alentejo estendendo-se por cerca de 967 hectares, sendo a área afeta à produção de vinho cerca de 88 hectares.

Primando pela diversidade nas atividades que desenvolve, paralelamente à produção de vinho, a herdade tem cerca de cento e onze hectares de olival, desenvolvendo também atividades na área do agroturismo, exploração agropecuária e criação de cavalos.

Consciente do desafio das alterações climáticas e da crescente exigência dos consumidores de vinho, a Herdade dos Grous representa uma entidade ativa e empenhada do PSVA com o intuito de melhorar o desempenho ambiental e energético afeto às atividades que desenvolve. Aliada a esta preocupação, a herdade possui também cerca de 100 hectares destinadas ao crescimento de pastagens permanentes biodiversas, conhecidas por potencializarem o sequestro de dióxido de Carbono.

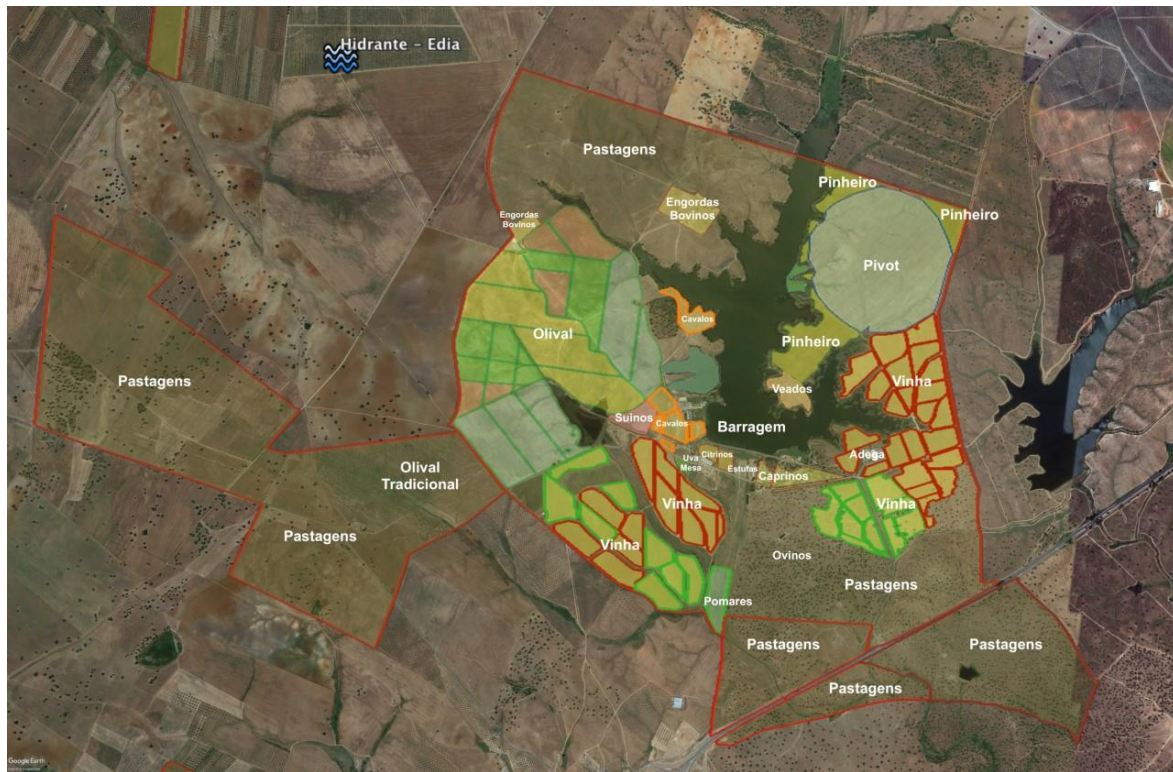


Figura 4: Distribuição da área da herdade nas várias componentes (Fonte: Herdade dos Grous)

3.3. *The Greenhouse Gas Protocol and The International Organization of Vine and Wine*

Com o objetivo de se desenvolver um guia aceite internacionalmente no que respeita à quantificação das emissões de gases com efeito de estufa, o *Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol)* foi desenhado pelo *World Resources Institute (WRI)* e pelo *World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)*. Este protocolo veio estabelecer uma metodologia que permite medir e gerir as emissões de gases com efeito de estufa dos vários setores públicos e privados, as suas cadeias de valor e ações de mitigação.

Foi com base no *GHG protocol* que a *International Organization of Vine and Wine (OIV)* desenvolveu um protocolo internacional para quantificar as emissões de gases com efeito de estufa provenientes da produção de vinho e uva. Desde modo, organizações, negócios e *stakeholders* podem aplicar um método claro e completo, para o cálculo das suas emissões de GHG.

É com base nesse protocolo amplo e uniforme criado pela OIV que surge a *International Wine Carbon Calculator (IWCC)*. O protocolo desenhado pela FIVS teve como objetivo chegar a um consenso das fontes de emissão que deveriam ou não ser incluídas no cálculo da pegada carbónica na indústria vinícola.

Esta dissertação de mestrado irá seguir as mesmas linhas orientadoras dadas pelo protocolo referido anteriormente, começando-se por definir a fronteira organizacional da empresa ou negócio, seguindo-se a definição das fronteiras Operacionais. Os resultados serão posteriormente apresentados dividindo o processo produtivo em várias fases: viticultura, vinificação, embalamento e distribuição. Esta escolha deve-se a uma maior facilidade na interpretação dos resultados e comparação com outros estudos já realizados.

3.4. Definição de Fronteiras Organizacionais

É importante notar que uma empresa ou negócio poderá ser visto de diferentes perspetivas dependente do estudo que se vai realizar. Estas podem ser constituídas por um amplo conjunto de estruturas ou organizações, tornando-as mais ou menos complexas de estudar. Deste modo, é importante definir as fronteiras organizacionais do estudo. O *World Resources Institute (WRI)*, recomenda duas opções na definição destas fronteiras: a abordagem de controlo e a de equidade.

Enquanto que na abordagem de equidade, as emissões de uma empresa são quantificadas consoante a sua participação na totalidade da operação, a abordagem de controlo permite quantificar 100% das emissões que provêm de operações em que a empresa tem controlo [16].

Para empresas no setor vinhateiro, nomeadamente unidades produtoras de vinho, a abordagem aconselhada no cálculo das emissões de GHG é a de controlo. Deste modo são quantificadas as emissões provenientes de ações e processos em que a empresa tem total controlo. Esta é a abordagem que permite o controlo total na implementação de novas políticas e ações com o potencial de redução da sua pegada carbónica [17].

3.5. Definição das Fronteiras Operacionais

A definição das fronteiras operacionais na empresa em estudo permite uma maior efetividade na gestão das emissões de gases na medida em que existe uma separação entre emissões de GHG diretas e indiretas.

As emissões diretas dizem respeito às que são emitidas por fontes em que a empresa é detentora, enquanto que as emissões indiretas dizem respeito a emissões emitidas devido à operação da empresa, mas que são controladas por outra empresa.

Na seguinte figura pode-se ver um esquema exemplificativo de como são organizadas e relacionadas as fronteiras organizacionais e operacionais de uma empresa genérica.

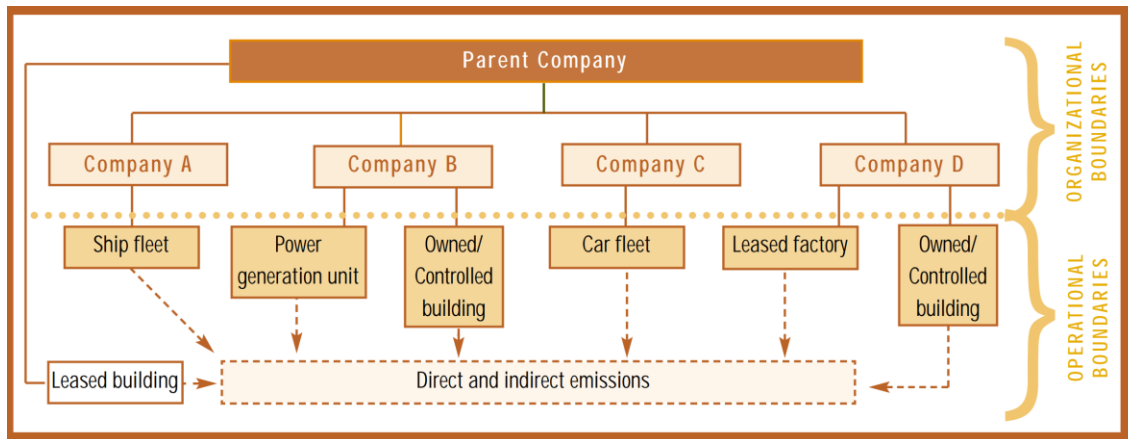


Figura 5: Fronteiras organizacionais e operacionais de uma empresa [17]

3.6. Análise do Ciclo de Vida do Setor do Vinho

A aplicação da análise do ciclo de vida (LCA) no setor do vinho permite a realização de estudos mais fidedignos englobando todo o espectro de emissões na produção do vinho. Esta metodologia de análise tem-se demonstrado cada vez mais importante em análises ambientais, tendo em conta todo o ciclo de vida do produto. Contudo, a sua aplicação no setor do vinho ainda está em fase de desenvolvimento [9].

Como já referido anteriormente, o estudo do ciclo de vida do vinho pode ser um processo complexo. Desde o tipo de vinho, à localização onde ele é produzido, passando pela produção dos materiais necessários à sua produção, a energia necessária e ainda a distribuição do produto final, muitos são os fatores que podem variar e conseqüentemente alterar os valores finais para cada estudo. Cada fase de produção do vinho engloba várias subfases em que os vários *inputs* (energia, químicos, água, matérias primas e infraestruturas, etc.) e *outputs* (coprodutos, emissões, resíduos etc.) devem ser considerados. Para obter um estudo completo e fidedigno todas as variáveis incluídas no processo produtivo do vinho devem ser tidas em conta.

Na Tabela 1 encontram-se, para a pesquisa bibliográfica realizada neste trabalho, os respetivos valores de pegada carbónica do vinho assim como as fases de produção que estes incluem.

Tabela 1: Valores de pegada de carbono encontrados na bibliografia pesquisada

Pegada de carbono por garrafa (0,75 L) (kg CO₂(eq)/garrafa)	Fases do processo incluídas	Observações	Bibliografia
1,44	Viticultura, Vinificação, Embalamento e Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Inclui o transporte e tratamento dos materiais afetos ao embalamento; 	[18]
0,75 – 0,90	Viticultura, Vinificação, Embalamento e Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Inclui as emissões da produção das barricas; • Não inclui as emissões da produção e fim de vida de bens capitais; • Não inclui emissões provenientes da aplicação de pesticidas e herbicidas nem da produção de fertilizantes; • Não inclui emissões provenientes do tratamento de águas residuais; • Não inclui emissões fugitivas 	[19]
1,6	Viticultura, Vinificação e Embalamento	<ul style="list-style-type: none"> • Não o inclui o transporte do armazém de retalho até ao local de consumo e posterior transporte para o centro de tratamento e tratamento final do vidro; 	[20]
2,0	Viticultura, Vinificação, Embalamento e Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Não inclui a produção, manutenção e tratamento final de bens capitais afetos a todo o processo; 	[21]

		<ul style="list-style-type: none"> • Não o transporte do produto final do armazém de retalho ao local de consumo e posterior transporte para o centro de tratamento e tratamento final do vidro; • Não inclui produção e transporte da cortiça, rótulos e cápsulas; • Não inclui o transporte de produtos fitossanitários; • Não inclui o tratamento dos resíduos criados em todo o processo; 	
1,91	Viticultura e Vinificação	<ul style="list-style-type: none"> • Não inclui emissões originadas na fermentação por serem consideradas emissões biogénicas; 	[22]
ND	Viticultura, Vinificação, Embalamento e Distribuição, tratamento de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Engloba todos as fases desde a produção da uva até ao tratamento final da garrafa; • Resulta da pesquisa realizada em vários estudos não sendo possível discriminar quais as variáveis que não tem em consideração; 	[23]
2,2 ± 1,3	Viticultura (incluindo plantação da vinha), Vinificação, Embalamento, Distribuição, Tratamento de resíduos)	<ul style="list-style-type: none"> • Engloba todos as fases desde a plantação da vinha até ao tratamento final da garrafa; 	[24]

Seguidamente, pretende-se explicar para as quatro fases que irão ser estudadas nesta dissertação, as potenciais fontes de emissão de GHG, assim como dar a conhecer resultados encontrados na bibliografia estudada.

3.6.1. Viticultura

A fase da viticultura representa a primeira fase de todo o processo vinícola. Esta fase requer práticas que são obrigatórias à obtenção da matéria prima que posteriormente é transformada em vinho, as uvas. Sendo uma fase essencial na obtenção de um bom produto final, é clara a necessidade de controlar todas as etapas de desenvolvimento das videiras e uvas e quaisquer elementos que interfiram ou influenciem de alguma maneira o crescimento e maturação das mesmas.

As intervenções na fase da viticultura abrangem ações que ocorrem de inverno, como a pré-poda, a poda, arrumação da lenha, manutenção da estrutura, retanchar e baixa dos arames. As restantes intervenções são realizadas no período ativo das videiras como a espampa, desponta e desfolha entre outras intervenções como o enrelvamento, fertilização dos solos, tratamentos fitossanitários, manutenção dos solos, vindima e por fim o transporte da uva para as adegas.

No cálculo da pegada carbónica do vinho torna-se importante entender em todas as fases os *inputs* e *outputs* que têm um papel na contribuição das emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera.

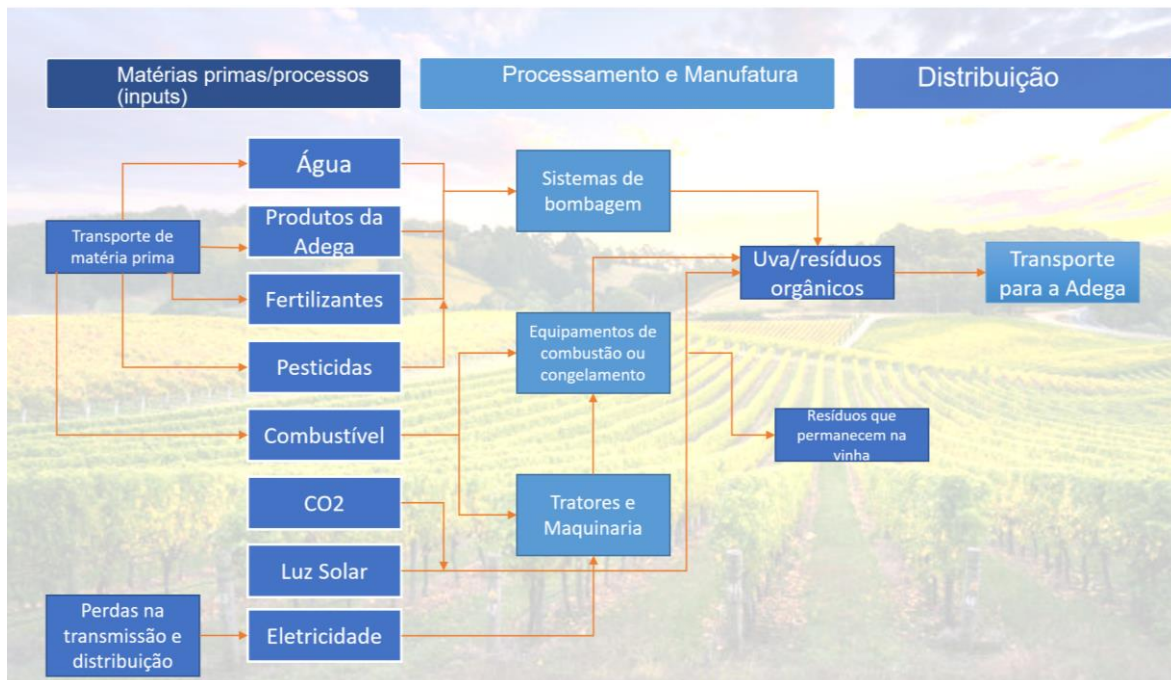


Figura 6 - Cadeia de abastecimento na fase da viticultura relativa aos inputs de energia e combustíveis [17]

Um estudo realizado ao ciclo de vida do vinho verde produzido no norte do país mostrou que a viticultura é a fase do ciclo de vida que mais contribui para as emissões globais de GHG. O CO₂ e N₂O, são os gases que mais contribuem para as emissões de GHG nesta fase. A utilização de maquinaria agrícola, assim como a aplicação de fertilizantes que libertam N₂O são alguns dos processos que contribuem para a pegada carbónica desta fase. [21]. Importa referir que fertilizantes orgânicos, compostos por composto são considerados negligenciáveis, não representando um peso negativo no cálculo da pegada carbónica [25].

Também o potencial de sequestro/emissão de CO₂ nos solos e nas estruturas permanentes da vinha desempenham um importante papel nas emissões provenientes da viticultura. O óxido nitroso é libertado naturalmente pelos solos como um subproduto do ciclo natural do azoto, contudo o volume libertado pode ser afetado pela quantidade de N₂O introduzido através de fertilização dos solos assim como pelo intervalo de tempo em que é aplicado [26]. A título de exemplo, um estudo realizado para uma vinha em Portugal (Nelas) conclui que, para vários tipos de gestão dos solos as emissões de N₂O diferente entre si. Em média as emissões de óxido nitroso em solos que não são escarificados, mas que tem adição de fertilizantes foram de $0,23 \pm 0,29\%$ do azoto aplicado. Contudo, para as mesmas condições, mas procedendo-se à escarificação dos solos esse valor é de $0,57 \pm 0,12\%$ da adição de azoto [27].

Através do processo de fotossíntese, as plantas capturam carbono e sequestram-no no seu tecido vivo. Algum deste carbono torna-se depois parte do solo através da decomposição das plantas e outra parte é emitida como carbono gasoso através da respiração e decomposição. A capacidade de sequestro de carbono pelos solos através de vegetação natural, pode ser uma variável importante na mitigação das emissões de dióxido de carbono para a atmosfera representando também benefícios para a fertilidade e estrutura dos solos melhorando as suas características biológicas e químicas aumentando a atividade microbiana e a sua capacidade no armazenamento de água [28]. Um dos tipos frequentes de vegetação natural nas vinhas, são os enrelvamentos. Esta vegetação pode desempenhar um papel na absorção de CO₂ devido ao seu crescimento e carbono presente nas raízes. Quando esta vegetação é cortada ou consumida em pastoreio, tem o potencial de voltar a crescer renovando o seu ciclo de vida, podendo este durar vários anos contribuindo para o enriquecimento de carbono presente nos solos. Estimativas concluem que o potencial de sequestro em enrelvamentos em Portugal será de $16,5 \text{ g C/ m}^2/\text{ano}$. [29].

Também as estruturas permanentes da vinha representam um importante reservatório de carbono Apesar de não serem normalmente reportadas nos valores finais da pegada carbónica por serem consideradas emissões/sequestro biogénico, [30] conclui que as vinhas podem representar significativos reservatórios de carbono. Neste estudo, as três áreas de vinha estudadas representaram reservatórios de carbono com valores de $89 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ a $814 \text{ g C m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$.

Um estudo realizado para um produtor de vinho Italiano com cerca de 12 hectares de vinha mostrou que em termos de aquecimento global, a fase vinícola mostra estar em segundo lugar nas emissões de gases de efeito de estufa, representando cerca de 10 % [31]. Já em [9], que resulta de uma compilação de cerca de trinta e quatro estudos realizados ao ciclo de vida do vinho, a fase da viticultura, embalagem e vinificação pesam respetivamente 45.8%, 41.1% e 13.1% na pegada de carbono. Outros estudos realizados para uma unidade de produção de vinho em Espanha e outro em Portugal concluíram que a fase da viticultura pesou respetivamente 50% [19] e 68% [32] nas emissões de GHG para a atmosfera. [24] na sua pesquisa em 35 estudos relacionados com o ciclo de vida do vinho e pegada carbónica conclui que a viticultura pesa cerca de 17% de todo o processo representando cerca de 0,38 kg CO_{2(eq)}/0,75L de vinho.

A fase da viticultura é a fase suscetível de maior variabilidade dos resultados devido a vários fatores relacionados essencialmente com as práticas agrícolas. A variabilidade da uva, as características do solo e as condições climáticas (condições microclimáticas, temperatura local, exposição ao sol e precipitação anual) da localização em estudo são alguns dos fatores que podem influenciar as emissões [9]. Um estudo realizado em [33]. para quatro unidades produtoras de vinho na área de Maremma, em Itália, demonstrou que o peso da viticultura no potencial de aquecimento global foi de 30.7%, 17.4%, 21.6% e 18.6%, respetivamente, demonstrando a variabilidade que esta fase pode representar em toda a pegada carbónica do vinho. De referir que, em [33] não foi considerado o CO₂ sequestrado/emitado na biomassa que compõe toda a estrutura da vinha concluindo-se também que, na fase da viticultura as emissões de CO₂ resultantes da combustão nos veículos e de N₂O provenientes dos fertilizantes representaram a grande parte dos GHG emitidos para a atmosfera

Para concluir este capítulo, seguidamente encontra-se um inventário das possíveis emissões provenientes da fase da viticultura.



Figura 7: Emissões características provenientes da fase da viticultura [17]

3.6.2. Vinificação

O principal processo que ocorre e caracteriza a fase da vinificação é a fermentação maloláctica, o processo de transformação do sumo da uva no produto final, o vinho.

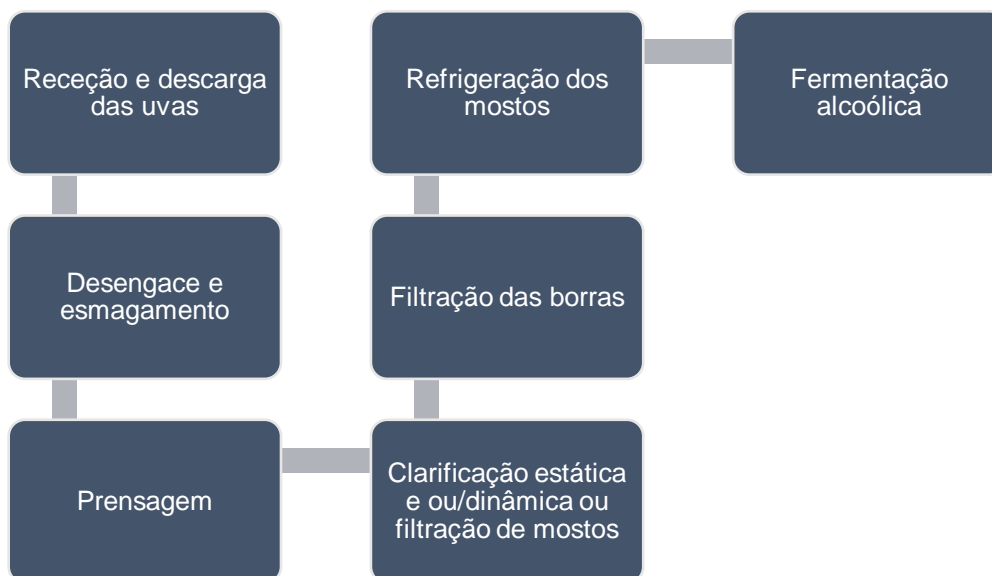


Figura 8: Fases da vinificação do vinho [32]

Esta fase inicia-se com o transporte da uva para as adegas, procedendo-se ao seu desengace, esmagamento, fermentação maloláctica e filtração.

É nesta fase que são também importantes os sistemas de refrigeração, afetos ao controlo da temperatura¹. A maceração no vinho branco e tinto assim como as fermentações controladas e a manutenção do vinho em temperaturas adequadas é um importante fator na qualidade do vinho [34]. Os sistemas de refrigeração nas adegas são importantes nas emissões de GHG devido ao líquido refrigerante necessário ao seu funcionamento. Até recentemente, muitos destes sistemas utilizavam líquidos refrigerantes altamente prejudiciais à camada de ozono, como clorofluorcarbonetos e hidrofluorcarbonetos que tem associados altos valores de potencial aquecimento global (GWP)² [35]. Apesar de a recarga do gás refrigerante ser normalmente pequena é importante evitar possíveis fugas e derrames que tem significativos impactos na pegada carbónica [25].

A fermentação maloláctica é um processo que junta duas fermentações: a alcoólica onde o açúcar presente nas uvas é transformado em etanol e a maloláctica onde o ácido málico é transformado em ácido láctico. Ambos os processos são responsável pela emissão de uma quantidade significativa de dióxido de carbono para a atmosfera [23]. Contudo, é de referir que o dióxido de carbono libertado pela fermentação é considerado biogénico³, não sendo normalmente reportado no cálculo da pegada carbónica. Segundo [24] as emissões provenientes da fermentação podem representar entre 15 a 24% das emissões provenientes da vinificação correspondendo a cerca de 2-3 % da totalidade das emissões. No mesmo estudo é referido que a fermentação pode representar cerca de 9% das emissões totais sendo o seu peso por garrafa cerca de 0,13 kg.

Também as emissões provenientes da produção/tratamento dos resíduos dos produtos enológicos, reagentes para o laboratório e produtos afetos à limpeza devem ser contabilizados na fase da vinificação. As barricas utilizadas para a maturação do vinho, por serem materiais de madeira, podem ser tidos como um reservatório de carbono ou como emissores, especialmente devido à sua produção e transporte [17]. Desde modo, o OIV *Greenhouse Accounting Protocol* (OIV GHGAP) considera

¹ A maceração no vinho branco e tinto assim como as fermentações controladas e a manutenção do vinho em temperaturas adequadas é cada vez mais importante na qualidade do vinho. Especialmente nas regiões mais quentes é também frequente o controlo da temperatura da uva aquando da colheita da fruta realizando-a muitas vezes nos períodos menos quentes do dia [34].

² *Global Warming potencial* ou potencial de aquecimento global representa uma medida sobre a qual um gás contribui para o aquecimento global. O potencial do CO₂ é definido como 1. Contudo, por exemplo, o metano representa cerca de 25 vezes o potencial do dióxido de carbono e o N₂O cerca de 298 vezes [42].

³ Emissões biogénicas ou emissões de dióxido de carbono biogénico são definidas como toda emissão de fontes naturais, sendo elas biológicas ou não.

que as barricas podem ser consideradas reservatórios de carbono se o seu ciclo de vida for superior a 20 anos⁴ [36].

O tratamento das águas residuais resultantes de todo o processo de vinificação pode também ser contabilizado nesta fase. A produção de vinho resulta em grandes volumes de água que contêm, normalmente, material orgânico e sais que resultam de perdas na produção, assim como dos processos de limpeza necessários na adega (Figura 9). A maior parte dessa água vem da limpeza de tanques de fermentação, prensas, bombas, tubos e filtros entre outros, sendo esta maioritariamente composta por vinho, sumo de uva, sólidos suspensos e agentes de limpeza [37]. As águas residuais podem ser uma fonte de CH₄ quando tratadas ou dispostas anaeróticamente, assim como podem também ser uma fonte de óxido nítrico.

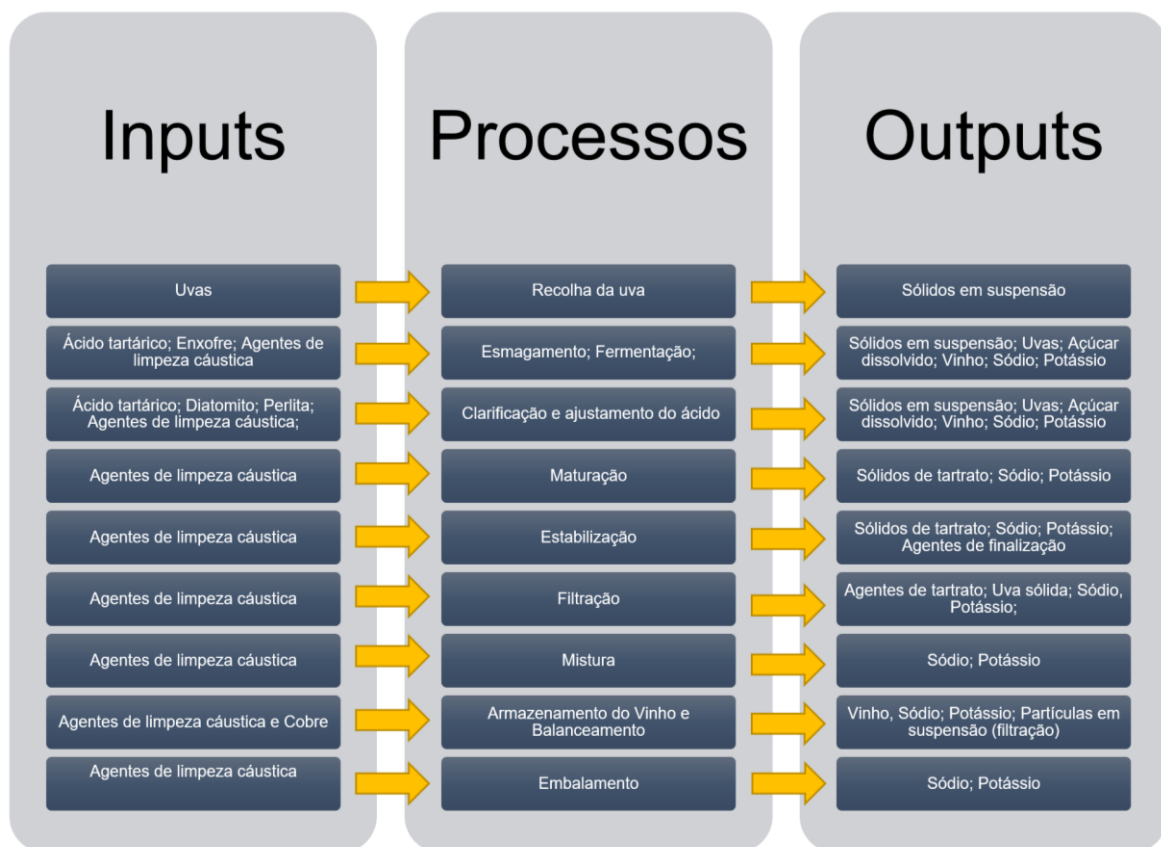


Figura 9: Produtos presentes nos efluentes ao longo do processo de vinificação [30]

As emissões provenientes de veículos, da combustão estacionária em equipamento de apoio ao processo e da eletricidade afeta à adega, representam outros fatores a ter em conta no cálculo da pegada carbónica. Importa ainda referir que, apesar de grande parte dos estudos não incluir as

⁴ Se o ciclo de vida dos barris for inferior a 20 anos considera-se um valor de emissão de GHG de 36.6 kg CO_{2(eq)}/ton. Caso sejam considerados reservatórios de carbono deve ser considerado um valor de sequestro de 1850 kgCO_{2(eq)}/ton [36]

emissões associadas à produção e transporte das matérias primas necessárias ao processo de vinificação, esta informação quando incluída, contribui para um estudo mais robusto e credível da pegada carbónica. Também na maior parte dos estudos não são explicitamente indicados os inputs de materiais e energia o que cria alguma variabilidade nos resultados [24].

Segundo [9], a fase da vinificação pode representar um peso de cerca de 0.1 a 0.3 kg CO_{2(eq)}/garrafa libertado para a atmosfera correspondendo estes valores a cerca de 13.1 % das emissões. [24] conclui que a fase da vinificação representa cerca de 0,26 kg CO_{2(eq)}/garrafa. Diferindo dos resultados evidenciados anteriormente, uma outra pesquisa para a pegada carbónica de uma unidade produtora de vinho branco em Itália conclui que a fase da vinificação, excluindo a produção e transporte das matérias primas associadas ao processo, contribui com cerca de 54.94 % da totalidade das emissões de GHG [38]. Outro estudo realizado para o Estado de Oregon, perto da Califórnia conclui que a vinificação contribui em cerca de 24% para a pegada de carbono do vinho [23].

Para concluir na Figura 10 encontram-se as possíveis fontes de emissões afetas à fase da vinificação.



Figura 10 - Emissões características provenientes da fase da vinificação [17]

3.6.3. Embalamento

A fase do embalamento representa todo o processo de embalamento do vinho. Após o produto final estar pronto este tem de ser engarrafado e armazenado do modo a ser depois distribuído até ao consumir final.

São nesta fase consideradas as emissões afetas à produção e transporte de matérias primas que serão necessárias ao embalamento do produto final como as garrafas, cápsulas de PVC, caixas de madeira, barris, rolhas de cortiça, aditivos entre outras variáveis. Devem também ser tidas em conta as emissões associadas ao tratamento dos resíduos afetos ao embalamento antes e depois do produto chegar ao consumidor final. [24] estima que o tratamento de resíduos represente cerca de 22% de todo o processo de produção do vinho evidenciando, contudo, que o modo como estes são tratados influencia significativamente os resultados finais.

Esta é por norma a fase que mais emissões de gases com efeito de estufa tem associadas devido a todo o processo de extração, tratamento e transporte dos produtos de embalamento até á adega. Segundo [33], entre 41% a 61% das emissões finais de GHG são originadas no embalamento do produto final, sendo o grande responsável por estes resultados a produção da garrafa [33]. Um estudo realizado para o vinho verde branco em Portugal conclui que a produção da garrafa ⁵ representou 15.3% das emissões totais afetas à produção do vinho [32]. Já [9], conclui que o engarrafamento e embalamento representam cerca de 41.1% das emissões. [39] chega a um valor de 0.9 kg CO₂ eq por garrafa representando cerca de 60% das emissões totais, enquanto que [24] conclui que o embalamento representa cerca de 0,47 kg CO_{2(eq)} por garrafa representando 22% das emissões totais. Para finalizar este capítulo, [9] concluí que, devido ao significativo impacto da fase do embalamento (em grande parte devido à produção da garrafa), esta fase do processo pode representar entre 40% a 90% das emissões de GHG para a atmosfera.

Seguidamente encontra-se um resumo de todas as emissões que podem surgir na fase do embalamento.

⁵ A produção das garrafas representa uma grande parte das emissões de GHG devido ao seu processo de fabrico. Em primeiro lugar devido à libertação de CO₂, CH₄, CO e Hexafluoreto de Enxofre na produção da eletricidade necessária. Existe ainda a libertação de químicos inorgânicos como o nitrato de amónia e o dióxido de titânio. O consumo de gás tem também associado a libertação de CO₂ e CH₄ bem como carbonato de sódio libertado no calor dos fornos de carvão industrial [32].



Figura 11: Emissões características provenientes da fase do Embalamento [17]

3.6.4. Distribuição

A distribuição do produto final representa a última fase que é necessária explorar para completar o ciclo de vida do vinho e assim quantificar todas as possíveis fontes de emissão associadas ao processo.

Dependendo nos meios de transporte utilizados, das distâncias percorridas pelo produto final e nas respetivas quantidades transportadas os valores de emissões referentes a esta fase podem variar.

Um estudo realizado para uma unidade produtiva Australiana concluiu que cerca de 0.33 kg CO₂(eq) por garrafa de vinho são libertados para a atmosfera devido ao seu transporte, representando 32% das emissões totais de GHG [40]. [33] conclui na sua pesquisa que a distribuição representou, para os 4 vinhos explorados, entre 3% a 20% das emissões. [32] no seu estudo para o vinho branco da Aveleda conclui que a distribuição do produto final representou cerca de 8% das emissões totais de GHG.

De referir que a maioria dos estudos que englobam a distribuição, apenas o desenvolvem desde o local de produção de produto até aos armazéns de retalho devido a não possuírem informação mais pormenorizada sobre o que ocorre desde os centros de retalho até aos pontos de venda.

Capítulo 4 - Método

Os resultados desta dissertação serão apresentados dividindo todo o processo produtivo e distributivo do vinho em quatro fases principais: viticultura, vinificação, embalagem e distribuição. Para cada uma destas fases e variáveis que lhe estão associadas, foram calculadas as respetivas emissões de GHG.

Em qualquer estudo com a finalidade de calcular a pegada carbónica de um produto é necessário começar-se por definir fronteiras de estudo. Como foi referido na bibliografia nem todos os estudos englobam nos seus resultados finais todas as variáveis que acarretam emissões de GHG. Contudo, estudos mais pormenorizados necessitam de informação o mais fidedigna possível sob consequência de tornarem estudos com altos valores de incerteza.

Neste seguimento, em primeiro lugar foram estudadas as várias fontes de emissões em todo o processo, para posteriormente se puder realizar uma visita à Herdade dos Grous com o intuito de recolher toda a informação possível. Deste modo, procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica que mostrasse quais as várias variáveis que devem ser incluídas num estudo deste tipo. Dessa pesquisa, surgiram as seguintes informações que foram recolhidas numa visita efetuada à Herdade:

- Equipamentos de combustão estacionária, tipo de combustível utilizado e respetivas quantidades;
- Quantidade e tipo de veículos afetos ao processo, tipo de combustível e quantidade de combustível;
- Existência de sistemas de refrigeração e ar condicionado assim como a carga inicial de refrigerante;
- Quantidade de uva esmagada, mostro extraído e quantidade de ácido málico introduzido – para posterior cálculo das emissões na fase de vinificação e sequestro/emissões de GHG na biomassa existente;
- Inventário de todos os fertilizantes aplicados na vinha;
- Inventário de todos os resíduos produzidos em todas as fases (viticultura, vinificação e embalagem) e o seu destino;
- Eletricidade comprada e/ou produzida na Herdade;
- Inventário de todos os materiais e respetivas quantidades afetos ao embalamento do produto final;
- Levantamento de todos os produtos vínicos aplicados no produto final;
- Informação sobre toda a quantidade de produto final comercializada assim como o seu destino final e respetivo meio de transporte utilizado;

- Levantamento de toda a quantidade de águas residuais criadas pela herdade e local do seu tratamento.

Posteriormente, procedeu-se à quantificação das emissões de gases com efeito de estufa através dos métodos pesquisados que mais se adaptam a cada variável.

Seguidamente pretende-se explicar os métodos aplicados para cada subfase do processo.

4.1. Práticas na vinha

Nesta subfase da viticultura teve-se como objetivo quantificar as emissões de N₂O provenientes da aplicação de fertilizantes assim como da gestão dos solos.

De modo a calcular as emissões de N₂O provenientes dos fertilizantes aplicados foi utilizado o método aconselhado pelo IPCC 2006 [41].

A fórmula aplicada para o caso estudo foi a seguinte:

$$N_2O_{direto} - N = N_2O - N_{N\ inputs} + N_2O - N_{OS} \quad (1)$$

Onde,

$$N_2O - N_{N\ inputs} = (F_{SN} + F_{ON}) * EF_1 \quad (2)$$

$$N_2O - N_{OS} = F_{OS} * EF_F \quad (3)$$

Onde,

- N₂O_{direto} - N corresponde às emissões diretas anuais de N₂O - N produzidas na gestão dos solos (kg N₂O-N ano⁻¹);
- N₂O - N_{N inputs} diz respeito às emissões diretas anuais de N₂O - N produzidas na introdução de N nos solos (kg N₂O-N. ano⁻¹);
- N₂O-N_{OS} corresponde às emissões diretas provenientes da gestão dos solos (kg N₂O-N. ano⁻¹);
- F_{SN} refere-se à quantidade de azoto sintético aplicado nos solos (kg N₂O-N. ano⁻¹);
- F_{ON}⁶ refere-se à quantidade de estrume, composto, lamas ou outras fontes de azoto orgânico aplicados no solo (kg N. ano⁻¹)⁷;
- EF₁ representa o fator de emissão de N₂O através dos inputs de azoto (kg N₂O-N.(kg N input)⁻¹);
- F_{OS} corresponde à área anual de solo que é gerido/drenado (ha);

⁶ Neste trabalho a variável F_{ON} não foi considerada. Sabe-se que a HG aplica algum estrume nos solos proveniente dos seus animais. Contudo não foi possível quantificar o seu valor. Desde modo esta variável não foi tida em conta neste estudo.

- EF_F diz respeito ao fator de emissão de N_2O dos solos ($kg\ N_2O-N\ há^{-1}\ ano^{-1}$);

Neste trabalho não foram quantificadas as emissões devido à introdução de estrumes no solo por não ter sido possível quantificar a quantidade aplicada. A aplicação de lamas não foi também tida em conta visto a HG não aplicar lamas nos solos da vinha.

Após conhecer o valor final de $N_2O_{direto-N}$, este deve ser transformado em emissões de N_2O . Assim as emissões de $CO_{2(eq)}$ proveniente das práticas na vinha é dada pela seguinte expressão.

$$Emissões_{CO_{2(eq)}} = N_2O_{direto} - N * \left(\frac{44}{28}\right) * GWP_{N_2O} \quad (4)$$

Onde,

- $N_2O - N$ corresponde às emissões diretas de $N_2O - N$ produzida pela gestão dos solos;
- GWP_{N_2O} diz respeito ao potencial de aquecimento global do N_2O ;

No Anexo 1 (Tabela 22) encontra-se o inventário de todos os fertilizantes aplicados na vinha assim como as respetivas quantidades e percentagem de azoto.

Seguidamente encontram-se as áreas anuais que representam F_{os} .

Tabela 2: Valores da área de vinha (F_{os})

Ano	Área total de vinha (ha)
2016	73
2017	93
2018	88,2

Os fatores de emissão aplicados foram os seguintes:

Tabela 3: Fatores de emissão a aplicar no cálculo das emissões referente às práticas na vinha

	Fator de emissão	Unidades	Bibliografia
EF_1	0.01 ⁸	$kg\ N_2O-N \cdot (kg\ N)^{-1}$	[41]
EF_F	3 ⁹	$kg\ N_2O-N\ ha^{-1}$	
GWP_{N_2O}	298	ND	[42]

⁸Valor aconselhado pelo IPCC para fertilizantes minerais, correções orgânicas e resíduos de culturas;

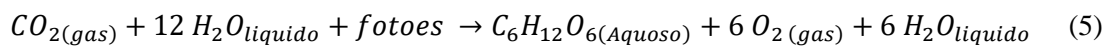
⁹ O Valor standard aconselhado pelo IPCC para culturas orgânicas temperadas e solos de pastagens (*grasslands*) é de 8. Contudo á semelhança do IWCC foi aplicado o valor 3 por se considerar que o cultivo para área de vinha é menos intensivo comparativamente com outras culturas.

4.2. Fotossíntese da Biomassa

O carbono pode ser encontrado em estruturas com curto tempo de vida nas vinhas (folhas, ramos, polpa da fruta) mas também nas estruturas com maior tempo de vida como os troncos e raízes e na matéria orgânica dos solos [43]

A fotossíntese da biomassa que compõe as vinhas é considerada como parte do ciclo curto do carbono e por isso não é quantificada no relatório final da pegada carbónica. Contudo pode ser útil o seu cálculo de modo a dar uma melhor compreensão das emissões e “reservatórios” de gases com efeito de estufa na indústria.

As várias componentes que compõem uma videira desempenham um fator de sequestro de carbono que pode ser quantificado, assim como o dióxido de carbono sequestrado nas uvas. Estes cálculos podem ser facilmente realizados através da equação da fotossíntese.



Dióxido de Carbono + água + energia luminosa → açúcar + oxigénio + água

Informação proveniente do *International Wine Carbon Calculator* [17] relaciona a percentagem de dióxido de carbono consumido nas várias partes que compõem uma videira sendo possível com estes dados calcular as respetivas emissões deste gás assim como o seu potencial sequestrador. Seguidamente encontram-se esses dados.

Tabela 4: Distribuição do CO₂ consumido numa planta de videira [16]

Componente da videira	Porção de CO₂ consumida (%)
Açúcar presente nas uvas	10.6
Reservas de hidratos de carbono	5.2
Estruturas permanentes	2.3
Ramos e folhas	19.1
Cluster Biomassa	12.8
Respiração da videira	50
Total	100

Para proceder ao cálculo das emissões de CO₂ provenientes começa-se por conhecer a quantidade de açúcar presente nas uvas. Para isso, primeiro recolheu-se informação sobre a quantidade de uva esmagada (após a viticultura) e o álcool provável médio (conhecido através de testes laboratoriais). Tendo o valor de álcool provável médio e aplicando uma tabela de conversão chega-se ao valor de

grau Baumé¹⁰. Aplicando o fator de conversão 0,571 obtém-se o valor de graus Brix. Através do valor de graus Brix é possível conhecer o açúcar fermentável. A multiplicação da quantidade de açúcar fermentável pelo fator 1,4375 (proveniente da estequiometria da equação 5), resulta no valor de CO₂ sequestrado na produção de açúcar.

Conhecido o valor de dióxido de carbono sequestrado na produção de açúcar e conhecendo a percentagem que este representa na planta da videira é possível, através da informação existente na Tabela 4, proceder-se ao cálculo dos CO₂ emitido/sequestrado nas restantes partes da planta. Segundo o *International Wine Carbon Calculator* considera-se ainda que a biomassa presente nas raízes é cerca de 25% da presente acima do nível do solo e que esta sequestra cerca de 48% do carbono. É ainda considerado que cerca de 45% do carbono presente nas folhas e brotos é sequestrado no solo e o restante emitido como CO₂ para a atmosfera.

O Anexo 1 (Tabela 23) contém toda a informação necessária recolhida na herdade para o cálculo do balanço de CO₂ originado na fotossíntese da planta da videira.

4.3. Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas dizem respeito às emissões diretas libertadas por equipamentos ou processos e o seu cálculo é importante devido ao GWP de muitos dos gases libertados por estes sistemas.

Segundo o IWCC, o cálculo das emissões fugitivas pode ser realizado por dois métodos. O primeiro é baseado no conhecimento da recarga anual de refrigerante no sistema que é posteriormente convertida em CO_{2eq} através do *global warming potential* (GWP) do respetivo refrigerante.

O segundo método baseia-se no cálculo de um valor de perda anual de refrigerante, tendo como referência a carga inicial de líquido refrigerante aplicando uma taxa de perda anual. Deste modo a fórmula aplicada seria a seguinte:

$$Emissões_{CO_2(eq)} = Carga\ inicial_{refrigerante} * Taxa\ de\ perda\ anual * GWP_{refrigerante} \quad (6)$$

Onde,

- Carga inicial_{refrigerante} representa a quantidade de refrigerante inicial no sistema de refrigeração (kg);
- Taxa de perda_{anual} corresponde à taxa de perda de refrigerante anual no sistema (%);
- GWP_{refrigerante} diz respeito ao *Global Warming Potential* do refrigerante no sistema;

¹⁰ Os graus Baumé representam uma medida da densidade do mosto sendo possível através deste dado calcular a proporção de açúcar no vinho (que é dada por graus Brix)

Neste trabalho as emissões referentes aos sistemas de refrigeração foram calculadas aplicando o método do fator de perda anual de refrigerante.

Na HG a refrigeração é executada por um chiller dividido em dois circuitos. O líquido refrigerante é o gás R-407C ao qual corresponde um GWP de 1774 [44]. A carga inicial de fluido referido no rótulo do equipamento é de 26.2 kg., sendo importante referir que o refrigerante existente é o de origem. O valor da taxa anual de perda considerado foi de 15% de acordo com o IPCC 2006.

Tabela 5: Taxas de perda para sistemas de refrigeração e ar condicionado(Adaptado de [44])

Tipo de equipamento	Capacidade (kg)	Taxa anual de perda (% da capacidade)
Refrigeração doméstica	0,05-0,5	0,5%
Aplicações comerciais <i>Stand-alone</i>	0,2-6	15%
Refrigeração comercial de média e grande escala	50-2000	35%
Refrigeração em transportes	3-8	50%
Refrigeração industrial	10-10000	25%
Chillers	10-2000	15%
Ar condicionado para aplicação comercial ou residencial	0,5-100	10%
Ar condicionado móvel	0,5-1,5	20%

4.4. Transportes

Os transportes desempenham um papel fundamental no cálculo da pegada carbônica de uma indústria. Desde os transportes afetos à produção do vinho nas vinhas e adegas até àqueles que são responsáveis pelo transporte do produto final ao consumidor, este setor tem impacto no valor final das emissões de GHG.

Dependendo da informação disponível, várias metodologias de cálculo podem ser aplicadas no cálculo das emissões. Uma delas é a do IPCC 2006 ([45]). Os transportes emitem vários tipos de gases com efeito de estufa como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Por norma, o cálculo das emissões é dividido em tipologias de transporte (aéreo, marítimo, *off-road*, *road* e ferroviário) onde o método de cálculo é o mesmo variando os fatores de emissão a utilizar para cada caso. A fórmula base aplicada no cálculo das emissões provenientes dos veículos foi a seguinte:

$$Emissões_{CO_2(eq)} = \sum_a Quantidade_a * \rho_a * PCI_a * EF_a \quad (7)$$

Onde:

- Quantidade corresponde ao volume de combustível (L);
- ρ diz respeito à densidade específica do combustível (kg/m^3);
- PCI representa o poder calorífico inferior (TJ/kg);
- EF é o fator de emissão do gás ($\text{kg}_{\text{gás}}/\text{TJ}$);
- a corresponde ao tipo de combustível (gasolina, gás natural, LPG ou diesel);

No Anexo 1 (Tabela 24) encontram-se os valores para a quantidade de combustível gasto.

Seguem-se as informações referentes ao combustível aplicado:

Tabela 6 - Dados referente ao combustível (Gasóleo) utilizado nos veículos¹¹

Características do Combustível (Gasóleo)		Valor	Bibliografia
Densidade Específica (kg/m^3)		850,0	[46]
Poder calorífico Inferior (PCI) (MJ/kg)		41,4	[47]
Fator de Emissão ($\text{kg}_{\text{gás}}/\text{TJ}$)	CO ₂	74.100,0	[45]
	CH ₄	4,2	
	N ₂ O	28,6	

Note-se que uma das variáveis presentes na fórmula anterior é a quantidade de combustível gasto. Contudo, por vezes essa informação é de difícil quantificação. A distribuição, por exemplo, pode ser realizada por avião ou barco sendo difícil saber com precisão a quantidade de combustível gasto ou a distância percorrida. Deste modo é necessário aplicar outro método que calcula as emissões de CO₂ aplicando um fator de emissão por quilómetro e peso, em vez da quantidade de combustível gasto. Este método foi aplicado no setor da distribuição visto ter sido apenas possível obter dados do número de encomendas, o peso da mercadoria e a distância percorrida por esta até ao armazém de retalho.

No Anexo 1 (Tabela 24 e Tabela 25) encontram-se as informações necessárias ao cálculo das emissões de CO_{2(eq)} respetivas à distribuição da mercadoria vendida.

¹¹ Os Veículos afetos à viticultura e Vinificação (Adega) podem ser gasóleo normal ou gasóleo agrícola. Note-se, contudo, que a única diferença entre ambos é a coloração aplicada ao gasóleo agrícola com o objetivo de os distinguir. Deste modo considerou-se que as características de ambos os combustíveis são idênticas.

$$Emissoes_{CO_2(eq)} = \sum_a Peso_{mercadoria} * Distancia_{percorrida} * EF_a \quad (8)$$

Onde:

- $Peso_{mercadoria}$ diz respeito ao peso bruto da mercadoria transportada (kg);
- Distância percorrida corresponde à distância percorrida pela mercadoria (km);
- EF_a representa o fator de emissão ($g\ CO_2 \cdot Tonelada^{-1} \cdot km^{-1}$);
- a diz respeito ao tipo de transporte (marítimo, aéreo etc.);

Os fatores de emissão aplicados no cálculo das emissões de GHG respeitantes à distribuição foram os seguintes:

Tabela 7: Fatores de emissão para cada tipo de transporte

Tipo de transporte	Valor ($g\ CO_{2(eq)} \cdot ton^{-1} \cdot km^{-1}$)	Bibliografia
Marítimo (Barco)	8,0	[48]
Terrestre (Camião)	62,0	

4.5. Combustão estacionária

No processo de vinificação é frequente existirem equipamentos que funcionam através combustão estacionária. Este tipo de combustão ocorre em equipamentos fixos como caldeiras ou geradores.

A combustão de combustíveis é responsável pela libertação de gases de efeito de estufa, devendo estes ser contabilizados no cálculo da pegada carbónica. Note-se contudo, que no caso de os combustíveis serem provenientes de biomassa, apenas se deve quantificar as emissões de metano e oxido nitroso [17] sendo o CO_2 considerado como emissões biogénicas.

De acordo com o IPCC as respetivas emissões para cada tipo de GHG proveniente de fontes estacionárias é calculado multiplicando o consumo de combustível (em unidades de energia) pelo correspondente fator de emissão. A fórmula a aplicar é a seguinte:

$$Emissoes_{GHG,a} = \sum_a Consumo_a * EF_{GHG,a} \quad (9)$$

Onde:

- $Emissoes_{GHG,a}$ representa emissões do GHG para o respetivo tipo de combustível (kg GHG);
- $Consumo_a$ diz respeito ao consumo de combustível (TJ);
- $EF_{GHG,a}$ corresponde ao fator de emissão do GHG para o respetivo combustível (kg_{gas}/TJ);

- a representa o tipo de combustível consumido (gasóleo, gás natural, etc.)

Como de um modo frequente o consumo de combustível vem dado em volume ou massa, a fórmula anterior pode ser modificada para a seguinte:

$$Emissões = \sum_a \text{Consumo}_{\text{combustível}} * \rho_{\text{combustível}} * PCI_{\text{combustível}} * EF_{GHG,a} \quad (10)$$

Onde:

- $\text{Consumo}_{\text{combustível}}$ diz respeito à quantidade de combustível consumido (L);
- $\rho_{\text{combustível}}$ representa a densidade específica do combustível (kg/m^3);
- $PCI_{\text{combustível}}$ corresponde ao poder calorífico inferior do combustível (TJ/kg);
- $EF_{GHG,a}$ representa o fator de emissão para o GHG para o respetivo combustível (kg gás/TJ);
- a diz respeito ao tipo de combustível;

A HG possui uma caldeira que utiliza gás propano utilizada no edifício onde se situa a adega, restaurante, quartos e refeitório. Na adega, a água quente é essencialmente para os processos de higienização dos depósitos e para os engarrafamentos.

Visto não ter sido possível quantificar exatamente a quantidade de gás propano afeto à adega, estimou-se que cerca de 50% do total destina-se ao aquecimento água. Na Tabela 27 encontram-se os valores para o cálculo desta variável.

Seguidamente encontram-se os fatores de emissão para o gás natural assim como a densidade específica e poder calorífico inferior (PCI).

Tabela 8: Fatores de emissão para o gás natural assim como a densidade específica e poder calorífico inferior

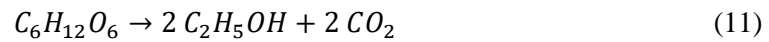
Variável	Unidades	Valor	Bibliografia
Fatores de emissão para o CH₄	kg CH ₄ /kg gás	1,94E-9	[49]
Fatores de emissão para o CO₂	kg N ₂ O/kg gás	8,90E-9	[49]
Fatores de emissão para o N₂O	kg CO ₂ /kg gás	0,01	[35]
Poder Calorífico inferior (PCI)	MJ/kg	46,4	[47]
Densidade específica	Kg/m ³	1,874	[47]

4.6. Práticas na Vinificação (Fermentação malolática)

Depois do transporte da uva para a adega, estas são prensadas e posteriormente introduzidas em cubas de fermentação. A maior parte do dióxido de carbono emitido na fase de vinificação resulta da fermentação do açúcar em dióxido de carbono e do ácido málico em ácido láctico.

Um dos métodos aplicados para o cálculo das emissões de CO₂ no processo da fermentação é baseado na fórmula química da fermentação. Durante a fermentação, o açúcar presente das uvas é

transformado em etanol libertando dióxido de carbono. Visto ser possível estimar a quantidade de açúcar presente nas uvas através do Baumé, torna-se possível o cálculo do dióxido de carbono emitido através equação da fermentação.



Começa por se conhecer a quantidade de uva esmagada e de mosto extraído da uva. Note-se que o mosto é a parte da uva que irá ser fermentada. Para conhecer a quantidade de açúcar presente na uva que será fermentado começa-se por conhecer o álcool provável médio da uva (através de análises laboratoriais). Esse valor é posteriormente transformado em graus Baumé através de tabelas de conversão e posteriormente transformado em graus Brix aplicando o fator de conversão 0.571 [17]. Para se conhecer a quantidade de açúcar que será fermentado é necessário primeiramente fazer a diferença entre os graus Brix e a % de açúcar residual no vinho¹² e posteriormente multiplicar pela quantidade de mosto fermentado. O CO₂ gerado por este processo obtém-se multiplicando o açúcar fermentado pelo fator 0,4497 (proveniente da estequiometria da equação).

É também frequente ser diretamente adicionado dióxido de carbono na forma de gelo seco¹³ no processo de vinificação. Esse CO₂ deve também ser quantificado na fase da vinificação.

Para o cálculo da fermentação do ácido málico em ácido lático a equação química é a seguinte:



O cálculo do CO₂ emitido na decomposição do ácido málico em ácido lático parte do conhecimento da concentração de ácido málico no mosto da uva antes da fermentação iniciar. Admitindo que a fermentação é completa, multiplicando a massa de ácido málico¹⁴ por 0,33 (proveniente da estequiometria da reação) é possível o cálculo do CO₂ emitido.

No anexo 1 (Tabela 28) encontram-se todos os dados necessários ao cálculo do dióxido de carbono emitido pela fase da vinificação do vinho.

4.7. Eletricidade

No cálculo da pegada carbónica de uma indústria vitivinícola a eletricidade é utilizada essencialmente nas adegas, bombas de água afetas á viticultura e escritórios.

O método de cálculo das emissões deve ser realizando, aplicando um fator de emissão relacionado com a produção de eletricidade para o país em questão, devendo também incluir as perdas inerentes

¹² Considerou-se que o açúcar residual no vinho é de 0,5g/L. Note-se que a fermentação do açúcar apresenta nas uvas nunca é completa ficando sempre algum açúcar residual no vinho.

¹³ O gelo seco é adicionado para inertizar e arrefecer previamente os tanques de recolha com o objetivo de evitar possíveis oxidações devido à presença de oxigénio além de controlar a temperatura.

¹⁴ Foi admitido um valore media de 4g/L de ácido málico no mosto do vinho [67];

nas redes de distribuição. Quando existe produção local de energia, por exemplo através de painéis fotovoltaicos, a energia produzida deve ser subtraída à comprada.

Deste modo o cálculo das emissões de CO_{2(eq)} pode ser dado pela seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Emissões } CO_{2(eq)} = & \sum (\text{Eletricidade}_{\text{comprada},a} - \text{Eletricidade}_{\text{produzida},a}) * \\ & \text{Fator}_{\text{emissão},a,b} + \\ & \text{Perdas}_{\text{transmissão e distribuição},a,b} \end{aligned} \quad (13)$$

Onde,

- Eletricidade_{comprada} corresponde à eletricidade comprada ao comercializador de energia (kWh);
- Eletricidade_{produzida} diz respeito à eletricidade produzida na herdade (kWh);
- Fator_{emissão} diz respeito aos gases de efeito de estufa libertados pela produção da eletricidade (g CO_{2(eq)}/kWh);
- Perdas_{transmissão e distribuição} correspondem às perdas nas redes de eletricidade (g GHG/kWh);
- a diz respeito ao ano;
- b representa o gás de efeito de estufa (CO₂, CH₄, N₂O);

Se o valor das emissões referentes à eletricidade for negativo isso significa que a eletricidade produzida foi superior à comprada. Nesse caso a HG evitou emissões de CO₂ para a atmosfera.

Aquando da visita à Herdade dos Grous foi recolhida informação sobre todas as faturas de eletricidade comprada. A herdade possui duas centrais fotovoltaicas; uma afeta à vinha (bombagem de água) e outra para a adega, tendo sido recolhidos os valores de toda a eletricidade produzida por estas centrais.

Visto as faturas de eletricidade serem referentes ao edifício que engloba a adega, restaurante, refeitório, receção e quartos, foi necessário especificar a percentagem de energia vocacionada apenas para a produção do vinho. Para isso procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica onde se conclui que no ano de 2014 o consumo elétrico do edifício (Adega + Restaurante) foi de aproximadamente 402,0 MWh e para 2015 previa-se um consumo de 407,6 MWh. Visto saber-se que o quadro parcial 2 da Herdade (que se refere ao restaurante, bar, refeitório e receção) consumiu cerca de 224,4 MWh [50], conclui-se que cerca de 45% da fatura de eletricidade é vocacionada para a adega.

Os fatores de emissão utilizados foram os seguintes:

Tabela 9: Fator de Emissão (Produção de Eletricidade)

	2016	2017	2018
Fator de emissão (g CO₂(eq)/kWh)	248,8 [51]	355,7 [52]	257,0 [53]

Tabela 10: Fatores de Emissão (Transmissão e Distribuição de Eletricidade) [54]

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Fator de emissão (kg GHG/kWh)	0,031	5,11E ⁻⁷	3,09E ⁻⁷

No Anexo 1 (Tabela 29) encontram-se todos os dados recolhidos na HG referentes às faturas da eletricidade comprada e produzida.

4.8. Embalamento

A fase do embalamento é como referido nas referências bibliográficas, umas das mais significativas na pegada carbónica do vinho especialmente, devido às emissões referentes á produção dos materiais que são utilizados.

Um dos métodos utilizados para o cálculo do CO₂ emitido neste setor é a aplicação de um fator de emissão para os vários materiais em questão. Esse fator é multiplicado pela quantidade de material adquirido e deste modo é possível obter um valor para as respetivas emissões.

$$Emissões_{Embalamento} = \sum Quantidade_{material} * Fator_{emissao} \quad (14)$$

Onde,

- Quantidade_{material} corresponde à material adquirido (kg);
- Fator_{emissão} diz respeito às emissões resultantes da produção e transporte desse material (ton CO₂(eq)/ton de material);

No Anexo 1 (Tabela 30) encontram-se o inventário de todo o material afeto ao embalamento do vinho. Seguidamente encontram-se os fatores de emissão referentes aos materiais utilizados para o embalamento do vinho produzido na Herdade dos Grous.

Tabela 11 - Fatores de emissão para as várias tipologias de material afetos ao embalagem¹⁵

Materiais	Fator de emissão (ton CO_{2(eq)} /ton material)	Bibliografia
Garrafas de Vidro	2,2	[17]
Cortiça Natural e Cápsulas de Alumínio/Estanho	2,49	
Papel/Cartão	1,792	
Paletes não retornáveis	0,68	

Visto não ter sido possível encontrar um fator de emissão para as caixas de madeira, estas foram calculadas aplicando um fator de emissão para a produção de *softlumber*.

$$Emissões_{caixas} = Fator_{emissao} * Material_{comprado} * \frac{Peso\ por\ Caixa}{Densidade_{softlumber}} \quad (15)$$

Onde,

- Fator_{emissão} representa a emissão da produção de *softlumber* (kg CO_{2(eq)}/m³);
- Material_{comprado} diz respeito ao número de caixas de madeira afeto ao embalagem;
- Peso por caixa corresponde ao peso médio de uma caixa (kg)
- Densidade_{softlumber} diz respeito á densidade do *softlumber* (kg/m³)

Foi considerado um peso médio por caixa de 1,35 kg [54], um fator de emissão de 112,3 kg CO_{2(eq)} por m³ de *softlumber* produzido¹⁶ [55] e uma densidade de 549 kg/m³ [56]. Note-se que tentou-se encontrar valores para caixas feitas de pinho visto saber-se que as caixas adquiridas pela HG são deste material.

Conhecendo os fatores de emissão para os vários materiais afetos ao embalagem, foi necessário conhecer os respetivos pesos. Para este efeito procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica de modo a encontrar valores de peso típicos dos materiais por litro de vinho produzido. Essa informação encontra-se na seguinte tabela.

¹⁵ Para um estudo mais robusto e completo, os fatores de emissão associados aos materiais afetos ao embalagem devem representem todo o ciclo de vida dos materiais. Os valores desta tabela são aconselhados pelo IWCC tendo sido retirados de estudos representativos de todo o LCA não incluindo o transporte dos produtos até ao local de consumo.

¹⁶ Importante ainda referir que o valor do fator de emissão foi extraído de um estudo realizado para uma unidade produtora na América do Norte. Note-se que os valores podem diferir entre várias unidades produtoras.

Tabela 12 - Peso dos materiais tipicamente utilizados no embalamento por litro de vinho [57]

Materiais	Gramas /Litro de vinho
Garrafas de Vidro	650
Rolhas de cortiça	3,89
Cápsulas de metal	0,72
Papel/Cartão	50,70

Visto não se ter encontrado um valor referente às paletes não retornáveis considerou-se que em média um palete tem 22,5 kg [58].

4.9. Produtos enológicos

À semelhança dos materiais afetos ao embalamento, também os produtos enológicos aplicados na fase de vinificação devem ser quantificados no cálculo da pegada carbónica do vinho da Herdade dos Grous.

O método de cálculo segue o aplicado para o embalamento, aplicando-se um fator de emissão para cada produto.

$$Emissões_{produtos\ enológicos} = \sum Quantidade_{material} * Fator_{emissão} \quad (16)$$

Onde,

- Quantidade_{material} corresponde à material adquirido (kg);
- Fator_{emissão} diz respeito às emissões resultantes da produção do material (ton CO_{2(eq)}/ton de material);

Seguidamente seguem os fatores de emissão aplicados nesta secção.

Tabela 13 - Fator de emissão referentes à produção dos produtos enológicos [36]

Produto	Fator de emissão (kg CO_{2eq}/tonelada)
Bentonite	1100
Ácido cítrico	3300
Taninos	2200
Madeiras enológicas	10
Ácido tartárico	3300
Leveduras	2200
Produtos de higienização	1268
Agentes Sulfitantes	440
Manoproteínas	400
Barricas	36,6
Uvas compradas	0,491

No Anexo 1 (Tabela 31) encontram-se o inventário referentes às quantidades de produtos enológicos entre outros adquiridos pela Herdade dos Grous.

De notar que para alguns produtos não foi possível encontrar o fator de emissão correspondente, nomeadamente para os reagentes utilizados em laboratório, os nutrientes, enzimas e agentes estabilizantes. No caso das barricas de carvalho¹⁷, visto a informação recolhida ter sido sobre o número adquirido foi feita uma pesquisa bibliográfica tendo-se assumido que uma barrica pesa cerca de 60 kg.

4.10. Caso de Estudo

Com o intuito de propor medidas de mitigação que possam reduzir a pegada carbónica do vinho, foi realizado um caso estudo com a aplicação do programa PVsyst, um programa amplamente utilizado no cálculo da produção de eletricidade por módulos fotovoltaicos.

Teve-se como objetivo percorrer várias opções de *desing* de um central fotovoltaica até anular por completo a os resultados da pegada de carbono. O estudo foi realizado tendo em conta o valor final da pegada carbónica de 2018.

O estudo foi realizado mantendo algumas variáveis constantes:

- Utilizou-se painéis de silício monocristalinos;
- Aplicaram-se valores de irradiância solar para a freguesia de Albernoa;
- Considerou-se que não houve sombreamento dos módulos fotovoltaicos;
- O estudo foi realizado para venda da totalidade de energia à rede;

Foram realizadas simulações de produção para oito opções onde se alterou o número de módulos fotovoltaicos:

- 200 módulos;
- 273 módulos;
- 300 módulos;
- 360 módulos;
- 1000 módulos;
- 3150 módulos;

¹⁷ Os produtos de madeira como as barricas podem também ser considerados com reservatórios de carbono. Contudo este sequestro apenas é quantificado se o material se mantiver intacto por longos períodos de tempo. De acordo com o OIVGHGAP o sequestro de carbono é quantificado se o material tiver um tempo de vida superior a 20 anos [36]. Para esta tese foi negligenciado o potencial de sequestro das barricas.

- 6000 módulos
- 7500 módulos;

Para cada uma das opções, calculou-se novamente as emissões por garrafa provenientes da eletricidade, mas agora incluindo a produção fotovoltaica da nova central. Foi posteriormente calculado o novo valor da pegada carbónica assim como as emissões evitadas devido à instalação da central fotovoltaica.

Capítulo 5 - Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos cálculos efetuados neste trabalho. Primeiramente serão apresentados e discutidos os resultados para cada uma das subfases sendo depois realizada uma discussão para as 4 fases principais do estudo. Por fim faz-se uma comparação geral com os resultados obtidos na revisão bibliográfica. Os resultados serão apresentados, para os anos de 2016, 2017 e 2018, por unidade funcional (FU): 1 garrafa de vinho branco ou tinto de 0,75 L sendo as emissões contabilizadas desde a fase da viticultura à distribuição até ao armazém de retalho.

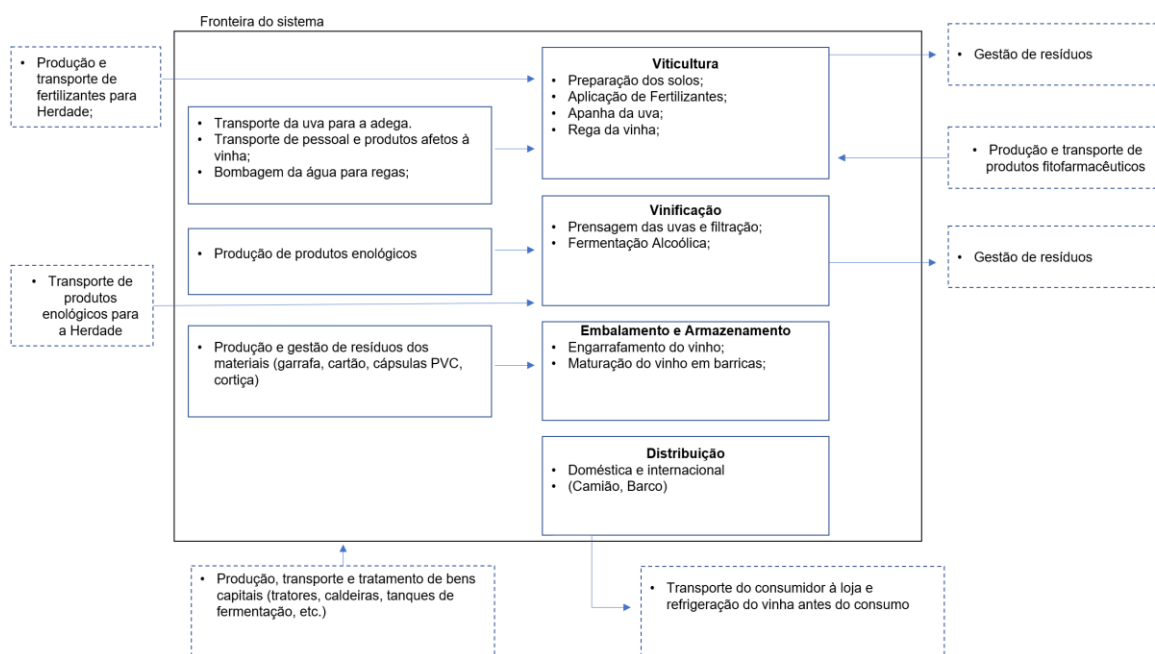


Figura 12- Ciclo de vida do Vinho produzido pela Herdade dos Grous (Variáveis a tracejado não foram incluídas no estudo)

Na Figura 12 podem ser visualizados as componentes do ciclo de vida do vinho que foram consideradas neste estudo. Alguns dos aspetos que não foram incluídos neste trabalho foram os seguintes:

- O potencial de sequestro de dióxido de carbono na vegetação espontânea;
- Transporte dos produtos enológicos, fitofarmacêuticos e fertilizantes para a Herdade;
- Produção, transporte e fim de vida de bens capitais utilizados na herdade (veículos, caldeiras, etc.);
- Transporte dos materiais afetos ao embalamento para a Herdade;
- Transporte e tratamento dos resíduos originados na viticultura, vinificação e após consumo por parte do consumidor final;

- Transporte do produto final do armazém de retalho para os pontos de venda e posterior local de consumo final;
- Tratamento das águas residuais afetos à fase de vinificação;
- Deslocamentos dos trabalhadores da Herdade de sua casa para o trabalho ou em viagens de trabalho;
- Potencial de sequestro de dióxido de carbono das barricas;

Como referido nas referências bibliográficas a Herdade dos Grous desenvolve várias atividades sendo importante conhecer a área afeta a cada uma delas.

Tabela 14: Partição da área da Herdade dos Grous nas suas várias componentes

	Unidades (ha)		
	2016	2017	2018
Vinha	73	93	88,2
Uva mesa	0,3	0,3	0,3
Laranjeiras	1,92	1,92	1,92
Hortas e estufas	0,26	0,26	0,26
Pomares	3,18	3,18	3,18
Olival tradicional	0,8	0,8	0,8
Olival novo	0	0	110
Área pivot	47	47	47
Pastagens permanentes Biodiversas (em rede Natura)	50	50	50
Pastagens permanentes Biodiversas	50	50	50
Pastagens permanentes espontâneas	100	100	100
Barragem	85	85	85
Povoamento de pinheiro manso	15	15	15
Área forrageira	122	122	12
Jardins	7	7	7
Área adquirida sem intervenção	0	230	45
Outras superfícies	136,42	346,42	396,22
Área de toda a propriedade	691,9	921,9	966,9

Seguidamente apresentam-se as quantidades referentes à produção de vinho da Herdade dos Grous.

Tabela 15: Informação referente à produção/comercialização do vinho

	Unidades	2016	2017	2018
Vinho engarrafado	Litros	549.404,88	510.920,75	476.340,00
Vinho produzido	Litros	384.950,00	476.396,00	471.110,00
Produção de Uvas	Toneladas	588,81	715,39	686,14
Nº Garrafas Produzidas	nº	513.266,67	635.194,67	628.146,67
Nº Total de Garrafas Vendidas	nº	702.892,00	657.656,00	621.445,00
Nº Garrafas Vendidas Quantificadas	nº	572.256,00	526.969,00	497.808,00

Note-se que na Tabela 15 o número total de garrafas vendidas não corresponde ao número total de garrafas quantificadas. Esta discrepância deve-se ao facto de no setor da distribuição as emissões terem sido apenas calculadas para os maiores mercados exportadores da HG (Portugal, Angola, Brasil, Polónia e Alemanha) que representam cerca de 90% de toda a comercialização. Os restantes cerca de 10% distribuem-se por cerca de 22 países sendo que estas não foram incluídos neste estudo. Contudo, de modo a ser coerente, nos resultados finais, todas as emissões provenientes das várias subfases de todo o processo forem calculadas para o número total de garrafas produzidas.

Na

Tabela 16 e Tabela 17 encontram-se para cada fase do processo as emissões de dióxido de carbono equivalente, assim como o valor total por garrafa de vinho produzida. De notar que a fase da viticultura inclui todas as emissões provenientes dos veículos e eletricidade afetas à viticultura, aplicação de fertilizantes e gestão do solo e fotossíntese da biomassa. O setor da vinificação engloba as emissões provenientes da fermentação malolática, eletricidade afeta à adega, emissões fugitivas, produtos vínicos e combustão estacionária.

A

Tabela 16 inclui emissões biogénicas e a Tabela 17 exclui as emissões biogénicas.

Tabela 16 - Emissões de CO_{2(eq)} por fase de processo (g CO_{2(eq)}/FU) e por garrafa (incluindo emissões biogénicas)

	Viticultura	Vinificação	Embalamento	Distribuição	Total (kg CO_{2(eq)}/FU)
2016	-124,97	255,36,08	1.259,39	136,09	1,53

2017	-46,62	263,94	1.215,69	77,54	1,51
2018	-161,41	244,45	1.208,06	72,83	1,36

Tabela 17 - Emissões de CO_{2(eq)} por fase de processo (g CO_{2(eq)}/FU) e por garrafa (excluindo emissões biogénicos)

	Viticultura	Vinificação	Embalamento	Distribuição	Total kg CO_{2(eq)}/FU
2016	304,64	174,52	1249,57	136,09	1,87
2017	384,85	182,08	1208,08	77,54	1,86
2018	266,54	160,38	1204,74	72,83	1,71

Neste trabalho a fase na viticultura é constituído por várias variáveis, sendo elas os veículos, as emissões da biomassa (quando quantificados), as emissões provenientes da aplicação de fertilizantes e movimentações no solo, a maquinaria contratada afeta à vinha e a eletricidade destinadas às operações na vinha. Os resultados para cada um destes subprocessos podem ser verificados no Anexo 2.

Primeiramente, importa notar que a inclusão ou não das emissões biogénicas representa um impacto nos valores finais da pegada de carbono do vinho produzido na Herdade dos Grous representando variações no valor final que vão de cerca de 19% em 2016 e 2017 a 20% em 2018.

Através da Figura 14 e da *Tabela 32* foi possível verificar que as emissões referentes aos veículos afetos à viticultura sofreram um decréscimo de 24% de 2016 para 2018.

Relativamente à eletricidade (*Tabela 34*), verificou-se que em todos os anos, a produção de eletricidade pela central fotovoltaica afeta à viticultura foi superior à eletricidade comprada permitindo evitar cerca de 112 toneladas de CO_{2(eq)} para a atmosfera. Contudo, devido a uma crescente eletricidade afeta à vinha e uma decrescente produção anual de eletricidade na central as emissões evitadas por garrafa foram menores em 2018 (8,15 g CO_{2(eq)}), seguidas de 2017 (81,6 g CO_{2(eq)}) e por fim de 2016 (108 g CO_{2(eq)}).

A fotossíntese da biomassa presente nas várias componentes da videira (*Tabela 35*) representou um sequestro de cerca de 430 g CO_{2(eq)}/FU em 2016, 431 g CO_{2(eq)}/FU em 2017 e 428 g CO_{2(eq)}/FU em 2018. De notar também quando tida atenção nos valores obtidos para o balanço de CO₂ por m² estes estão dentro dos valores obtidos em [30]. Como referido na bibliografia, neste estudo os valores de sequestro de carbono oscilaram entre 89 e 814 g C m⁻² ano⁻¹ para as três vinhas estudadas no norte da Itália. Neste trabalho os valores oscilaram entre 80,3 e 83,1 g C m⁻² ano⁻¹. Apesar de ser um valor

inferior ao do estudo referido importa lembrar que Itália, sendo um país com mais vegetação tem associadas maiores taxas de sequestro de carbono comparativamente com Portugal, um país mais quente e seco.

As emissões provenientes das práticas na Vinha (Tabela 36), nomeadamente, provenientes da aplicação de fertilizantes e gestão dos solos representa umas das mais importantes fontes de emissões de todo o processo (18,4% em 2016, 23,8% em 2017 e 14,9 % em 2018). 2018 foi o ano com menores emissões sendo esta diminuição devida à significativa redução de fertilizantes aplicados na vinha aliada a menores percentagens de azoto. De referir que o fator utilizado no cálculo das emissões referentes às práticas na vinha, foi o aconselhado pelo IPCC 2006 (1%). Contudo, segundo [27], no estudo realizado para um vinha no concelho de Nelas (Centro de Portugal), este fator por ser apenas de 0,57%. Foi decidido aplicar o fator aconselhado pela IPCC visto este resultado ter sido obtido apenas tendo em conta medições realizadas em metade do ano (março a setembro) e para uma geografia diferente daquela onde a Herdade dos Grous está incluída. De notar que a alteração deste fator iria alterar os resultados em apenas 2 gramas de CO₂ por garrafa.

As emissões provenientes da maquinaria contratada afeta à viticultura representou cerca de 2,4% em 2016 (37,01 g CO_{2(eq)}), 1,2% em 2017 (17,9 g CO_{2(eq)}) e zero em 2018 visto não ter sido contratada maquinaria neste ano.

Relativamente às emissões provenientes da combustão estacionária (Tabela 37) estas representaram, no total de emissões por garrafa, cerca de 1,0% em 2016 e 2017 e 1,3 % em 2018.

Os veículos afetos à viticultura (Tabela 33) representaram 6,2 % das emissões totais em 2016 (76,28 g CO_{2(eq)}/FU), 5,9 % em 2017 (69,47 g CO_{2(eq)}/FU) e 5,3% em 2018 (65,48 g CO_{2(eq)}/FU). Não quantificando as emissões biogénicas, os veículos afetos à viticultura representaram cerca de 30% da setor da viticultura. Estes resultados encontram-se de acordo com a bibliografia estuda. [9] conclui que os veículos afetos à viticultura representam entre 20 a 40% do setor da viticultura.

As emissões fugitivas (Tabela 39) representam uma das subfases com menor peso na pegada carbónica do vinho, tendo sido responsáveis por 0,9% das emissões em 2016, 0,7% em 2017 e 0,8% em 2018.

As práticas na produção do vinho (fermentação malolática) (Tabela 40) representaram cerca de 5,3 % da totalidade das emissões em 5,4 % em 2017 e 6,2% em 2018 (84,07 g CO₂/FU). Em média foram emitidos 8,2E-2 kg de CO₂ por garrafa estando este valor de acordo com a bibliografia. Por exemplo, [21] concluiu para o vinho verde branco que a fermentação emite sensivelmente 5,2E-2 kg de CO₂ por garrafa de vinho.

A eletricidade afeta à vinificação (Tabela 41) sofreu um aumento de 2016 (69,3 g CO_{2(eq)}/FU) para 2017 (87,0 g CO_{2(eq)}/FU) tendo diminuído novamente em 2018 (66,0 g CO_{2(eq)}/FU). Estes valores

acompanham o crescimento de garrafas produzidas entre 2016 e 2017 e o seu decréscimo em 2018. Note-se que, ao contrário do que ocorreu na eletricidade afeta á viticultura, a eletricidade total gasta nos 3 anos em estudo, na fase da vinificação (414,6 MWh) foi superior à energia produzida pela central fotovoltaica afeta à adega no mesmo período de tempo (153,5 MWh). Ainda assim, nos três anos estudados foram evitadas cerca de 48, 8 toneladas de CO_{2(eq)} para a atmosfera devido à produção de eletricidade pela central fotovoltaica.

A contribuição dos produtos aplicados na fase de vinificação (Tabela 42) é praticamente nula representando em todos os anos 0,01 g CO_{2(eq)}/FU. Note-se que apenas foi tido em conta as emissões referentes à produção dos respetivos produtos. De modo a obter um estudo mais fidedigno teria sido necessário incluir também as emissões respetivas ao transporte dos produtos para a Herdade dos Grous e tratamento dos resíduos produzidos. Contudo, devido à dificuldade de obter dados precisos sobre essas emissões, estas não foram quantificadas.

A fase da distribuição (Tabela 43) representou uma significativa fonte de emissões para a atmosfera de GHG. No ano de 2016 foram emitidos 136,1 g CO_{2(eq)} / FU representando 8,9 % das emissões totais. Devido a uma menor exportação, as emissões diminuíram em 2017 (77,54 g CO_{2(eq)} / FU), tendo o ano de 2018 sido o que representou as menores emissões, 72,83 g CO_{2(eq)} / FU (5,3% do total). Através da observação da Figura 15 e Figura 16 observa-se que para os 3 anos estudados as emissões referentes à distribuição seguem um mesmo padrão. O Brasil representa o país que mais contribui para as emissões seguido de Angola, Polónia, Alemanha e por fim Portugal. De referir que a mercadoria exportada para o Brasil e Angola tem associadas emissões relativas ao transporte marítimo e terrestre enquanto que para os restantes países, a mercadoria segue em transporte terrestre. Apesar de as emissões de CO_{2(eq)} associadas ao transporte marítimo serem significativamente inferiores às emissões libertadas pelo transporte terrestre, a maior distância percorrida pelo produto para chegar ao Brasil e Angola faz destes os mercados responsáveis pelas maiores emissões associadas à distribuição. Portugal mostra-se como o mercado que representa as menores emissões devido à proximidade entre local de produção ao local de revenda.

Por fim, como era esperado, o embalamento (Tabela 44) foi a fase de todo o processo que mais contribui para as emissões de dióxido de carbono equivalente para a atmosfera. Em 2016 este representou uma emissão de 1249 g CO_{2(eq)}/FU, 1208 g CO_{2(eq)}/FU em 2017 e 1204 g CO_{2(eq)}/FU em 2018. Como foi referido na revisão bibliográfica, a produção da garrada foi o fator que mais peso tem nas emissões globais de dióxido de carbono tendo representado cerca de 82,5% das emissões por garrafa em 2016, 80,5% em 2017 e 88,6% em 2018. De referir que o cálculo das emissões relacionados com materiais é normalmente realizada aplicando fatores de emissão. Isto deve-se ao facto da maioria das empresas produtoras dos materiais não realizar uma análise ao ciclo de vida dos seus produtos.

Deste modo, a aplicação de fatores de emissão pode representar desvios significativos em relação à realidade devido à variabilidade de fatores existentes que podem ser fortemente influenciados por várias variáveis como o modo e local de fabrico, matéria prima aplicada entre outros. Devido a esta variabilidade, foi realizada uma análise aplicando outros fatores para o vidro e papel de modo a verificar como esta alteração poderá influenciar os resultados finais. Os fatores aplicados encontram-se na seguinte tabela:

Tabela 18: Fatores de emissão para aplicação na análise de sensibilidade

Fator de Emissão	Valor	Bibliografia
Vidro (g CO₂/garrafa 0,75L)	469	[59]
Papel/Cartão (kg CO₂/Kg de material)	1	[60]
Vidro (kg CO₂/tonelada)	791 ¹⁸	[36]

Foram assim definidas três opções no estudo: A, B e C. A opção A corresponde ao cálculo aplicando os fatores de emissão referidos anteriormente nos métodos. A opção B corresponde ao cálculo das emissões do embalamento aplicando os fatores 469 g CO₂/garrafa 0,75L para o vidro e 1 kg CO₂/Kg de material para o cartão. A opção C aplica os fatores 791 kg CO₂/tonelada de vidro produzido e 1 kg CO₂/Kg de material para o cartão.

Para ambas as opções foram calculadas as emissões de CO_{2(eq)} totais e por garrafa, assim como o valor final da pegada carbónica do vinho. Os resultados podem ser observados no seguinte gráfico e tabela.

¹⁸ Vidro 54% reciclado com uma taxa de reutilização de 7% (média da EU, Turquia e Suíça)

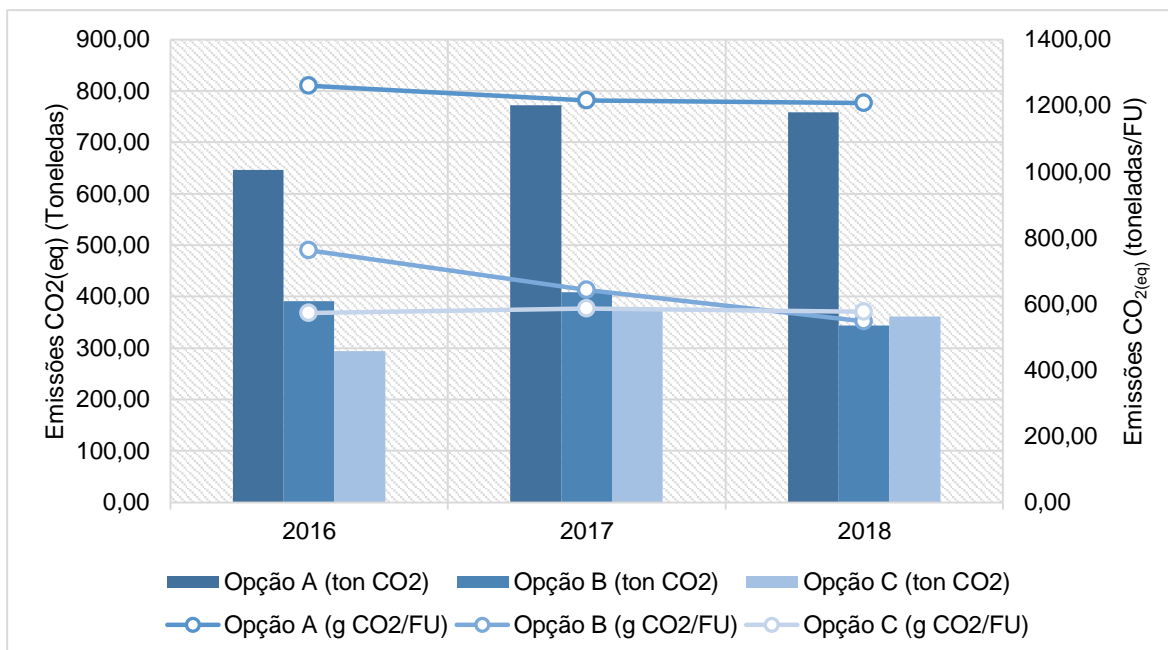


Figura 13: Resultados da análise realizada aplicando diferentes fatores de emissão no embalamento

Tabela 19 - Resultados da pegada carbónica do vinho após análise de sensibilidade

	Pegada Carbónica (com emissões biogénicas) (kg CO _{2(eq)} /FU)			Pegada Carbónica (sem emissões biogénicas) (kg CO _{2(eq)} /FU)		
	Opção A	Opção B	Opção C	Opção A	Opção B	Opção C
2016	1,53	1,03	0,84	1,87	1,38	1,18
2017	1,51	0,94	0,88	1,86	1,29	1,23
2018	1,30	0,64	0,87	1,71	1,05	1,08

Como é possível verificar, especialmente na Tabela 19, a aplicação de diferentes fatores de emissão para os materiais afetos ao embalamento, pode implicar alterações significativas no valor final da pegada carbónica do vinho, evidenciando a grande variabilidade que a aplicação dos fatores de emissão podem representar em estudos deste tipo.

Foi também calculado para cada fase, o valor total de emissões de CO_{2(eq)} (Figura 17 e Figura 18). Não incluindo as emissões biogénicas, em 2016 foram emitidas cerca de 962 toneladas de CO_{2(eq)} afetas à produção do vinho, 1182 toneladas em 2017 e 1073 em 2018. Os valores incluindo emissões biogénicas foram respetivamente 783, 954 e 864 toneladas.

De um modo geral os resultados obtidos neste trabalho seguem os verificados na bibliografia. O embalamento é geralmente a fase que representa um impacto mais significativo na pegada carbónica do vinho devido à produção das garrafas. No vinho produzido pela Herdade dos Grous o embalamento representou em média cerca de 85% das emissões estando este resultado dentro dos verificados na bibliografia. Note-se, contudo, que em vários estudos apenas está contabilizada a produção dos materiais e não o seu ciclo de vida completo. Neste trabalho foram aplicados valores

representativos de todo o ciclo de vida dos materiais (excluindo o transporte para o local de consumo) podendo o valor obtido ser superior ao de alguns estudos referenciados.

A fase da viticultura foi seguidamente ao embalamento, a que maior peso representou na pegada de carbono (não englobando as emissões biogénicas), representando um peso de 16,3 % em 2016, 20% em 2017 e 15,6% em 2018. Como referido na bibliografia a fase da viticultura representa uma das fases com maior variabilidade devido a vários fatores relacionados essencialmente com as práticas agrícolas. A variabilidade da uva, as características do solo e condições climáticas da localização da vinha podem representar alterações significativas nos resultados finais. O tamanho da vinha pode influenciar as emissões provenientes dos veículos, a quantidade de fertilizantes aplicados no solo influencia a quantidade de N₂O emitido para a atmosfera, a gestão dos solos representa um contributo para as emissões de CO₂ e o carbono sequestrado nas estruturas permanentes da videira é também um fator importante. Na bibliografia foram encontrados valores discrepantes para esta fase que foram desde 45,8% em [9], 17,4% em [33] e 17% em [24]. De referir que, se excluídas as emissões biogénicas, os valores finais para a viticultura neste trabalho (Tabela 17) situaram-se próximos dos resultados em [24] que foram cerca de 0,38 kg CO_{2(eq)}/0,75 L de vinho.

No caso de serem incluídas as emissões biogénicas a fase da viticultura pode representar sequestro de CO₂. Por norma, os estudos da pegada carbónica do vinho não incluem as emissões sequestradas na biomassa da videira por esta ser considerada biogénica.

A fase da vinificação representou a terceira fase com maior impacto nos resultados finais. No ano de 2016 representou 9,3% das emissões, 9,8% em 2017 e 9,4% em 2018. O peso da vinificação no estudo bibliográfico realizado não é consensual. Segundo [9], esta é a fase que representa menores emissões comparativamente com a vinificação e embalamento. Contudo, refere também que pode representar até 93% dos resultados finais. Já [23] conclui que a esta fase representa cerca de 11% das emissões finais .

A fase da distribuição representou um peso de 7,3% em 2016, 4,2% em 2017 e 4,3% em 2018 (não incluindo emissões biogénicas) Como referido anteriormente, esta é fortemente dependente da distância que o produto final tem de percorrer ate ao destino final assim como o meio de transporte utilizado. Os resultados obtidos estão em linha com os obtidos na pesquisa bibliográfica. [32], um estudo realizado para o vinho verde produzido em Portugal concluiu que a distribuição representou cerca de 8% enquanto que [33] conclui para 4 vinhos que a distribuição representou desde 3% a 20%.

5.1 Caso de Estudo

Na Figura 19 encontram-se os resultados obtidos para o caso de estudo realizado com o intuito de saber quantos painéis fotovoltaicos anulariam a pegada carbónica do vinho produzido pela Herdade dos grous.

Como é possível verificar no gráfico, a pegada carbónica do vinho produzido pela herdade dos Grous anula-se entre a opção 7 e 8 correspondendo sensivelmente à instalação de cerca de 6750 módulos fotovoltaicos.

No anexo 3 encontram-se tabelados todos os resultados obtidos que possibilitaram o cálculo dos valores finais.

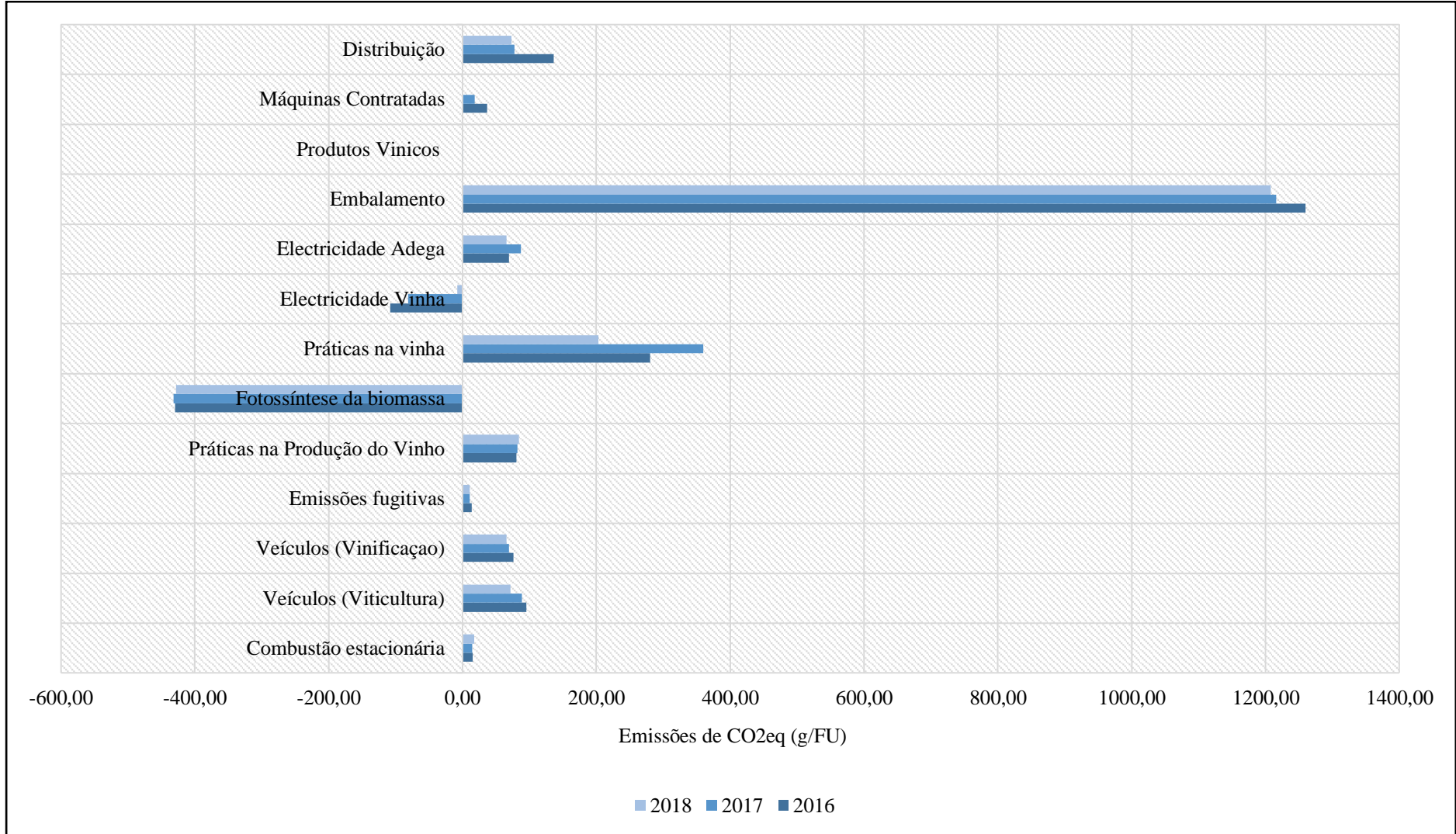


Figura 14 - Emissões anuais para cada subfase do processo incluindo emissões biogénicas (kg CO₂(eq)/FU)

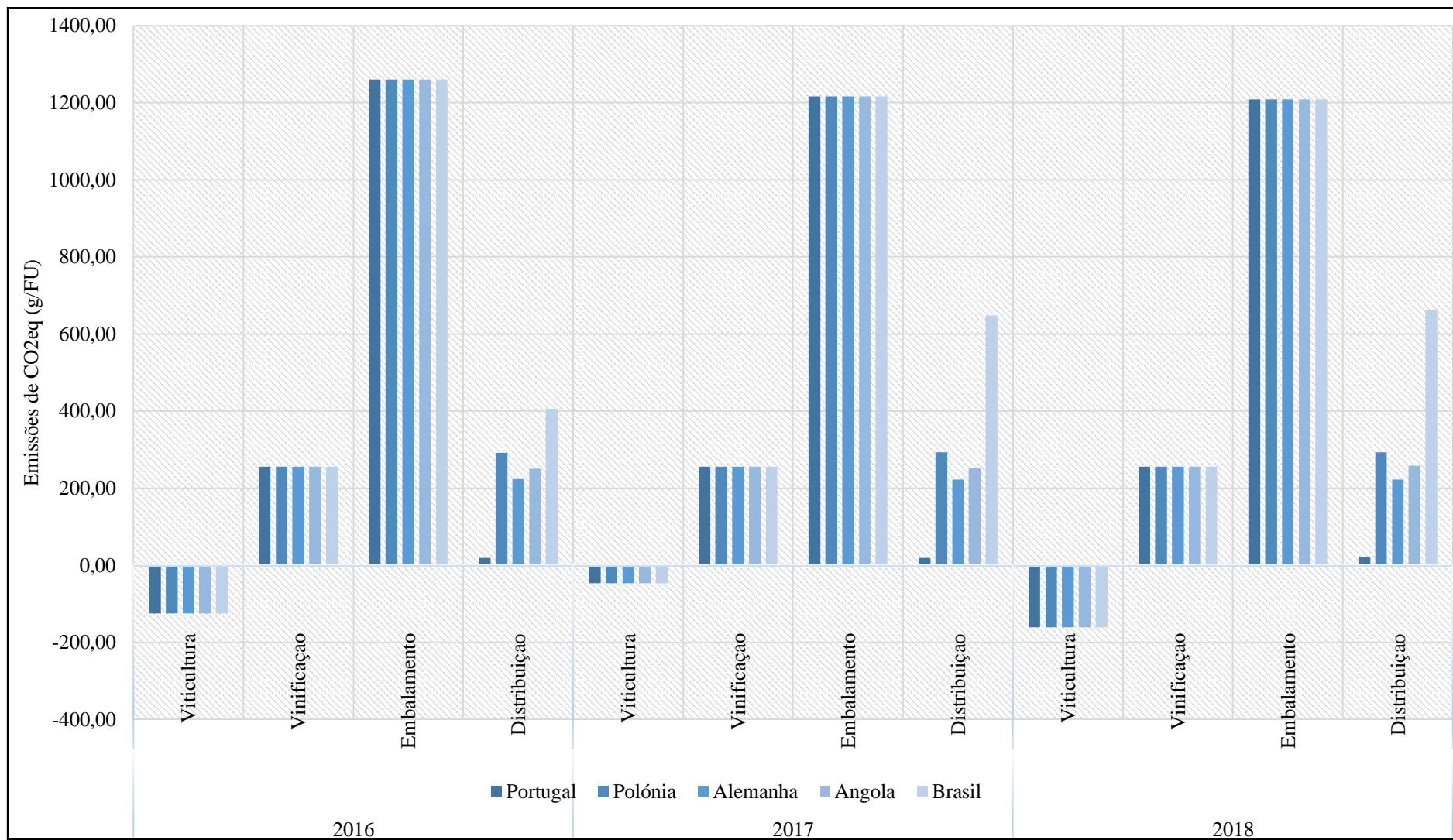


Figura 15 - Emissões anuais respetivas a cada fase do processo por país incluindo emissões biogénicas

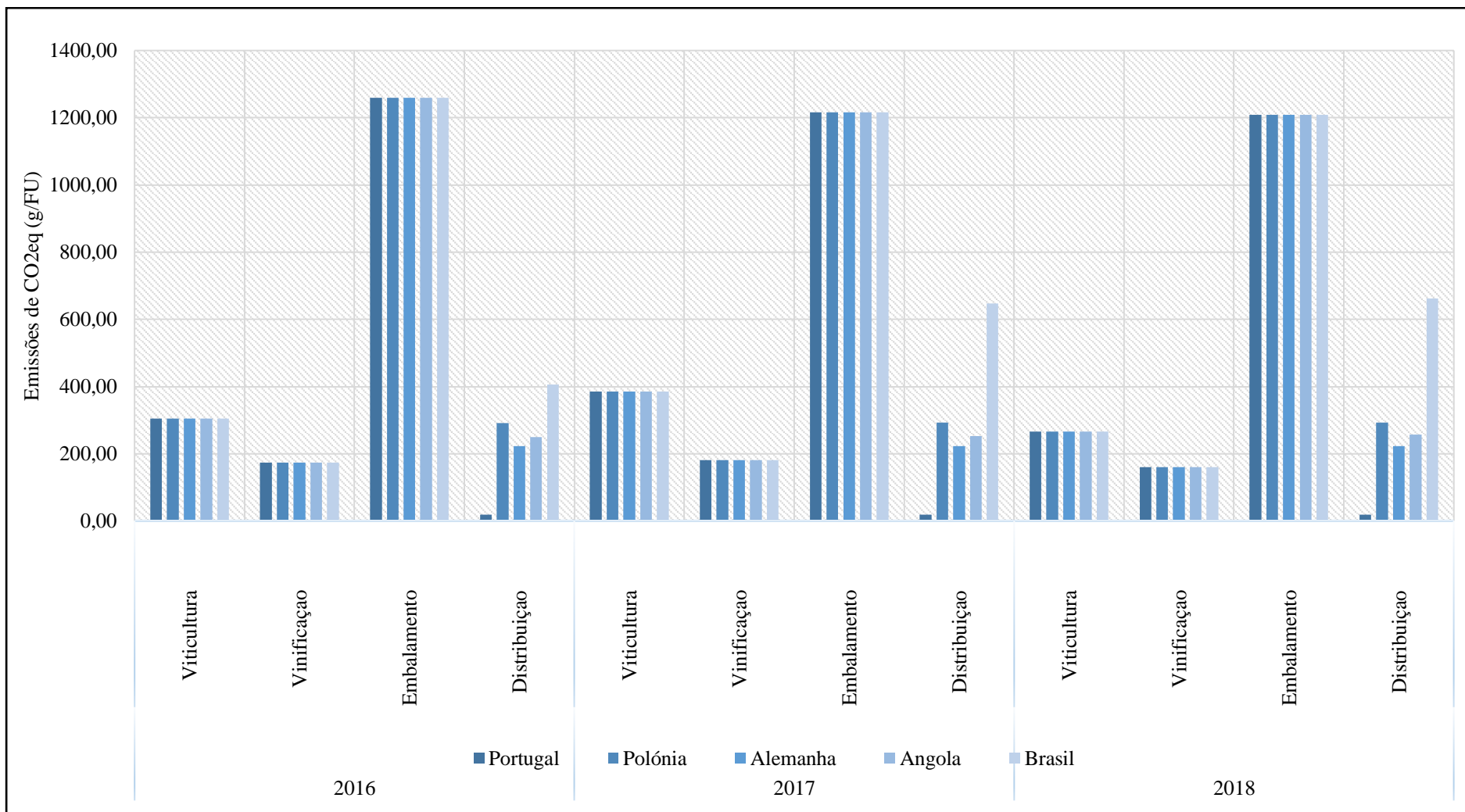


Figura 16 - Emissões anuais respetivas a cada fase do processo por país excluindo emissões biogénicas

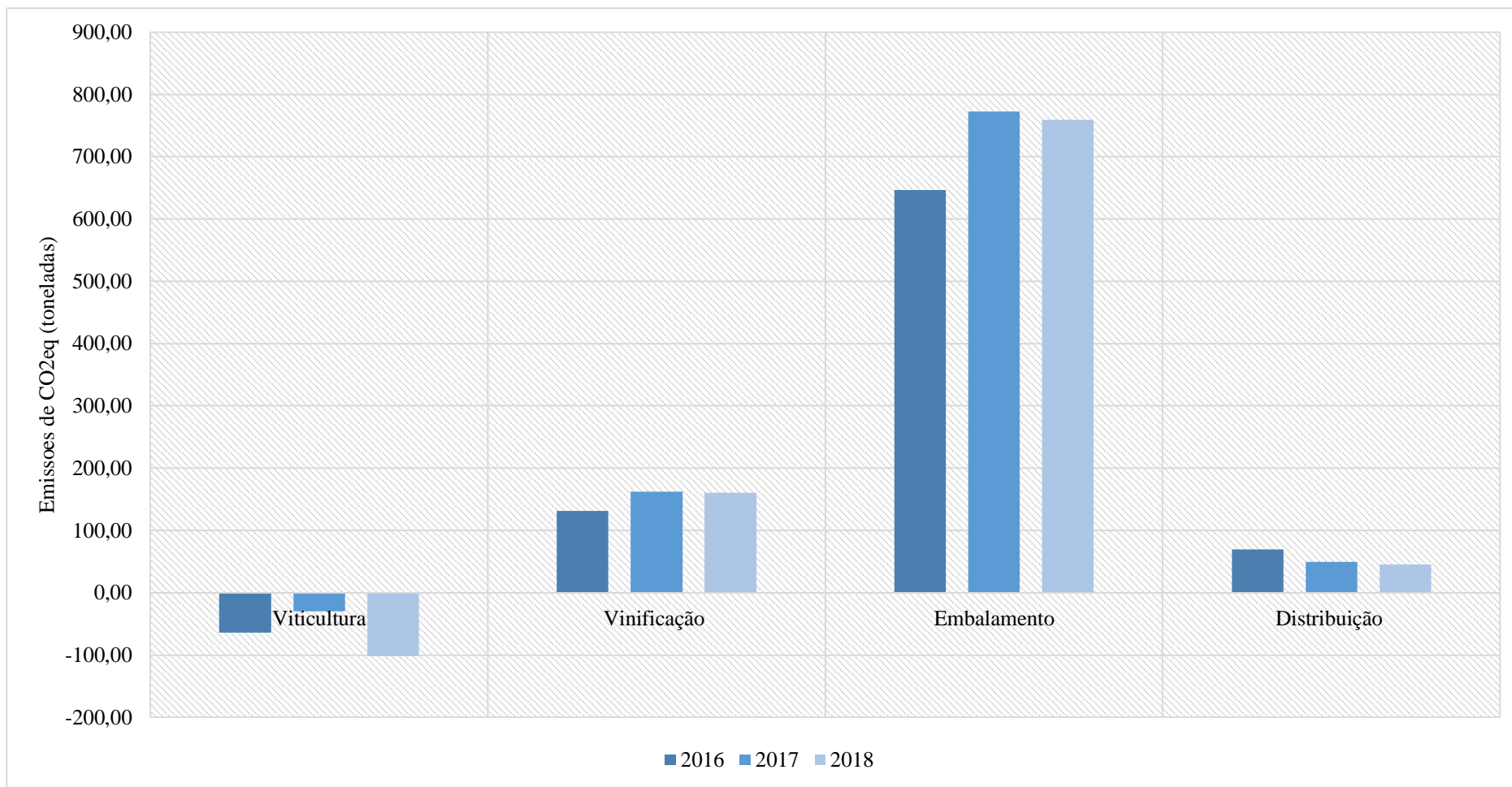


Figura 17 - Emissões totais anuais de CO₂ por fase do processo incluindo emissões biogénicas

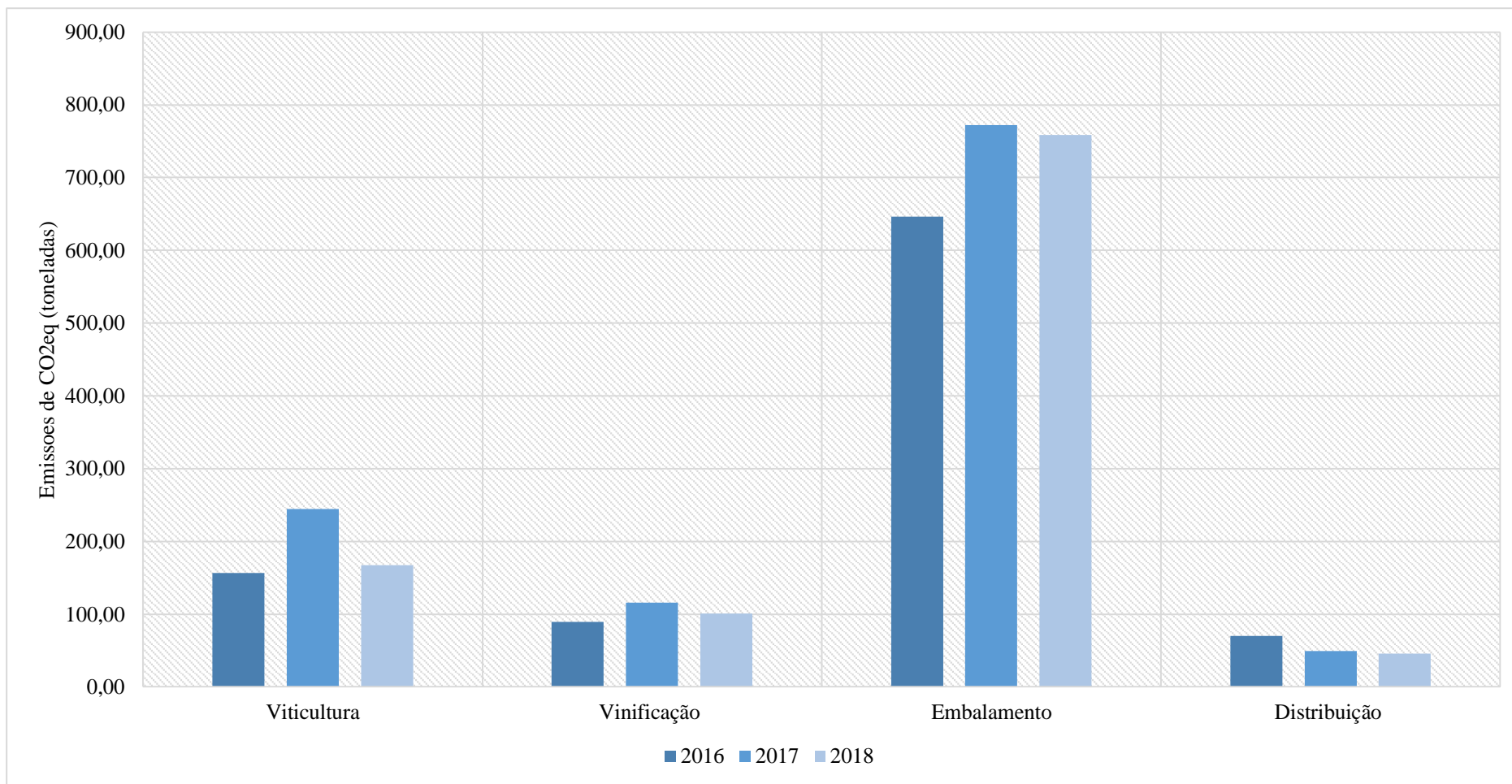


Figura 18 –Emissões totais anuais de CO₂ por fase do processo excluindo emissões biogénicas

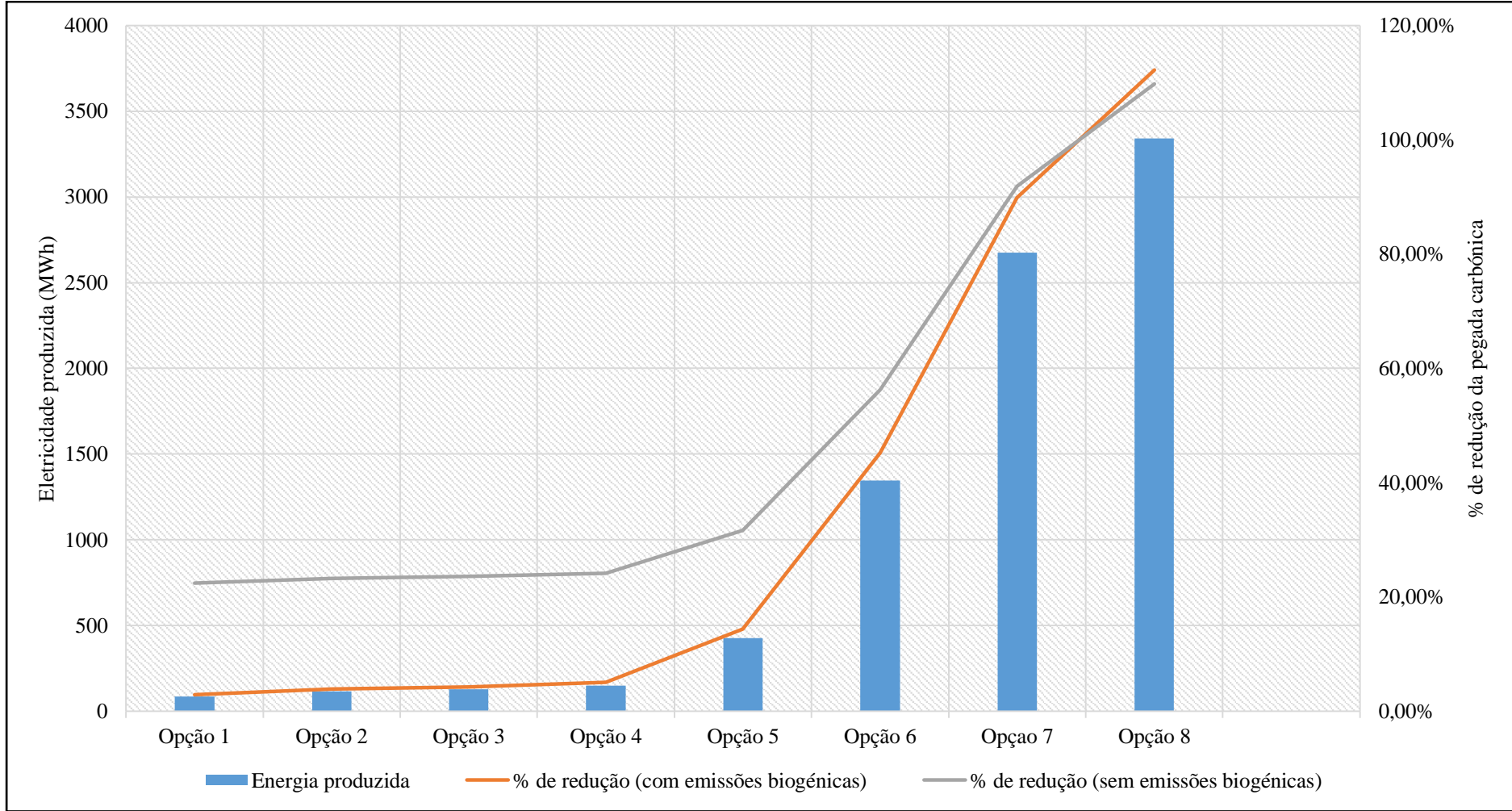


Figura 19: Resultados do caso de estudo realizado

Capítulo 6 - Conclusões

Nesta dissertação teve-se como principal objetivo o cálculo da pegada carbónica do vinho produzido pela Herdade dos Grous. Para esse efeito para cada uma das subfases consideradas neste trabalho foram calculadas as respetivas emissões de dióxido de carbono equivalente sendo estas apresentadas em função da unidade funcional escolhida, uma garrafa de vinho tinto ou branco de 0,75 L, desde a fase da viticultura à distribuição até ao armazém de retalho.

Primeiramente, concluiu-se que a inclusão ou exclusão das emissões biogénicas representam um impacto nos valores finais das emissões que pode representar variações nos valores finais entre 23% em 2016 e 24% em 2017 e 2018.

Excluindo as emissões biogénicas, a Herdade dos Grous tem vindo gradualmente a reduzir a pegada de carbono do vinho sendo que, um dos fatores que mais contribui para essa redução foi a diminuição de fertilizantes aplicados no ano de 2018 assim como a diminuição da concentração de azoto nos mesmos. De igual modo, contabilizando as emissões biogénicas no estudo, conclui-se que a pegada de carbono segue uma trajetória igualmente decrescente ao longo dos anos, sendo o potencial de sequestro de carbono nas estruturas permanentes da vinha, o fator que mais contribui para uma menor pegada carbónica comparativamente com o valor excluído das emissões biogénicas.

Concluiu-se também que a fase do embalamento foi a que teve um maior impacto nos valores finais, essencialmente devido às emissões provenientes do ciclo de vida da garrafa. Seguidamente a fase da viticultura foi de um modo geral a que teve um maior impacto em grande parte devido às emissões de óxido de azoto libertadas na aplicação de fertilizantes assim como através da gestão os solos da vinha. Seguidamente a vinificação e por fim a distribuição foram as fases que mais contribuíram para o valor final da pegada de carbono. Apesar de existir alguma correlação com a bibliografia, os valores especialmente para a viticultura e vinificação ser significativamente diferentes dependendo das variáveis que são quantificadas.

6.1. Ações de Mitigação

Sendo o **embalamento** uma das fases com maior impacto na pegada de carbono do vinho, esta torna-se uma da área onde maiores esforços devem ser desenvolvidos na mitigação das emissões de GHG. Segundo [24], a utilização de garrafas mais leves pode representar uma redução de pegada de carbono do vinho superior àquelas associadas ao crescimento da vinha através de práticas totalmente orgânicas.

A título de exemplo, a empresa *Constellation Europe*, através da redução do peso das garrafas de 495g para 435g, permitiu uma redução de resíduos de vidro de 3000 toneladas por anos e conseqüentemente evitou 2000 toneladas de CO₂ para a atmosfera. A *Kingsland Wines & Spirits*, um fornecedor de vinho no Reino Unido, reduzindo o peso das garrafas de 650 gramas para 484 gramas, assim como as de 460 gramas para 400 gramas permitiu evitar cerca de 1600 toneladas de vidro correspondendo a 1140

toneladas de CO₂ por ano [61]. A O-I, uma empresa de produção de garrafas Australiana evitou cerca de 11 000 toneladas de emissões de CO₂ para a atmosfera reduzindo o peso das garrafas em 28% [62].

Uma das preocupações mais regulares por parte dos produtores de vinho na adoção de garrafas mais leves é relativa à possível alteração da escolha dos consumidores assim como a alteração da qualidade do vinho nomeadamente, devido à exposição à luz. Note-se que é a cor da garrafa que previne a entrada de luz e não a espessura desta. Deste modo, a maturação do vinho ao longo do tempo desenvolve-se também em garrafas mais leves. Relativamente à perceção dos consumidores, um estudo realizado pela *University of Bangor* conclui que a altura da garrafa desempenha um papel importante nas atitudes dos consumidores e não tanto o peso da garrafa. Deste modo, para minimizar o efeito no comportamento dos consumidores, o menor peso das garrafas não deve por em causa a altura da garrafa assim como o seu formato [62].

Outra opção na redução das emissões na fase do embalamento seria a utilização de garrafas recicladas. O fabrico de garrafas recicladas exige menores recursos energéticos e água, contudo a recolha e processamento seja dos aterros, seja de centros de recolha, torna-se caro devido em grande parte às distâncias percorridas, tornando por vezes as garrafas recicladas mais caras que as tradicionais. Ainda assim, a produção de garrafas recicladas emite menos GHG para a atmosfera permitindo manter o aspeto visual similar às garrafas tradicionais [62].

Também a utilização de garrafas PET torna-se nos dias de hoje cada vez mais uma alternativa viável ao embalamento do vinho. Pesam cerca de 54 gramas necessitando de menos cerca de 43% de energia quando comparada como as garrafas de vidro. Um estudo sobre a emissão de GHG do vinho comparou as emissões provenientes de uma garrafa de vinho PET e uma de vidro concluindo que as emissões provenientes da garrafa PET são cerca de metade [62]. [63] conclui que a fase de produção da garrafa PET é responsável pela emissão de cerca de 0,431 kg CO_{2(eq)} e [59] conclui que por 100 g de material, uma garrafa de PET (0,75 L) emite cerca de 334,7 g CO_{2(eq)} para a atmosfera e uma garrafa de vidro emite 93,8 g CO_{2(eq)}.

Tabela 20 – Comparação entre garrafas PET e garrafas de vidro [59]

Tipo de embalamento	Impacto nos vários indicadores		Possibilidades futuras	Desafios futuros
Garrafa PET (75 cl)	Potencial de aquecimento global	- Produção da matéria prima é energeticamente intensiva	- Possibilidade de reciclagem total através da aplicação de enzimas;	- Proibição de garrafas de plástico; - Incentivar os consumidores a não comprar
	Reciclabilidade	- Apenas uma parte é possivelmente reciclada		

		- Qualidade do plástico decresce com a reciclagem		plásticos produzidos com combustíveis fósseis;
	Desvantagens	Senão for reciclado, os resíduos ou tratado contribuem para a poluição de plásticos		
Garrafa de vidro (75 cl)	Potencial de aquecimento global	- A produção de vidro utilizando matéria prima “virgem” é energeticamente intensiva; - Sendo um material pesado, causa emissões no seu transporte;	- Ressurgimento do vidro com principal material de embalagem; - Embalagens livres de tóxicos para utilização no setor dos vinhos;	Terminar o desenvolvimento logístico na produção de garrafas pesadas;
	Reciclabilidade	- Reciclabilidade alta; - Não existe degradação do material no processo de reciclagem;		
	Desvantagens	Não se degrada na natureza		

Para finalizar, outra possível solução para redução das emissões de GHG poderá ser o transporte através de *bulk shipping*. Quando o vinho é exportado através de barco, as entidades produtoras têm de decidir a logística de transporte. O vinho pode ser engarrafado no local de produção, como ocorre na Herdade dos Grous, ou pode ser exportado em reservatórios maiores sendo engarrafados no país importador. Este modo de transporte resulta em menores emissões de CO₂ no transporte devido às menores cargas transportadas nos navios. Contudo, podem surgir alguns problemas de contaminação e oxidação dos vinhos. O contacto no vinho com o oxigénio cria alterações químicas alterando a sua qualidade. A possível contaminação nos tanques de transporte pode também representar alterações no vinho que poem em causa a sua qualidade. Neste tipo de transporte é exigido um elevado grau de limpeza dos tanques com o intuito de o vinho não sofrer alterações.

Também alterações na fase da **viticultura** podem ser implementadas na redução da pegada carbónica do vinho. A diversidade genética é a base da resistência da vegetação contra doenças ou alterações do clima. Uma das opções para o enriquecimento dessa diversidade poderá ser a aplicação de pastagens permanentes biodiversas (PPB) nos espaços livres entre as linhas de videiras. As PPB melhoram o funcionamento do ecossistema através da manutenção da fertilidade e estrutura do solo acrescentando-

lhes matéria orgânica. A quantidade de matéria orgânica influencia a capacidade dos solos de sequestrar, manter e filtrar a água que recebem assim como torna-os mais resilientes a alterações que ocorram. A matéria orgânica fornece estrutura estabilidade e nutrientes ao solo melhorando a sua produtividade. De facto, a Herdade dos Grous possui já cerca de 100 hectares de pastagens permanentes biodiversas não sendo estas, contudo, afetas à produção de vinho. Estima-se que, a aplicação de pastagens permanentes biodiversas permita o sequestro de 6,5 t CO₂ por hectare por ano [64]. Considerando que no ano de 2018 a Herdade dos Grous possuía cerca de 88 hectares afetos à produção de vinho e que a área entre as fileiras da vinha representa 70% do total (± 62 hectares), a aplicação de PPB representaria um sequestro de 403 toneladas CO₂

Outro fator que poderá ajudar na redução das emissões provenientes da gestão dos solos será a não escarificação dos solos. [27] no seu estudo sobre as emissões de CO₂ e N₂O para uma vinha portuguesa no concelho de Nelas, conclui as emissões de N₂O são 34% menores quando os solos não são escarificados. De referir que em ambas as hipóteses (com escarificação ou não) foram sempre aplicados fertilizantes nos solos. Já [65] concluiu que as emissões de N₂O são 68% superiores quando o solo é escarificado comparativamente com o resultado no caso de não o ser.

Na fase da **vinificação** várias soluções podem ser aplicadas na redução da emissão de GHG. Em geral, todas as opções são relativas à valorização dos resíduos provenientes da vinificação do vinho para a produção de produtos de valor para a indústria alimentar ou cosmética [9]. Na Tabela 21 encontram-se, para alguns dos produtos da vinificação, a sua possível utilidade.

Tabela 21 - Tratamento de resíduos da uva, propriedades fitoquímicas e utilidade [66]

Nº	Produto Final	Tratamento	Características Fitoquímicas	Utilidade
1	Resíduos de uva	Compostagens dos resíduos de uva e excrementos de galinha	Rico em matéria orgânica	Fertilizante para sementes de milho
2	Extratos da semente e pele da uva	Fracionamento das sementes de uva e extratos da pele	Teor em fenol	Suplementos dietéticos para tratamento de doenças
3	Resíduos de uva	Gasificação dos produtos dos resíduos das uvas	Concentração em resíduos não necessários	Produção de gás para aquecimento
4	Pele da uva pressionada	Compostagem de resíduos sólidos e águas residuais	Contém matéria orgânica	Fertilizante
5	Bagaço do vinho e sementes da uva	Liofilização e extração de flavanóis	Contém flavanol	Suplementos dietéticos e produção de fitoquímicos
6	Caules do bagaço do vinho e borra	Liofilização e extração de polifenóis	Contém polifenóis	Suplementos dietéticos

7	Pele, sementes e caules da uva	Acidólise de uma fracção polimérica de proantocianidinas de bagaço de uva na presença de cisteamina	Contém flavanol	Fonte de flavanóis
8	Extrato de sementes da uva	Uso pré e pós-morte de semente de uva em experimento alimentar	Contém Fenol	Alimento para carne escura de aves
9	Polpa de pele de uva	Fermentação por <i>Aureobasidium pullulan</i>	Precipitado de Etanol	Produção de pululano
10	Sementes da uva	Cultivo em estado sólido por <i>Trametes hirsuta</i>	Contém lignocelulósico	Produção de Lacase
11	Bagaço de uva	Cultivo em estado sólido por <i>Pleurotus sp.</i>	Contém componentes altamente fenólicas, açúcar e restos de poda	Alimento para animais
12	Águas residuais	Electrodialise	Contém ácido tartárico	Aditivo em cosméticos e medicamentos
13	Águas residuais	Electrodialise a 60°C	Contém ácido málico e tartárico	Indústrias alimentares e farmacêuticas

As emissões referentes à **distribuição** desejam-se também reduzidas. Como foi possível confirmar nos resultados, apesar das emissões afetas ao transporte rodoviário serem superior ao transporte marítimo, foram nos mercados que recebem o produto através do transporte terrestre que se verificaram as menores emissões essencialmente devido às menores distâncias associadas. Deste modo, seria importante a Herdade dos Grous implementar o seu vinho em mercados perto do local de produção.

Na minha opinião, o embalamento é uma das áreas essenciais onde alterações podem mitigar significativamente as emissões de gases de efeito de estufa. Existem opções credíveis que não põem em causa a alteração da qualidade do produto não sendo implementadas em parte por serem mais caras ou por receio da alteração do comportamento dos consumidores em relação ao produto. Considero que, num futuro próximo, à medida que as alterações climáticas se farão sentir com mais intensidade no planeta, uma maior consciencialização das entidades políticas e dos consumidores irá surgir exigindo alterações no comportamento de todos. As entidades que atuarem mais cedo serão aquelas que mais beneficiarão no futuro tendo produtos amigos do ambiente.

Capítulo 7 – Recomendações Futuras

O cálculo da pegada carbónica do vinho resulta de um processo complexo de quantificação de um grande número de variáveis que devem ser tidas em conta não sendo por vezes possível obter dados rigorosos e fidedignos. Deste modo existem sempre estudos que podem complementar o estudo realizado neste trabalho.

Um dos aspetos que não foi estudado nesta dissertação diz respeito às emissões provenientes do tratamento dos resíduos produzidos em todo o processo produtivo do vinho. Um inventário dos resíduos produzidos foi realizado, contudo, devido à incerteza da sua origem as emissões não foram calculadas. De notar que a maioria dos resíduos criados eram agrícolas, não sendo possível ter a certeza se eram afetos à produção do vinho, visto a herdade realizar outras atividades agrícolas. Também alguns resíduos provinham do edifício onde se inclui a adega, mas também o restaurante, o refeitório, escritórios e quartos, não tendo sido possível definir quais seriam os resíduos apenas afetos à produção do vinho. De modo a obter um estudo mais concreto, seria também necessário contactar com as entidades responsáveis pelo tratamento dos resíduos de modo a obter informações de como estes são tratados visto que cada método de tratamento (aterro, inceneração, etc.) emite diferentes quantidades de GHGs.

Neste trabalho, não foi tido em conta o sequestro de CO₂ na vegetação natural devido à falta de informação sobre a distribuição dessa vegetação na área de vinha. Para além disso, não foi encontrado um método rigoroso para o cálculo deste fator, tendo-se apenas encontrado valores standard na bibliografia sobre o potencial de sequestro dos enrelvamentos. De referir também, que normalmente o solo sofre uma escarificação anual não se tendo encontrado um método de cálculo da possível libertação de CO₂ decorrente dessa atividade. Poderia ser interessante, após conhecer a distribuição dos enrelvamentos da vinha proceder-se a um cálculo mais pormenorizado deste fator. Outra hipótese seria realizar este cálculo após a implementação de ações efetivas, com vista a uma maior produção de matéria orgânica nos solos, através por exemplo da aplicação de pastagens permanentes biodiversas.

Outro aspeto não tratado nesta dissertação refere-se ao tratamento das águas residuais. Em primeiro lugar, as águas residuais têm origem no edifício que inclui a adega, mas também o refeitório, escritórios, quartos e restaurante. Procurou-se saber se a adega possuía um caudalímetro apenas afeto á adega, contudo este não existia não sendo possível determinar com exatidão a quantidade de águas residuais apenas afetas à adega. Para além disto, o método recomendado pelo IPCC para o cálculo deste fator requiere análises às lamas originadas no tratamento das águas, visto ser necessário saber a quantidades de azoto nestas. Visto não ter sido possível obter esta informação decidiu-se não quantificar as emissões provenientes deste setor.

Outros fatores que poderiam ter incluídos referem-se à quantificação das emissões no transporte dos funcionários da herdade que realizam atividades afetas à produção do vinho. Também as emissões afetas

a viagens nacionais ou internacionais relacionadas, por exemplo, com divulgação do vinho poderiam ser quantificadas.

As emissões na produção, manutenção e tratamento final de todos bens capitais afeto à produção do vinho não foram tidos em conta devido à dificuldade em encontrar dados fidedignos neste âmbito. Do mesmo modo, o potencial de sequestro de carbono nas barricas não foi todo em conta por se considerar, segundo a OIV, que estas não duram mais de 20 anos

Como foi referido, apenas cerca de 90% dos mercados de exportação foram tidos em conta neste trabalho. Através de uma pesquisa mais aprofundada sobre os restantes mercados e respetivos modos de distribuição tornariam o estudo mais robusto. Seria também importante quantificar as emissões referentes ao transporte do produto final dos armazéns de retalho até todos os pontos de venda ao consumidor e posteriormente, até ao local final de consumo. Contudo, devido a grande incerteza nestes dados este dado não foi tido em conta.

Como foi referido, a herdade realiza também atividades relacionadas com a produção de gado, sendo normalmente aplicado estrume nos solos da vinha. Contudo, não foi possível quantificar a quantidade de estrume aplicado nos solos. Sendo a adição de estrume uma das variáveis no cálculo das emissões provenientes da gestão dos solos, seria uma mais valia a herdade quantificá-la de modo a poder ser considerada nas emissões de GHG.

Seria também importante quantificar todas as emissões referentes ao transporte dos produtos afetos a todo o processo de produção do vinho. De notar que a maior parte dos fatores de emissão aplicados neste trabalho apenas têm em consideração as emissões referentes à produção dos produtos e não o seu transporte até à HG e posterior tratamento final. É certo que a quantificação destes dados envolve um aprofundado estudo sendo necessário a obtenção de informação pormenorizada por parte de todos os fornecedores dos materiais em questão. Existe ainda, contudo, uma significativa incerteza em relação aos fatores de emissão criando por vezes uma grande incerteza nos valores finais de emissões de GHG.

Para finalizar, poderá também realizar-se uma comparação do método aplicado nesta tese com o *Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for still and sparkling wine*, sendo este outro guia para o cálculo de emissões provenientes do processo produtivo do vinho.

Referências

- [1] A. Inkpen and R. Phillips, “The Wine Industry,” *Enzyme*, vol. 44, pp. 1–17, 2006.
- [2] S. L. Forbes, D. A. Cohen, R. Cullen, S. D. Wratten, and J. Fountain, “Consumer attitudes regarding environmentally sustainable wine: an exploratory study of the New Zealand marketplace,” *J. Clean. Prod.*, vol. 17, no. 13, pp. 1195–1199, 2009.
- [3] R. M. Henderson, S. A. Reinert, P. Dekhtyar, and A. Migdal, “Climate Change in 2018: Implications for Business,” *Harvard Bus. Sch.*, no. Mba 2016, pp. 1–39, 2018.
- [4] IPCC, *Climate change 2014. Synthesis report. Versión inglés*. 2014.
- [5] J. G. J. G. J. Olivier, K. M. M. Schure, and J. A. H. W. A. H. W. Peters, “Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions,” *PBL Netherlands Environ. Assess. Agency*, no. December 2017, p. 8, 2017.
- [6] B. M. Campbell *et al.*, “Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries,” *Ecol. Soc.*, vol. 22, no. 4, 2017.
- [7] FAO, *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. 2017.
- [8] OIV International organization of vine and wine, “State of the Vitiviniculture World Market April 2018,” *Int. Organ. Vine Wine*, no. April, pp. 1–14, 2018.
- [9] C. Ferrara and G. De Feo, “Life cycle assessment application to the wine sector: A critical review,” *Sustain.*, vol. 10, no. 2, 2018.
- [10] C. van Leeuwen and P. Darriet, “The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality,” *J. Wine Econ.*, vol. 11, no. 01, pp. 150–167, 2016.
- [11] P. Clifford, “Innovative outreach increases adoption of sustainable,” vol. 62, no. 4, 2008.
- [12] G. Zucca, D. E. Smith, and D. J. Mitry, “Sustainable viticulture and winery practices in California: What is it, and do customers care?,” *Int. J. Wine Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 189–194, 2009.
- [13] F. Grapes and T. O. Glass, “California Wine from Grapes to Glass,” 2015.
- [14] F. Mateus and A. C. Sendim, “Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo é ‘ Investimento que marca ,’” 2018.
- [15] E. Maria and C. Dos, “Implementação do Programa de Sustentabilidade dos Vinhos do Alentejo na Herdade da Cardeira,” 2018.
- [16] D. Principles, “Setting Organizational Boundaries.”
- [17] FIVS, “International Wine Carbon Calculator Protocol. Version 1.2,” p. 152, 2008.
- [18] S. Rinaldi, E. Bonamente, F. Scrucca, M. C. Merico, F. Asdrubali, and F. Cotana, “Water and carbon footprint of wine: Methodology review and application to a case study,” *Sustain.*, vol. 8, no. 7, pp. 1–17, 2016.
- [19] C. Gazulla, M. Raugei, and P. Fullana-I-Palmer, “Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: Where are the bottlenecks?,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 15, no. 4, pp. 330–337, 2010.
- [20] F. Ardente, G. Beccali, M. Cellura, and A. Marvuglia, “POEMS: A case study of an Italian wine-producing firm,” *Environ. Manage.*, vol. 38, no. 3, pp. 350–364, 2006.
- [21] B. Neto, A. C. Dias, and M. Machado, “Life cycle assessment of the supply chain of a

- Portuguese wine: From viticulture to distribution,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 18, no. 3, pp. 590–602, 2013.
- [22] A. Cichelli, C. Pattara, and A. Petrella, “Sustainability in Mountain Viticulture. The Case of the Valle Peligna,” *Agric. Agric. Sci. Procedia*, vol. 8, pp. 65–72, 2016.
- [23] M. Heller, “Food Product Environmental Footprint - Wine,” no. May, pp. 1–5, 2017.
- [24] B. Rugani, I. Vázquez-Rowe, G. Benedetto, and E. Benetto, “A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector,” *J. Clean. Prod.*, vol. 54, pp. 61–77, 2013.
- [25] A. Navarro, R. Puig, E. Kılıç, S. Penavayre, and P. Fullana-i-Palmer, “Eco-innovation and benchmarking of carbon footprint data for vineyards and wineries in Spain and France,” *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 1661–1671, 2017.
- [26] “ask the Winebiz online Buyers ’ Guide Equip,” no. 607, p. 2014, 2014.
- [27] F. J. M. Marques, V. Pedroso, H. Trindade, and J. L. S. Pereira, “Impact of vineyard cover cropping on carbon dioxide and nitrous oxide emissions in Portugal,” *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 105–111, 2018.
- [28] B. Ludwig *et al.*, “Effects of fertilization and soil management on crop yields and carbon stabilization in soils. A review,” *Agron. Sustain. Dev.*, vol. 31, no. 2, pp. 361–372, 2011.
- [29] P. K. Ghosh and S. K. Mahanta, “Carbon sequestration in grassland systems,” *Range Manag. Agrofor.*, vol. 35, no. 2, pp. 173–181, 2014.
- [30] D. Gianelle *et al.*, “The role of Vineyards in the carbon balance throughout Italy,” no. December, 2015.
- [31] L. Petti, A. Raggi, C. De Camillis, P. Matteucci, B. Sára, and G. Pagliuca, “Life cycle approach in an organic wine-making firm: an Italian case-study,” *Fifth Aust. Conf. Life Cycle Assessment*, no. June 2016, pp. 22–24, 2006.
- [32] A. C. C. dos Santos, “Avaliação da sustentabilidade do vinho verde em portugal,” 2012.
- [33] S. Bosco, C. di Bene, M. Galli, D. Remorini, R. Massai, and E. Bonari, “Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy,” *Ital. J. Agron.*, vol. 6, no. 2, pp. 93–100, 2011.
- [34] Á. B. Sáez, E. N. Lopez-Cordon, F. C. Fernández, and S. B. Sáez, “Refrigeration in Winemaking Industry,” *Refrigeration*, 2017.
- [35] US Environmental Protection Agency, “Greenhouse Gas Inventory Guidance - Direct Fugitive Emissions from Refrigeration, Air Conditioning, Fire Suppression, and Industrial Gases,” p. 17, 2014.
- [36] O. I. V. C. Expertise, *Oiv Collective Expertise*. .
- [37] K. P. M. Mosse, A. F. Patti, E. W. Christen, and T. R. Cavagnaro, “Review: Winery wastewater quality and treatment options in Australia,” *Aust. J. Grape Wine Res.*, vol. 17, no. 2, pp. 111–122, 2011.
- [38] I. De Marco, R. Iannone, S. Miranda, and S. Riemma, “Reduction of Carbon Dioxide Emissions during the Vinification Stages of a White Wine Produced in Italy,” *Icheap12 12Th Int. Conf. Chem. Process Eng.*, vol. 43, no. 2014, pp. 2173–2178, 2015.
- [39] I. Arzoumanidis, A. Raggi, and L. Petti, “Considerations when applying simplified LCA approaches in the wine sector,” *Sustain.*, vol. 6, no. 8, pp. 5018–5028, 2014.
- [40] D. Amienyo, C. Camilleri, and A. Azapagic, “Environmental impacts of consumption of

- Australian red wine in the UK,” *J. Clean. Prod.*, vol. 72, pp. 110–119, 2014.
- [41] “IPCC,” *Forestry*, pp. 1–57, 2006.
- [42] M. Brander, “GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1,” *Econometrica*, no. August, pp. 2–4, 2012.
- [43] H. P. Eleonora Nistor, Alina Georgeta Dobrei, Alin Dobrei, Dorin Camen, Florin Sala, “Nitrous oxide (N2O), CO2, production, and C sequestration in vineyards: A Review.” pp. 1–5, 2018.
- [44] R. Number, “Refrigerants Environmental Data: Ozone Depletion and Global Warming Potential,” *Ozone Deplet. Potential*, vol. 1, no. 2006, pp. 2006–2007, 2007.
- [45] C. Waldron *et al.*, “IPCC 2006 - Mobile Combustion,” vol. 2015, no. 2, pp. 3–10, 2006.
- [46] J. Bacha *et al.*, “Diesel Fuels Technical Review,” *Chevron*, pp. 1–107, 2007.
- [47] P. Coelho and M. Costa, “Combustão,” in *Combustão*, 2007.
- [48] CEFIC and ECTA, “62,,” *Ecta Rc*, vol. march, no. 1, p. 19, 2011.
- [49] EPA, “Direct Emissions from Stationary Combustion Sources,” *J. Ind. Ecol.*, vol. 17, no. 5, pp. 668–679, 2008.
- [50] A. M. R. Mendonça, “Promoção do uso eficiente de água e de energia em unidades de produção vitivinícola: estudo dos casos da Herdade dos Grous e Herdade da Mingorra,” 2016.
- [51] “EDP - Relatório de contas,” 2016.
- [52] “EDP - Relatório de Contas,” 2017.
- [53] “EDP - Relatório de Sustentabilidade,” 2018.
- [54] S. González-García *et al.*, “Combined application of LCA and eco-design for the sustainable production of wood boxes for wine bottles storage,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 16, no. 3, pp. 224–237, 2011.
- [55] M. Puettmann and W. E. Consultants, “Cradle to Gate Life Cycle Assessment of Softwood Plywood Production from the Southeast,” no. Iso 2006, pp. 1–35, 2013.
- [56] C. Fernandes *et al.*, “Physical, chemical and mechanical properties of Pinus sylvestris wood at five sites in Portugal,” *IForest*, vol. 10, no. 4, pp. 669–679, 2017.
- [57] G. Trioli, A. Sacchi, C. Corbo, and M. Trevisan, “Environmental Impact of Vinegrowing and Winemaking Inputs: an European Survey,” *an Eur. Surv. Page 1 Www.Infowine.Com-Internet J. Vitic. Enol.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–8, 2015.
- [58] J. Bengtsson and J. Logie, “Life cycle assessment of one-way and pooled pallet alternatives,” *Procedia CIRP*, vol. 29, pp. 414–419, 2015.
- [59] G. C. Oy, M. Päällysaho, K. Leino, and M. Saario, “Update of wine packaging LCA – Final report Alko Oy,” 2018.
- [60] PE-Americas and Five Winds International, “Corrugated Packaging Life-cycle Assessment Summary Report,” no. February, pp. 1–24, 2010.
- [61] WRAP, “Lightweight wine bottles : less is more,” *America (NY)*, pp. 1–4.
- [62] J. . Woodward, “Wine packaging alternatives to traditional glass,” *Cape Wine Acad.*, no. January, 2010.
- [63] C. Paper and O. May, “PET Water Bottle : A Carbon Footprint Assessment,” no. February, 2017.

- [64] R. F. M. Teixeira, V. Proença, D. Crespo, T. Valada, and T. Domingos, "A conceptual framework for the analysis of engineered biodiverse pastures," *Ecol. Eng.*, vol. 77, pp. 85–97, 2015.
- [65] S. García-Marco, D. Abalos, R. Espejo, A. Vallejo, and I. Mariscal-Sancho, "No tillage and liming reduce greenhouse gas emissions from poorly drained agricultural soils in Mediterranean regions," *Sci. Total Environ.*, 2016.
- [66] I. S. Arvanitoyannis, D. Ladas, and A. Mavromatis, "Potential uses and applications of treated wine waste: A review," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 41, no. 5, pp. 475–487, 2006.
- [67] P. R. Dry and R. E. Smart, "Vineyard site selection," *Vitic. Vol. 1 Resour.*, 2000.

Anexos

Anexo 1 – Inventário de toda a informação recolhida para a aplicação nos métodos de cálculo

Tabela 22 - Inventário de todos os fertilizantes aplicados na vinha e respetivas quantidades

Ano	Fertilizante	Quantidade (kg/ha)	Quantidade (kg)	% de Azoto	Quantidade de Azoto aplicado (kg/ha)	Quantidade de Azoto orgânico aplicado (kg)
2016	Composto Maturado	10000	730000	0,83	83,00	6.059,00
	N 30 HISPLENT	200	9200	30	60,00	2.760,00
	INO FERT PLUS	1,5	69	14	0,21	9,66
	Epsotop	1	46	0	0,00	0,00
2017	Composto Maturado	21000	1533000	1,29	0,81	19.775,70
	Ino Green Ultra	6	276	0,105	0,06	0,29
	Best 19.19.19	3,3	151,8	19	0,63	28,84
	12.4.4	200	9200	12	24,00	1.104,00
	Haifa SOP (Sulfato de Potássio)	5,5	148,5	0	0,00	0,00
2018	Nutricomplex 18.18.18	3	141,6	18	0,02	25,49
	Ino Green Ultra	3,5	165,2	0,105	0,00	0,17
	Tradebor	2	94,4	0	0,00	0,00
	Sulfato Magnésio	2	94,4	0	0,00	0,00
	MAP	4	188,8	12	0,48	22,66

Sulfato Potássio	5	105	0	0,00	0,00
Best 19.19.19	5	205	19	0,95	38,95
FERTIGOTA 6.3.9	180	3780	6	10,80	226,80
Tradebor	0,5	10	0	0,00	0,00
Sulfato Magnésio	1	20	0	0,00	0,00
Ino Green Ultra	1	20	0,105	0,00	0,02
FERTIGOTA 18.3.3	120	2400	18	21,60	432,00

Tabela 23 - Dados necessários para o cálculo das emissões provenientes da fotossíntese da biomassa

		2016		2017		2018	
	Unidades	Tinto	Branco	Tinto	Branco	Tinto	Branco
Quantidade de Uva esmagada	Toneladas	404,91	183,90	551,98	163,41	525,89	160,24
Álcool provável médio	% vol.	13,70	12,60	13,80	13,40	14,20	13,50
Baumé médio	° BE	13,30	12,46	13,42	13,06	13,78	13,18
Average Brix	° Bx	23,29	21,82	23,50	22,87	24,13	23,08
Açúcar fermentável	Toneladas	94,31	40,13	129,73	37,38	126,91	36,99

Tabela 24 - Combustível utilizado nos transportes afetos à viticultura e vinificação

Ano	Transportes	Tipo de Combustível	Quantidade (L)
2016	Veículos afetos à Adegas	Gasóleo	13.049,50
2016	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	Gasóleo agrícola	16.800,00
2016	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à Adegas	Gasóleo agrícola	400,00
2017	Veículos afetos à Adegas	Gasóleo	12.108,15
2017	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	Gasóleo agrícola	19.367,00
2017	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à Adegas	Gasóleo agrícola	140,00
2018	Veículos afetos à Adegas	Gasóleo	11.312,11
2018	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	Gasóleo agrícola	15.508,00
2018	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à adegas	Gasóleo agrícola	232,00

Tabela 25 - Número de Garrafas Vendidas para Portugal e para Exportação e informações sobre o local de recolha/destino e distâncias percorridas

Ano	País	Nº garrafas de 0,75L vendidas		Volume (L)	Peso bruto (kg)	% vendas
		Tintos	Branco			
2016	Portugal	254078	76968	248284,5	481175,4	47%
	Polónia	96822	79596	132313,5	248707,8	25%
	Alemanha	31890	3474	26523,0	52351,2	5%
	Angola	19264	1668	15699,0	31064,4	3%
	Brasil	780	0	585	1170	0,1%
	Brasil	4008	3708	5787	10832,4	1%
2017	Portugal	277664	77784	266586,0	517615,2	54%
	Polónia	59994	44550	78408,0	147906	16%
	Alemanha	28646	3504	24112,5	47524,2	5%
	Angola	15190	291	11610,75	23163,3	2%
	Brasil	8750	600	7012,5	13905	1%
	Brasil	6990	210	5400	10758	1%
	Brasil	756	2040	2097	3786	0,4%
2018	Portugal	264722	66324	248284,5	483304,2	53%
	Polónia	44550	33858	58806,0	110840,4	13%
	Alemanha	44098	5982	37560,0	73923,6	8%
	Angola	14595	798	11544,8	22929,9	2%
	Brasil	16179	360	12404,3	24736,5	3%
	Brasil	1890	0	1417,5	2835	0,3%
	Brasil	2988	1464	3339,0	6385,2	1%

Tabela 26: Tabela 25 (continuação)

Ano	Tipo de transporte	Local de recolha	Porto de Partida/ Armazém de destino	Distância entre o Local de recolha e o Porto de Partida / Armazém de destino (km)	Tipo de transporte	Porto de Destino	Distância entre o porto de partida e o porto de destino (km)
2016	Camião	Herdade dos Grous	Armazéns DHL (Carregado)	216,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Centrum Dystrybucyjne Jerónimo Martins, 86-300 Grudziądz, Polónia	3.340,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	VILA VITA Hotel und Touristik GmbH, Anneliese Pohl Allee 17, 35037 Marburg, Alemanha	2.430,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Leixões	476,00	Navio	Luanda	8.690,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Suape	7.543,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Vitória	9.138,00
2017	Camião	Herdade dos Grous	Armazéns DHL (Carregado)	216,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Centrum Dystrybucyjne Jerónimo Martins, 86-300 Grudziądz, Polónia	3.340,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	VILA VITA Hotel und Touristik GmbH, Anneliese Pohl Allee 17, 35037 Marburg, Alemanha	2.430,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Leixões	476,00	Navio	Luanda	8.690,00

	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Santos	10.106,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Suape	7.543,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Vitória	9.138,00
2018	Camião	Herdade dos Grous	Armazéns DHL (Carregado)	216,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Centrum Dystrybucyjne Jerónimo Martins, 86-300 Grudziądz, Polónia	3.340,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	VILA VITA Hotel und Touristik GmbH, Anneliese Pohl Allee 17, 35037 Marburg, Alemanha	2.430,00	NA	NA	NA
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Leixões	476,00	Navio	Luanda	8.960,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Santos	10.106,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Suape	7.543,00
	Camião	Herdade dos Grous	Porto de Sines	108,00	Navio	Vitória	9.138,00

Tabela 27: Quantidade de gás propano afeto à vinificação

Combustível	Quantidades Total		Quantidade afeta à Adega	
	Unid		Und	
Propano	kg	6023	kg	3011,5
Propano	kg	7114	kg	3557
Propano	kg	8554	kg	4277

Tabela 28 – Informação para o cálculo das emissões provenientes da Fermentação Malolática

	Unidades	2016		2017		2018	
		Tinto	Branco	Tinto	Branco	Tinto	Branco
Quantidade de Uva esmagada	Kg	404.913,0	183.897,0	551.978,0	163.410,0	525.894,0	160.242,0
Mosto extraído	L	285.750,0	99.200,0	375.996,0	100.400,0	377.350,0	93.760,0
% De mosto extraído	N/A	0,71	0,54	0,68	0,61	0,72	0,59
Total Fermentado	kg	285.750,0	99.200,0	375.996,0	100.400,0	377.350,0	93.760,0
Álcool provável médio	% vol.	13,70	12,60	13,80	13,40	14,20	13,50
Baumé médio	° BE	13,30	12,46	13,42	13,06	13,78	13,18
Brix médio		23,29	21,82	23,50	22,87	24,13	23,08
% açúcar residual no vinho	N/A	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Quantidade de ácido málico	kg	1.143,0	396,8	1.504,0	401,6	1509,4	375,0
CO₂ introduzido no processo (se utilizado)	kg	200,00	1.200,00	200,00	1.200,00	200,00	1.400,00

Tabela 29 - Valores da fatura de Eletricidade (Comprada e Produzida)

Eletricidade Comprada e Produzida			
	Ano	Quantidade	Unidades
Eletricidade utilizada (Vinha)	2016	69.394,00	kWh
	2017	80.308,00	kWh
	2018	99.562,00	kWh
Eletricidade utilizada (Adega)	2016	403.945,00	kWh
	2017	436.349,00	kWh
	2018	434.368,00	kWh
Eletricidade produzida (Vinha)	2016	267.807,95	kWh
	2017	214.464,01	kWh
	2018	117.361,96	kWh
Eletricidade produzida (Adega)	2016	52.670,06	kWh
	2017	51.403,94	kWh
	2018	49.410,11	kWh

Tabela 30 - Inventário dos materiais utilizados no embalamento

Materiais afetos ao embalamento		Quantidades (unidades)		
		2016	2017	2018
Garrafas	Garrafa 0,75L	671.477,0	656.418,0	532.762,0
	Garrafa 0,375L	NA	12.779,0	9.386,0
	Garrafa 1,5L	3.402,0	4.509,0	6.558,0
	Garrafa 3L	2.159,0	2.448,0	3.816,0
	Garrafa 5L	288,0	288,0	384,0
	Garrafa 12L	NA	NA	12,0
	Garrafa 18L	NA	NA	12,0
Cortiça/ Cápsulas	Natural Cork	519.025,0	748.975,0	460.980,0
	Complexo cápsula de Alumínio/ Estanho	596.500,0	716.080,0	420.500,0
Materiais em Fibra (Cartão)	Cantoneiras	4.360,0	7.500,0	NA
	Sacos para o vinho	2.120,0	NA	NA
	<i>Caixa de Cartão para 6 garrafas</i>	120.761,0	83.690,0	90.210,0
	<i>Caixa de Cartão para 12 garrafas</i>	NA	5.718,0	12.299,0
	<i>Caixa de Cartão para 6 garrafas (1,5L)</i>	NA	2.043,0	NA
	<i>Divisores para caixas de cartão (6 garrafas)</i>	120.761,0	78.565,0	90.210,0
	<i>Divisores para caixas de cartão (12 garrafas)</i>	NA	NA	5.200,0

	<i>Caixa de Cartão para 1 garrafas (0,75L)</i>	6.096,0	NA	40.000,0
	<i>Caixa de Cartão para 2 garrafas (0,75L)</i>	13.650,0	41.100,0	NA
	<i>Caixa de Cartão para 1 garrafas (1,5L)</i>	NA	4.915,0	4.690,0
Produtos de Madeira	Caixa de madeira 6x75cl	7.687,0	2.027,0	3.450,0
	Caixa de madeira 3x75cl	1.464,0	1.623,0	1.025,0
	Caixa de madeira 1x75cl	NA	NA	516,0
	Caixa de madeira 1x1,5L	965,0	1.326,0	2.635,0
	Caixa de madeira 1x3L	1.517,0	1.934,0	4.711,0
	Caixa de madeira 1x5L	308,0	153,0	508,0
	Paletes não retornáveis	1.782,0	1.792,0	1.782,0
	Paletes, retornáveis	556,8	544,3	441,8
Plásticos	Filme extensível (kg)	1.865,0	2.270,0	1.582,1
	Rótulos	1.721.745,0	1.648.678,0	713.649,0

Tabela 31 - Produtos adquiridos para a fase de Vinificação

Produtos	Unidades	2016	2017	2018
Ácido tartárico	kg	-	1000	1025
Uvas compradas	kg	225596	264600	187279
Bentonite	kg	30	103	82
Barricas	nº	57	57	64
Vinho comprado	L	32190	24980	13210
Agentes estabilizantes/clarificantes	kg	1287,6	1049,5	1695
Leveduras	kg	129	102	83,5
Enzimas	kg	17,5	18,25	16,5
Taninos	kg	86	75	49
Madeiras enológicas	kg	878	1432	1234
Nutrientes	kg	187,5	293	233
Ácido cítrico	kg	400	325	300
Agentes sulfitantes	kg	904	809	589
Monoproteínas	kg	-	-	13
Produtos de higienização	kg	865	1063,5	1060
Reagentes de laboratório	L	83,5	62,75	61,29

Anexo 2 – Tabelas de resultados

Tabela 32 - Emissões de CO₂(eq) por variável calculada (g CO₂(eq)/FU)

	Combustão estacionária	Veículos (Viticultura)	Veículos (Vinificação)	Emissões fugitivas	Práticas na Produção do Vinho	Fotossíntese da biomassa	Práticas na vinha	Eletricidade Vinha	Eletricidade Adega	Embalamento	Produtos Vínicos	Máquinas Contratadas	Distribuição
2016	15,31	95,29	76,28	13,58	80,84	-429,60	280,36	-108,02	69,33	1259,39	0,01	37,01	136,09
2017	14,61	88,76	69,47	10,98	81,86	-431,47	359,83	-81,60	87,01	1215,69	0,01	17,86	77,54
2018	17,77	71,87	65,48	11,10	84,07	-427,95	202,82	-8,15	66,02	1208,06	0,01	0,00	72,83

Tabela 33: Emissões referentes aos veículos para a viticultura e vinificação

Ano	Transportes	Emissões (kg)			Emissões	Emissões (Viticultura)	Emissões (Vinificação)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	(g CO ₂ (eq))	g CO ₂ (eq)/FU	g CO ₂ (eq)/FU
2016	Veículos afetos à adega)	34.027,60	1,91	13,13	37.989.016,62	95,28	76,29
2016	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	43.807,33	2,45	16,91	48.907.274,55		
2016	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à adega	1.043,03	0,06	0,40	1.164.458,92		
2017	Veículos afetos à adega	31.572,96	1,77	12,19	35.248.608,11	88,76	69,47
2017	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	50.500,98	2,83	19,49	56.380.189,65		
2017	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à adega	365,06	0,02	0,14	407.560,62		
2018	Veículos afetos à adega	29.497,22	1,65	11,38	32.931.218,42	71,87	65,48
2018	Maquinaria (tratores, máquina de vindimar) afeta à vinha	40.438,34	2,26	15,61	45.146.072,24		
2018	Maquinaria (máquina de pressão) afeta à adega	604,96	0,03	0,23	675.386,17		
TOTAL		407.673,54	22,83	157,35	455.133.949,86	255,92	211,23

Tabela 34: Emissões provenientes da eletricidade afeta à viticultura

	Ano	Valor	Unidades	Emissões indiretas (kg CO ₂)	Emissões por perdas nas redes (kg CO ₂)	Emissões totais (kg CO _{2(eq)})	Emissões totais CO ₂ /FU) (g
Eletricidade utilizada	2016	-198.413,95	kWh	-49.361,12	-6.082,86	-55.443,98	-108,02
	2017	-134.156,01	kWh	-47.716,09	-4.112,88	-51.828,97	-81,60
	2018	-17.799,96	kWh	-4.574,59	-545,70	-5.120,29	-8,15

Tabela 35: Emissões provenientes da fotossíntese da biomassa

	Unidades	% da biomassa	2016		2017		2018	
			Tinto	Branco	Tinto	Branco	Tinto	Branco
Quantidade de Uva esmagada	ton		404,91	183,90	551,98	163,41	525,89	160,24
álcool provável médio	% vol.		13,70	12,60	13,80	13,40	14,20	13,50
Baumé médio	° BE		13,30	12,46	13,42	13,06	13,78	13,18
Brix médio			23,29	21,82	23,50	22,87	24,13	23,08
Açúcar fermentável	ton		94,31	40,13	129,73	37,38	126,91	36,99
CO₂ sequestrado na produção de açúcar	ton	10,60	135,58	57,69	186,49	53,73	182,44	53,17
CO₂ consumido na produção de reservas de carboidratos	ton	5,20	66,51	28,30	91,48	26,36	89,50	26,08
CO₂ sequestrado em estruturas permanentes	ton	2,30	29,42	12,52	40,46	11,66	39,59	11,54
CO₂ consumido nas folhas e brotos	ton	19,10	244,29	103,94	336,03	96,81	328,74	95,81
Respiração	ton	50,00	639,51	272,10	879,65	253,43	860,56	250,80
CO₂ sequestrado em clusters de biomassa	ton	12,80	163,72	69,66	225,19	64,88	220,30	64,20
CO₂ consumido na biomassa acima do chão	ton		437,43	186,12	601,68	173,35	588,63	171,55
CO₂ sequestrado nas raízes	ton		52,49	22,33	72,202	20,80	70,64	20,59
Podas: CO₂ sequestrado no solo	ton		109,93	46,77	151,21	43,56	147,93	43,11
Podas: CO₂ emitido	ton		134,36	57,17	184,81	53,25	180,80	52,69
TOTAL SEQUESTRADO	ton		355,56	151,28	489,07	140,90	478,46	139,44
TOTAL EMITIDO	ton		200,87	85,47	276,30	79,60	270,30	78,78
Balanço	kg		-220,50		-274,07		-268,82	
Balanço	g CO ₂ /FU		-429,60		-431,47		-427,95	

Tabela 36: Emissões provenientes da aplicação de fertilizantes e gestão dos solos na vinha

Ano	Fertilizante	N ₂ O _{input} -N	N ₂ O-N _{os}	NO ₂ emitido (kg)	CO ₂ (eq) emitido (g)	CO ₂ (eq) emitido (g/garrafa)
2016	Composto Maturado	60,59	219,00	482,88	143.897.924,97	280,36
	N 30 HISPLENT	27,60				
	INO FERT PLUS	0,10				
	Epsotop	0,00				
2017	Composto Maturado	197,76	279,00	767,00	288.564.786,63	359,83
	Ino Green Ultra	0,00				
	Best 19.19.19	0,29				
	12.4.4	11,04				
	Haifa SOP (Sulfato de Potássio)	0,00				
2018	Nutricomplex 18.18.18	0,25	264,60	427,52	127.402.225,67	202,82
	Ino Green Ultra	0,00				
	Tradebor	0,00				
	Sulfato Magnésio	0,00				
	MAP	0,23				
	Sulfato Potássio	0,00				
	Best 19.19.19	0,39				
	FERTIGOTA 6.3.9	2,27				
	Tradebor	0,00				
	Sulfato Magnésio	0,00				
	Ino Green Ultra	0,00				
	FERTIGOTA 18.3.3	4,32				

Tabela 37: Emissões referentes á combustão estacionária em equipamentos afetos à adega

Combustível	Emissões (kg GHG)			Emissões (kg CO _{2eq})	Emissões (g CO _{2eq} /FU)
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O		
Propano	7839,05	0,70	0,01	7859,23	15,31
Propano	9259,01	0,83	0,02	9282,91	14,61
Propano	11133,20	1,00	0,02	11161,94	17,77

Tabela 38: Emissões referentes à maquinaria contratada afeta à viticultura

		Emissões (kg)			Emissões (ton CO _{2(eq)})	Emissões (g CO _{2(eq)})	Emissões (g CO _{2(eq)} /FU)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O			
2016	Máquina de vindimar	3.131,70	0,18	1,21	3,50	3.496.287,90	37,01
	Serviços externos (preparação terreno para plantação de vinha nova)	13.885,36	0,78	5,36	15,50	15.501.859,34	
2017	Serviços (plantação de vinha nova)	10.159,13	0,57	3,92	11,34	11.341.829,86	17,86
2018	NA	NA			NA		
Total		27.176,19	1,52	10,49	30,34	30.339.977,10	

Tabela 39: Emissões provenientes das emissões fugitivas no sistema de refrigeração da adega

Ano	Sistema de refrigeração	Gás Utilizado	Recarga anual (kg)	Carga Inicial de Fluido	Carga Inicial de Fluido (CO2e)	GWP	Perda anual de gás (kg)	Gás perdido (Kg)	Total (kg CO₂(eq))	Total (g CO₂(eq)/FU)
2016	Chiller (circuito A)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	13,58
2016	Chiller (circuito B)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	
2017	Chiller (circuito A)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	10,98
2017	Chiller (circuito B)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	
2018	Chiller (circuito A)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	11,10
2018	Chiller (circuito B)	R-407C	0	13,1	23,24	1774	0,15	1,965	3485,91	

Tabela 40 : Emissões provenientes da fermentação malolática

	Unidades	2016		2017		2018	
		Tinto	Branco	Tinto	Branco	Tinto	Branco
Quantidade de uva esmagada	Kg	404.913,00	183.897,00	551.978,00	163.410,00	525.894,00	160.242,00
Mosto extraído	L	285.750,00	99.200,00	375.996,00	100.400,00	377.350,00	93.760,00
% De mosto extraído	N/A	0,71	0,54	0,68	0,61	0,72	0,59
Total fermentado	kg	285.750,0	99.200,0	375.996,0	100.400,0	377.350,0	93.760,0
Álcool provável médio	% vol.	13,70	12,60	13,80	13,40	14,20	13,50
Baumé médio	° BE	13,30	12,46	13,42	13,06	13,78	13,18
Brix médio		23,29	21,82	23,50	22,87	24,13	23,08
% açúcar residual no vinho	N/A	0,05000	0,05000	0,05000	0,05000	0,05000	0,05000
Quantidade de ácido málico introduzido	kg	1.143,00	396,80	1.503,98	401,60	1.509,40	375,04
CO₂ emitido pela fermentação malolática	kg	377,19	130,94	496,31	132,53	498,10	123,76
Açúcar fermentável	%	23,24	21,77	23,45	22,82	24,08	23,03
Concentração de açúcar equivalente	kg/L	0,23	0,22	0,23	0,23	0,24	0,23
Açúcar fermentado	kg	66.415,36	21.597,20	88.180,94	22.913,44	90.877,58	21.595,10
CO₂ gerado	kg	29.872,15	9.713,94	39.661,82	10.305,96	40.874,71	9.712,99
CO₂ introduzido no processo (se utilizado)	kg	200,00	1.200,00	200,00	1.200,00	200,00	1.400,00
TOTAL CO₂ emitido	kg	30.449,34	11.044,88	40.358,13	11.638,48	41.572,81	11.236,76
TOTAL CO₂ emitido	(g CO₂/FU)	80,84		81,86		84,07	

Tabela 41: Emissões provenientes da eletricidade afeta à viticultura

	Ano	Quantidade	Uni.	Fator de emissão (g CO ₂ /kWh)	Emissões indiretas (kg CO ₂)	Emissões em perdas nas redes (kg CO ₂)	Total (kg)	Total (g CO ₂ /FU)
Eletricidade utilizada	2016	127.348,91	kWh	248,78	31.681,67	3.904,19	35.585,86	69,33
	2017	143.055,94	kWh	355,68	50.881,59	4.385,73	55.267,31	87,01
	2018	144.166,93	kWh	257,00	37.050,90	4.419,79	41.470,69	66,02

Tabela 42: Valores de emissões referentes aos produtos enológicos

Produtos	Unidades	Emissões (kg CO ₂ (eq))			Emissões (g CO ₂ (eq)/FU)		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Ácido tartárico	kg	0,00	3300,00	3382,50	0,00	0,01	0,01
Uvas compradas	kg	110,77	129,92	91,95	0,00	0,00	0,00
Bentonite	kg	33,00	113,30	90,20	0,00	0,00	0,00
Barricas	n°	125,17	125,17	140,54	0,00	0,00	0,00
Vinho comprado	L	-	-	-	-	-	-
Agentes estabilizantes/clarificantes	kg	-	-	-	-	-	-
Leveduras	kg	283,80	224,40	183,70	0,00	0,00	0,00
Enzimas	kg	-	-	-	-	-	-
Taninos	kg	189,20	165,00	107,80	0,00	0,00	0,00
Madeiras enológicas	kg	8,78	14,32	12,34	0,00	0,00	0,00
Nutrientes	kg	-	-	-	-	-	-
Ácido cítrico	kg	1320,00	1072,50	990,00	0,00	0,00	0,00
Agentes sulfitantes	kg	397,76	355,96	259,16	0,00	0,00	0,00
Monoproteínas	kg	0,00	0,00	5,20	0,00	0,00	0,00
Produtos de higienização	kg	1096,82	1348,52	1344,08	0,00	0,00	0,00
Reagentes de laboratório	L	-	-	-	-	-	-
Total		3565,30	6849,09	6607,48	0,01	0,01	0,01

Tabela 43: Emissões referentes à Distribuição do Vinho produzido na Herdade dos Grous

Ano		Emissões CO ₂ (transporte terrestre)	Emissões de CO ₂ transporte marítimo	Total de Emissões de CO ₂ (eq)	Emissões anuais de CO ₂ (eq)	Emissões
		g	g	g	g	g CO ₂ (eq) /FU
2016	Portugal	6.443.900,96	-	6.443.900,96	69.852.775,95	136,09
	Polónia	51.502.411,22	-	51.502.411,22		
	Alemanha	7.887.231,79	-	7.887.231,79		
	Angola	916.772,57	2.159.597,09	3.076.369,66		
	Brasil	7.834,32	70.602,48	78.436,80		
	Brasil	72.533,75	791.891,77	864.425,52		
2017	Portugal	6.931.902,76	-	6.931.902,76	49.254.819,58	77,54
	Polónia	30.628.374,48	-	30.628.374,48		
	Alemanha	7.159.995,97	-	7.159.995,97		
	Angola	683.595,31	1.610.312,62	2.293.907,93		
	Brasil	93.107,88	1.124.191,44	1.217.299,32		
	Brasil	72.035,57	649.180,75	721.216,32		
	Brasil	25.351,06	276.771,74	302.122,80		
2018	Portugal	6.472.409,85	-	6.472.409,85	45.748.021,41	72,83
	Polónia	22.952.830,03	-	22.952.830,03		
	Alemanha	11.137.329,58	-	11.137.329,58		
	Angola	676.707,21	1.643.615,23	2.320.322,44		
	Brasil	165.635,60	1.999.896,55	2.165.532,16		
	Brasil	18.983,16	171.075,24	190.058,40		
	Brasil	42.755,30	466.783,66	509.538,96		

Tabela 44: Emissões provenientes do LCA dos materiais afetos ao embalamento

Materiais afetos ao embalamento		Quantidades (unidades)			Emissões (ton CO ₂ (eq))		
		2016	2017	2018	2016	2017	2018
Garrafas	Garrafa 0,75L	671.477,0	656.418,0	532.762,0	550,5	681,2	673,7
	Garrafa 0,375L	NA	12.779,0	9.386,0			
	Garrafa 1,5L	3.402,0	4.509,0	6.558,0			
	Garrafa 3L	2.159,0	2.448,0	3.816,0			
	Garrafa 5L	288,0	288,0	384,0			
	Garrafa 12L	NA	NA	12,0			
	Garrafa 18L	NA	NA	12,0			
Cortiça/ Cápsulas	Natural Cork	519.025,0	748.975,0	460.980,0	8,1	7,6	7,0
	Complexo cápsula de Alumínio/ Estanho	596.500,0	716.080,0	420.500,0			
Materiais em Fibra (Cartão)	Cantoneiras	4.360,0	7.500,0	NA	49,9	46,4	43,3
	Sacos para o vinho	2.120,0	NA	NA			
	<i>Caixa de Cartão para 6 garrafas</i>	120.761,0	83.690,0	90.210,0			
	<i>Caixa de Cartão para 12 garrafas</i>	NA	5.718,0	12.299,0			
	<i>Caixa de Cartão para 6 garrafas (1,5L)</i>	NA	2.043,0	NA			
	<i>Divisores para caixas de cartão (6 garrafas)</i>	120.761,0	78.565,0	90.210,0			
	<i>Divisores para caixas de cartão (12 garrafas)</i>	NA	NA	5.200,0			
	<i>Caixa de Cartão para 1 garrafas (0,75L)</i>	6.096,0	NA	40.000,0			
	<i>Caixa de Cartão para 2 garrafas (0,75L)</i>	13.650,0	41.100,0	NA			
<i>Caixa de Cartão para 1 garrafas (1,5L)</i>	NA	4.915,0	4.690,0				
Produtos de Madeira	Caixa de madeira 6x75cl	7.687,0	2.027,0	3.450,0	3,3	2,0	3,5
	Caixa de madeira 3x75cl	1.464,0	1.623,0	1.025,0			
	Caixa de madeira 1x75cl	NA	NA	516,0			
	Caixa de madeira 1x1,5L	965,0	1.326,0	2.635,0			
	Caixa de madeira 1x3L	1.517,0	1.934,0	4.711,0			
	Caixa de madeira 1x5L	308,0	153,0	508,0			
	Paletes não retornáveis	1.782,0	1.792,0	1.782,0			

	Paletes, retornáveis	556,8	544,3	441,8			
Plásticos	Filme extensível (kg)	1.865,0	2.270,0	1.582,1	2,3	2,8	2,0
	Rótulos	1.721.745,0	1.648.678,0	713.649,0	5,0	4,8	2,1
Emissões (ton CO₂(eq))					646,40	772,20	758,84
Emissões (g CO₂(eq)/FU)					1.259,39	1.215,69	1.208,06

Anexo 3 – Resultados do Caso de Estudo

Tabela 45 - Resultados do caso de estudo proposto

	Opção 1	Opção 2	Opção 3	Opção 4	Opção 5	Opção 6	Opção 7	Opção 8
Nº de módulos	200	273	300	360	1000	3150	6000	7500
Área de módulos (m²)¹⁹	325	444	488	586	1627	5125	9761	12202
Potência nominal (kWp)	50	68,3	75	90	250	788	1500	1875
Eletricidade produzida (MWh)²⁰	85,59	116,9	128,2	150,3	428	1347	2676	3341
Emissões de CO₂(eq) (kg)²¹	16.850,1	7843,6	4593,0	-1764,2	-81647,0	-346.004,97	-728.302,91	-919.595,70
Emissões (g CO₂(eq)/FU)²²	26,83	12,49	7,31	-2,81	-129,98	-550,83	-1159,44	-1463,98
Emissões evitadas (g CO₂(eq)/FU)	39,20	53,53	58,71	68,83	196,00	616,86	1225,47	1530,00
Pegada carbónica do vinho (kg CO₂(eq)/FU)²³	1,32	1,31	1,30	1,30	1,17	0,74	0,14	-0,17
% redução (com emissões biogénicas)²⁴	2,87	3,92	4,30	5,05	14,37	45,23	89,85	112,12
% redução (sem emissões biogénicas)	22,43	23,27	23,57	24,17	31,61	56,26	91,89	109,72

¹⁹Esta variável corresponde à área de módulos a instalar. Note-se que não é representativa da área de terreno efetivamente necessária;

^{20,21,22} Esta variável foi calculada conforme o método aplicado para o cálculo das emissões provenientes da eletricidade. Note-se o cálculo foi realizado tendo em conta a eletricidade afeta à Adega e já foram descontadas as produções da central já existente e da possível nova central;

²³ Corresponde ao valor final da pegada carbónica incluindo as emissões evitadas na instalação dos novos módulos fotovoltaicos;

²⁴ Refere-se à redução percentual em relação ao valor inicial da pegada carbónica do vinho produzido na Herdade dos Grous;