

**Análise do Ciclo de Vida de Produtos  
Frutícolas  
Caso de Estudo: Cereja Do Fundão**

(Versão final após defesa)

**Rui Pedro Gomes Barrau**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia e Gestão Industrial**  
(2<sup>o</sup> ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar

**julho de 2020**



# Agradecimentos

Ao Professor Doutor Pedro Miguel de Figueiredo Dinis Oliveira Gaspar, orientador da dissertação, pela sua permanente colaboração e disponibilidade, bem como pelas sugestões, críticas construtivas e apoio demonstrado.

À Engenheira Anabela Barateiro da Appizêzere, pela colaboração contínua ao longo deste percurso e pela sua paciência e disponibilidade em partilhar muitas informações e dados que necessitava para a realização do estudo.

À Frutas com Vida, pela disponibilidade em colaborar com o meu estudo e pela partilha de informação.

Aos meus pais, um agradecimento muito especial por me darem todas as condições para poder estudar e pelo apoio e incentivo demonstrados nos momentos mais difíceis ao longo deste percurso para nunca desistir de chegar à meta final.

Aos meus amigos, pelo apoio e motivação ao longo deste período.

A todos os restantes que de alguma forma contribuíram para a realização desta dissertação e não foram mencionados diretamente.



# Resumo

As circunstâncias de hoje exigem a avaliação do desempenho ambiental dos sistemas produtivos das mais diversas áreas e a procura de alternativas mais sustentáveis. Assim, a agricultura e agroindústria trata-se de um dos setores alvo de estudo, visto que as respetivas emissões e impacte ambiental têm uma dimensão considerável.

O presente estudo retrata a avaliação e respetiva Análise de Ciclo de Vida (ACV) do sistema produtivo “*from farm to market*” da cereja do Fundão para o impacte ambiental ao nível energético, ar, solo e água. Para tal, foram consideradas as entradas energéticas e emissões do combustível consumido no transporte e no trator, armazenamento em sistemas de refrigeração, água da rega e todos os produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas), herbicidas e fertilizantes aplicados no solo.

O estudo revela que o consumo energético se situa em 29.956 MJ/ha, onde o principal foco de consumo energético é a pulverização de produtos fitofarmacêuticos (8.241 MJ/ha) e a aplicação de herbicida (5.488 MJ/ha) e fertilizantes (5.292 MJ/ha). O combustível diesel apresenta uma proporção de 48% do consumo energético global (14.270 MJ/ha). Os impactes ao nível do ar, água e solo são dados pelos indicadores do aquecimento global, ecotoxicidade da água doce, eutrofização da água doce, acidificação terrestre e ecotoxicidade terrestre. O indicador do aquecimento global regista um valor de 0,15 kg CO<sub>2 eq</sub> por kg de cereja produzida, onde se destaca o combustível diesel do trator com cerca de 0,053 kg CO<sub>2 eq</sub> (34%) e os fertilizantes com 0,050 kg CO<sub>2 eq</sub> (33%). Regra geral, estes dois aspetos ambientais são os maiores focos de impacte ambiental para todos os indicadores. Para complementar o estudo, são definidos cenários alternativos de baixa e alta produção de cereja para analisar quais as variações dos impactes ambientais em função da produtividade do pomar e das condições climatéricas. Relativamente ao indicador do aquecimento global, o cenário 1 regista um aumento em comparação com o cenário real, situando-se em 0,29 kg CO<sub>2 eq</sub>, enquanto que no cenário 2 se verifica uma diminuição para 0,10 kg CO<sub>2 eq</sub>. Para os restantes indicadores, verifica-se também um aumento dos resultados para o cenário 1 e a diminuição para o cenário 2.

Assim, esta dissertação permite identificar os impactes ambientais associados ao sistema produtivo da cereja do Fundão e os seus principais focos causadores. Este estudo não só fornece uma ferramenta para introduzir possíveis medidas de melhoria do desempenho ambiental, como também de benchmarking para outros produtores de cereja nacionais e internacionais, bem como de outros produtores frutícolas.

## Palavras-chave

Cereja; Análise do Ciclo de Vida; Beira Interior; Energia; Aquecimento Global; Água; Solo



# Abstract

Today's circumstances require an assessment of the environmental performance of production systems in the most diverse areas and the search for more sustainable alternatives. Therefore, agriculture and agroindustry is one of the sectors targeted for study because the respective emissions and environmental impacts are quite considerable.

The present study portrays the evaluation and respective Life Cycle Assessment (LCA) of the productive system "from farm to market" of Fundão's cherry for the environmental impact in terms of energy, air, soil and water. To do this, the energy inputs and emissions considered were from the fuel consumed in transport and in the orchard's machinery, storage in the warehouse due to the refrigeration systems, irrigation water and all plant protection products (fungicides and insecticides), herbicides and fertilizers applied in the soil.

The study reveals that energy consumption is 29.956 MJ/ha, where the main focus of energy consumption is the spraying of plant protection products (8.241 MJ/ha) and the application of herbicide (5.488 MJ/ha) and fertilizers (5.292 MJ/ha). Diesel fuel accounts for 48% of total energy consumption (14.270 MJ/ha). The impacts on air, water and soil are given by the indicators of global warming, freshwater ecotoxicity, freshwater eutrophication, terrestrial acidification and terrestrial ecotoxicity. The global warming indicator registers a value of 0,15 kg CO<sub>2</sub> eq per kg of cherry produced, which highlights the orchard's machinery diesel fuel consumption as the main hotspot of impact with 0,053 kg CO<sub>2</sub> eq (34%) and the fertilizers are responsible for 0,050 kg CO<sub>2</sub> eq (33%). In general, these two agricultural operations are the main focus of environmental impact for all indicators.

To complement this study, alternative scenarios of low and high cherry production are defined to analyze the variations in environmental impacts depending on the productivity of the orchard and climatic conditions. Regarding the global warming indicator, the scenario of low production shows an increase compared to the real scenario, standing at 0,29 kg CO<sub>2</sub> eq per kg of cherry produced, while in the high production scenario there is a decrease to 0,10 kg CO<sub>2</sub> eq per kg of cherry produced. In addition, the increase of the results for the low production scenario and the decrease for the high production scenario is verified for all indicators.

Therefore, this dissertation makes it possible to identify the environmental impacts associated with the production system of Fundão's cherry and the main hotspots. This study not only provides a tool to introduce measures to improve the environmental performance, but also as benchmarking for other national and international cherry and fruit growers.

## Keywords

Cherry; Life Cycle Assessment (LCA); Beira Interior; Energy; Global Warming; Water; Soil



# Índice

<b>Agradecimentos</b> .....	<b>iii</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>v</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice</b> .....	<b>ix</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>xi</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Nomenclatura</b> .....	<b>xv</b>
<b>Lista de Acrónimos</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1. Enquadramento .....	1
1.2. O problema em estudo e a sua relevância .....	3
1.3. Objetivos e contribuição da dissertação .....	4
1.4. Visão geral e organização da dissertação .....	4
<b>2. Produção de Cereja</b> .....	<b>7</b>
2.1. Enquadramento Mundial .....	7
2.2. Enquadramento Nacional .....	8
2.3. Características da Cereja do Fundão .....	10
2.4. Cultivares mais representativas da Cova da Beira .....	11
2.5. Ciclo de Vida e Ciclo Vegetativo da Cerejeira .....	17
2.6. Condições Edafoclimáticas da Cova da Beira .....	18
2.7. Proteção Integrada .....	19
2.7.1. Meios de Luta Diretos .....	20
2.7.2. Meios de Luta Indiretos .....	20
2.8. Condições fitossanitárias associadas às Cerejeiras da Beira Interior .....	21
2.8.1. Principais doenças da cerejeira da Beira Interior .....	21
2.8.2. Principais pragas da cerejeira da Beira Interior .....	24
2.9. Processo Produtivo e Pós-colheita .....	25
2.9.1. Poda.....	26
2.9.2. Manutenção do Solo.....	27
2.9.3. Fertilização do Solo .....	28
2.9.4. Monda .....	29
2.9.5. Rega .....	33
2.9.6. Colheita .....	35
2.9.7. Processamento .....	36
2.9.8. Armazenamento .....	39
2.9.9. Transporte .....	42
2.9.10. Distribuição Retalhista .....	42
<b>3. Estado da Arte</b> .....	<b>43</b>
3.1. Introdução .....	43

3.2.	Análise do Ciclo de Vida .....	44
3.2.1.	Definição dos Objetivos e Âmbito da Investigação .....	45
3.2.2.	Análise de Inventário do Ciclo de Vida .....	46
3.2.3.	Avaliação do Impacte Ambiental do Ciclo de Vida.....	46
3.2.4.	Interpretação dos Resultados .....	47
3.3.	Impacte Ambiental ao nível da Água .....	47
3.4.	Impacte ambiental ao nível do Solo .....	51
3.5.	Impacte ambiental ao nível do Ar .....	55
3.6.	Impacte ambiental ao nível da Energia .....	58
3.7.	Revisão Bibliográfica.....	61
<b>4.</b>	<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>67</b>
4.1.	Caracterização do Estudo de Caso.....	67
4.2.	Definição da Metodologia.....	68
4.2.1.	Unidade Funcional .....	68
4.2.2.	Limites e Fronteiras do Sistema .....	69
4.2.3.	Análise de Inventário .....	69
<b>5.</b>	<b>Análise e Interpretação de Resultados .....</b>	<b>95</b>
5.1.	Introdução .....	95
5.2.	Análise do Consumo Energético.....	95
5.3.	Análise de Emissões .....	105
5.3.1.	Aquecimento Global .....	110
5.3.2.	Ecotoxicidade da Água Doce .....	114
5.3.3.	Eutrofização da Água Doce.....	116
5.3.4.	Acidificação Terrestre .....	117
5.3.5.	Ecotoxicidade Terrestre .....	120
5.3.6.	Comparação dos resultados obtidos com a literatura .....	122
<b>6.</b>	<b>Conclusões .....</b>	<b>127</b>
6.1.	Conclusões Gerais.....	127
6.2.	Conclusões Específicas .....	128
6.3.	Sugestões para Trabalho Futuro.....	131
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>133</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 – Superfície da cereja (ha) por localização geográfica (região agrária) durante o período 2010-2018.....	10
Figura 2 - Cereja "De Saco".....	11
Figura 3 - Cultivar "Sweetheart".....	12
Figura 4 - Cultivar "Lapins".....	12
Figura 5 - Cultivar "Skeena".....	13
Figura 6 - Cultivar "Staccato".....	13
Figura 7 - Cultivar "Symphony".....	14
Figura 8 - Cultivar "Satin".....	14
Figura 9 - Cultivar "Summit".....	15
Figura 10 - Cultivar "Santina".....	15
Figura 11 - Cultivar "Prime Giant".....	16
Figura 12 - Cultivar "Sonata".....	16
Figura 13 - Ciclo Vegetativo Anual da Cerejeira.....	18
Figura 14 - Estados fenológicos e etapas produtivas da produção da cereja.....	25
Figura 15 - Equipamentos utilizados na monda mecânica: A – Darwin String Thinner; B – Drum Shaker; C – Safflowers Electric; D – Electro'flor.....	32
Figura 16 - Normas ISO 14000 aplicáveis à ACV.....	44
Figura 17 - Fases do método ACV.....	45
Figura 18 - Limites do sistema no período de produção da cereja.....	70
Figura 19 – Execução da poda.....	71
Figura 20 - Operação de manutenção do solo através de enrelvamento.....	72
Figura 21 – Pulverização de produtos fitofarmacêuticos.....	72
Figura 22 - Sistema de rega localizada de gota-a-gota.....	73
Figura 23 - Pulverização de herbicidas.....	74
Figura 24 - Limites do sistema no período pós-colheita da cereja.....	86
Figura 25 - Sistema de lavagem, seleção e embalamento de cereja.....	87
Figura 26 - Câmara de refrigeração.....	88
Figura 27 - Transporte de cereja por caminhão.....	89
Figura 28 - Consumo energético por hectare (MJ/ha) respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados.....	98
Figura 29 - Consumo energético por hectare (MJ/ha) respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados.....	100
Figura 30 - Consumo energético por tonelada produzida (MJ/ton) respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados.....	104
Figura 31 - Indicador do Aquecimento Global para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.....	111
Figura 32 - Indicador do Aquecimento Global para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.....	112

Figura 33 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real. ....	114
Figura 34 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados. ....	115
Figura 35 - Indicador da Eutrofização da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados. ....	117
Figura 36 - Indicador da Acidificação Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real. ....	118
Figura 37 - Indicador da Acidificação Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados. ....	119
Figura 38 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real. ....	120
Figura 39 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados. ....	121
Figura 40 - Comparação dos resultados do indicador de Aquecimento Global. ....	124

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Enquadramento Mundial relativamente à produção de cereja, no ano de 2017 .....	7
Tabela 2 - Enquadramento Mundial relativamente às importações e exportações de cereja, no ano de 2017 .....	8
Tabela 3 - Enquadramento Nacional relativamente à produção de cereja por Região Agrária, no ano de 2018.....	9
Tabela 4 - Principais indicadores do impacte ambiental ao nível da água .....	47
Tabela 5 - Indicadores propostos pelo modelo de Boulay et al. (2010). .....	49
Tabela 6 - Indicador proposto pelo modelo de Frischknecht et al. (2006). .....	49
Tabela 7 - Indicadores propostos pelo modelo de Pfister et al. (2009). .....	50
Tabela 8 - Modelos e indicadores para avaliar o impacte da exploração do solo .....	53
Tabela 9 - Principais indicadores do impacte ambiental ao nível do ar.....	56
Tabela 10 - Indicadores de Utilização Eficiente da Energia .....	59
Tabela 11 - Consumo de combustível da maquinaria agrícola por operação agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar. ....	75
Tabela 12 – Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível da maquinaria agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar .....	76
Tabela 13 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo no período de produção para a UF de 1 ha de pomar.....	77
Tabela 14 - Consumo de energia por operação agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar .....	83
Tabela 15 - Dados relativos aos consumos e distâncias do transporte da cereja por cada viagem de ida e volta .....	90
Tabela 16 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível utilizado no transporte no período pós-colheita e respetivo consumo energético para a UF de 1 ton de cereja .....	90
Tabela 17 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível utilizado no transporte no período pós-colheita e respetivo consumo energético para a UF de 1 ton de cereja (continuação).....	91
Tabela 18 - Consumo energético respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados [MJ/ha].....	96
Tabela 19 - Consumo energético respeitante ao período de colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados [MJ/ha].....	97
Tabela 20 - Consumo energético respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados [MJ/ton] .....	102
Tabela 21 - Consumo energético respeitante ao período de colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados [MJ/ton].....	103
Tabela 22 - Consumo de energia resultante da queima de combustível diesel respeitante ao período de produção e pós-colheita para os vários cenários estudados para uma UF de 1 hectare .....	105
Tabela 23 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível diesel respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido .....	106
Tabela 24 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo para a UF de 1 kg de cereja produzido.....	107

Tabela 25 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo para a UF de 1 kg de cereja produzido (continuação) .....	108
Tabela 26 - Emissões de N <sub>2</sub> O para o ar resultantes da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido.....	108
Tabela 27 - Emissões de CO <sub>2</sub> eq para o ar resultantes da aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas no solo para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido .....	109
Tabela 28 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da eletricidade consumida para o armazenamento da cereja para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido .....	110
Tabela 29 – Indicador do Aquecimento Global dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.....	111
Tabela 30 - Indicador do Aquecimento Global dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2 .....	113
Tabela 31 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real .....	115
Tabela 32 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2 .....	116
Tabela 33 - Indicador da Acidificação Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.....	118
Tabela 34 - Indicador da Acidificação Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2 .....	119
Tabela 35 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.....	121
Tabela 36 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2.....	122
Tabela 37 - Valor dos vários indicadores de impacte ambiental para a UF de 1 kg de cereja produzido na Frutas com Vida .....	122

# Nomenclatura

$A$	Energia equivalente consumida pela água utilizada para a rega do pomar [MJ/ha]
$B$	Energia equivalente à quantidade de fungicidas aplicados no solo [MJ/ha]
$C$	Energia equivalente à quantidade de inseticidas aplicados no solo [MJ/ha]
$C_{\text{eletricidade}}$	Consumo de eletricidade para o armazenamento da cereja [kWh/ton de cereja produzido]
$C_{ijk}$	Consumo de combustível $j$ na execução da operação $i$ com a máquina $k$ [l/h]
$D$	Energia equivalente à quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [MJ/ha]
$E$	Energia equivalente consumida por operação [MJ/ha]
$E_{\text{eletricidade}}$	Emissões de CO <sub>2</sub> para o ar resultantes da eletricidade consumida no armazenamento [kg CO <sub>2</sub> eq/ton de cereja produzido]
$EF_{a,b,c}$	Fator de emissão do poluente de acordo com o tipo $a$ e tecnologia $c$ do veículo e o tipo de combustível $b$
$E_{\text{fertilizante de azoto}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de azoto no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$E_{\text{fertilizante de fósforo}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de fósforo no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$E_{\text{fertilizante de potássio}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de potássio no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$EF_{\text{poluente}}$	Fator de emissão para cada tipo de combustível [g/kg]
$E_{\text{fungicidas}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de fungicidas no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$E_{\text{herbicidas}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de herbicidas no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$E_{\text{inseticidas}}$	Emissão de CO <sub>2</sub> resultante da aplicação de inseticidas no solo [kg CO <sub>2</sub> eq/ha]
$El$	Consumo de eletricidade do armazenamento da cereja [kWh/ton]
$E_{N_2O \text{ direta}}$	Emissão direta de N <sub>2</sub> O resultante da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo [kg N <sub>2</sub> O/ha]
$E_{\text{poluente}}$	Emissões específicas para cada poluente [kg ou g]
$F$	Quantidade de fungicidas aplicados no solo [kg]
$F_{AS}$	Quantidade de fertilizantes à base de azoto aplicada no solo [kg N/ha]
$FC_{\text{tipo de combustível}}$	Consumo de combustível para cada categoria de combustível utilizado [kg]
$G$	Energia equivalente à quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [MJ/ha]
$H$	Quantidade de herbicidas aplicados no solo [kg]
$I$	Quantidade de inseticidas aplicados no solo [kg]
$J$	Energia equivalente à quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [MJ/ha]

$K$	Quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [kg]
$L$	Energia equivalente à quantidade de herbicidas aplicados no solo [MJ/ha]
$M_{a,b,c}$	Distância percorrida pelo veículo, de acordo com o tipo $a$ e tecnologia $c$ do veículo e o tipo de combustível $b$ [km]
$N$	Quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [kg]
$N_2O_{(DAT)}$	Emissão indireta de $N_2O$ resultante da deposição atmosférica do azoto volatilizado aplicado no solo [kg $N_2O$ /ha]
$N_{a,b,c}$	Número de veículos da frota, de acordo com o tipo $a$ e tecnologia $c$ do veículo e o tipo de combustível $b$
$O$	Energia equivalente ao consumo de eletricidade do armazenamento da cereja [MJ/ha]
$P$	Quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [kg]
$P_{jk}$	Potência da máquina $k$ utilizada na operação $i$ [cv]
$Q_{fertilizante\ de\ azoto}$	Quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [kg de fertilizante de azoto/ha]
$Q_{fertilizante\ de\ fósforo}$	Quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [kg de fertilizante de fósforo/ha]
$Q_{fertilizante\ de\ potássio}$	Quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [kg de fertilizante de potássio/ha]
$Q_{fungicidas}$	Quantidade de fungicidas aplicados no solo [kg de fungicidas/ha]
$Q_{herbicidas}$	Quantidade de herbicidas aplicados no solo [kg de herbicidas/ha]
$Q_{inseticidas}$	Quantidade de inseticidas aplicados no solo [kg de inseticidas/ha]
$S$	Combustível consumido por operação [l]
$T$	Eletricidade consumida na operação da poda [kWh]
$U$	Energia equivalente consumida na operação da poda [MJ/ha]
$W$	Água consumida para a rega do pomar [m <sup>3</sup> ]

# Lista de Acrónimos

ACCV	Análise de Custos do Ciclo de Vida
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AICV	Avaliação do Impacte Ambiental do Ciclo de Vida
ASCV	Análise Social do Ciclo de Vida
CTIFL	<i>Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes</i>
DALY	<i>Disability-Adjusted Life Year</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
GEE	Gases com Efeito de Estufa
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IGP	Indicação Geográfica Protegida
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IQFP	Índice de Qualificação Fisiográfica da Parcela
ISO	International Organization for Standardization
LANCA	<i>Land Use Indicator Value Calculation in Life Cycle Assessment</i>
NMVOC	<i>Non-methane volatile organic compounds</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Polietileno Tereftalato
SALCA-SQ	<i>Swiss Agricultural Life Cycle Assessment for Soil Quality</i>
UF	Unidade Funcional



# Capítulo 1

## 1. Introdução

Neste capítulo introdutório é dada uma perspectiva geral do estudo que envolve a dissertação. Além disso, é feita uma contextualização nacional e mundial da temática das alterações climáticas e a respetiva influência da agricultura e agroindústria.

### 1.1. Enquadramento

Um dos temas mais debatidos atualmente no mundo é o ambiente e o impacto da ação humana no mesmo. Assim, nos últimos anos, tem-se procurado, em várias áreas, o desenvolvimento de alternativas sustentáveis que possam substituir ou melhorar as atuais. Uma dessas áreas de desenvolvimento tem sido a agricultura (FAO, 2019b).

Nos últimos anos têm surgido alguns acordos internacionais climáticos resultantes de várias cimeiras. O acordo mais célebre foi o Acordo de Paris, assinado em 2015. Todas as partes envolvidas, entre as quais, Portugal, comprometeram-se com três objetivos principais: 1) limitar o aumento médio da temperatura global até 2 °C e, se possível, baixar o aumento médio da temperatura global a 1,5 °C; 2) aumentar a capacidade de adaptação aos impactos adversos das alterações climáticas e promover a resiliência climática e o desenvolvimento de baixo carbono; 3) adotar fluxos financeiros condizentes com trajetórias de desenvolvimento resilientes e de baixo carbono. A concretização destes objetivos irá culminar na neutralidade carbónica na segunda metade do século XXI, isto é, alcançar um balanço neutro entre as emissões de GEE (Gases com Efeito de Estufa) e o sequestro de carbono, que pode ser exponenciado pela redução das emissões ou pelo aumento dos sumidouros (MATA, 2019).

Segundo o relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (2018), para atingir a meta de limitar o aumento médio da temperatura global a 1,5 °C, as emissões antropogénicas líquidas globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) deverão diminuir até 2030 em cerca de 45% relativamente aos níveis de 2010, atingindo a neutralidade carbónica em 2050. Por outro lado, para manter o aumento médio da temperatura global abaixo de 2 °C, as emissões globais de CO<sub>2</sub> deverão diminuir cerca de 25% até 2030, adiando a neutralidade carbónica para 2070.

A nível nacional, o governo português assumiu em 2016 o compromisso de atingir a neutralidade carbónica até 2050. Para tal, em 2019, o governo desenvolveu o Roteiro para a Neutralidade

Carbónica 2050 (RNC2050) que identifica os principais aspetos alvo de descarbonização em todos os setores da economia, com destaque para o setor energético, que devem contribuir através da redução de emissões e da eficiência na utilização dos recursos. Além disso, explica as opções de políticas e as medidas a implementar num esforço de tentar também a descarbonização a um nível socioeconómico (MATA, 2019).

A agricultura e todas as atividades associadas como a produção, transporte ou consumo de produtos alimentares são uma fonte de grande impacto a nível de alterações climáticas, utilização da superfície terrestre, poluição de ecossistemas aquáticos, perda de biodiversidade, entre outros aspetos (Springmann *et al.*, 2018).

Em 2019, a ONU (Organização das Nações Unidas) definiu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para cumprir até 2030 onde se encontram os seguintes: zero fome (toda a gente deve ter acesso a comida), água limpa e saneamento (aumento da qualidade e eficácia da utilização da água), cidades e comunidades sustentáveis (melhorar a qualidade do ar e a gestão dos resíduos), ação climática (integrar as alterações climáticas nas políticas mundiais) e melhoria da vida na terra (utilização e conservação sustentável dos ecossistemas terrestres) (FAO, 2019b).

A redução da perda e desperdício de alimentos é um objetivo importante para os ODS da ONU, bem como um meio para atingir outros ODS, particularmente relacionados com a segurança alimentar, nutrição e sustentabilidade ambiental. Globalmente, cerca de 14% dos alimentos produzidos são perdidos desde o estágio de pós-colheita até ao retalhista (FAO, 2019b).

Segundo o relatório estatístico mundial sobre alimentos e agricultura da FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) de 2019, as emissões de GEE da agricultura contribuíram com cerca de 5 mil milhões de toneladas métricas anuais de CO<sub>2</sub> (Mt CO<sub>2</sub>) para a atmosfera no período 2005–2017. A agricultura e o uso do solo representaram cerca de um quarto das emissões mundiais durante esse período (FAO, 2019c).

Em Portugal, as emissões de GEE da agricultura representam em 2015 cerca de 10% das emissões nacionais, totalizando 6,8 Mt CO<sub>2</sub>. Os principais contribuintes das emissões resultantes da agricultura são o metano (CH<sub>4</sub>) (representa 40% da emissão nacional deste gás) e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (representa 73% da emissão nacional deste gás). As fontes de emissão mais relevantes têm origem no setor animal e representam 83% das emissões da agricultura (fermentação entérica, gestão de efluentes pecuários, aplicação de efluentes pecuários nos solos agrícolas) (MATA, 2019).

Assim, torna-se fundamental fazer o estudo do impacto ambiental de todas as atividades agrícolas. Para tal, existem várias metodologias, entre as quais se destaca a análise ACV (Análise do Ciclo de Vida). A ACV é uma metodologia holística padronizada pela ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 que tem o objetivo de fazer a avaliação ambiental quantitativa de um produto, processo ou atividade ao longo de seu ciclo de vida ou vida útil (Roy *et al.*, 2009).

A cerejeira é uma planta pertencente à família *Rosaceae*, subfamília *Prunoideae*, género *Prunus* e espécie cultivada é a *Prunus avium L.* O cultivo desta planta ocorre um pouco por todo o mundo, com predominância nas zonas de clima temperado. Em Portugal, a concentração de cerejeiras situa-se na Beira Interior e em Trás-os-Montes, com destaque para Alfândega da Fé e a zona de Lamego/Resende. Cerca de 90% da cereja produzida em Portugal destina-se ao consumo em fresco, o que provoca um período de tempo considerável entre a colheita e o consumo que pode ter como consequências a perda de qualidade e aparência do fruto. A cereja é um fruto não climatérico com uma baixa taxa de respiração e tem a particularidade de ser extremamente perecível e propícia a contaminações microbiológicas. Além disso, apresenta uma polpa sumarenta e uma coloração que pode variar de amarelo claro a vermelho escuro ou negro (Ramos *et al.*, 2020).

No ano de 2017, a produção mundial de cereja foi de 2.443.407 toneladas espalhadas por 416.445 hectares, sendo que a Ásia foi responsável por 44,8% da produção total e a Europa foi o 2º continente com mais produção (30,5% da produção mundial) (FAOSTAT, 2019b). Em Portugal, também em 2017, apresentou-se uma área cultivada de 6.215 hectares e uma produção de 19.563 toneladas de cereja que corresponde a uma produtividade de 3.148 kg/ha (quilogramas por hectare) (FAOSTAT, 2019a). A região Centro representou aproximadamente 44% da produção nacional (INE, 2018).

Aplicando a metodologia ACV, este estudo foca-se na avaliação ambiental da cereja numa perspetiva “*from farm to market*”, ou seja, uma análise a todas as etapas desde a produção de cereja até ao momento em que a cereja chega ao mercado, na busca de vertentes passíveis de melhoria.

## **1.2. O problema em estudo e a sua relevância**

A escassez de recursos fósseis e matérias-primas, juntamente com o aumento dos custos de energia nos últimos anos, levou a indústria, em termos gerais, a repensar o *status quo* e a procurar alternativas sustentáveis. A redução do consumo de energia e o uso sucessivo de energia renovável são um dos tópicos de inovação mais importantes no setor da agricultura. A ACV pode ajudar na tomada de decisão ao identificar oportunidades de melhoria ao nível de desempenho ambiental da produção da cereja e também pode auxiliar organizações governamentais e não-governamentais através da implementação de políticas ecológicas e declarações de produtos ambientais (Pickel & Eigner, 2012).

Considerando que a cereja é um dos *ex libris* não só da região da Cova da Beira e da Beira Interior, mas também um representante de Portugal no Mundo, tem especial importância a procura da otimização da eficiência de todo o processo envolvido na produção da cereja e atividades

associadas como o transporte ou armazenamento. Neste sentido, é também de registrar que, apesar de existentes, são escassos os estudos de ACV sobre a cereja a nível mundial.

### **1.3. Objetivos e contribuição da dissertação**

O objetivo principal desta dissertação é aplicar a metodologia ACV ao processo produtivo e todas as atividades associadas da cereja do Fundão “*from farm to market*”, de modo a avaliar o seu desempenho ambiental e verificar quais são as fontes de maior impacto ambiental e, se possível, apresentar propostas de melhoria ou alternativas mais sustentáveis.

Os objetivos específicos consistem na avaliação dos seguintes parâmetros: qualidade do ar (emissões atmosféricas e queima de combustíveis fósseis), qualidade da água (efluente resultante da atividade produtiva), qualidade do solo (fertilidade do solo e consequências da aplicação de substâncias químicas ou agentes orgânicos como fertilizantes ou pesticidas) e o impacto energético.

Com o desenvolvimento deste estudo espera-se também que seja possível apresentar um plano de propostas com vista ao aumento da eficiência do processo produtivo e redução do impacto ambiental da cereja do Fundão.

### **1.4. Visão geral e organização da dissertação**

A presente dissertação está estruturada em seis capítulos, sendo que este primeiro serve como uma nota introdutória de enquadramento.

No capítulo 2 é efetuada uma análise detalhada do processo produtivo e de todas as atividades associadas da cereja “*from farm to market*”. Esta análise incide sobre o ciclo de vida anual e vegetativo da cereja, as doenças e pragas a que a cereja do Fundão está sujeita e respetivas medidas de proteção necessárias e as condições edafoclimáticas da região. Neste capítulo, faz-se também um enquadramento nacional e mundial sobre a produção de cereja.

No capítulo 3 encontra-se o Estado da Arte onde se faz referência a diversos estudos relacionados com a produção da cereja, bem como outros estudos com a aplicação do método ACV a vários produtos frutícolas.

No capítulo 4 são definidos os aspetos da metodologia mais essenciais da ACV, como a escolha da unidade funcional, a definição do inventário do ciclo de vida, a seleção das fronteiras e limites do sistema a analisar e a realização de alguns cálculos necessários para se fazer a avaliação dos vários parâmetros “*from farm to market*” que serão inseridos no software de ACV.

No capítulo 5 é feita a análise e discussão dos resultados obtidos do caso de estudo escolhido, a empresa Frutas com Vida. É realizada a análise do impacto ambiental ao nível da água, solo, ar e energético, de modo a encontrar cenários alternativos com o objetivo de aumentar a eficiência de todo o sistema produtivo, racionalizar os recursos existentes e reduzir o impacto ambiental.

No sexto e último capítulo são referidas as conclusões retiradas desta investigação face aos objetivos pré-definidos, deixando algumas sugestões de investigação futura dentro desta temática.



# Capítulo 2

## 2. Produção de Cereja

Neste capítulo será realizada uma análise ao enquadramento mundial e nacional relativamente à produção de cereja, ao sistema produtivo da cereja e às várias componentes inerentes como a proteção da cultura e as doenças/pragas associadas à mesma.

### 2.1. Enquadramento Mundial

No ano de 2017, a produção mundial de cereja foi de 2.443.407 toneladas espalhadas por 416.445 hectares, sendo que a Ásia foi responsável por 44,8% da produção total e a Europa foi o 2º continente com maior produção (cerca de 30,5% do total mundial) (FAOSTAT, 2019b). O maior produtor mundial foi a Turquia com cerca de 627.132 toneladas produzidas (25,67% do total mundial) e a exploração de 85.401 hectares (20,51% do total mundial), seguindo-se os Estados Unidos da América, Irão e Uzbequistão. No entanto, o Irão foi o país que apresentou um melhor resultado ao nível da produtividade (25,87 ton/ha) (FAOSTAT, 2019b). Portugal ocupou o 20º lugar mundial ao nível da produção com cerca de 19.563 ton e apresentou uma área de 6.215 hectares, com conseqüente produtividade de 3,15 ton/ha (Tabela 1).

Tabela 1 - Enquadramento Mundial relativamente à produção de cereja, no ano de 2017 (FAOSTAT, 2019b).

País	Produção		Área		Produtividade
	ton	%	ha	%	kg/ha
Turquia	627.132	25,67	85.401	20,51	7.343
Estados Unidos da América	398.140	16,29	36.540	8,77	10.896
Irão	140.081	5,73	5.415	1,30	25.869
Uzbequistão	136.609	5,59	9.830	2,36	13.897
Chile	126.642	5,18	25.109	6,03	5.044
Itália	118.259	4,84	30.103	7,23	3.928
Espanha	114.433	4,68	27.592	6,63	4.147
Portugal (20º)	19.563	0,80	6.215	1,49	3.148
Total Mundial	2.443.407	100	416.445	100	5.867

No ano de 2017, as importações mundiais totalizaram 547.243 toneladas e as exportações mundiais totalizaram 514.028 toneladas. Ao nível das importações, destacaram-se a China Continental e Hong Kong que, conjuntamente, totalizaram 33,33% das importações mundiais, seguindo-se a Rússia e a Alemanha. Ao nível das exportações, destacou-se os Estados Unidos da América com 106.656 toneladas (20,75% do total mundial) e o Chile com 15,86% das exportações mundiais, acompanhados por Hong Kong e Turquia. Portugal ocupou o 26º lugar ao nível das importações com cerca de 3.020 toneladas importadas e posicionou-se em 47º lugar ao nível das exportações com cerca de 46 toneladas exportadas (FAOSTAT, 2020) (*Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics*) (Tabela 2).

Tabela 2 - Enquadramento Mundial relativamente às importações e exportações de cereja, no ano de 2017 (FAOSTAT, 2020).

Importações			Exportações		
País	ton	%	País	ton	%
China Continental	101.885	18,62	Estados Unidos da América	106.656	20,75
Hong Kong	80.478	14,71	Chile	81.550	15,86
Rússia	61.586	11,25	Hong Kong	69.321	13,49
Alemanha	51.469	9,41	Turquia	60.121	11,70
Canadá	32.631	5,96	Uzbequistão	31.567	6,14
Portugal (26º)	3.020	0,55	Portugal (47º)	46	0,0089
Total Mundial	547.243	100	Total Mundial	514.028	100

## 2.2. Enquadramento Nacional

A nível nacional, o ano de 2017 foi o ano onde se registou a maior produção de cereja das últimas três décadas com um total de 19.563 toneladas produzidas numa área de 6.215 hectares, o que corresponde a uma produtividade de 3.148 kg/ha (INE, 2018).

No ano de 2018, registou-se uma produção total nacional de 17.418 toneladas numa área de 6.057 hectares, correspondendo a uma produtividade de 2.876 kg/ha, ligeiramente inferior ao período homólogo (INE, 2019a).

Segundo o INE (2019a), no ano de 2018, a região agrária da Beira Interior foi a principal produtora nacional de cereja, tendo sido responsável por 56,80% da produção total nacional e 45,27% da área explorada, correspondendo a uma produtividade de 3.608 kg/ha. A segunda região mais representativa foi Trás-os-Montes com cerca de 28,17% da produção nacional e 31,22% da área explorada, seguindo-se o Entro Douro e Minho com 11,56% da produção nacional e 19,28% da área explorada (Tabela 3).

Tabela 3 - Enquadramento Nacional relativamente à produção de cereja por Região Agrária, no ano de 2018 (INE, 2019d).

Região Agrária	Produção		Área		Produtividade
	ton	%	ha	%	kg/ha
Entro Douro e Minho	2.013	11,56	1.168	19,28	1.724
Trás-os-Montes	4.907	28,17	1.891	31,22	2.594
Beira Litoral	37	0,21	65	1,07	570
Beira Interior	9.893	56,80	2.742	45,27	3.608
Ribatejo e Oeste	129	0,74	70	1,16	1.848
Alentejo	129	0,74	47	0,78	2.774
Algarve	13	0,07	9	0,15	1.520
Açores	0	-	0	-	-
Madeira	296	1,70	64	1,06	4.590
Total Nacional	17.418	100	6.057	100	2.876

No ano de 2018, apesar de a região agrária da Beira Interior ter sido a maior produtora nacional de cereja e ter registado uma produtividade de 3.608 kg/ha, existe uma outra região que apresentou uma produtividade superior. A região que apresentou o nível mais elevado de produtividade foi a Madeira com cerca de 4.590 kg/ha. A Madeira apresentou um nível médio de produtividade semelhante entre 2010 e 2015, situado aproximadamente em 3.700 kg/ha, a que se seguiu uma queda bastante significativa em 2016 (1.312 kg/ha) e uma subida em 2017 para o maior nível de produtividade da década com 4.590 kg/ha, que se manteve em 2018. A Beira Interior apresentou um histórico mais irregular. Iniciou a década com um crescimento elevado de 2010 para 2011 (2.752 kg/ha para 4.172 kg/ha), seguido por uma queda para uma produtividade média de 2.700 kg/ha que se manteve no período 2012-2014; em 2015, subiu novamente para 3.105 kg/ha para descer drasticamente em 2016 para 1.285 kg/ha; em 2017 começou uma nova tendência positiva, registando-se um crescimento para 3.442 kg/ha em 2017 e para 3.608 kg/ha em 2018 (INE, 2019c).

Entre 2010 e 2018 registou-se um aumento de aproximadamente 500 hectares de área explorada na Beira anterior, situando-se em 2.742 hectares em 2018. Ao nível da quantidade produzida, a Beira Interior foi indubitavelmente a região que mais cresceu no período 2010-2018, verificando-se um aumento de quase 4.000 toneladas produzidas. Neste parâmetro, a região de Trás-os-Montes registou um aumento de aproximadamente 3.000 toneladas, o segundo maior crescimento observado a nível nacional (INE, 2019b). A região Entre Douro e Minho manteve sempre um registo de área regular (aproximadamente 1.150 hectares) durante este período. Esta evolução pode ser observada no Figura 1.

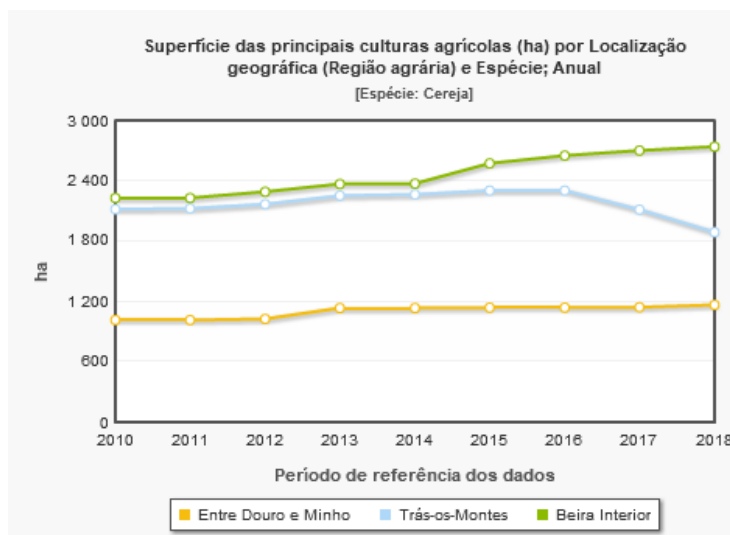


Figura 1 – Superfície da cereja (ha) por localização geográfica (região agrária) durante o período 2010-2018 (INE, 2019d).

### 2.3. Características da Cereja do Fundão

A cerejeira pertence à família das *Rosaceae*, subfamília das *Prunoideae*, género *Prunus L.*, espécie *Prunus avium L.* Esta espécie é originária da Ásia Ocidental, embora seja comum em toda a Europa com exceção na região mediterrânica, onde poderá surgir apenas no estado espontâneo. A nível nacional, distribui-se pelo Norte e nas montanhas do centro continental português (UTAD, 2020).

As principais características da cereja do Fundão são as seguintes (DGADR, 2020):

- Calibre igual ou superior a 24 mm;
- Consistência com índice Durofel igual o superior a 60;
- Coloração entre o índice 2 e 6 da tabela de coloração do CTIFL (*Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes*);
- Conteúdos de sólidos solúveis iguais ou superior a 12° Brix<sup>1</sup>.

A cereja tem que apresentar estas características específicas no momento da colheita para poder receber a certificação de “Cereja do Fundão”, o que implica que a colheita seja planeada consoante a monitorização destes parâmetros. Além disso, é necessário ter atenção a outros aspetos como a colheita do fruto em estado de maturação adequado e homogéneo, com pedúnculo e sem folhas, para se evitarem riscos de infeção causados por parasitas de ferida; utilização de embalagens

<sup>1</sup> A escala de Brix é uma escala numérica que mede a quantidade de sólidos solúveis, como o açúcar ou sacarose, numa fruta. Este índice mensura o grau de doçura de uma fruta, sendo que quanto maior for esse grau maior é a doçura e a qualidade do produto.

limpas e adequadas para a colheita; manuseamento cuidadoso da cereja de modo a evitar danos mecânicos (DGADR, 2019).

A cereja do Fundão tem Indicação Geográfica Protegida (IGP) e, por isso, tem uma delimitação geográfica produtiva bem definida. Esta área geográfica é circunscrita à totalidade do concelho do Fundão e às freguesias de Louriçal do Campo e Lardosa (concelho de Castelo Branco), que fazem fronteira a Sul, e às freguesias de Ferro e Peraboa (concelho da Covilhã), que fazem fronteira a Norte (DGADR, 2020).

## **2.4. Cultivares mais representativas da Cova da Beira**

A maioria das cultivares comerciais utilizadas atualmente são obtidas a partir de cruzamentos entre variedades tradicionais. No entanto, uma das características mais representativas das cerejeiras é a sua auto-incompatibilidade e incompatibilidade com outras cultivares, apesar de muitas serem polinizadoras. Assim, este fator deve ser tido em conta na decisão de que tipo de cultivar se vai desenvolver. Todavia, os principais fatores influenciadores na escolha da cultivar são o calibre, a firmeza da polpa, a resistência ao rachamento, a época de maturação, a entrada em produção, a época de floração e o vigor da árvore, a qualidade gustativa e a apresentação do fruto (Dias, 2012).

Para além da cultivar regional “De Saco”, existem algumas variedades estrangeiras com representatividade na região da Cova da Beira:

### **Cultivar “De Saco”**

A principal cultivar da cereja da região da Cova da Beira é a cereja “De Saco” (Figura 2). A cerejeira “De Saco” é uma cultivar regional de porte retumbante, de ramificação média e com uma boa compatibilidade com porta-enxertos vigorosos. Esta cultivar apresenta uma floração tardia e uma maturação também tardia e uma produtividade bastante alta com uma boa resistência ao rachamento e ao transporte. O fruto é de peso e calibre médio, de cor púrpura e com um pedúnculo grande que facilita a colheita (Dias, 2012).



Figura 2 - Cereja "De Saco" (Dias, 2012).

## Cultivar “*Sweetheart*”

A cultivar “*Sweetheart*” resultou do cruzamento entre as cultivares “*Van*” e “*New Star*”. A árvore apresenta um vigor médio e um porte semi-vertical. A sua indução floral é excelente e a sua entrada em produção é muito rápida. A sua produção é muito elevada e regular. O seu fruto é grande para a sua época de maturação. A sua maturação ocorre 22 dias mais tarde que a “*Van*” e 10 dias depois da “*Lapins*”. Esta variedade é bastante resistente ao rachamento e é uma variedade indispensável para o final do ciclo (Dias, 2012). A cultivar está representada na Figura 3:



Figura 3 - Cultivar “*Sweetheart*” (Nature Hills Nursery, 2020a).

## Cultivar “*Lapins*”

A árvore da cultivar “*Lapins*” tem um vigor moderado e um porte vertical muito produtivo. A sua produção é ideal nos ramos verticais podendo ser colhida numa só passagem. O calibre do fruto é excelente, de cor vermelha escura com uma polpa também avermelhada e muito sumarenta. O pedúnculo é curto e a sua maturação ocorre 8 dias mais tarde que a “*Summit*” e é muito resistente ao rachamento. Não necessita de polinizadoras uma vez que é auto-fértil (Dias, 2012). A cultivar “*Lapins*” está representada na Figura 4:



Figura 4 - Cultivar “*Lapins*” (Nature Hills Nursery, 2020b).

### **Cultivar “*Skeena*”**

A cultivar “*Skeena*” (Figura 5) apresenta um fruto de bom calibre, com uma boa dureza e muito doce. Apresenta uma coloração vermelha escura, quase preta, com uma textura bastante densa. É auto-fértil e registra uma boa tolerância ao rachamento. Tem um período de colheita tardio e semelhante à “*Sweetheart*” (Dias, 2012).



Figura 5 - Cultivar “*Skeena*” (Dave Wilson Nursery, 2020).

### **Cultivar “*Staccato*”**

A cultivar “*Staccato*” (Figura 6) apresenta um fruto com calibre bom, mas não elevado, com uma boa dureza e com um sabor forte e ligeiramente ácido. A epiderme apresenta uma coloração vermelha e a polpa é vermelha escura. O período de floração é coincidente com a grande maioria das cultivares e a época de maturação é posterior à da “*Sweetheart*” (Dias, 2012).



Figura 6 - Cultivar “*Staccato*” (Dalival, 2020).

## Cultivar “*Symphony*”

A cultivar “*Symphony*” (Figura 7) é das mais tardias, com uma maturação 6 dias depois da “*Sweetheart*”. Os seus hábitos de produção são semelhantes aos da “*Lapins*” e o fruto é de calibre maior que a “*Sweetheart*”. A textura é dura e apresenta uma boa resistência ao rachamento, tal como a “*Sweetheart*”. Necessita de um número de horas de frio baixo a médio, tal como a variedade “*Lapins*”. É uma cultivar com características agronómicas comerciais uma vez que pode alargar o período de colheita por mais 6 dias, beneficiando de um calibre e qualidade superior (Dias, 2012).



Figura 7 - Cultivar “*Symphony*” (BC Tree Fruit Production Guide, 2020).

## Cultivar “*Satin*”

A cultivar “*Satin*” (Figura 8) apresenta um porte semi-vertical de vigor médio e é auto-fértil com uma entrada em produção rápida, semelhante à “*Lapins*”. O fruto apresenta uma forma em coração, como a cultivar “*Summit*”, e uma polpa muito firme e de grande calibre e é muito resistente ao rachamento. A sua colheita é escalonada com duas passagens, no mínimo, mas tem uma produção regular. Não é sensível ao problema do vento e a maturação é muito semelhante à “*Summit*”. Trata-se de um melhoramento da cultivar “*Summit*” visto que pode ser plantada em zonas onde a “*Summit*” apresenta pouca produtividade devido à falta de horas de frio (Dias, 2012).



Figura 8 - Cultivar “*Satin*” (Summerland, 2020).

## **Cultivar “Summit”**

A cultivar “Summit” (Figura 9) apresenta um porte ereto, começando a produzir à 3ª folha. A sua indução floral é excelente tanto nos ramos horizontais como nos verticais. O fruto é dos maiores em todas as cultivares de cerejeira chegando a valores de 14 a 16 g. Se for necessário, poderá ser colhida sem pedúnculo e numa só passagem. Apresenta uma forma de coração com a polpa dura, açucarada e crocante, sendo muito resistente ao rachamento. A sua maturação ocorre 15 dias depois da “Van”. As suas principais polinizadoras são a “Sunburst” e a “Van” (Dias, 2012).



Figura 9 - Cultivar "Summit" (McGrath Nurseries, 2020).

## **Cultivar “Santina”**

A cultivar “Santina” (Figura 10) apresenta uma coloração bastante escura, tamanho médio e um formato oval. Esta variedade foi criada através de um programa de pesquisa da *Summerland* na Colúmbia Britânica, Canadá, durante a década de 60. Trata-se de uma cereja precoce, normalmente colhida no final de junho. A árvore é auto-fértil e tem alguma tolerância à divisão (Quinta do Carvalho, s.d.).



Figura 10 - Cultivar "Santina" (Dave Wilson Nursery, s.d.).

## Cultivar “*Prime Giant*”

A cultivar “*Prime Giant*” (Figura 11) apresenta um período de colheita semelhante à cultivar “*Brooks*” e é colhida 7 a 10 dias mais tarde em relação à “*Burlat*”. Esta cultivar caracteriza-se por apresentar um sabor muito mais forte cerca de 7 dias antes da colheita porque os açúcares e o sabor são desenvolvidos antes da cereja ficar madura. Trata-se de uma cereja suscetível à chuva e, conseqüentemente, aos rachamentos (Quinta do Carvalho, s.d.).



Figura 11 - Cultivar “*Prime Giant*” (Quinta do Carvalho, s.d.).

## Cultivar “*Sonata*”

A cultivar “*Sonata*” (Figura 12) apresenta uma coloração escura, com caules bastante longos e grossos e uma forma gorda em coração. A árvore é auto-fértil e a cereja tem um sabor equilibrado e doce e exibe uma textura muito firme. A colheita desta cultivar começa no início de junho (Quinta do Carvalho, s.d.).



Figura 12 - Cultivar “*Sonata*” (Quinta do Carvalho, s.d.).

## 2.5. Ciclo de Vida e Ciclo Vegetativo da Cerejeira

O tempo médio de vida de uma cerejeira é 20 anos. Usualmente, o ciclo de vida da cerejeira é dividido em três fases: 1) pré-produção; 2) produção; 3) senescência. A fase de pré-produção, que tem a duração de três anos, pode ser dividida na fase de “berçário”, onde as cerejeiras são cuidadas e nutridas, e numa primeira fase de crescimento, uma vez que não existe produção de cereja neste período. A fase de produção pode desagregar-se numa segunda fase de crescimento (do 4º ao 6º ano) e numa fase de produção onde é retirada a máxima produtividade da cerejeira (do 7º ao 20º ano). A fase de senescência consiste no envelhecimento e término do ciclo de vida da cerejeira (último ano de vida) (Tricase *et al.*, 2017).

O ciclo vegetativo anual da cerejeira é constituído pelas fases de indução floral, diferenciação floral, fecundação, vingamento, crescimento dos frutos e maturação dos frutos (Costa, 2006).

Este ciclo começa pelo desenvolvimento vegetativo através da indução floral, a primeira etapa, que é despoletada internamente através do balanço entre hormonas endógenas e outros assimilados. No entanto, este processo não tem uma data exata para ocorrer uma vez que está dependente de vários fatores como as condições edafoclimáticas e o próprio tipo de cultivar da cereja. A diferenciação floral, tal como a indução floral, não tem uma data exata visto que é influenciada pelas mesmas condições referidas anteriormente. Assim, a diferenciação floral poderá iniciar-se antes da colheita, entre junho e julho, ou depois da colheita, em julho, ou entre o período de julho e agosto. Nesta fase dá-se o aparecimento dos botões florais seguido pelo processo de antese (Costa, 2006).

Após esta fase, a cerejeira fica em repouso vegetativo até fevereiro ou março, período após o qual ocorre a floração.

A fecundação consiste na polinização, isto é, a transferência de grãos de pólen das anteras para o estigma onde são fixados, estabelecendo o tubo polínico que cresce em direção ao ovário e o penetra. A polinização é afetada pela temperatura e humidade relativa. A eficácia das abelhas, o principal polinizador, no transporte do pólen é bastante alta com temperaturas médias entre 20 e 22 °C e quase inexistente com temperaturas inferiores a 12 °C. Do ponto de vista da formação do pólen, as temperaturas extremas podem originar a formação de pólen estéril. Relativamente ao impacto da humidade relativa, quando esta é baixa (<50%) pode causar a redução da fixação dos grãos de pólen no estigma, enquanto que humidades relativas elevadas (>90%) podem dificultar a deiscência das anteras e também reduzir a capacidade de fixação do pólen no estigma. A fecundação é condicionada por vários fatores como reguladores hormonais, o tipo de porta-enxerto e a cultivar escolhida (Costa, 2006).

A fecundação dá origem à formação de sementes de cereja levando a que o ovário se desenvolva em fruto, isto é, a flor transforma-se em fruto. A esta transformação dá-se o nome de vingamento.

O vingamento é influenciado por três fatores: 1) desenvolvimento de gomos florais de qualidade; 2) intervalo de temperaturas durante a floração adequado, de modo a que ocorra uma boa polinização, um bom crescimento do tubo polínico, uma boa viabilidade do óvulo e uma boa fecundação; 3) boa disponibilidade de fotoassimilados quando o ovário inicia o seu desenvolvimento (Costa, 2006).

A fecundação e o vingamento dão-se no período entre março e abril.

O crescimento dos frutos dá-se entre abril e maio, sendo que atingem a sua maturação entre o período de junho e julho. Este período de crescimento e maturação dos frutos está, obviamente, condicionado pelas condições climáticas que irão influenciar o melhor período para se efetuar a colheita.

Na Figura 13 é possível observar mais resumidamente a distribuição temporal do ciclo vegetativo anual da cerejeira.



Figura 13 - Ciclo Vegetativo Anual da Cerejeira (Simões, 2019).

## 2.6. Condições Edafoclimáticas da Cova da Beira

A Cova da Beira forma uma depressão entre a Serra da Estrela a norte, a Serra da Gardunha a sudoeste e a Serra da Malcata a este. A região é marcada pelo efeito da continentalidade, resultante das cadeias montanhosas adjacente. A sua localização permite a associação de vários fatores favoráveis para o desenvolvimento da cereja. A altitude, que provoca invernos frios, permite uma proteção contra os ventos de trajeto continental durante a primavera, o que resulta em temperaturas mais suaves. A grande quantidade de horas de frio é também muito importante para o desenvolvimento da cereja (Dias, 2012).

A região é caracterizada por elevadas amplitudes térmicas, pela quase totalidade da pluviosidade se concentrar no outono/inverno e pelos verões bastante secos (Costa, 2006).

A nível de pluviosidade, existem algumas discrepâncias uma vez que a norte, na Serra da Estrela, atingem-se cerca de 2.000 mm/ano nas zonas mais altas, enquanto que mais a sul, na zona da Serra da Gardunha, os valores atingem 1.000 mm/ano (Costa, 2006).

A geada é um fator climático vital da região a considerar uma vez que condiciona a escolha da cultivar a desenvolver, porque a geada por si só pode resultar na perda de culturas. Este fenómeno regista-se, em média, durante cerca de 17 dias, normalmente de outubro a abril, mas com maior incidência em dezembro (Costa, 2006).

A origem granítica dos solos de encosta, profundos e bem drenados, é também um fator favorável, pois proporciona as condições ideais ao desenvolvimento da cerejeira, situando-se as plantações a uma cota entre os 450 e 800 m. A zona da Serra da Gardunha, zona sudoeste, é mais marcada por solos graníticos, mas também xísticos (Dias, 2012).

Estas condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da cerejeira permitem obter frutos com um bom teor em açúcar, um nível de acidez equilibrado e uma cor da polpa e aroma bem pronunciados, o que resulta numa boa apreciação final (Dias, 2012).

A maturação das cultivares mais precoces surge primeiro na encosta Sul da Serra da Gardunha. Após aproximadamente 8 dias seguem-se as freguesias de Ferro e Peraboa, no concelho da Covilhã. Por fim, alguns dias mais tarde, a maturação ocorre nas restantes freguesias (Dias, 2012).

## **2.7. Proteção Integrada**

A proteção integrada consiste no sistema de proteção das plantas que tenta compatibilizar os meios de luta adequados, de modo a manter a população dos organismos prejudiciais em níveis inferiores ao nível de ataque com o objetivo de não causar prejuízos (Amaro, 2003).

Ao nível da proteção integrada é indispensável conhecer as culturas em análise e os principais organismos prejudiciais, de modo a avaliar a necessidade de intervenção e qual o meio de luta a selecionar. Portanto, a estimativa de risco, isto é, a definição da intensidade dos ataques invasores torna-se um aspeto importante neste processo. Além disso, o nível de nocividade, que analisa a influência na ação dos organismos prejudiciais, deve igualmente ser considerado no estudo (DGAV, 2014).

A proteção integrada adota princípios que privilegiam a obtenção de frutos com boas características organolépticas, respeitando a legislação nacional e internacional relativa à qualidade e segurança alimentar (Amaro, 2003).

Os meios de luta, tendo em conta a sua atuação, podem ser classificados como diretos ou indiretos. É preferível a utilização de meios indiretos uma vez que se deve privilegiar a prevenção, enquanto que os meios diretos devem ser selecionados em períodos críticos (Amaro, 2003).

### 2.7.1. Meios de Luta Diretos

Os meios de luta diretos têm como objetivo minimizar o desenvolvimento e a resistência dos organismos prejudiciais à cultura, sendo preferível a sua eliminação por completo. Os diversos meios de luta diretos são os seguintes (Amaro, 2003):

- **Luta Física:** este meio de luta engloba métodos ativos e métodos passivos. Os métodos ativos utilizam vários tipos de energia na destruição do organismo prejudicial, enquanto que os métodos passivos provocam a modificação do meio destes organismos. A luta física desagrega-se em dois tipos de luta, mecânica e térmica. A luta mecânica consiste no combate aos infestantes através de técnicas de mobilização do solo e de monda. A luta térmica combate os inimigos através de temperaturas extremas, isto é, temperaturas bastante elevadas, ao ponto de serem letais para os organismos prejudiciais e temperaturas muito baixas de modo a impedir que estes se consigam desenvolver.
- **Luta Cultural:** este meio tem como objetivo diminuir a população dos organismos prejudiciais e utiliza técnicas culturais como intervenções em verde para eliminar focos de doença, a poda, a cobertura do solo ou a criação de barreiras físicas.
- **Luta Biológica:** a luta biológica consiste na diminuição da população de organismos prejudiciais através da intervenção de predadores, parasitas ou agentes patogénicos.
- **Luta Biotécnica:** este meio de luta abrange todas as técnicas de manipulação dos elementos da praga ou do seu meio envolvente passíveis de interferência. As funções vitais da praga são alteradas, condicionando o seu desenvolvimento e comportamento, culminando geralmente na sua morte.
- **Luta Química:** este meio consiste na diminuição ou eliminação da população inimiga da cultura através da aplicação de substâncias químicas naturais ou de síntese, nomeadamente pesticidas.

### 2.7.2. Meios de Luta Indiretos

Os meios de luta indiretos, ao contrário dos meios diretos, tem um carácter mais preventivo e têm o intuito de criar condições desfavoráveis aos organismos prejudiciais das culturas no longo prazo. Entre estes meios, destacam-se a luta legislativa, genética, cultural, mecânica e biológica (Amaro, 2003):

- **Luta Legislativa:** este meio de luta indireto consiste na adoção das medidas legislativas e regulamentares com o intuito de minimizar o transporte e dispersão dos organismos prejudiciais das culturas através da atividade humana.
- **Luta Genética:** a luta genética consiste no processo de descoberta e desenvolvimento por parte do ser humano de uma diversidade de plantas resistentes à ação dos organismos prejudiciais das culturas.

- **Luta Cultural, Mecânica e Biológica:** como referido no ponto anterior, estes meios de luta, regra geral, são diretos. No entanto, se estes meios forem aplicados com caráter preventivo de modo a impedir o desenvolvimento de organismos prejudiciais para as culturas ao invés da destruição desses mesmos organismos, são considerados meios de luta indiretos.

## **2.8. Condições fitossanitárias associadas às Cerejeiras da Beira Interior**

As prunóideas apresentam várias ameaças fitossanitárias, como pragas e doenças, que condicionam a produção de cultivares de qualidade. Assim, torna-se importante estudar essas ameaças e encontrar meios de luta e proteção para as culturas (Luz, 2005).

### **2.8.1. Principais doenças da cerejeira da Beira Interior**

Entre as doenças detetadas na Beira Interior, destacam-se o cancro bacteriano, a *xylella fastidiosa*, a moniliose e a podridão cinzenta. Num plano secundário de ocorrência, mas igualmente perigosas, encontram-se a antracnose e o crivado (Luz, 2005).

1. **Cancro bacteriano (*Pseudomonas syringae* van Hall):** esta doença é causada pela bactéria *Pseudomonas syringae*. O cancro bacteriano foi o principal causador da morte de cerejeiras na década de 80 e 90, embora atualmente já tenha menor expressão devido aos meios de luta aplicados. Os principais órgãos afetados são as folhas, os frutos e os raminhos. As folhas apresentam pequenas manchas circulares que podem originar necroses de maior dimensão, enquanto que os frutos denotam manchas arredondadas que também podem causar necroses, levando à queda ou mumificação do fruto. Nos raminhos, a doença é mais grave, apresentando cancros de menor dimensão que podem evoluir para os ramos e troncos, conduzindo à morte da cerejeira (INIAV, 2019). As árvores jovens são as mais afetadas quando o cancro se localiza no tronco, levando a uma morte rápida. Portanto, nos primeiros anos de vida, o tratamento à queda da folha deve ser bastante frequente. O desenvolvimento desta bactéria dá-se após as primeiras chuvas de outono, o que pode acontecer antes do período da queda da folha. Assim, é necessário que a aplicação do meio de luta seja anterior ao desenvolvimento da bactéria, ou seja, a aplicação deve ter início quando começarem as chuvas outonais, sendo repetido uma a duas vezes com o espaçamento de 12-15 dias. No entanto, se a queda da folha se iniciar antes das chuvas de outono, a bactéria não se desenvolverá uma vez que a água da chuva é essencial para que esta cresça e se dissemine até ao local de infeção (Luz, 2005). Não existem meios de controlo totalmente eficazes, embora possam ser implementadas algumas medidas de luta cultural como a utilização de podas em verde e evitar podas de

inverno, corrigir a acidez do solo aplicando calcário, utilização de calda à base de cobre, desinfecção de alfaias agrícolas e destruição das plantas afetadas (INIAV, 2019).

**2. *Xylella fastidiosa*:** a bactéria *Xylella fastidiosa* é transmitida de forma natural por alguns insetos hemípteros e picadores-sugadores do fluido xilémico das plantas. Em Portugal, os insetos transportadores da bactéria são a cigarrinha *Cicadela viridis* (Linnaeus 1758), a *Aphrophora alni* (Fallen 1805) e a *Aphrophora salicina* (Goeze 1778). A bactéria coloniza o xilema da cerejeira onde o biofilme produzido pela infecção obstrui os vasos do hospedeiro, normalmente responsáveis pela condução de água e nutrientes. Os sintomas são semelhantes a stress hídrico e nutricional como queimaduras foliares (tanto na zona apical como na margem das folhas, de cor amarela e acastanhada) e morte progressiva da cerejeira da zona apical para a raiz. É essencial o diagnóstico precoce, uma vez que os sintomas se manifestam tardiamente, podendo a planta estar infetada apesar de ainda assintomática. Não existem meios de luta direta totalmente eficazes, o combate pode apenas ser feito através de medidas preventivas indiretas como limitar a mobilidade das plantas hospedeiras nas áreas afetadas; ter um grande controlo sobre a qualidade fitossanitária das plantas em viveiro, verificando sempre a sua proveniência e lutando os principais insetos transportadores; na ocorrência de algum sintoma, garantir a análise laboratorial da planta (Vida Rural, 2016).

**3. Moniliose (*Monilinia laxa* (Aderhold et Ruhland) Honey):** esta doença é provocada pelo fungo *Monilinia laxa*. A doença pode ser extremamente grave quando a floração decorre durante um período chuvoso. Numa primeira fase, causa a necrose e secagem dos botões florais. Seguidamente, a infecção espalha-se até ao ramo provocando lesões nos tecidos (cancros), impedindo a circulação da seiva e provocando a sua morte. Os sintomas desta doença são a aglomeração de folhas e flores destruídas e a mumificação dos frutos na cerejeira após o seu cobrimento de conídios isolados que posteriormente formam uma “massa” com algodão (COTHN, 2011). Existem algumas medidas para combater a doença como a utilização de cultivares menos suscetíveis aos inimigos, o desenvolvimento de produtos fitofarmacêuticos mais eficazes (luta química) e a luta cultural através da diversificação da plantação de vários cultivares para moderar o efeito da doença (Luz, 2005).

**4. Podridão cinzenta (*Botrytis cinerea*):** a doença é causada pelo fungo *Botrytis cinerea*. Este fungo afeta principalmente flores e frutos, podendo originar manchas foliares, apodrecimento dos rebentos e podridão em bolbos, rizomas e raízes. Os sintomas são o aspeto húmido e a necrose dos tecidos e a presença de “massas” de algodão nas zonas infetadas, à semelhança da moniliose. Nas folhas, as manchas são acinzentadas enquanto que nas flores essas manchas acinzentadas podem escalar para a destruição

completa das pétalas. Nos frutos, pode causar manchas acinzentadas ou até mesmo cancos e apodrecimento dos tecidos. Existem alguns meios de combate à doença como evitar a utilização excessiva de fertilizantes (principalmente fertilizantes azotados), destruição de flores e frutos contaminados (luta cultural), aplicação de fungicidas dentro das condições indicadas pelo fabricante (luta química), destruição de plantas daninhas no interior e envolvente do pomar e evitar causar ferimentos no tratamento da cultura uma vez que podem ser portas de entrada para o fungo (Töfoli *et al.*, 2011).

5. **Antracnose (*Colletotrichum acutatum* Simmonds):** esta doença, também conhecida como podridão negra, é causada pelo fungo *Colletotrichum acutatum*. Esta doença atua ao nível das folhas, frutos, guias e rizomas. Nos frutos, a necrose é inicialmente acastanhada, passando a rosa (presença de esporos) e termina negra (envelhecimento dos esporos). Nas folhas, forma-se uma mancha arredondada, castanha no centro e amarelo na envolvente, podendo ainda formar-se uma massa rosa no centro em casos de humidade elevada. Nas guias, a necrose pode provocar a morte da parte aérea da cerejeira. No rizoma, o fungo penetra ao nível do solo e forma uma zona translúcida que se torna acastanhada. Esta necrose, causa a murchidão da parte aérea da planta e, em último caso, a planta pode secar e o rizoma pode quebrar (Ascenza, 2020). Existem meios de luta como a eliminação dos resíduos das podas, folhas e frutos caídos, de modo a que não sejam fontes de infeção (luta cultural); em caso de manchas suspeitas, cortar as partes possivelmente infetadas e aplicar produtos à base de cobre no local da ferida, evitando a propagação da doença; utilizar variedades resistentes à antracnose (luta genética) (Patro, 2017).
  
6. **Crivado (*Stigmina carpophila* (Lév.) M.B. Ellis):** o crivado é causado pelo fungo *Stigmina carpophila*. Esta doença afeta as folhas através da formação de necroses que provocam manchas escuras. Os raminhos também podem ser afetados, manifestando manchas pretas arroxeadas que se tornam castanhas com o desenvolvimento, levando à morte das extremidades dos ramos. Nas flores, a doença causa a morte dos buquês florais ainda antes da floração. Os frutos também podem ser afetados através do aparecimento de manchas que diminuem drasticamente a qualidade do produto ou, inclusive, levar à queda prematura dos frutos. Os ramos também podem ser afetados durante o tempo chuvoso no período entre o outono e a primavera. Ao nível dos meios de luta, existem várias medidas como uma poda sanitária eficaz para remover os ramos afetados (luta cultural); manter o pomar arejado através de uma poda adequada (luta cultural); utilização de fungicidas inorgânicos à base de cobre ou fungicidas orgânicos como ziram (luta química) (Luz, 2013).

## 2.8.2.Principais pragas da cerejeira da Beira Interior

Entre as pragas identificadas na Beira Interior, destacam-se a mosca da cereja, o piolho negro e a mosca de asa manchada (Luz, 2005):

- 1. Mosca da cereja (*Rhagoletis cerasi* Loew):** esta praga é das mais antigas e mais conhecidas pelos produtores. Esta mosca causa danos diretos nos frutos através da sua perfuração pela fêmea que deposita os ovos, resultando no desenvolvimento de larvas no interior da cereja que se alimentam da polpa. Quando as larvas terminam o seu desenvolvimento dentro do fruto, saem e penetram no solo, deixando uma ferida que pode ser entrada para novas doenças (Agronegócios, 2014). O combate a esta praga ainda continua a ser difícil, principalmente se a densidade populacional da mosca for elevada. A utilização de um tratamento com dimetoato é, talvez, a melhor medida de combate a esta praga. O dimetoato é o inseticida mais eficiente no combate a esta mosca se for aplicado duas a três semanas antes da colheita (Luz, 2005). Ao nível da luta biotécnica, pode aplicar-se a captura em massa da mosca através de armadilhas de atração sexual e cromotrópicas. Ao nível da luta cultural, pode-se combater esta praga indiretamente através da criação de barreiras ao seu desenvolvimento como a colocação de redes de proteção, cultivo de variedades mais precoces e proteção de inimigos naturais da mosca. Ao nível da luta biológica, pode-se beneficiar do desenvolvimento de predadores e parasitoides da mosca de modo a que estas possam ser aniquiladas (Agronegócios, 2014).
- 2. Piolho negro (*Myzus cerasi* (F)):** esta praga pode causar bastantes danos em árvores jovens, podendo, no máximo, causar uma paragem completa do crescimento dos ramos. Os efeitos visíveis são o encarquilhamento e deformação das folhas e dos raminhos, podendo mesmo conduzir à morte da planta se o pomar for novo. O piolho negro na região da Beira Interior não tem um hospedeiro alternativo, o que significa que o seu ciclo biológico se completa por inteiro na cerejeira. Este comportamento permite compreender o porquê destes piolhos se fixarem em determinadas árvores e permite também definir um combate mais eficaz a esta praga apenas nas plantas atacadas e nas adjacentes. Ao nível da luta química, destaca-se o uso de inseticidas como o imidaclopride. Ao nível da luta biotécnica, podem aplicar-se armadilhas de atração sexual e cromotrópicas para a captura em massa do afídeo, tal como acontece para a mosca da cereja (Luz, 2005).
- 3. Mosca de asa manchada (*Drosophila suzukii* (Matsumura)):** esta mosca, originária do sudeste asiático, é capaz de causar grandes prejuízos e tem uma grande capacidade de disseminação. Esta mosca distingue-se das restantes pela sua capacidade de atacar quer frutos verdes quer frutos maduros. As fêmeas colocam os ovos no interior da fruta e, passados 1 a 3 dias, os ovos eclodem e as larvas alimentam-se da polpa da

cereja. Este processo proporciona também o desenvolvimento de outras doenças bacterianas ou fúngicas, o que acelerará o apodrecimento dos frutos. A mosca de asa manchada aparece com maior frequência durante os períodos frios (a partir de outubro/novembro) e diminui a sua população durante o verão devido às elevadas temperaturas. Ao nível da luta cultural, esta praga pode ser combatida através do controlo da vegetação, eliminação de hospedeiros na área envolvente, colheita seletiva, aplicação de caulino e redes de proteção. Ao nível da luta biológica, a introdução de predadores e parasitoides da mosca pode ser uma solução. A luta biotécnica passa pela utilização de armadilhas artesanais e comerciais. A luta química consiste na utilização de inseticidas, obviamente, dentro dos requisitos legais (DRAPC, 2015).

## 2.9. Processo Produtivo e Pós-colheita

O processo produtivo da cereja é dividido em várias etapas que se vão distribuindo ao longo dos vários estados fenológicos (repouso vegetativo, abrolhamento, floração e vingamento, desenvolvimento do fruto, maturação e colheita). Para além destes estados fenológicos, também será incluído o processo pós-colheita, isto é, o processo de refrigeração, armazenamento e transporte. Na Figura 14 está esquematizado o processo produtivo e pós-colheita.

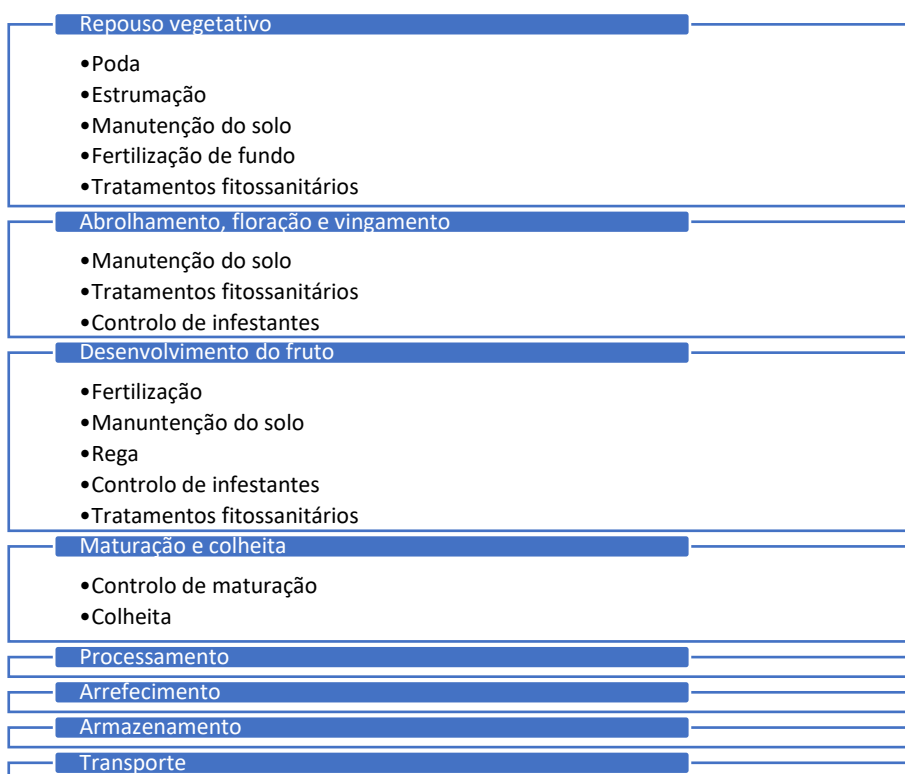


Figura 14 - Estados fenológicos e etapas produtivas da produção da cereja.

### **2.9.1. Poda**

A poda é definida como o corte seletivo de partes da árvore com uma finalidade específica. O objetivo é corrigir o crescimento da planta não desejado através da eliminação de lenha das árvores (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000).

A poda é um processo que pode ser realizado de forma natural pela própria planta, embora seja quase sempre realizada de forma artificial pelo ser humano.

A poda natural é desenvolvida pela árvore de modo a equilibrar o seu sistema fisiológico e corrigir os danos físicos e mecânicos sofridos pelo meio ambiente. Este fenómeno acontece porque as árvores são autossustentáveis e desenvolvem os seus constituintes de acordo com o espaço disponível (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000).

O período improdutivo das árvores deverá ser reduzido ao mínimo possível, por isso as intervenções de poda devem ser reduzidas e efetuadas em verde, de forma a proporcionar uma entrada em produção precoce. Além disso, deverá procurar-se otimizar as possibilidades de mecanização da colheita (DGADR, 2012b).

As árvores têm uma reação à poda diferente consoante a sua idade, fisiologia e sazonalidade. Assim, é necessário analisar qual o melhor momento para efetuar a poda. No caso da cerejeira, a poda dá-se durante o período de repouso vegetativo, ou seja, no período de novembro-fevereiro (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000). Os primeiros ramos ou pernadas deverão surgir 50 cm acima do solo, de modo a facilitar o controlo dos infestantes (DGADR, 2012b).

Os principais objetivos da poda da cerejeira são eliminar ramos cruzados ou secos, permitir a entrada de raios solares e uma maior ventilação da árvore, prevenindo algumas doenças e promovendo a floração (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000).

Nas árvores de fruto, como a cerejeira, a poda pode ser dividida em dois grandes tipos de corte: os atarraques e a extração de ramos ou de crescimentos completos. O atarraque consiste na remoção do gomo terminal com ou sem uma porção do ramo abaixo dele, embora, regra geral, o corte remova entre um terço a metade do ramo. A extração de ramos ou de crescimentos completos consiste na remoção de um ramo ou de um crescimento completo desde o seu ponto de origem, isto é, na totalidade. Ambos os cortes removem o gomo terminal, responsável pelo crescimento do próprio ramo e dos ramos subsequentes (Cerfundão, 2014).

A poda da cerejeira pode desagregar-se em poda de manutenção, formação, frutificação e renovação (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000):

**Poda de manutenção:** esta poda consiste numa vertente de limpeza e saneamento da árvore, eliminando ramos secos ou partidos e, conseqüentemente, revitalizando a copa e evitando

possíveis problemas infeciosos futuros (Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000). Nas cerejeiras, o aconselhado é a remoção de 1 ou 2 ramos superiores completos, desenvolvendo jovens substitutos. Esta intervenção nas zonas superiores da copa permite a entrada de luminosidade, mantendo a produção nas zonas mais baixas (Cerfundão, 2014).

**Poda de formação:** esta poda tem como objetivo estabelecer um esqueleto e o equilíbrio da árvore, com uma boa orientação e condução dos ramos, de modo a produzir frutos de qualidade e a suportar as futuras colheitas. Logo, esta poda deve ser feita em verde para corrigir a forma da árvore e evitar possíveis doenças. Durante os primeiros anos da árvore, as intervenções devem ser mínimas e cirúrgicas até atingir o volume da copa necessário para produzir e assegurar a correta iluminação da base da copa (DGADR, 2011).

**Poda de frutificação:** o objetivo é equilibrar o desenvolvimento vegetativo com a frutificação, de modo a aumentar a produtividade e o lucro. Esta poda permite obter a maior quantidade de frutos com boa qualidade para comercialização, manter a produção próxima dos ramos principais e formar novos ramos para o ciclo produtivo seguinte. A intensidade da poda deve ser definida através da análise da quantidade de gomos florais. (Bernardi & Hoffmann, 2003; DGADR, 2011; Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, 2000).

**Poda de renovação:** a poda é efetuada após a colheita e consiste em renovar os ramos básicos das plantas já formadas ou velhas, dando uma disposição renovada à árvore (Bernardi & Hoffmann, 2003).

### **2.9.2. Manutenção do Solo**

A manutenção do solo tem como objetivos principais a proteção do solo e o controlo e eliminação de infestantes. A proteção do solo consiste essencialmente na atenuação da erosão natural e nos riscos de compactação do solo, conjuntamente com a redução dos efeitos prejudiciais da circulação normal da maquinaria. Todas estas componentes da manutenção do solo devem ser conciliadas, na medida do possível, com a preservação da biodiversidade do ecossistema. Esta questão da manutenção do solo deve ser uma preocupação sistemática e diária durante todo o ano (DGADR, 2012b).

Na escolha do sistema de manutenção do solo existem vários fatores a ter em consideração como as características do solo (estrutura, risco de erosão, teor de matéria orgânica, entre outras) e o seu declive, as condições climáticas (precipitação, geada, entre outras), a quantidade de água disponível, entre outros. A deficiente avaliação das condições do solo pode causar problemas ao nível da compactação do solo, do uso de fertilizantes e controlo dos infestantes (Gomes, 2018).

Existem várias técnicas de manutenção do solo, das quais se destacam as seguintes (Aguiar *et al.*, 2005; DGADR, 2012b):

**Solo mobilizado:** a mobilização consiste na manipulação mecânica do solo, que ocorre para a preparação da sementeira e destruição da vegetação e resíduos de culturas anteriores. Este tipo de técnica não deve ser aplicado durante o período invernal. Em casos de mobilização intensiva, podem verificar-se consequências como a compactação do solo e maior suscetibilidade à erosão hídrica e eólica uma vez que a estrutura do solo é modificada (Aguiar *et al.*, 2005).

**Solo com mobilização mínima ou não mobilizado:** a prática da mobilização mínima ou da não mobilização consiste na aplicação de herbicidas para combater os infestantes. Esta prática pode considerar-se como uma boa opção quando os resíduos das culturas anteriores se encontram à superfície. Com o decorrer dos anos, a mobilização mínima ou não mobilização apresenta várias vantagens como a acumulação de matéria orgânica na camada superficial do solo, o aumento da população de organismos do solo que originam um sistema de bioporos e a formação de macroporos e fissuras verticais, que contribuem para um maior arejamento e drenagem do solo. Este tipo de manutenção só deve ser efetuado com alfaías que não degradem a estrutura do solo e a utilização da fresa deve ser evitada (Aguiar *et al.*, 2005).

**Enrelvamento ou solo coberto com vegetação:** consiste no revestimento do solo com vegetação que pode ser semeada ou espontânea. Esta técnica permite a proteção da erosão, principalmente durante o período invernal. As entrelinhas dos pomares são quase forçadas a adotar esta técnica ou outro meio de proteção durante o período entre 15 de novembro e 1 de março, enquanto que fora deste período o coberto herbáceo poderá ser controlado por meios mecânicos. Previamente à instalação do coberto vegetal permanente, todos os infestantes deverão ser eliminados. Se o coberto herbáceo for espontâneo, deverá-se facilitar a proliferação de trevos e outras leguminosas (Aguiar *et al.*, 2005; DGADR, 2012b).

**Mulching:** a técnica de *mulching*, ou palhagem, consiste no revestimento do solo por palhagem de materiais orgânicos e inorgânicos que podem resultar da dispersão de resíduos vegetais, como cascas ou aparas de madeira, para combater os infestantes. Esta palhagem deve ser mantida num nível baixo, com altura inferior a 10 cm, devendo-se, no caso da cerejeira, ter especial atenção ao controlo dos ratos (DGADR, 2012b).

### 2.9.3. Fertilização do Solo

O plano de fertilização deve considerar a distribuição de nutrientes ao nível da parcela e ao longo de toda a rotação das várias cultivares do pomar. A fertilização tem como objetivos fazer a compensação da saída de nutrientes ou evitar possíveis perdas de nutrientes, para além de equilibrar a rotação das culturas anuais. Este processo tem o desenvolvimento da planta e de frutos de qualidade e em quantidade como metas finais (DGADR, 2012a).

A execução do plano de fertilização deve ter em consideração vários fatores como as necessidades nutritivas das plantas, a capacidade nutritiva do solo, as condições climatéricas e a

disponibilidade e composição das matérias fertilizantes provenientes da própria exploração (estrume, resíduos, entre outros) (Aguiar *et al.*, 2005).

O plano de fertilização pode ser dividido em fertilização no momento da instalação do pomar, fertilização até ao início de produção e fertilização de produção (DGADR, 2012b):

**Fertilização no momento da instalação do pomar:** no momento da plantação do pomar, é obrigatório proceder-se a uma análise físico-química ao solo de modo a aferir o seu estado de fertilidade e de nutrição. Com base nessa análise, é definido o plano para corrigir algumas das suas características físicas, químicas e biológicas, caso seja necessário. Ao melhorar a sua fertilidade, através da distribuição adequada de componentes minerais, como fósforo ou magnésio, proporcionam-se condições mais favoráveis ao crescimento e desenvolvimento das árvores (DGADR, 2012b).

**Fertilização até ao início de produção:** a partir do primeiro ano, podem aplicar-se crescentes doses de azoto, que dependem do grau de desenvolvimento das árvores, do tipo de solo e da forma de aplicação do adubo. No caso da cerejeira, a dose máxima permitida de azoto é 50 kg/ha, que deve ser dividida em duas aplicações. Regra geral, a aplicação de azoto deverá ser suficiente nesta fase uma vez que a necessidade dos restantes nutrientes deverá ser suprida. No cálculo da quantidade de azoto a aplicar, é importante também considerar a quantidade de nutrientes veiculada pela água da rega e a quantidade de azoto fornecido naturalmente pela matéria orgânica do solo (DGADR, 2012b).

**Fertilização de produção:** a fertilização de produção deverá ter em consideração, para além da necessidade de nutrientes para o crescimento das árvores, a necessidades relativa à produção de frutos de qualidade e em quantidade. Nesta fase de plena produção, o plano de fertilização visa essencialmente garantir uma nutrição equilibrada à árvore, de modo a evitar um crescimento vegetativo excessivo e a assegurar uma colheita de qualidade. Além disso, esta fase da fertilização procura equilibrar os nutrientes que o solo vai perdendo através da poda e da colheita (DGADR, 2012b).

#### **2.9.4. Monda**

A monda de flores ou frutos consiste, resumidamente, na sua retirada da árvore. O principal objetivo passa por obter uma produção frutícola de maior qualidade e calibre (Ferreira, 2016). No caso da monda de frutos, que ocorre após o vingamento, trata-se de uma operação complementar à poda que faz a eliminação antecipada dos frutos que se preveem que não atingirão as especificações necessárias para comercialização. No caso da monda de flores, ocorre durante a floração (Lourenço, 2018).

O sucesso efetivo da monda está dependente de vários fatores. Para tal, o conhecimento do comportamento agronómico das plantas e das condições ambientais externas é fundamental para determinar o momento da monda (Ferreira, 2016). A primeira avaliação da quantidade de frutos da árvore, tal como a sua distribuição pela árvore e órgãos de frutificação, deve ser feita após a floração e o vingamento, e também após possíveis condições climáticas adversas que possam ocorrer neste período. Além disso, também deve ser analisada a qualidade do fruto e a existência de defeitos. Com estes dados, é possível tomar a decisão da realização ou não da monda dos frutos (Lourenço, 2018).

No caso das cerejeiras, geralmente, não se realiza a monda.

Os objetivos mais importantes da monda são relativos ao equilíbrio fisiológico, vegetal, nutritivo e de produção, sem nunca perder de vista o aspeto económico e comercial do produtor. Alguns destes objetivos são a otimização da produção, o aumento do calibre do fruto, a redução da alternância entre a vegetação e frutificação da árvore e o aumento da qualidade do fruto (Lourenço, 2018).

Existem vários métodos para a realização da monda, entre os quais se destacam a monda manual, mecânica e química (Lourenço, 2018):

**Monda Manual:** consiste na retirada de frutos em desenvolvimento na árvore através da mão humana (Lourenço, 2018). A monda manual permite obter um maior rigor na seleção dos frutos, excluindo aqueles que não cumprem os requisitos como frutos de menor calibre, infetados ou mal posicionados (Ferreira, 2016). No entanto, trata-se de uma atividade bastante onerosa e morosa, sendo, conjuntamente com a poda e a colheita, das operações mais dispendiosas para o produtor. Em casos de pomares de grande dimensão, torna-se uma operação quase inexecutável em tempo útil devido à sua complexidade. Tendo em conta estas desvantagens, a monda manual está a cair em desuso, sendo utilizada apenas como uma técnica complementar à monda química (Lourenço, 2018).

**Monda Mecânica:** esta técnica consiste na retirada de flores e frutos das árvores através de equipamentos mecânicos. Quando se faz a monda em pomares de cerejeira é utilizado, habitualmente, este tipo de monda (Lourenço, 2018). A efetividade deste tipo de monda está condicionada por vários fatores como as características do próprio pomar (compasso e vigor das árvores) e a técnica aplicada pelo operador (Diezma & Rosa, 2005).

Os equipamentos utilizados na monda mecânica podem agrupar-se em equipamentos mecânicos acoplados ao trator, onde se destacam o *Darwin String Thinner* e o *Drum Shaker*, ou equipamentos manuseados pelo operador, como o *Electro'flor* e o *Saflowes Electric* (Ferreira, 2016). Na Figura 15 é possível observar estes quatro equipamentos.

Os equipamentos mecânicos acoplados ao trator apresentam várias vantagens como o facto de serem adaptáveis a formas de condução das plantas em superfície ou volume, a sua utilização é independente das condições climáticas e reduz a necessidade de monda dos frutos. No entanto, também apresentam desvantagens como a probabilidade elevada de provocar lesões em ramos e folhas com a passagem da máquina, o facto dos resultados serem dependentes da velocidade de avanço dos tratores e da rotação dos fios e o impacte ambiental da combustão do trator (Ferreira, 2016).

Os equipamentos manuseados pelo operador apresentam diversas vantagens como a adaptabilidade a qualquer sistema de condução da árvore, a independência relativamente às condições climáticas, o acesso ao interior das plantas, a redução da necessidade de monda dos frutos e a sua versatilidade. Em comparação, as desvantagens são o facto de os resultados serem dependentes da destreza do operador e de a operação estar dependente da posição do ramo uma vez que o manuseamento é mais fácil quando os ramos estão numa posição vertical (Ferreira, 2016).

O *Darwin String Thinner* é um equipamento composto por um eixo vertical rotativo de 3 metros de altura acionado por força hidráulica. A intensidade da monda executada por este equipamento está condicionada por alguns fatores, como o número de fios que atuam sobre a planta, da velocidade da rotação (200 a 600 rpm) e da velocidade do trator. O *Drum Shaker* é um equipamento constituído por dois tambores rotativos num eixo vertical e composto por fios de fibra sintética e também funciona por força hidráulica (Ferreira, 2016).

O *Electro'flor* é um equipamento alimentado por uma bateria e é usado para a monda de flores através da ação de um eixo rotativo, composto por fios de fibra, ajustando-se a diferentes velocidades (Ferreira, 2016). Existem estudos de monda de flores em pomares de cerejeira com o *Electro'flor* que revelam que os tempos médios de monda passam de 437 horas/ha com monda manual para 42 horas/ha com monda mecânica, podendo resultar numa poupança de 25% dos custos de produção (Nicholson, 2012). O *Saflowes Electric* é um equipamento também alimentado por uma bateria e é composto por um eixo rotativo equipado com pequenos cordões de fibra sintética cujo impacto da rotação provoca a queda dos gomos florais e flores. Os resultados da sua ação estão dependentes da velocidade de rotação, da densidade dos fios e da destreza do manuseamento do operador. Esta ferramenta apresenta a vantagem de permitir eliminar as flores e os gomos florais, de forma racional e precisa, em ramos individuais, ramos internos e externos, ao mesmo tempo que promove uma distribuição equilibrada dos gomos ao longo do ramo (Ferreira, 2016).



Figura 15 - Equipamentos utilizados na monda mecânica: A – *Darwin String Thinner* (University of California - Fruit Report, s.d.); B – *Drum Shaker* (University of California - Fruit Report, s.d.); C – *Saflowers Electric* (Ferreira et al., 2017); D – *Electro'flor* (Simões et al., 2013).

**Monda Química:** consiste na aplicação de uma ou mais substâncias químicas, em pulverização, onde os frutos mais fracos são removidos. Algumas das substâncias químicas utilizadas são a benziladenina, o ácido naftaleno-acético e o metamitrão. Esta aplicação provoca uma alteração do balanço hormonal ou fisiológico, de modo a inibir o processo de fecundação ou provocando mesmo a paragem do desenvolvimento de frutos recém-formados. Estas alterações vão de encontro com o objetivo principal desta monda que passa pela redução do número total de frutos. A principal vantagem deste tipo de monda relativamente às restantes reside na maior facilidade de aplicação e menor custo de mão-de-obra. No entanto, existem várias desvantagens como o facto da sua eficácia estar dependente de vários fatores como a temperatura, humidade, tipo de cultivar, localização e estado fitossanitário. Além disso, esta monda não é seletiva e, no caso de uma aplicação excessiva, a produção poderá ficar em risco e culminar em prejuízos para o produtor. Assim, por esta técnica estar dependente de muito fatores incontrolláveis, a monda química é um processo bastante complexo que exige precisão e conhecimento e que apresenta o respetivo impacte ambiental (Lourenço, 2018).

### **2.9.5. Rega**

A rega é uma operação fundamental para uma produção de frutos de maior qualidade e calibre uma vez que visa o fornecimento de água necessário para o seu correto desenvolvimento. Essencialmente, a rega visa compensar a perda de água dos pomares (DGADR, 2012a).

A monitorização e racionamento da água é um desafio cada vez mais integrado ao longo de vários sistemas complexos (Comandaru *et al.*, 2012). Assim, a utilização eficiente e planeada da água no sistema de rega deverá ser sempre uma prioridade, tendo em conta as condições da parcela (DGADR, 2012a).

A quantidade de água a fornecer às plantas nesta operação está condicionada por vários fatores como as condições climáticas, as propriedades do solo ou o tipo de cultura (Li *et al.*, 2019). Além disso, o terreno do pomar deve possuir uma boa capacidade de escoamento superficial de água ou um bom sistema de drenagem, de modo a evitar o encharcamento do terreno provocado por precipitações fortes (DGADR, 2012a).

A definição da quantidade de água necessária resulta do balanço hídrico composto pelas saídas de água do solo, que podem ocorrer por evapotranspiração ou por perdas por escorrimento, e pelas entradas de água, que podem verificar-se por precipitação, pela reserva de água do solo ou por ascensão capilar (DGADR, 2012a).

A cerejeira é uma árvore pouco exigente ao nível das necessidades de água e adequa-se a um regime hídrico moderado. Uma boa disponibilidade de água permite que as árvores mais jovens possam crescer corretamente e estimula o desenvolvimento das raízes. No entanto, este crescimento deve ser controlado num nível harmonioso uma vez que o desenvolvimento da planta com acesso ilimitado à água pode atrasar a entrada em produção. Um regime hídrico irregular também é prejudicial visto que provoca perturbações fisiológicas e absorção deficiente de minerais, podendo, em casos extremos de falta de água, provocar o aparecimento prematuro de folhas. Regra geral, as reservas de água até ao início do verão para as cerejeiras são suficientes. Por outro lado, regimes hídricos abundantes no outono, aliados a temperaturas moderadas, podem provocar a extensão do crescimento vegetativo e conseqüente deficiente lenhificação dos ramos que se tornam mais sensíveis às geadas inverniais. É preciso ter sempre em consideração que o rendimento da produção do ano seguinte está dependente do regime hídrico do ano corrente (Cerfundão, 2014).

Na escolha do sistema de rega a utilizar devem ser considerados vários aspetos, nomeadamente o tipo de solo, o índice de qualificação fisiográfica da parcela (IQFP) e a sensibilidade das cultivares a doenças radiculares que não permitem o humedecimento do tronco das árvores (DGADR, 2012b).

Atualmente existem vários sistemas de rega, de entre os quais se destaca o sistema de rega localizada, existindo também o sistema de rega de superfície ou gravidade e rega por aspersão (A Cientista Agrícola, 2019).

O sistema de rega de superfície funciona, essencialmente, por ação do efeito da gravidade. A água escorre à superfície, condicionada pelas características do solo, e vai lentamente infiltrando-se no solo. No sistema de rega por aspersão, a água é fornecida ao solo na forma de chuva, movimentando-se sob pressão ao longo de uma rede de tubagens até chegar aos aspersores. Este sistema é constituído por vários elementos, como a bomba (acionada por um motor), as condutas, as rampas e os aspersores (A Cientista Agrícola, 2019).

O sistema de rega localizada é um sistema de pressão onde a água é apenas aplicada nos locais de desenvolvimento das raízes e destaca-se pelo facto de permitir a poupança de água. Dentro deste sistema, fazem parte as vertentes de gota-a-gota e mini-aspersão (Gonçalves, 2010). A rega localizada, especialmente o método de gota-a-gota, permite uma redução de 30% nas quantidades de rega a aplicar (DGADR, 2012b). No sistema de gota-a-gota, o mais utilizado em pomares de cerejeira, a água é aplicada lentamente à superfície do solo através de pequenos orifícios emissores, os quais se designam gotejadores. Este sistema, geralmente, é de cobertura total e adequa-se bem a pomares de alta densidade visto que permite o alcance às raízes quando há uma grande densidade destas no solo, para além de facilitar a passagem de máquinas nas entrelinhas (Gonçalves, 2010). Deve-se tentar antecipar o começo das regas com este sistema de modo a evitar que a humidade do solo se aproxime dos limites críticos (DGADR, 2012b). No sistema de mini-aspersão, a água é pulverizada por microaspersores sobre a superfície do solo e produz áreas molhadas de pequena dimensão (1-5 metros de diâmetro) e localizadas (A Cientista Agrícola, 2019).

É obrigatório efetuar a análise da água de rega de quatro em quatro anos. Nos casos em que os resultados analíticos da primeira amostra apresentem valores de alguns parâmetros que excedam os limites máximos recomendados, é obrigatória a monitorização anual desses mesmos parâmetros (DGADR, 2012b).

Na região da Cova da Beira, verifica-se uma grande amplitude térmica. Assim, no verão, com temperaturas bastante altas e clima seco torna-se essencial um bom sistema de rega para compensar as perdas por evapotranspiração, de modo a obter uma produção de qualidade (Costa, 2006).

## **2.9.6. Colheita**

A colheita dos frutos é uma operação que deve ser realizada na época específica de cada cultivar, uma vez que este processo denota uma grande influência na conservação e qualidade dos frutos. Assim, os frutos têm que ser colhidos num estado de maturação que cumpra as exigências de qualidade comercial (DGADR, 2012b).

De modo a determinar a época de colheita é recomendável recolher uma amostra representativa do lote (45 a 60 frutos) da mesma cultivar para fazer testes de maturação. Os testes de maturação devem iniciar-se cerca de 20 dias antes da data prevista para o início da colheita. Para o caso da cereja, utiliza-se a cor e o índice refratométrico para determinar a data de colheita (DGADR, 2012b).

Para a maior parte das espécies não existem valores totalmente exatos para os parâmetros de determinação da colheita, visto que estão dependentes do tipo de cultivar e do destino da produção. Com caráter indicativo, os valores da classe de cor na escala de CTIFL para a colheita da cereja da região da Cova da Beira, situam-se no intervalo 3-4 para exportação e no intervalo 4-5 para consumo nacional. Os valores do índice refratométrico situam-se em 13,5 °Brix para exportação e 15 °Brix para consumo nacional (DGADR, 2012b).

A antecipação da colheita pode desvalorizar a qualidade dos frutos, nomeadamente, pelas propriedades organoléticas inferiores e maior perda de peso. Recordar que a cereja é um fruto não climatérico, quer isto dizer, que se for colhida em verde já não irá amadurecer, isto é, não existirão reações enzimáticas que conduzam a alteração da cor, redução da acidez ou aumento do °Brix. Por outro lado, a colheita tardia traz outras consequências como a perda de consistência do fruto durante a conservação, um período de conservação mais curto e uma maior sensibilidade à manipulação (DGADR, 2012a).

De modo a que colheita decorra em boas condições, existe um conjunto de procedimentos a seguir (DGADR, 2012b):

- Colher os frutos sãos, em estado de maturação adequado (preferencialmente estado de maturação homogéneo), com pedúnculo e sem folhas para se evitarem riscos de infeção causados por parasitas de feridas e evitar apanhar frutos caídos no chão;
- Ao longo da colheita e manuseamento, ser cuidadoso para evitar danos mecânicos e ferir os frutos com as unhas e/ou com os pedúnculos;
- Utilizar embalagens próprias de colheita, desinfetadas, limpas e isentas de matérias estranhas;
- De preferência colher a fruta diretamente da árvore para as caixas ou sacos de colheita;
- Não colher frutos molhados para se diminuir as possibilidades de contaminações e infeções;
- Evitar que a fruta colhida fique exposta ao sol;

- Transportar a fruta para a central de acondicionamento/embalamento logo após a colheita.

### **2.9.7. Processamento**

A atividade pós-colheita dos frutos começa com o processamento dos produtos frutícolas e termina, preferencialmente, com o consumo. Durante a fase pós-colheita, o fruto perde algumas propriedades como a qualidade intrínseca, o valor nutritivo, o aroma ou o sabor. Esta perda de qualidade ocorre porque o fruto, mesmo após a colheita, continua metabolicamente ativo, resultado de produção de calor, perda de humidade, entre outros fatores (Almeida, 2005).

O sistema de manuseamento pós-colheita exige uma abordagem sistémica de todo o sistema para enfrentar os vários desafios desta fase como danos latentes, a gestão da qualidade e a garantia da segurança alimentar do fruto (Almeida, 2005).

O manuseamento pós-colheita tem como objetivo último a entrega ao consumidor de produtos de qualidade. Assim, existem várias condicionantes para este objetivo como a especificidade da fruta, o mercado a que se destina e o circuito de distribuição. No entanto, existem alguns objetivos transversais em todas as cadeias de manuseamento pós-colheita de produtos frutícolas visto que todas elas devem ser concebidas, dimensionadas e operadas de modo a evitar perdas excessivas e a assegurar a qualidade e segurança dos frutos. Além disso, devem evitar danos mecânicos (deformações e abrasões), minimizar as perdas de água, minimizar a atividade metabólica dos produtos e evitar contaminações e minimizar a atividade microbiana (Almeida, 2005).

O reverso da medalha também se verifica em muitos produtos frutícolas, uma vez que existem bastantes produtos que nunca chegam a ser consumidos devido à morte dos seus órgãos vegetais como resultado da senescência, acidentes ou ação de agentes patogénicos (Almeida, 2005). Além disso, apenas 60% das cerejas produzidas vão para o mercado, enquanto que as restantes 40% são transformadas em derivados ou são descartadas (McCune *et al.*, 2011). Alguns dos derivados transformados a partir da cereja são produtos congelados, compotas, sumos ou geleias (McLellan & Padilla-Zakour, 2004). Assim, existe um conjunto de operações e tecnologias a aplicar nesta fase de forma a preparar os frutos para o mercado, mantendo as suas qualidades até ao consumo. Essas técnicas encontram-se descritas no subcapítulo seguinte (Almeida, 2005).

#### **2.9.7.1. Arrefecimento**

As condições ótimas de temperatura e de humidade relativa são os fatores essenciais para garantir a qualidade do fruto durante o período pós-colheita. As restantes tecnologias devem ser encaradas como um complemento a estes fatores chave. Ainda assim, estas tecnologias suplementares podem aumentar a longevidade pós-colheita em 25 a 40% (Almeida, 2005).

Assim, de modo a assegurar a qualidade e longevidade do tempo de vida pós-colheita dos frutos, é fundamental reduzir rapidamente a temperatura até atingir a temperatura mínima de segurança logo após a colheita (Almeida, 2005).

A refrigeração, à temperatura recomendável para cada produto, desempenha um papel importante na qualidade dos frutos visto que reduz a sua atividade metabólica (respiração, alterações de composição e velocidade de amadurecimento e de senescência), reduz a atividade microbiana (desenvolvimento de doenças e agentes patogénicos humanos), reduz a perda de água e reduz a taxa de depreciação da qualidade (Almeida, 2005).

Todos os produtos destinados a serem transportados ou armazenados a baixas temperaturas devem, numa primeira instância, ser pré-arrefecidos antes de serem colocados à temperatura de armazenamento. O processo de arrefecimento pode ocorrer na câmara de conservação (arrefecimento em câmara), embora seja mais vantajoso a realização de uma operação separada denominada por arrefecimento rápido ou pré-arrefecimento (*precooling*) (Almeida, 2005).

Existem vários fatores que distinguem o armazenamento frigorífico do arrefecimento, entre os quais (Almeida, 2005):

1. **Capacidade frigorífica:** o arrefecimento de um produto necessita de uma capacidade frigorífica bastante superior do que para a manutenção da temperatura. Além disso, o arrefecimento rápido exige mais potência do que um arrefecimento lento;
2. **Circulação de ar ou água:** a operação de arrefecimento é acelerada pelo aumento da velocidade de circulação do fluido e pelo aumento do contacto entre o fluido e o produto a arrefecer;
3. **Equipamentos especiais:** as câmaras frigoríficas para conservação não são dotadas da capacidade frigorífica nem de circulação de ar necessária para a eliminação do calor dos frutos. Assim, gerou-se a necessidade de desenvolver mecanismos (equipamentos ou instalações) especialmente desenhados para aumentar a velocidade e eficiência do processo de arrefecimento. Esses mecanismos especiais de arrefecimento rápido são os seguintes:
  - **Arrefecimento em câmara (*room cooling*):** os produtos são colocados em câmaras frigoríficas convencionais onde são arrefecidos pelo contacto com o ar, distribuído uniformemente. Este é considerado o método mais simples e mais lento uma vez que a velocidade do ar é reduzida e o ar não é forçado através dos contentores de modo a garantir um contacto com o produto, embora seja uma fonte de impacte ambiental decorrente do consumo de energia elétrica para a operação do sistema de refrigeração (Almeida, 2005).
  - **Arrefecimento por ar forçado (*forced air cooling*):** o ar é forçado a atravessar os contentores onde se encontram os produtos através de uma

diferença de pressão que é gerada entre as duas faces do contentor. Em termos comparativos, devido ao aumento da velocidade do ar e da capacidade de refrigeração, este mecanismo demora apenas 10 a 25% do tempo necessário pelo arrefecimento em câmara para atingir o mesmo arrefecimento. No entanto, podem ocorrer perdas de água e trata-se de uma fonte de impacte ambiental decorrente do consumo de energia elétrica para a operação do sistema de refrigeração (Almeida, 2005).

- **Arrefecimento por água ou hidroarrefecimento (*hydrocooling*):** este mecanismo remove o calor do produto com água fria, sendo o contacto do produto com a água promovido por aspersão de água sobre o produto ou por imersão do produto na água. Este processo é eficiente uma vez que o calor específico da água é superior ao do ar. Assim, para um mesmo volume de água e de ar à mesma temperatura, a água consegue remover mais calor. O arrefecimento por água apresenta maiores vantagens porque é mais rápido que o arrefecimento por ar forçado e não provoca perda de água nos produtos. No entanto, se não operar em circuito fechado, impõe elevados gastos de água com o respetivo impacte ambiental (Almeida, 2005).
- **Arrefecimento por vácuo (*vacuum cooling*):** este mecanismo baseia-se no princípio da evaporação, em que a remoção de água resulta em remoção do calor do ambiente e a água evapora a temperaturas tanto mais baixas quanto mais baixa for a pressão atmosférica. A perda de água e arrefecimento estão correlacionados, verificando-se uma redução de 5 °C por cada 1% de perda de água. Os frutos não são apropriados para este método. Além disso, apresenta o respetivo impacte ambiental decorrente do consumo de energia elétrica para a operação do sistema de geração de vácuo (Almeida, 2005).
- **Arrefecimento por gelo (*ice cooling*):** o arrefecimento ocorre pela transferência de calor do produto a arrefecer para o gelo presente dentro da embalagem provocando a sua fusão. As embalagens devem ser de cartão encerado, madeira ou plástico, de modo a resistirem à água. Este mecanismo tem algumas vantagens, nomeadamente a eficácia na eliminação do calor sensível, a redução das perdas de água e a promoção de um aspeto fresco às embalagens. No entanto, apresenta o respetivo impacte ambiental decorrente do consumo de energia elétrica para a operação do sistema de refrigeração (Almeida, 2005).

Assim, o processo de arrefecimento começa imediatamente no campo, sendo por isso fundamental, desde a colheita, evitar o aquecimento dos frutos através da aspersão de água,

programação da colheita e respetivo transporte, de modo a reduzir o tempo até ao pré-arrefecimento (Almeida, 2005).

Na escolha do mecanismo de arrefecimento existem alguns fatores a considerar como as características do produto, custos, disponibilidade de instalações e equipamento, tipo de embalagem, entre outros (Almeida, 2005).

No caso das prunóideas, como a cereja, o mecanismo de arrefecimento recomendado para pequenas produções é o arrefecimento por ar forçado, enquanto que para grandes produções recomenda-se utilizar o arrefecimento por ar forçado ou o arrefecimento por água (Almeida, 2005).

### **2.9.8. Armazenamento**

O armazenamento é a operação que se segue ao arrefecimento. Esta fase, presente em quase todas as cadeias de abastecimento de produtos frutícolas, consiste na manutenção das condições de refrigeração adequadas, equilibrar os volumes colhidos e os volumes vendidos, prolongar o período de comercialização, retardar a venda para obter preços superiores e reduzir a frequência de compra pelo consumidor (Almeida, 2005).

O período de armazenamento é variável e está condicionado por vários fatores como as características do produto, as condições de armazenamento e as oportunidades de mercado e do circuito de comercialização. Segundo Almeida (2005), o armazenamento, consoante a sua duração, pode ser classificado da seguinte forma:

**Armazenamento de muito curto prazo:** pode ir de horas a dias. Este armazenamento é realizado em câmaras de elevada rotação de produtos, onde ocorrem aberturas frequentes de portas que resulta na dificuldade em manter a temperatura ótima. Este tipo de armazenamento é utilizado em retalho, sistemas *just in time* e restauração.

**Armazenamento de curta duração:** varia entre dias a semanas.

**Armazenamento prolongado:** duração de vários meses. Este tipo de armazenamento permite estabilizar as temperaturas ótimas pretendidas na câmara. Dada a perecibilidade da cereja, este tipo de armazenamento não é considerado para este fruto.

O sistema de armazenamento deve reunir condições para manipular os parâmetros com maior influência na conservação dos produtos, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa do ar e a composição da atmosfera (Almeida, 2005).

**Temperatura:** é o parâmetro mais importante na depreciação da qualidade pós-colheita dos produtos frutícolas. Após o arrefecimento, os produtos devem ser armazenados à temperatura adequada na câmara frigorífica (Almeida, 2005).

Os produtos frutícolas, mediante a temperatura ótima de armazenamento, podem ser classificados em produtos sensíveis a danos causados pelo frio e em produtos não sensíveis a danos causados pelo frio. Existem produtos frutícolas, especialmente os de origem tropical e subtropical, que exibem uma tendência para desenvolver danos causados pelo frio quando são expostos a baixas temperaturas durante o período de tempo necessário para tal. Existe outro tipo de dano fisiológico, o dano causado pelo gelo, que consiste na exposição de produtos frutícolas a temperaturas abaixo do ponto de congelação, provocando a desidratação dos tecidos e consequente inaptidão do produto para o comércio em fresco (Almeida, 2005). A cereja é uma fruta não sensível a danos causados pelo frio (Pinto & Morais, 2000), apesar de outras prunóideas, como por exemplo o pêsego, o serem.

No caso da cereja, esta deve ser armazenada a temperaturas entre os 0 °C e 4 °C numa atmosfera com humidade relativa entre os 90% e 95%. O prazo de validade da cereja é inversamente proporcional à temperatura de armazenamento. Para uma temperatura de armazenamento de 0 °C a cereja apresenta uma validade de 14 dias; para uma temperatura de armazenamento de 4 °C, o prazo de validade reduz para 9 dias; para uma temperatura de armazenamento de 10 °C, o prazo de validade reduz ainda mais para 5 dias; para uma temperatura de armazenamento de 20 °C, o prazo de validade atinge o mínimo de 2 dias (Baptista, 2007).

**Humidade Relativa do ar:** este fator, tal como a temperatura, é fundamental na manutenção da qualidade dos frutos devido ao efeito que tem na perda de água e no desenvolvimento de doenças (Almeida, 2005).

A humidade relativa consiste na concentração de vapor de água no ar. Em condições extremas de secura, o ar apresenta uma humidade relativa de 0%, enquanto que em condições onde o ar esteja extremamente saturado (não suporta mais humidade), a humidade relativa é 100%. Em condições ambiente, a humidade relativa do ar varia entre 40% e 60% (Pinto & Morais, 2000).

A maioria dos produtos frutícolas é armazenada em condições ótimas a uma humidade relativa entre os 90% e 95%. Se a humidade relativa se encontrar abaixo destes valores poderão verificar-se perdas de água, enquanto que se estiver próxima do ponto de saturação (98%-100%) poderão desenvolver-se microrganismos causadores de doenças (Pinto & Morais, 2000).

**Composição da Atmosfera:** o ar da atmosfera padrão é constituído 78% por azoto, 21% por oxigénio, 0,03% por dióxido de carbono e o restante é distribuído por vários gases. A concentração destes gases na atmosfera pode ser manipulada de modo a obter benefícios na qualidade pós-colheita dos produtos frutícolas, nomeadamente através da regulação do metabolismo dos órgãos

vegetais e da atividade microbiana. Normalmente, os gases manipulados são o dióxido de carbono, o oxigênio e, por vezes, o etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) (Almeida, 2005). O etileno pode ser utilizado com a função de promover um amadurecimento mais rápido e uniforme dos produtos colhidos antes do ponto de maturação. Assim, deve ser evitado armazenar espécies com tolerâncias diferentes ao etileno (Pinto & Moraes, 2000). No sentido de retardar este amadurecimento, existem compostos, como 1-MCP (1-Metilciclopropeno) que se ligam firmemente ao receptor de etileno e desse modo atrasam os efeitos do etileno. No entanto, esta manipulação da composição da atmosfera deve ser encarada como uma técnica complementar ao controlo da temperatura e da humidade relativa do ar (Almeida, 2005).

**Armazenamento Frigorífico:** este tipo de refrigeração mecânica utiliza um fluido refrigerante bombeado por um compressor através de um circuito. O fluido absorve o calor da câmara, por meio do evaporador, transferindo-o para o exterior da câmara através do condensador (Almeida, 2005).

**Atmosfera Controlada:** o armazenamento em atmosfera controlada consiste num sistema que faz a monitorização e regulação da concentração de gases dentro das câmaras ou contentores hermeticamente fechados. Regra geral, a concentração de dióxido de carbono aumenta e a concentração de oxigênio diminui relativamente à atmosfera normal, podendo ainda verificar-se a eliminação de etileno produzido naturalmente pelos produtos frutícolas caso este seja prejudicial (Almeida, 2005).

**Atmosfera Modificada:** neste tipo de armazenamento, os produtos frutícolas são fechados em recipientes, câmaras ou contentores com uma determinada permeabilidade aos gases. A modificação da atmosfera pode ser acelerada através da introdução de uma mistura de gases como o oxigênio e o dióxido de carbono ou pela substituição de parte da atmosfera por azoto (Almeida, 2005).

**Armazenamento Hipobárico:** neste tipo de armazenamento, os produtos frutícolas são armazenados sob um vácuo parcial uma vez que à medida que a pressão da câmara é reduzida por meio de uma bomba de vácuo, a concentração de oxigênio é reduzida na mesma proporção. Para evitar perdas de água por parte dos produtos, é recomendável manter a humidade relativa do ar próxima dos 100%. Este sistema é pouco utilizado, apesar de apresentar algumas vantagens na remoção do etileno do interior dos órgãos vegetais dos produtos (Almeida, 2005).

O armazenamento em ambiente de atmosfera controlada ou modificada apresenta várias vantagens, mas também tem alguns efeitos prejudiciais. Os pontos positivos desta utilização são o retardamento da senescência e amadurecimentos dos produtos e consequentes alterações fisiológicas, a possível atuação da atmosfera como um inseticida consoante a concentração de alguns gases, o aumento da validade comercial do produto e a redução de acidentes fisiológicos como os danos causados pelo frio. As desvantagens destas atmosferas são o amadurecimento

irregular dos produtos frutícolas, o aparecimento de doenças pela concentração muito alta de dióxido de carbono ou pela concentração muito baixa de oxigénio e a origem de aromas bastante desagradáveis como consequência da respiração anaeróbia (Almeida, 2005).

### **2.9.9. Transporte**

O transporte é uma atividade chave no fornecimento de quase todos os produtos consumidos atualmente e os produtos frutícolas não são exceção. As operações de transporte são os elos que ligam as várias fases ao longo da cadeia de abastecimento, sendo responsáveis pela deslocação dos produtos entre as várias etapas (Almeida, 2005).

O transporte dos produtos frutícolas pode ser feito por via terrestre (rodoviário ou ferroviário), via marítima ou via aérea. No entanto, em sistemas de abastecimento complexos é comum verificar a combinação de mais do que um modo de transporte (Almeida, 2005).

A análise do transporte é importante, uma vez que os seus custos podem representar uma proporção considerável dos custos totais de abastecimento. Além disso, é uma etapa sensível ao nível da depreciação da qualidade dos produtos frutícolas. Esta qualidade pode ser comprometida devido a problemas relativos aos deslocamentos das cargas e à compressão dos produtos, mas, acima de tudo, o controlo da temperatura constitui o problema mais sério. Os transportes de curta duração, como os deslocamentos no pomar ou os deslocamentos entre o pomar e o armazém, apresentam outros possíveis danos para a qualidade da fruta como os danos por vibração no transporte visto que os caminhos rurais são, geralmente, irregulares e as suspensões dos tratores podem não ser suficientes para amortecer as vibrações (Almeida, 2005).

### **2.9.10. Distribuição Retalhista**

O destino final da grande maioria dos produtos frutícolas é o mercado retalhista. Todo o desempenho ao longo do sistema produtivo e da cadeia de distribuição culmina nesta etapa final e é avaliada através do consumo ou não do produto frutícola por parte do cliente final (Almeida, 2005).

Esta fase caracteriza-se por ser responsável por uma perda considerável e acelerada da qualidade dos produtos frutícolas, pois dá-se maior importância às estratégias de venda do que à manutenção da qualidade do produto. Algumas das situações que provocam essa perda de qualidade são as condições ambientais pouco adequadas (temperatura elevada e humidade relativa do ar baixa), a frequência e dureza do manuseamento dos produtos por parte dos clientes, a duração da exposição e a exposição próxima de produtos incompatíveis. Para combater estas situações, é recomendada uma rápida rotação dos produtos, a pulverização periódica de água sobre os mesmos e a colocação dos produtos, que assim o permitam, sobre gelo (Almeida, 2005).

# Capítulo 3

## 3. Estado da Arte

Este capítulo consiste na apresentação do “Estado da Arte” referente a diversos estudos com especial relevância sobre a produção de cereja e a aplicação do método ACV em produtos frutícolas, bem como as respetivas questões ambientais mais impactantes.

### 3.1. Introdução

Ao longo da última década tem-se verificado uma crescente discussão na opinião pública relativamente às questões ambientais e à procura de alternativas sustentáveis em todos os setores de atividade. O Departamento de Agricultura e Proteção do Consumidor da FAO tem tido um papel importante nesta ação uma vez que tem colaborações com vários parceiros no sentido de encontrar soluções para vários problemas “*from farm to table*” que afetam os alimentos, como a melhoria da produção, segurança e qualidade alimentar, pesquisa e extensão agrícola, entre outros (FAO, 2019a). Uma das iniciativas deste departamento da FAO consiste na abordagem de Intensificação da Produção Sustentável de Culturas que tem como objetivo produzir mais da mesma porção de terreno, ou seja, aumentar a produtividade de modo a reduzir simultaneamente os impactes ambientais negativos e conservando os recursos naturais, combinando o conhecimento tradicional dos agricultores com tecnologias modernas adaptadas às necessidades dos pequenos produtores (FAO, 2016). No entanto, este modelo de desenvolvimento sustentável, para ser aplicável, requer o desenvolvimento e a adoção de ferramentas que permitam avaliar a contribuição de uma tecnologia para a sustentabilidade e respetivos impactes ambientais (Figueiredo *et al.*, 2007).

Os primeiros estudos de ACV relacionados com produtos focados em energia, recursos e desperdícios surgiram na década de 70 devido à primeira crise mundial petrolífera com o lançamento da primeira edição em 1972 do relatório “*The Limits to Growth*” feito para o Clube de Roma. O grande impacto que a escassez de petróleo provocou a nível mundial fez perceber a fraqueza da economia mundial e fez repensar a utilização dos recursos naturais. No entanto, apenas na década de 90, a ACV foi desenvolvida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environmental Programme*) e pela Sociedade de Toxicologia e Química Ambiental (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) no evento “*Life Cycle Initiative*” e foi padronizada pela ISO (*International Organization for Standardization*). Em

2006, estes padrões foram ligeiramente revistos para a sua versão atual da ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 (Pickel & Eigner, 2012).

Os princípios básicos de qualquer ACV são a análise *"from cradle to grave"*, isto é, do berço ao túmulo, e o uso de uma unidade funcional, para a qual todos os fluxos de massa e energia, uso de recursos e solo, e mesmo os impactos potenciais e consequências prováveis, estão relacionados através de medidas quantitativas de modo a avaliar a dimensão ambiental de uma cadeia produtiva de um produto específico (Pickel & Eigner, 2012). Todavia, devido a falta de informação sobre todas as fases do ciclo de vida da cerejeira é bastante difícil fazer um estudo *"from cradle to grave"*. Dentro desta temática, a ACV é uma das metodologias mais utilizadas para efetuar a avaliação ambiental do processo produtivo do setor alimentar, particularmente de frutas (Vázquez-Rowe *et al.*, 2012). Dentro da ACV existem algumas variantes como a ACCV (Análise de Custos do Ciclo de Vida) e a ASCV (Análise Social do Ciclo de Vida) (Guinée, 2016).

### 3.2. Análise do Ciclo de Vida

A ACV é uma ferramenta de gestão ambiental criada com o intuito de identificar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental de produtos nas várias fases do seu ciclo de vida, de modo a que os responsáveis em organizações industriais, governamentais ou não-governamentais tenham informação para tomar decisões a nível estratégico como a definição de prioridades ao longo da cadeia de valor. Este método pode, inclusive, ser utilizado numa perspetiva de marketing com a aplicação de medidas como a definição de uma rotulagem ecológica ou a elaboração de uma declaração ambiental do produto (ISO, 2006).

A ACV está intimamente ligada às normas ISO 14000, em termos gerais, que se desdobram consoante o objeto de estudo (Figura 16) (PRé Sustainability, 2019):

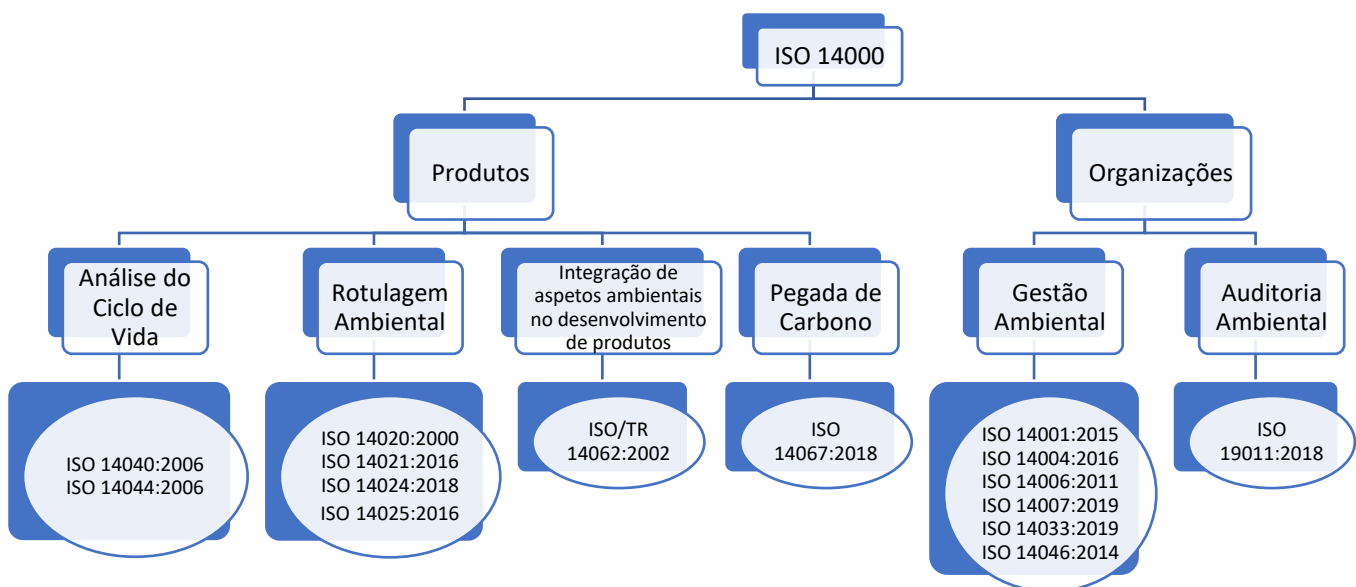


Figura 16 - Normas ISO 14000 aplicáveis à ACV (adaptado de PRé Sustainability, 2019).

A metodologia ACV é dividida em quatro fases segundo a norma ISO 14040:2006 (Figura 17):

1. Definição dos objetivos e âmbito da investigação;
2. Análise de inventário do ciclo de vida;
3. Avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida;
4. Interpretação dos resultados.

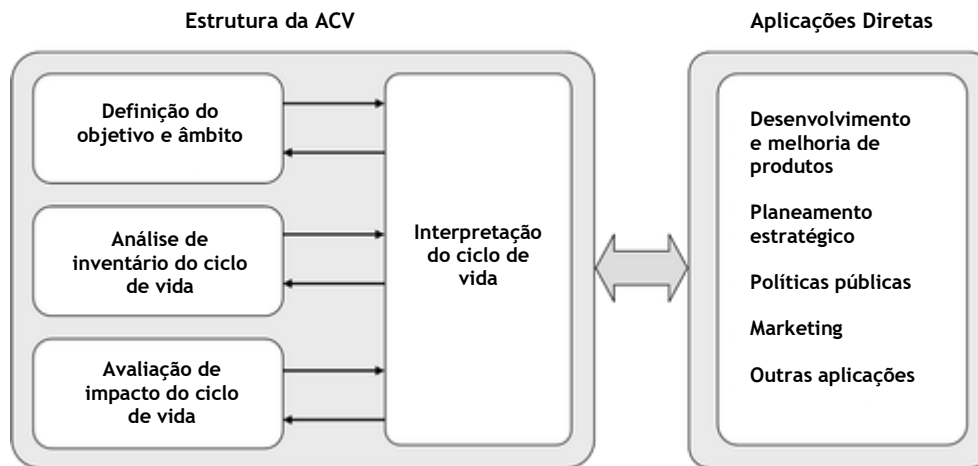


Figura 17 - Fases do método ACV (ISO, 2006).

### 3.2.1. Definição dos Objetivos e Âmbito da Investigação

A definição dos objetivos de qualquer ACV é crucial visto que é nesta fase que se tomam decisões que vão determinar o decorrer da investigação (Pickel & Eigner, 2012). Os objetivos do ACV devem referir de forma clara qual a aplicabilidade do estudo, o porquê da sua realização, qual o público-alvo a que se destina e se os resultados irão ser utilizados em termos comparativos (ISO, 2006).

Relativamente ao âmbito da investigação, há vários fatores que devem ser considerados:

- Estabelecer as fronteiras do sistema em estudo em consonância com os objetivos definidos: normalmente, as fronteiras de um sistema são frequentemente demonstradas por um diagrama geral de fluxo de entrada e saída. Todas as operações que contribuem para o ciclo de vida de produtos, processos ou atividades escolhidas para a realização da investigação estão dentro dos limites do sistema (Roy *et al.*, 2009).
- Definição da UF (Unidade Funcional): a UF define, em termos quantitativos, as funções (características) identificadas do produto, de modo a relacionar as entradas e saídas do sistema para garantir a comparabilidade dos resultados da ACV. A comparabilidade dos

resultados da ACV é particularmente importante quando se estão a analisar diferentes sistemas para assegurar que esta comparação é feita nos mesmos termos (ISO, 2006).

### **3.2.2. Análise de Inventário do Ciclo de Vida**

A análise de inventário do ciclo de vida (ICV) consiste na recolha de dados e realização de cálculos necessários para determinar em termos quantitativos todas as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) relevantes para o sistema (ISO, 2006). Os inputs mais comuns são: energia (renovável e não renovável), água e matérias-primas. Os outputs mais comuns são: produtos, subprodutos e emissões de CH<sub>4</sub>, dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), CO<sub>2</sub>, entre outros gases para o ar, água e solo e resíduos sólidos (Roy *et al.*, 2009).

Esta segunda fase da ACV pode ser a mais demorada devido à recolha de dados uma vez que está dependente de uma boa base de dados e da disponibilidade por parte dos fornecedores e clientes para cooperar na investigação. As bases de dados podem ser adquiridas conjuntamente com *softwares* de ACV que contêm vários dados relativamente a transporte, extração de matérias-primas, processamento de materiais ou produção de produtos (Roy *et al.*, 2009). No entanto, a realização de uma análise de ICV é um processo iterativo, isto é, à medida que os dados são recolhidos e se tem maior conhecimento sobre a temática, pode haver a necessidade de redefinir os dados a recolher de modo a ir de encontro aos objetivos estabelecidos. Em certas situações pode mesmo levar à definição de novos objetivos (ISO, 2006).

### **3.2.3. Avaliação do Impacte Ambiental do Ciclo de Vida**

A fase de avaliação do impacte ambiental da ACV consiste em avaliar a magnitude dos potenciais impactes através da utilização dos resultados da fase anterior do ICV. Nesta fase, conjuga-se os dados do ICV a várias categorias de impacte ambiental e de indicadores, dentro dos objetivos e âmbito definidos (ISO, 2006).

A AICV divide-se em vários elementos: classificação, caracterização, normalização e ponderação. A classificação é o processo de categorização inicial dos dados de ICV em grupos de impacte comuns. A caracterização é a avaliação da magnitude dos possíveis impactes de cada fluxo de inventário, que por sua vez são convertidos em unidades de indicadores, dentro da respetiva categoria de impacte ambiental (por exemplo, modelação do potencial impacte de CO<sub>2</sub> no aquecimento global). A normalização exprime os possíveis impactes de modo a que possam ser comparados de forma equitativa (por exemplo, comparação do impacte no aquecimento global de CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>). A ponderação consiste em avaliar os impactes ambientais detetados na classificação, caracterização e normalização através da atribuição de uma ponderação que permite que sejam comparados ou agregados. As categorias de impacte ambiental podem ser de efeitos globais

(aquecimento global, redução da camada do ozono, entre outros); efeitos regionais (acidificação, eutrofização, entre outros); e efeitos locais (condições de trabalho ou efeitos de resíduos perigosos, entre outros) (Roy *et al.*, 2009).

### 3.2.4. Interpretação dos Resultados

A interpretação dos resultados é a quarta e última fase da ACV, onde os resultados da análise do ICV e da AICV são tidos em consideração de modo a fornecer resultados de acordo com aquilo que eram os objetivos e âmbito da investigação pré-definidos. Esta fase deve também ser capaz de chegar a conclusões, explicar limitações e fornecer recomendações (ISO, 2006). O objetivo de uma ACV é tirar conclusões que possam apoiar uma decisão das entidades competentes ou fornecer uma apresentação dos resultados de modo a que sejam facilmente compreensíveis (Roy *et al.*, 2009).

## 3.3. Impacte Ambiental ao nível da Água

No contexto atual de procura do racionamento e equitativa distribuição de água, verifica-se o desenvolvimento de vários métodos de avaliação ambiental de modo a quantificar diversos aspetos relativos à água, inclusive a sua qualidade ao longo do ciclo (Comandaru *et al.*, 2012).

A monitorização de água é um desafio uma vez que é uma parte integrante ao longo de vários sistemas complexos, daí ser difícil acompanhar o seu percurso e avaliar o seu impacte (Comandaru *et al.*, 2012).

Os indicadores presentes na Tabela 4 são alguns dos mais frequentemente utilizados para avaliar o impacte ambiental ao nível da água (Guix, 2016):

Tabela 4 - Principais indicadores do impacte ambiental ao nível da água (Guix, 2016).

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Eutrofização da água doce	Acumulação excessiva de nutrientes, como fosfatos e nitratos, que conduz à formação excessiva de matéria orgânica	kg P <sub>eq.</sub>
Toxicidade da água doce	Efeitos da toxicidade química na água doce que pode conduzir à perda de biodiversidade	kg 1,4-DCB <sub>eq.</sub>
Escassez de água	Diminuição da água disponível baseado na água total consumida por ação do ser humano	m <sup>3</sup>

Assim, existem dois modelos principais de avaliação do impacto da água na ACV, que são os mais utilizados em casos de estudo uma vez que englobam todo o ciclo de uso da água (Fardi, 2013): modelo proposto por Boulay *et al.* (2010) e o modelo proposto por Pfister *et al.* (2009). Existe também o modelo proposto por Frischknecht *et al.* (2006) que é igualmente utilizado, embora não seja compatível com o modelo ACV.

### **Modelo proposto por Boulay *et al.* (2010)**

O modelo proposto por Boulay *et al.* (2010) divide a utilização da água em três fatores: 1) fonte da água; 2) qualidade da água doce; 3) grupos de utilizadores.

As fontes da água são a água de superfície (incluindo a água do mar), a água subterrânea e a água da chuva. Os critérios de qualidade da água doce são os níveis de contaminação em termos microbianos e de toxicidade, que são baseados em 136 parâmetros de qualidade. Os grupos de utilizadores são agrupados em onze categorias que se dividem em três categorias de utilizadores domésticos, duas categorias de utilizadores agrícolas e outros utilizadores como indústria, refrigeração, pesca, energia hidráulica, transporte e lazer. Os autores identificaram, com base nos diferentes padrões de qualidade do utilizador da água, dezassete tipos diferentes de água (Boulay *et al.*, 2010).

Os impactos da utilização da água são avaliados com base na perda de funcionalidade dos dezassete tipos de água, isto é, as entradas e saídas (evaporação) de água são avaliadas pelo seu volume, mas também pela sua qualidade funcional. A diferença entre o volume ponderado de escassez das entradas de água e o volume ponderado de escassez das saídas de água representa a contribuição para a escassez de água de uma região (Fardi, 2013).

Boulay *et al.* (2010) definiram alguns indicadores do impacto ambiental ao nível da água. Estes indicadores podem ser divididos em indicadores num ponto intermédio ou indicadores no ponto final. Os indicadores num ponto intermédio referem-se aos impactos ambientais num determinado momento ao longo do ciclo de vida do produto antes do seu término numa categoria específica de impacto ambiental, como por exemplo o potencial ao nível das alterações climáticas ou potencial de destruição da camada de ozono. Os indicadores no ponto final referem-se aos impactos ambientais globais resultantes do ciclo de vida do produto em todas as categorias, como o impacto ao nível da saúde humana ou biodiversidade (Bare *et al.*, 2012). Os indicadores definidos por Boulay *et al.* (2010) encontram-se detalhados na Tabela 5:

Tabela 5 - Indicadores propostos pelo modelo de Boulay *et al.* (2010).

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>	<b>Nível de intervenção</b>	<b>Unidade</b>
Índice de escassez de água	Representa a quantidade de água que foi retirada impedindo o possível consumo de outros utilizadores, resultado da ação antropogénica	Ponto intermédio	m <sup>3</sup>
Impacte para a saúde humana	Representa o número de anos de vida “saudável” perdidos devido ao impacte ambiental	Ponto final	DALY

Assim, Boulay *et al.* (2010) definiram uma maneira para calcular o impacte final da água em termos de saúde humana, isto é, ao nível de DALY (*Disability-Adjusted Life Year*), que contabiliza Ano de Vida Ajustado por Incapacidade. O DALY pode ser considerado um ano perdido de vida "saudável", isto é, a diferença entre o estado atual de saúde e uma situação ideal de saúde, onde toda a população vive livre de doenças até uma idade avançada (WHO, s.d.).

#### **Modelo proposto por Frischknecht *et al.* (2006)**

O modelo de escassez ecológica proposto por Frischknecht *et al.* (2006) faz uma abordagem de distância para o alvo a atingir. Um fluxo crítico é deduzido para cada substância em que existem diretrizes legislativas ou objetivos políticos relativamente ao impacte de um poluente libertado para água doce ou à utilização de recursos de água doce. Por outro lado, o fluxo atual corresponde à situação real. Assim, o cálculo do fator ecológico é determinado pela configuração do fluxo atual em função do fluxo crítico.

Há uma vantagem que pode levar as empresas a usar o modelo de escassez ecológica uma vez que mede o desempenho ecológico de uma empresa tendo como referência as políticas da região ou do país. Assim, esta avaliação, do ponto de vista da empresa, poderá ser mais relevante do que uma avaliação orientada para a perspetiva dos danos (Frischknecht *et al.*, 2006). O indicador proposto pelo modelo de Frischknecht *et al.* (2006) está representado na Tabela 6:

Tabela 6 - Indicador proposto pelo modelo de Frischknecht *et al.* (2006).

<b>Indicador</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Eco-fator	Representa a situação atual de retirada de água doce ou emissão de poluentes para a água doce em função do permitido legalmente	Eco-ponto

Este modelo é baseado no indicador de fator ecológico que é determinado pela proporção do fluxo atual e do fluxo crítico da emissão de poluentes para água doce ou a retirada de água doce. O resultado é normalizado pelo fluxo anual de consumo de água da Suíça como ponto de referência. É possível aplicar um fator de ponderação a esta fórmula de modo a torná-la independente da normalização, o que irá permitir, por exemplo, determinar um peso específico para uma situação local ou regional (Frischknecht *et al.*, 2006).

### **Modelo proposto por Pfister *et al.* (2009)**

O modelo proposto por Pfister *et al.* (2009) faz uma distinção entre a utilização consumista e a utilização degradada de água. A utilização consumista representa a água doce consumida que é evaporada, incorporada em produtos e resíduos, transferida para diferentes bacias hidrográficas ou descartada para o mar após a sua utilização. O uso degradante descreve uma mudança na qualidade da água utilizada e libertada novamente para a mesma bacia hidrográfica e requer uma descrição das entradas e saídas na análise de inventário.

Este modelo foca-se na utilização consumista da água uma vez que é o tipo de utilização crucial do ponto de vista hidrológico. Tal como no método anterior, é possível fazer uma regionalização do inventário para o consumo de água na agricultura através da base de dados “*virtual water*” que abrange o cultivo de vários tipos de culturas em diversos países. A “*virtual water*” consiste na quantidade de água evaporada como consequência da produção e respetiva incorporação nos produtos agrícolas, descurando o seu escoamento. Esta “*virtual water*” divide-se em fluxos de “água verde” (precipitação e humidade do solo consumida no local pela vegetação) e “água azul” (consumo de qualquer água superficial e subterrânea e, em particular, a água da rega na produção agrícola). Neste modelo apenas se tem em conta a “água azul” (Pfister *et al.*, 2009). Os indicadores referidos por Pfister *et al.* (2009) encontram-se na Tabela 7:

Tabela 7 - Indicadores propostos pelo modelo de Pfister *et al.* (2009).

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>	<b>Nível de intervenção</b>	<b>Unidade</b>
Índice de escassez de água	Representa a retirada de água em função da água disponível	Ponto intermédio	Escala de 0,01-1
Impacte para a saúde humana causado pela desnutrição	Representa o número de anos de vida “saudável” perdidos devido ao impacte ambiental	Ponto final	DALY
Impacte para a qualidade do ecossistema	Representa a vulnerabilidade do ecossistema relativamente ao impacto ambiental do consumo da água	Ponto final	m <sup>2</sup> /ano
Esgotamento dos recursos relativos à água doce	Representa a quantificação do esgotamento de recursos, baseando-se na energia necessária para dessalinizar a água do mar e substituir a água doce consumida	Ponto final	MJ

Ao nível da qualidade do ecossistema, estes autores seguem o modelo do Eco-indicador 99 baseado na "fração potencial de desaparecimento de espécies". Pfister *et al.* (2009) chegaram à conclusão de que existe uma correlação bastante alta entre a Produção Primária Líquida e a vulnerabilidade da Biodiversidade de Espécies de Plantas Vasculares.

Estes três modelos apresentam algumas semelhanças, mas também algumas diferenças entre si. Os modelos de Boulay *et al.* (2010) e Pfister *et al.* (2009) subtraem a água incorporada no produto à água utilizada durante o processo produtivo, enquanto que o modelo de Frischknecht *et al.* (2006) considera apenas a água retirada para o consumo. Os modelos Frischknecht *et al.* (2006) e Pfister *et al.* (2009) apenas têm em conta a "água azul", enquanto que o modelo de Boulay *et al.* (2010) tem em consideração a "água azul" e a "água verde". Os modelos de Boulay *et al.* (2010) e Frischknecht *et al.* (2006) não têm em conta a variação temporal. Apenas o modelo de Pfister *et al.* (2009) considera a componente temporal (variação da precipitação sazonal). Todos os modelos têm em conta a componente espacial (coeficientes regionais) como condicionante do impacto ambiental ao nível da água. No entanto, o modelo de Frischknecht *et al.* (2006) não é compatível com o método ACV (Fardi, 2013).

### **3.4. Impacte ambiental ao nível do Solo**

O solo é um recurso essencial para o ecossistema e para o ser humano, em especial para a produção agrícola, e tem sido sobreexplorado nas últimas décadas devido à intensa atividade humana. As suas características e propriedades são, por vezes, determinantes para definir o tipo de cultura a desenvolver. Neste sentido, foram realizadas várias investigações, nos últimos 15 anos, de modo a quantificar os impactos no ambiente resultantes da produção e atividades associadas (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

A qualidade do solo é definida como a sua capacidade para funcionar dentro dos seus limites naturais ou monitorizados do ecossistema, ser capaz de sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou até melhorar a qualidade do ar e da água e, por último, promover a saúde de plantas e animais (Doran, 2002). Assim, é fundamental assegurar a manutenção de padrões de qualidade elevados dos solos, de modo a assegurar também um desenvolvimento sustentável global (Doran, 2002).

Os aspetos mais preocupantes ao nível do solo são o elevado grau de erosão com consequente perda de culturas e o aumento da acidez, que conduz à falta de nutrientes do solo para a produção alimentícia. A nível global é possível fazer uma distinção das características do solo. Por exemplo, a condição dos solos no Médio Oriente e no norte de África é considerada muito pobre como resultado da erosão, impermeabilidade e contaminação avançada do solo, enquanto que na

Europa, os solos são considerados pobres como resultado de um equilíbrio fraco de nutrientes, acidificação, impermeabilidade do solo, contaminação e salinização (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

Segundo Vidal-Legaz *et al.* (2017), existem três abordagens quantitativas principais para a avaliação do impacto da atividade humana no solo: 1) mera contabilidade do solo, que relaciona a área de solo explorada com determinados tipos de cultura/atividades que relata a área de uso da terra associada a determinadas atividades/culturas; 2) contabilidade ponderada, que estima a quantidade de solo padronizada para fatores como a sua produtividade; e 3) quantificação da mudança de uma característica específica do solo provocada por intervenções no solo como, por exemplo, a respetiva matéria orgânica.

Ao nível da ACV, os impactos potenciais podem ser avaliados por duas perspetivas diferentes de indicadores. Como referido no ponto anterior, estes indicadores podem incidir a um nível intermédio, isto é, indicadores que incidem na privação das necessidades humanas, dos ecossistemas e das gerações futuras, como a quantidade de poluentes emitidos, os recursos utilizados, entre outros. Por outro lado, estes indicadores podem incidir a um nível final, ou seja, indicadores que incidem na saúde humana, qualidade dos ecossistemas e esgotamento de recursos (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

Vidal-Legaz *et al.* (2017) selecionaram onze modelos para a avaliação do impacto ao nível do solo que preenchem um conjunto de critérios: 1) modelos computacionais para avaliar as propriedades/funções/ameaças do solo; 2) modelos compatíveis com a ACV, ou seja, a sua aplicação baseava-se em indicadores de impacto calculados a partir de informações do ICV; 3) modelos têm que gerar resultados convertíveis em fatores de caracterização, isto é, parâmetros que permitam originar indicadores de impacto a nível médio e final a partir do ICV. Estes onze modelos encontram-se referenciados na Tabela 8.

Tabela 8 - Modelos e indicadores para avaliar o impacto da exploração do solo (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

<b>Modelo</b>	<b>Principais Indicadores</b>	<b>Unidade</b>
Brandão & Canals (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbono Orgânico do Solo como indicador do Potencial de Produção Biótica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (tC ano)/(ha ano) – toneladas de carbono por hectare anual</li> </ul>
LANCA por Beck <i>et al.</i> (2010) Fatores de caracterização associados à exploração do solo desenvolvidos por Bos <i>et al.</i> (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistência à erosão</li> <li>• Filtragem mecânica</li> <li>• Filtragem físico-química</li> <li>• Reabastecimento de águas subterrâneas</li> <li>• Produção biótica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg/m<sup>2</sup> ano</li> <li>• m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ano</li> <li>• mol/m<sup>2</sup></li> <li>• m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> ano</li> <li>• kg/m<sup>2</sup> ano</li> </ul>
Saad <i>et al.</i> (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistência à erosão</li> <li>• Filtragem mecânica</li> <li>• Filtragem físico-química</li> <li>• Reabastecimento de águas subterrâneas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• t/(ha ano)</li> <li>• cm/dia</li> <li>• cmol<sub>c</sub>/kg<sub>solo</sub></li> <li>• mm/ano</li> </ul>
SALCA-SQ proposto por Oberholzer <i>et al.</i> (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de propriedades do solo: profundidade da raiz, estabilidade agregada, carbono orgânico e metais pesados</li> <li>• Poluentes orgânicos; biomassa da minhoca, biomassa microbiana e atividade microbiana</li> <li>• Indicadores de impacto: risco de erosão do solo e risco de compactação do solo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Várias unidades de medida</li> </ul>
Núñez <i>et al.</i> (2010)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de desertificação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem dimensão</li> </ul>
Garrigues <i>et al.</i> (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área total de solo compactado</li> <li>• Perda de volume de poros</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• m<sup>2</sup>/ha ou m<sup>2</sup>/t</li> <li>• m<sup>3</sup>/ha ou m<sup>3</sup>/t</li> </ul>
Núñez <i>et al.</i> (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emergia</li> <li>• Esgotamento da produção primária líquida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MJ se g<sup>-1</sup> de perda de solo</li> <li>• m<sup>2</sup> ano</li> </ul>
Alvarenga <i>et al.</i> (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exergia de solo natural (com base na extração de biomassa)</li> <li>• Exergia de solo com intervenção humana (baseado na produção primária líquida)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MJ ex/m<sup>2</sup> ano</li> </ul>
Alvarenga <i>et al.</i> (2015)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriação humana da produção primária líquida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg de matéria seca/m<sup>2</sup> ano</li> </ul>
Gardi <i>et al.</i> (2013)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressão do solo (na biodiversidade)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• kg de matéria seca/m<sup>2</sup> ano</li> </ul>
Burkhard <i>et al.</i> (2012)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicadores de integridade do ecossistema</li> <li>• Indicadores de serviços do ecossistema</li> <li>• Procura de serviços do ecossistema</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sem dimensão</li> </ul>

O modelo de Brandão & Canals (2012) foi uma atualização do primeiro modelo publicado em 2010 pelos mesmos autores. O indicador do carbono orgânico do solo é um indicador independente que serve de alternativa para avaliar a capacidade produtiva do solo ao nível dos recursos naturais e ambiente natural. Enquanto que no primeiro modelo de 2010 os fatores de caracterização se restringiam ao Reino Unido, no modelo de 2012, a aplicação era global (Brandão & Canals, 2012).

O modelo LANCA proposto por Beck *et al.* (2010) calcula indicadores para as funções do solo com base em dados específicos do local. Este modelo apresenta algumas limitações como a necessidade de muitos dados e a falta de fatores de caracterização, embora existam fatores diretamente relacionados com a exploração do solo.

Saad *et al.* (2013) definiram quatro indicadores de impacto ao nível do solo baseados no modelo LANCA proposto por Beck *et al.* (2010).

O modelo SALCA-SQ proposto por Oberholzer *et al.* (2012) é baseado em dados específicos do local e sugere indicadores de propriedades e ameaças para o solo. No entanto, quer este modelo quer o modelo LANCA não têm indicadores diretos para avaliar os impactos a um nível final (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

O índice de desertificação proposto por Núñez *et al.* (2010) é baseado na aridez, erosão do solo e risco de incêndio.

O modelo de Garrigues *et al.* (2013) incide principalmente na compactação do solo resultante da utilização de maquinaria agrícola. Tem a limitação de se restringir a um local específico.

Núñez *et al.* (2012) estuda o impacto da perda de produtos primários líquidos (formação de material orgânico a partir de compostos inorgânicos menos as perdas respiratórias dos organismos fotossintéticos (Clark *et al.*, 2011 apud Chapin & Evinar, 2007) e da energia ao nível dos ecossistemas e dos recursos.

Os indicadores do modelo proposto por Alvarenga *et al.* (2013) distinguem a exergia de solo natural e de solo com intervenção humana. A exergia da biomassa extraída foi calculada para o solo natural e a exergia associada à produção primária líquida foi calculada para o solo com intervenção humana. Posteriormente, Alvarenga *et al.* (2015) incidiram o seu estudo sobre a quantidade de produto primário líquido que não fica disponível para a natureza, que conjuntamente com a exergia, têm impacto nos recursos e ambiente natural.

O modelo proposto por Gardi *et al.* (2013) introduz um indicador de pressão no solo e respetiva biodiversidade, que consiste na ponderação de várias variáveis como a intensidade da agricultura, a compactação do solo ou a erosão do solo para fazer a avaliação do impacto no solo.

O modelo proposto por Burkhard *et al.* (2012) baseia-se em indicadores de integridade e serviços do ecossistema. Estes indicadores abrangem vários aspetos como a função do solo, provisão de água, perda de biodiversidade, entre outros. As pontuações em cada aspeto são baseadas em opiniões de especialistas e estudos de caso. Uma característica deste modelo é o facto de não haver uma ligação entre os indicadores, uma vez que são calculados diretamente e apenas incidem sobre um determinado tipo de utilização humana do solo (Vidal-Legaz *et al.*, 2017).

### **3.5. Impacte ambiental ao nível do Ar**

Os principais desafios ambientais com que o ser humano se depara atualmente e nas próximas décadas estão relacionados com as alterações climáticas. A escassez cada vez maior de combustíveis fósseis deve ser um fator a ter em conta nas várias indústrias, tal como no setor agrícola (Parajuli *et al.*, 2019). Os produtos exportados de economias intensivas em carbono estão cada vez mais vulneráveis a barreiras para comércios mais “verdes” e sustentáveis (Kock *et al.*, 2018).

As atividades agrícolas constituem uma fonte significativa de emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. No entanto, a implementação de práticas sustentáveis demonstrou ser uma medida eficaz na redução destas emissões. Esta redução das emissões pode ser explicada pela capacidade natural da biomassa da madeira e dos seus derivados e da capacidade do solo em absorver e armazenar CO<sub>2</sub> (Janssens *et al.*, 2003).

Segundo o relatório do IPCC (2018), estima-se que as atividades humanas tenham causado o aumento de aproximadamente 1 °C do aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com um intervalo provável de 0,8 °C a 1,2 °C. A manter a taxa atual, é provável que o aquecimento global atinja 1,5 °C entre 2030 e 2052. Devido às perturbações causadas pela pandemia de COVID-19, poderão verificar-se alterações nestas previsões devido à paragem da atividade mundial, embora, neste momento, ainda não tenha sido feita qualquer alteração (IPCC, 2020).

O impacto direto da agricultura situa-se entre 10% e 12% das emissões de GEE de origem humana (IPCC, 2007). As emissões globais de GEE resultantes da agricultura quase duplicaram entre 1961 e 2016, mais especificamente aumentaram de 2752 para 5294 Mt CO<sub>2</sub> eq/ano, isto é, quase que duplicou a emissão de GEE em toneladas métricas equivalentes de CO<sub>2</sub> (Tubiello, 2018). As emissões da agricultura ao nível do efeito de estufa são, principalmente, de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. As principais fontes de emissão de CO<sub>2</sub> são os fertilizantes e pesticidas químicos, combustíveis fósseis, eletricidade e água quando estes *inputs* são consumidos ou armazenados. A principal fonte de emissão de CH<sub>4</sub> é a queima de biomassa como, por exemplo, a utilização de adubos. As emissões de N<sub>2</sub>O são resultado da aplicação de amoníaco como fertilizante, armazenamento de adubos e queima de combustível fóssil e biomassa (Karlsson, 2017). No entanto, estas emissões

podem ser reduzidas através da diminuição da perda de solos agrícolas por decomposição da matéria orgânica do solo, redução de emissões da queima de biomassa, aumento da eficiência da energia consumida no processo produtivo, entre outros aspetos (Smith & Martino, 2008).

Os principais indicadores do impacto ambiental ao nível das emissões para o ar encontram-se expostos na Tabela 9.

Tabela 9 - Principais indicadores do impacto ambiental ao nível do ar (Guix, 2016).

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Potencial de alterações climáticas	Alteração da temperatura global devido ao impacto da emissão de GEE	kg CO <sub>2</sub> eq
Potencial de formação de oxidantes fotoquímicos	Tipo de <i>smog</i> fotoquímico que impede a visibilidade	kg NMVOC eq
Potencial de acidificação	Redução do pH do solo devido ao efeito de acidificação da emissão dos GEE	kg SO <sub>2</sub> eq

O potencial de alterações climáticas indica, em quilogramas equivalentes de CO<sub>2</sub>, a soma das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (Guix, 2016).

O potencial de formação de oxidantes fotoquímicos compreende os agentes químicos, como os óxidos de azoto (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), NMVOC (*Non-methane volatile organic compounds*) e CH<sub>4</sub>, responsáveis pela formação de oxidantes fotoquímicos que, na presença de luz solar, quando reagem com compostos orgânicos voláteis criam um *smog* com efeitos prejudiciais para a saúde humana. Este indicador expressa-se em quilogramas equivalentes de NMVOC (Guix, 2016).

O potencial de acidificação consiste na junção de vários compostos químicos, como o amoníaco (NH<sub>3</sub>), os óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>) e NO<sub>x</sub>, que provocam uma maior acidificação, isto é, menor pH do solo terrestre, expresso em quilogramas equivalentes de dióxido de enxofre (Guix, 2016).

Todas estas preocupações ao nível da poluição atmosférica, nomeadamente com a emissão dos GEE e o seu impacto ambiental, culminaram na necessidade de calcular a pegada de carbono em todas as atividades humanas, inclusive no quotidiano de cada indivíduo (Cerutti *et al.*, 2015).

A pegada de carbono avalia a quantidade total de emissões de GEE associados a um produto ou atividade ao longo do seu ciclo de vida. Este indicador, no mundo atual, pode tornar-se um dos mais significativos e vitais no sentido de tornar a produção agrícola mais sustentável. Em especial, o setor frutícola, com destaque para os mercadores exportadores, tem-se debatido com esta

questão. No caso das frutas com caroço (género *Prunus*), existem poucos estudos relativamente às respetivas pegadas de carbono, sendo que a cereja sobressai nesta escassez de informação apesar de ser dos frutos de caroço mais exportados no mundo em termos de valor (Bravo *et al.*, 2017). Podem salientar-se estudos conduzidos em ACV de outro fruto relevante para a região da Beira Interior, o pêssego, conduzidos por Gaspar *et al.* (2018).

Segundo Cerutti *et al.* (2015) existem vários modelos para calcular a pegada de carbono de produtos e serviços. Entre eles, encontram-se o modelo PAS 2050 proposto pelo *British Standards Institute* e pelo *Carbon Trust* (2008) e o modelo do francês Bilan Carbone (2017).

Segundo o modelo PAS 2050, a pegada de carbono consiste na soma de todos os materiais, energia e desperdício em todas as atividades do ciclo de vida de um produto multiplicado pelo seu respetivo fator de emissão (Equação 1) dado pela *British Standards Institute* (2008) e *Carbon Trust* (2008):

$$\text{Pegada de carbono} = \text{Dados da atividade} \times \text{fator de emissão} \quad (1)$$

Onde:

*Dados da atividade, [massa ou volume ou kWh ou km...]*

*Fator de emissão, [CO<sub>2e</sub>/unidade]*

As emissões de GEE são convertidas para CO<sub>2</sub> e através dos fatores de potencial de aquecimento global descritos na PAS 2050 (British Standards Institute; Carbon Trust, 2008).

O modelo de Bilan Carbone é uma ferramenta de avaliação da pegada de carbono que consiste numa folha de Excel para calcular as emissões causadas por todos os processos necessários para a existência de uma determinada atividade, como a combustão para processos de fabricação, produção de matérias-primas ou o tratamento de resíduos. Esta ferramenta é bastante simples uma vez que basta introduzir os dados relativos a cada processo como o número de quilómetros percorridos ou a queima de combustível fóssil para o funcionamento de máquinas, entre outros, que são convertidos para as respetivas emissões de CO<sub>2</sub> e outros GEE na respetiva quantidade de carbono emitida (Carbone, 2017).

Este modelo requer a modelação das emissões de GEE ao longo do ciclo de vida completo para o produto e fornece fatores de emissão padrões e uma base de dados com informação média de várias atividades. Com base nos resultados, é definido um plano de implementação de medidas

de modo a reduzir as emissões de GEE (ADEME, 2015). Tal como no modelo PAS 2050, a pegada de carbono é calculada segundo a Equação 1 (Carbone, 2017).

Trata-se de uma quantificação por estimação porque a incerteza está associada aos dados da atividade e aos fatores de emissão. Uma das diferenças deste modelo para o modelo PAS 2050 reside no facto de a organização poder escolher os seus próprios fatores de emissão no modelo Bilan Carbone (Carbone, 2017).

### **3.6. Impacte ambiental ao nível da Energia**

A energia é um fator importante no desenvolvimento de vários tipos de atividade, como a agricultura, mas também tem um papel importante a nível social e económico de um país (Ghatrehsamani *et al.*, 2016).

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável conduziu à necessidade de racionar e fazer um consumo eficiente da energia. A utilização eficiente da energia é um fator importante para a produção agrícola sustentável, uma vez que permite redução de custos, preservação dos recursos fósseis e redução das emissões de GEE (Mohammadi *et al.*, 2008). Neste sentido, começaram a surgir vários modelos de conservação de energia, planeamento integrado da energia, entre outros métodos de racionamento (Ghatrehsamani *et al.*, 2016).

Segundo Ghatrehsamani *et al.* (2016), o consumo de energia aplicável à agricultura é dividido em duas categorias principais:

- Consumo direto: combustível fóssil, eletricidade, energia incorporada na mão-de-obra humana e água necessária para a rega;
- Consumo indireto: máquinas utilizadas para a produção agrícola, adubos e pesticidas químicos e fertilizantes utilizados para a produções agrícola.

A nível global, a energia pode ainda ser classificada em energia renovável e não renovável. Na energia renovável inclui-se a água necessária para a rega, a energia incorporada na mão-de-obra humana e os adubos. Por outro lado, a energia não renovável abrange os pesticidas e fertilizantes químicos, máquinas utilizadas na produção agrícola, combustível fóssil e eletricidade (Ghatrehsamani *et al.*, 2016).

Os indicadores expostos na Tabela 10 ajudam a analisar a utilização da energia em vários parâmetros.

Tabela 10 - Indicadores de Utilização Eficiente da Energia (Ghatrehsamani *et al.* 2016).

<b>Indicadores</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
Eficiência da energia utilizada	Eficiência da energia tendo em conta o <i>input</i> (MJ/ha) introduzido e o <i>output</i> obtido (MJ/ha)	%
Produtividade da energia utilizada	Produtividade da energia utilizada tendo em conta o <i>input</i> (MJ/ha) e o <i>output</i> que se obtém em termos de fruta produzida e possíveis subprodutos (kg/ha)	kg/MJ
Energia específica	Energia específica tendo em conta a energia introduzida no sistema produtivo ( <i>input</i> em MJ/ha) e o <i>output</i> que obtemos em termos de fruta produzida e possíveis subprodutos (ton/ha)	MJ/ton
Energia em termos líquidos	Em termo quantitativos, é a diferença entre o <i>output</i> equivalente em termos energéticos (MJ/ha) e o <i>input</i> energético introduzido (MJ/ha)	MJ/ha

A eficiência da energia utilizada é calculada segundo a Equação 2 descrita por Demircan *et al.* (2006):

$$\text{Eficiência da energia utilizada} = \frac{\text{Output da energia utilizada}}{\text{Input da energia utilizada}} \times 100 \quad (2)$$

Onde:

*Output da energia utilizada* = regra geral, refere-se ao equivalente energético da fruta produzida [MJ/ha]; pode conter possíveis subprodutos

*Input da energia utilizada* = consumos diretos e indiretos de energia referidos anteriormente [MJ/ha]

A Equação 2 fornece a eficiência da energia utilizada (em percentagem) tendo em conta a energia introduzida no sistema produtivo (*input*) e o equivalente em termos energéticos ao nível do *output* que se obtém em termos de fruta produzida e possíveis subprodutos.

A produtividade da energia utilizada é calculada segundo a Equação 3 (Demircan *et al.*, 2006):

$$\text{Produtividade da energia utilizada} = \frac{\text{Output da fruta produzida}}{\text{Input da energia utilizada}} \quad (3)$$

Onde:

*Output da fruta produzida* = regra geral, refere-se à quantidade de fruta produzida [kg/ha]; pode conter possíveis subprodutos

*Input da energia utilizada* = consumos diretos e indiretos de energia referidos anteriormente [MJ/ha]

A Equação 3 quantifica a produtividade da energia utilizada tendo em conta a energia introduzida no sistema produtivo (*input*) e o *output* que se obtém em termos de fruta produzida e possíveis subprodutos. Este indicador serve para calcular a quantidade de fruta [kg] produzida por cada MJ de energia utilizado.

A energia específica é calculada segundo a Equação 4 (Demircan *et al.*, 2006):

$$\text{Energia específica} = \frac{\text{Input da energia utilizada}}{\text{Output da fruta produzida}} \quad (4)$$

Onde:

*Input da energia utilizada* = consumos diretos e indiretos de energia referidos anteriormente [MJ/ha]

*Output da fruta produzida* = regra geral, refere-se à quantidade de fruta produzida [ton/ha]; pode conter possíveis subprodutos

A Equação 4 quantifica a energia específica tendo em consideração a energia introduzida no sistema produtivo (*input*) e o *output* que se obtém em termos de fruta produzida e possíveis subprodutos. Este indicador serve para calcular a energia consumida (em MJ) por cada tonelada de fruta e possíveis subprodutos produzidos.

A energia, em termos líquidos, é calculada segundo a Equação 5 (Mohammadi *et al.*, 2008):

$$\text{Energia em termos líquidos} = \text{Output da energia utilizada} - \text{Input da energia utilizada} \quad (5)$$

Onde:

*Output da energia utilizada* = regra geral, refere-se ao equivalente energético da fruta produzida [MJ/ha]; pode conter possíveis subprodutos

*Input da energia utilizada* = consumos diretos e indiretos de energia referidos anteriormente [MJ/ha]

A Equação 5 calcula a energia em termos líquidos e quantitativos, isto é, a diferença entre o *output* equivalente em termos energéticos e o *input* energético introduzido no sistema produtivo.

Relativamente à energia utilizada na queima de combustível fóssil utilizado, por exemplo, no transporte ou nas máquinas agrícolas tem um duplo efeito, uma vez que para além do impacte energético também tem um impacte ao nível das emissões para o ar.

### **3.7. Revisão Bibliográfica**

Na última década, verificou-se um crescente interesse com a produção e consumo sustentável no setor alimentício, o que conduziu à realização de várias investigações na temática de sistemas de produção e distribuição de alimentos, incluindo produtos agrícolas. Esta progressiva preocupação com a sustentabilidade ocorre ao mesmo tempo que o comércio internacional de produtos alimentícios continua em expansão (Roy *et al.*, 2009). Os impactes ambientais do setor agroalimentar têm-se acentuado com o aumento da população mundial e da produção de alimentos em todo o mundo (Sanderson *et al.*, 2019).

O impacte ambiental dos alimentos é investigado há décadas, mas ainda existem bastantes lacunas na pesquisa. Há vários tipos de frutas que foram alvo de estudo apenas uma vez, como o caso da ameixa, e há outras frutas como a cereja, objeto de estudo desta dissertação, sobre as quais existem informações bastante escassas. Para além desta falha, há outra mais relevante que consiste na ausência de informação de temas de destaque como o desperdício alimentar ou os impactes da toxicidade, que não são abordados nas investigações existentes (Svanes & Johnsen, 2019).

Existem poucas ACV de frutas “*from cradle to grave*”, isto é, estudos que tenham em consideração todo o ciclo de vida desde o pomar, incluindo a infraestrutura de suporte, até ao consumidor final (Svanes & Johnsen, 2019). A principal razão para tal passa pela dificuldade na recolha de dados, por causa da sua complexidade ou mesmo pelo não registo das informações por parte dos produtores.

O tipo de fruta mais estudado é a maçã. Atualmente, existem cerca de 21 estudos de ACV e 33 estudos de pegada de carbono para este tipo de fruta (Svanes & Johnsen, 2019).

Assim, de modo a auxiliar a realização desta ACV, é necessário analisar vários estudos e artigos científicos sobre esta temática de modo a ter uma maior compreensão sobre o assunto, determinar uma linha orientadora para a ACV da cereja do Fundão e para obter um termo de comparação para analisar os resultados obtidos neste estudo.

Há mais de 15 anos que se estudam os impactes ambientais da produção agrícola e atividades associadas através de estudos ACV, de modo a encontrar alternativas sustentáveis para a produção e consumo de alimentos. No entanto, apenas após a 7<sup>o</sup> edição da Conferência Internacional sobre a Análise do Ciclo de Vida no setor agroalimentar realizada em Bari, Itália, se

começaram a publicar mais artigos e estudos sobre o ciclo de vida de alimentos e respetivos impactes ambientais (Notarnicola *et al.*, 2012).

Cerutti *et al.* (2013) desenvolveram uma análise ACV a vários tipos de maçãs (*Grigia di Torriana*, *Magnana* e *Runséantigas*) tradicionais da zona de Piemonte, norte de Itália, e fizeram uma comparação com uma das maçãs de cultivo comercial mais vendida do mundo, a maçã *Golden Delicious*. Este estudo foi feito na perspetiva “*from cradle to gate*”, isto é, desde a plantação até à saída do armazém. Os autores adotaram três unidades funcionais: unidade baseada em massa - produção de uma tonelada de maçãs; unidade baseada na ocupação do solo – um hectare de pomar utilizado; unidade baseada no valor económico – o impacte ambiental tem um rendimento extra de 1000€ para o vendedor da maçã. Considerando os impactes para uma tonelada de maçã produzida, a maçã *Golden Delicious* foi a que menos impacte ambiental provocou em todos os indicadores (acidificação, aquecimento global, entre outros), com exceção do indicador relativo à destruição da camada de ozono. As cultivares de maçã tradicionais apresentaram um impacte ambiental superior, em média, em 20% relativamente ao potencial de acidificação e em 17% no potencial de aquecimento global em comparação com a maçã *Golden Delicious*, considerando uma tonelada produzida. Considerando um hectare de pomar utilizado, os impactes para a maçã *Golden Delicious* foram, em média, 24% maiores no potencial de aquecimento global e 22% maiores no potencial de acidificação em relação às cultivares de maçãs tradicionais. Ao nível do potencial de aquecimento global, o dióxido de carbono é a emissão mais impactante, com cerca de 85,54% a 87,46% dos equivalentes de CO<sub>2</sub> entre todas as cultivares de maçã analisadas.

Ingrao *et al.* (2015) realizaram um estudo ACV sobre o pêssego vermelho produzido na zona de Sicília, Itália. O âmbito deste estudo teve em consideração a fase da plantação (excluindo a fase inicial do “berçário” devido a falta de informação) até à senescência, incluindo o fornecimento de matérias-primas e o respetivo transporte das fábricas para o campo, bem como o transporte de resíduos para as estações de tratamento. No entanto, não foi considerado o transporte dos pêssegos colhidos para o armazém de embalagem e para as superfícies comerciais. A unidade funcional utilizada foi um hectare de pomar utilizado. Este estudo foi desenvolvido entre 2002 e 2011 e está dividido em duas fases: numa primeira fase aplicou-se o método ACV ao sistema de produção do pêssego, usando como unidade funcional um hectare de pomar de pêssego explorado; numa segunda fase, faz-se uma avaliação de melhoria ambiental e uma análise de sensibilidade. A produção anual média situava-se em 31,5 ton/ha. O processo da rega foi a operação com maior impacte ambiental devido à quantidade elevada de água utilizada e ao enorme consumo de energia elétrica e fóssil para bombear a água (foram utilizados 22.396,5 m<sup>3</sup> de água). Como resultado do processo produtivo, foram gerados 18 kg de resíduo plástico e 6,88 kg de resíduos perigosos. O impacte ambiental global foi o seguinte: ao nível de recursos, o impacte foi de 2,73×10<sup>5</sup> MJ; ao nível da saúde humana foi de 0,00826 DALY; ao nível das alterações climáticas foi de 7,38 ton CO<sub>2</sub> eq.

Vinyes *et al.* (2017) desenvolveram um estudo sobre a maçã e o pêssego produzidos no mercado Mediterrânico. Este estudo trata-se de uma análise “*from cradle to grave*”, isto é, considera todas as etapas de produção agrícola, venda, consumo e consequentes resíduos. A unidade funcional utilizada baseada na massa foi a produção de 1 kg de fruta considerando todas as etapas do ciclo de vida: cultivo, distribuição, consumo e consequentes resíduos. Os pomares de pêssego e maçãs considerados localizam-se na Catalunha, Espanha. A cultivar de maçã estudada foi a *Malus Domestica*, com uma produção média de 48,81 ton/ha e a cultivar de pêssego estudada foi a *Prunus persica L*, com uma produção média de 36,78 ton/ha. Os principais resultados foram os seguintes: para ambas as frutas, a fase agrícola apresentou a maior contribuição em 13 categorias de impacte ambiental (potencial de acidificação, eutrofização da água doce, ecotoxicidade, entre outras), enquanto que a venda representou a maior contribuição em 5 categorias de impacte (destruição da camada de ozono, ocupação de solo agrícola, entre outras); a fase do consumo da fruta apresentou os menores valores em todas as categorias de impacte; o valor da pegada de carbono para a maçã foi 0,302 kg CO<sub>2</sub> eq e para o pêssego foi 0,381 kg CO<sub>2</sub> eq; estes valores da pegada de carbono, em média, tiveram uma contribuição da fase de venda de 39% (com especial destaque para o consumo de combustível fóssil no transporte e energia consumida pelas câmaras frigoríficas), da fase agrícola com cerca de 36%, com 23% da fase de consumo e 2% de resíduos.

Tricase *et al.* (2017) realizaram um estudo de ACV sobre a cereja na região de Apúlia (uma das principais áreas de produção de cerejas de Itália) e, em particular, no distrito de BAT (Barletta-Andria-Trani), a região mais oriental de Itália. Este estudo fez apenas o estudo da fase produtiva, excluindo a distribuição, venda e consumo, e destaca-se por ser dos poucos que inclui a cerejeira no âmbito de estudo, isto é, faz uma ACV desde a plantação da cerejeira até à senescência. A unidade funcional utilizada foi 1 hectare de pomar explorado. Os autores dividiram o estudo em diferentes níveis durante a vida útil de vinte anos da cerejeira: 1) a fase do “berçário” onde as cerejeiras são cuidadas; 2) duas fases de crescimento; 3) a fase de produção completa, isto é, quando a produção é aproveitada ao máximo; 4) o fim da vida útil da cerejeira. Os principais resultados deste estudo foram os seguintes: a fase de produção completa era responsável por cerca de 82% do consumo total de água (para rega e diluição) associado ao ciclo de vida da cerejeira; o período de produção completa contribuiu com quase 72% do consumo total de combustível associado ao ciclo de vida da cerejeira; os transportes eram a atividade que mais contribuía para o consumo total de combustível (10.280 L) associado ao ciclo de vida da cerejeira, com quase 15% do total; a fase de produção completa era responsável por 82% do total de energia consumida ao longo do ciclo de vida da cerejeira.

Gaspar *et al.* (2018) desenvolveram um estudo de ACV energético do pêssego da Beira Interior, Portugal. O limite escolhido foi “*from farm to market*” e foram utilizadas a UF baseada na massa (1 tonelada produzida) e a UF baseada na ocupação do solo (1 hectare explorado). Para 1 hectare explorado, o sistema produtivo apresentava um consumo energético de 50.209 MJ/ha. Os autores chegaram à conclusão de que as operações com maior impacte eram o armazenamento do pêssego (35.700 MJ/ha) e o transporte (6.180 MJ/ha). Para 1 tonelada produzida de pêssego, estas

operações continuavam a apresentar os maiores consumos energéticos. Além disso, os autores definiram vários cenários alternativos para complementar o estudo. Esses cenários permitiram retirar conclusões interessantes ao nível da eficiência energética, como a substituição das tesouras pneumáticas por tesouras elétricas.

Sanderson *et al.* (2019) realizaram um estudo de ACV sobre a cereja de Okanagan, região do Vale de Okanagan da Columbia Britânica no Canadá. Este estudo trata-se de uma análise “*cradle to market life*” do ciclo de vida da cereja, ou seja, estão incluídas todas as fases desde a plantação da cerejeira até ao embalamento e transporte da cereja para a superfície comercial. É de destacar que o transporte de trabalhadores migrantes sazonais, o uso de helicópteros na secagem da fruta, os modos específicos de transporte e as distâncias ao mercado também fizeram parte do âmbito do estudo. A unidade funcional utilizada foi 1 kg de cerejas comercializáveis, isto é, cerejas consideradas em condições para venda, excluindo as cerejas descartadas devido à baixa qualidade. Os principais resultados deste estudo foram os seguintes: o transporte de funcionários foi uma atividade bastante impactante ao nível de aquecimento global e acidificação terrestre, contribuindo com 39,5% do potencial de aquecimento global da cerejeira e 45,8% de acidificação terrestre; apenas 20% das cerejas produzidas eram transportadas por via aérea, mas foi o suficiente para que fosse a fase mais impactante ao nível da pegada de carbono, contribuindo com mais de 50% dos impactes potenciais para o aquecimento global; em termos gerais, a fase de distribuição contribuiu com 92% dos impactes potenciais para o aquecimento global; ao nível da eutrofização da água doce, a aplicação de fertilizantes foi a atividade com maior impacte, com cerca de 86,8% do total; a utilização do helicóptero para secagem da fruta teve o contributo de 0,30096 kg CO<sub>2 eq</sub> ao nível do indicador do aquecimento global e 0,00167 kg SO<sub>2 eq</sub> ao nível da acidificação terrestre, o que é surpreendentemente baixo uma vez que qualquer tipo de transporte aéreo é considerado uma fonte intensiva ao nível de emissões. Uma possível explicação para esse resultado poderia ser o facto de o tempo de voo ser baixo de modo a que os impactes ambientais se tornam insignificantes quando distribuídos pelo rendimento produtivo.

Rana *et al.* (2019) realizaram um estudo fora do habitualmente efetuado dentro desta temática. Este estudo vem no seguimento do trabalho de Tricase *et al.* (2017), anteriormente referido, que fazia uma ACV da cereja produzida em Apúlia, Itália. O objetivo deste estudo era calcular a pegada de carbono da cereja embalada em embalagens constituídas pelo plástico polietileno tereftalato (PET), quer ao nível produtivo, desde a plantação da cerejeira até à senescência, mas também ao nível do embalamento nas fábricas localizadas em Apúlia. A unidade funcional utilizada foi 0,5 kg de cerejas em embalagens de PET com cerca de 19 gramas. Os principais resultados a que os autores chegaram foram: num período fixo correspondente a 100 anos, o potencial de aquecimento global correspondeu a 0,584 kg CO<sub>2 eq</sub>, resultante da fase agrícola (0,442 kg CO<sub>2 eq</sub>) e do processamento da fruta (0,068 kg CO<sub>2 eq</sub>); o embalamento da cereja foi caracterizado pela eletricidade consumida, onde se destacou o ar condicionado na sala de processamento responsável por 35,44% do total; a eletricidade foi responsável por cerca de 0,125 kg CO<sub>2 eq</sub> (21,3% das emissões totais de GEE); as embalagens de PET foram responsáveis pela emissão de 0,0421

kg CO<sub>2</sub> eq (7,21% das emissões totais de GEE), o que demonstra que a embalagem em si é quase irrelevante ao nível das emissões totais de GEE, contrastando com o grande impacto do consumo de eletricidade a este nível.

Svanes & Johnsen (2019) realizaram um estudo ACV relativamente às maçãs, ameixas e cerejas da Noruega. Esta ACV trata-se de uma análise “*from cradle to grave*”, isto é, desde a plantação até ao consumo e respetivo resíduos. Os autores utilizaram como unidade funcional 1 kg de fruta consumido por pessoa. Os principais resultados deste estudo foram os seguintes: por cada kg de fruta consumido, foram emitidos 0,88 kg CO<sub>2</sub> eq (ameixa), 0,64 kg CO<sub>2</sub> eq (cereja) e 0,46 kg CO<sub>2</sub> eq (maçã), com o respetivo impacto ao nível das alterações climáticas; por cada kg de fruta consumido, em média, foi necessário cultivar aproximadamente 1,4 kg de fruta, o que resulta do facto de partes da fruta não serem comestíveis (6-11%) e porque se verificaram desperdícios ao longo das várias etapas do ciclo de vida, com especial destaque para a fase produtiva, uma vez que foi a fase onde ocorreu maior desperdício; os impactos da ameixa foram mais elevados para quase todas as categorias de impacto; a cereja foi o fruto mais impactante ao nível da ecotoxicidade da água doce com cerca de 3.351 PAF/m<sup>3</sup>/dia.

Esta listagem de vários exemplos de aplicação do método ACV a vários produtos frutícolas permite ter uma base de comparação relativamente a vários aspetos, como as etapas com maior impacto ambiental, o contributo ao nível da pegada de carbono e o impacto ao nível da água e do solo através de indicadores como a acidificação do solo ou a eutrofização da água doce.

Uma análise mais geral aos resultados permite concluir que existem algumas convergências como a fase de transporte corresponder, regra geral, à fase mais impactante ao nível da pegada de carbono e a fase de produção corresponder à mais impactante ao nível do consumo de água. No entanto, os impactos ambientais globais diferem de fruta para fruta. Na análise destes resultados, é também necessário ter em conta o facto de estes estudos se desenvolverem em diversas partes do planeta, o que resulta em condições climáticas e propriedades do solo e da água bastante diferentes. Estes fatores são fulcrais no desenvolvimento de qualquer cultura agrícola. Além disso, as fronteiras e limites dos estudos também variam em alguns estudos, o que não permite fazer uma comparação totalmente correta.

Realizando uma análise mais aprofundada aos resultados, é possível observar que a unidade funcional é comum a quase todos os estudos, tratando-se de um hectare de pomar utilizado ou um kg de fruta produzido, comercializável ou consumido, com exceção do estudo de Rana *et al.* (2019) que utilizou 0,5 kg de fruta em embalagens PET com cerca de 19 gramas como unidade funcional. Tal como referido no início desta revisão bibliográfica, é possível verificar nestes exemplos listados que existem poucos estudos “*from cradle to grave*”, que são os estudos sobre a maçã e o pêssego de Vinyes *et al.* (2017) e sobre a maçã, ameixa e cereja de Svanes & Johnsen (2019).

Ao nível das emissões de GEE, os estudos de Svanes & Johnsen (2019) e Cerutti *et al.* (2013) têm valores relativamente próximos numa análise “*from cradle to gate*” para a maçã (0,17 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,16-0,20 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente); numa análise “*from cradle to grave*” o estudo de Svanes & Johnsen (2019) apresenta valores superiores comparativamente com o estudo de Vinyes *et al.* (2017) (0,46 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,30 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente), no que diz respeito também à maçã; o estudo de Sanderson *et al.* (2019) relativamente à cereja apresenta um valor bastante mais elevado numa análise “*from cradle to gate*” quando comparado com o estudo de Svanes & Johnsen (2019) (0,30 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,17 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente) e com o estudo de Cerutti *et al.* (2013) (0,30 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,16-0,20 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente) relativos à maçã, o que se pode justificar, para além de serem frutos diferentes, pelo transporte sazonal dos trabalhadores para o Canadá que representa cerca de 39,5% do impacte global ao nível das alterações climáticas e pelo transporte aéreo da cereja para os respetivos mercados. Numa análise “*from cradle to gate*”, o estudo de Svanes & Johnsen (2019) sobre a cereja apresenta um valor, ao nível das emissões de GEE, superior relativamente ao estudo de Sanderson *et al.* (2019) (0,44 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,30 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente), o que poderá ser justificado pelo menor rendimento dos pomares noruegueses e pelas grandes distâncias de transporte desde o pomar até ao consumidor, que correspondem a um espaço temporal maior entre a colheita e o consumo, podendo levar a um maior desperdício. No entanto, analisando-se apenas a fase produtiva, o estudo de Svanes & Johnsen (2019) apresenta menor emissão de GEE do que o estudo de Sanderson *et al.* (2019) (0,27 kg CO<sub>2</sub> eq/kg e 0,44 kg CO<sub>2</sub> eq/kg, respetivamente). Um ponto em comum entre os estudos de Ingrao *et al.* (2015), Tricase *et al.* (2017) e Rana *et al.* (2019) é o facto de a fase da rega do pomar ser a fase produtiva mais impactante ao nível do consumo de água e de eletricidade.

# Capítulo 4

## 4. Materiais e Métodos

Este capítulo consiste na apresentação dos elementos essenciais para a ACV, nomeadamente a definição da unidade funcional, a delimitação das fronteiras e limites do sistema, a análise de inventário do ciclo de vida e o desenvolvimento dos cálculos necessários para o estudo dos consumos. Além disso, são apresentados cenários alternativos de modo a identificar possíveis etapas do sistema produtivo, que possam ser alvo de melhoria ao nível do seu desempenho ambiental.

### 4.1. Caracterização do Estudo de Caso

O estudo ACV desta dissertação incide sobre o sistema produtivo desenvolvido pela empresa Frutas com Vida, com sede na Quinta da Rosmaninheira em Louriçal do Campo, Castelo Branco. Fundada em 2011, trata-se de uma sociedade por quotas e a sua atividade económica é caracterizada pelo CAE 0124 – Cultura de pomóideas e prunóideas. Esta exploração frutícola não pertence a uma organização de produtores, mas é parte integrante da associação de agricultores Appizêzere – Associação de Proteção Integrada e Agricultura Sustentável do Zêzere.

A Frutas com Vida tem 4 trabalhadores permanentes e dedica-se ao cultivo de produtos frutícolas, nomeadamente pomóideas e prunóideas como pêssego, ameixa, damasco e, obviamente, cereja. As principais cultivares de cereja produzidas são a “*Prime Giant*”, “*Santina*”, “*Sonata*” e “*Lapins*”. A primeira variedade a ser produzida é a cultivar “*Nimba*” e a última variedade produzida é a cultivar “*Symphony*”. No entanto, a venda de cereja não é a principal fonte de rendimento da empresa. A empresa apresenta uma produção média anual total de 435 toneladas, com o pêssego a ser o fruto com maior produção (245 toneladas), seguindo-se a cereja, a ameixa e o damasco.

O principal compasso utilizado na plantação é 5×3 metros, isto é, planta-se uma cerejeira em linha a cada 5 metros, mantendo-se uma distância de afastamento entre linhas (fileiras) de 3 metros. Atualmente, a empresa possui uma área de 20 hectares dedicados à produção de cereja, onde 6 hectares estão ocupados por cerejeiras até 3 anos de vida, 12 hectares são dedicados a cerejeiras com 4 a 6 anos e 2 hectares com cerejeiras de 7 a 9 anos. Devido ao facto de a empresa ser recente, não existem cerejeiras numa fase mais adiantada do seu ciclo de vida que, em média, se situa nos 20 anos. Assim, é possível concluir que existem cerca de 14 hectares de cerejeiras em plena produção.

## 4.2. Definição da Metodologia

### 4.2.1. Unidade Funcional

A unidade funcional (UF) é uma medida de desempenho e tem uma função de referência, uma vez que permite quantificar os resultados da produção do pomar de modo a que estes sejam comparáveis. Em estudos de produtos frutícolas, a definição da UF pode ser um processo complexo uma vez que esta abordagem pode ser feita ao nível da qualidade, dos nutrientes e económico (Cerutti *et al.*, 2013). Segundo Cerutti *et al.* (2013), a UF pode ser categorizada em:

**Unidade Funcional com base na massa:** esta UF está diretamente relacionada com a quantidade específica produzida de produto. Esta UF pode apresentar alguns obstáculos como a contabilização da qualidade da fruta, visto que o mesmo pomar pode produzir fruta com qualidades diferentes (tamanho, cor, dureza ou teor de açúcar) destinada a diversos mercados (Canals *et al.*, 2006). A UF pode ser estabelecida de modo a incluir as propriedades do produto exigidas pelo mercado, embora as propriedades físicas e químicas não sejam suficientes para definir a qualidade (Peacock *et al.*, 2011).

Se os impactes ambientais forem analisados com a delimitação do sistema à saída do pomar é comum utilizar-se uma tonelada de fruta como UF. No entanto, se o sistema for “*from cradle to table*” é recomendado utilizar um quilograma de fruta como UF (Cerutti *et al.*, 2013).

**Unidade Funcional com base no uso do solo:** esta UF está diretamente relacionada com a ocupação do solo como, por exemplo, um hectare de pomar. A utilização de uma UF deste tipo é rara, uma vez que a ocupação de solo não se trata de um serviço em si e não fornece uma função produtiva. No entanto, este parâmetro pode dar resultados interessantes num pensamento agronómico mais abrangente, visto que a conversão do consumo de recursos ou impactes ambientais da utilização da terra permite avaliar os impactes do cultivo de uma determinada área. Esta UF é complementar à UF com base na massa, pois as unidades funcionais dão resultados diferentes e ambas devem ser consideradas (Cerutti *et al.*, 2013).

A comparação do mesmo sistema produtivo através de diferentes UF pode levar a cenários bastante distintos. Cultivares de fruta com um rendimento superior demonstram um desempenho ambiental bastante melhor usando uma UF com base na massa, enquanto que cultivares de fruta com menor produtividade apresentam melhores resultados com uma UF com base no uso do solo (Cerutti *et al.*, 2013).

Neste estudo, a unidade funcional definida para o período de produção foi escolhida com base no solo, ou seja, 1 hectare de pomar. A escolha recaiu nesta UF uma vez que as operações no pomar não são dependentes da produção. No período pós-colheita, utilizou-se uma unidade funcional

baseada na massa, isto é, 1 tonelada de cereja produzida visto que os consumos nesta fase estão relacionados com a quantidade de cereja processada.

#### **4.2.2. Limites e Fronteiras do Sistema**

Os limites do sistema definem que processos e *inputs* são considerados no estudo ACV (Tabatabaie & Murthy, 2016). Os ciclos de vida dos produtos podem ser complexos e constituídos por um conjunto enorme de fases produtivas, tornando quase impossível a recolha de todos os dados específicos do ciclo de vida (Raynolds *et al.*, 2000). Deste modo, torna-se bastante difícil definir os limites do sistema de forma a abrangê-lo de forma completa. Estes obstáculos tornam a definição das fronteiras do sistema como uma das fases mais importantes para o sucesso do estudo (Finnveden *et al.*, 2009).

Os limites do sistema são definidos através de um processo iterativo onde se escolhe um ponto de partida e, em seguida, são adicionados os próximos processos selecionados para fazerem parte do sistema em função da sua importância e relevância para o estudo. No processo de escolha, é comum verificar-se que os processos excluídos são aqueles que nunca foram alvo de estudo por parte dos profissionais da área. A seleção das fronteiras do sistema, normalmente, é baseada na experiência pessoal do investigador, o que pode resultar em limites diferentes e na omissão de alguns processos relevantes nos estudos (Li *et al.*, 2013).

Esta diferença na seleção dos limites e fronteiras do sistema para o ciclo de vida do produto resulta em alguns problemas como a dificuldade em comparar os resultados de vários estudos uma vez que estes não abrangem os mesmos processos (Li *et al.*, 2013).

Os limites e fronteiras da ACV desta dissertação serão divididos em duas fases: período de cultivo/produção e período pós-colheita. Para cada uma destas fases serão consideradas as operações mais relevantes para o estudo, tendo em conta os aspetos ambientais ao nível energético, da água, do solo e do ar.

#### **4.2.3. Análise de Inventário**

Esta fase consiste na recolha de dados e realização dos cálculos necessários para determinar em termos quantitativos todas as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) relevantes e dentro dos limites do sistema (ISO, 2006).

Esta análise de inventário será dividida em duas fases: período de cultivo/produção e período pós-colheita. Os dados primários relativamente aos períodos de produção e pós-colheita foram recolhidos junto da Frutas com Vida, caso de estudo desta ACV, e apenas foram consideradas as cerejeiras em plena produção (14 hectares). A produção anual de cereja da Frutas com Vida foi de

10 ton/ha para os 14 hectares em plena produção. Para realizar o presente estudo, foi utilizado o *software* openLCA 1.10.2. e a base de dados *ecoinvent 3.5. LCIA methods*.

#### 4.2.3.1. Período de Produção

Durante o período de produção, serão consideradas as fases da poda, manutenção do solo, pulverização de produtos de fitofarmacêuticos, rega, aplicação de herbicida e fertilizantes e colheita, tal como se verifica na Figura 18.

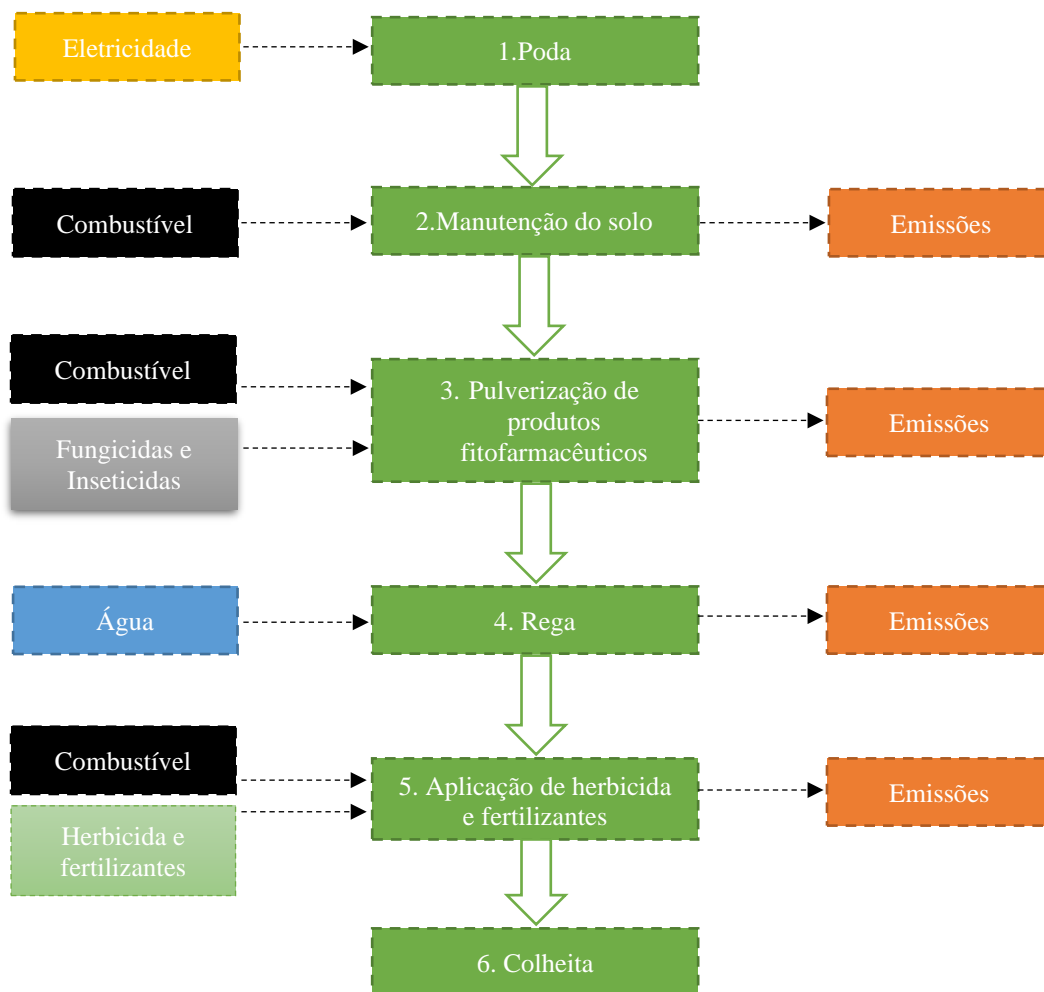


Figura 18 - Limites do sistema no período de produção da cereja.

## **Poda**

Na Frutas com Vida, pratica-se a poda de formação e manutenção da cereja manualmente através do recurso a tesouras elétricas Makita. As podas de formação são realizadas em verde/verão (normalmente maio ou junho) e em seco/inverno (normalmente janeiro e fevereiro), enquanto que as podas de manutenção são realizadas apenas em seco/inverno (normalmente janeiro e fevereiro).

As tesouras elétricas Makita estão ligadas a baterias de lítio localizadas em coletes e são transportadas às costas pelos trabalhadores. A utilização de tesouras elétricas é bastante positiva ao nível do impacto ambiental uma vez que não necessita da utilização do trator e de compressor acoplado como, por exemplo, as tesouras pneumáticas.

Em média, uma cerejeira em formação demora 3 minutos a ser podada, enquanto que uma planta em produção completa demora 5 minutos a sofrer poda de manutenção. Assim, se 1 hectare tem 666 plantas e se 1 planta em produção completa é podada em 5 minutos, a poda tem a duração de 55,5 horas/ha. Na Figura 19 é possível observar a execução da operação da poda.



Figura 19 – Execução da poda (Which?, 2016).

## **Manutenção do Solo**

Relativamente à manutenção do solo, a Frutas com Vida utiliza duas técnicas: o enrelvamento nas entrelinhas e o solo não mobilizado nas linhas do pomar. Os equipamentos utilizados são um destroçador/capinadeira para a aplicação da cobertura vegetal através do enrelvamento, enquanto que para a técnica de solo não mobilizado utiliza-se um pulverizador de jato projetado com barra. A manutenção por enrelvamento com recurso ao destroçador/capinadeira demora, em média, 4 horas/ha e é aplicada duas vezes ao longo do ano. Como a manutenção por solo não mobilizado consiste na aplicação de herbicida, este tópico será abordado na análise relativa à aplicação de herbicidas.

A manutenção do solo é, obviamente, efetuada ao longo de todo o ano, embora as aplicações destas técnicas de manutenção tenham principal incidência no período de março a junho. Na Figura 20 é possível observar a execução da operação de manutenção do solo através de enrelvamento.



Figura 20 - Operação de manutenção do solo através de enrelvamento (Joper, s.d.).

## **Pulverização de Produtos Fitofarmacêuticos**

A pulverização de produtos fitofarmacêuticos tem a função de proteção do pomar contra ataques de pragas e aparecimento de doenças.

Na Frutas com Vida são realizadas anualmente 6 aplicações de fungicidas e 3 a 5 aplicações de inseticidas, sendo que 3 a 4 aplicações de fungicidas e inseticidas são feitas em conjunto. Estas aplicações são realizadas no período de novembro do ano corrente a julho do ano seguinte. Em média, cada aplicação de fungicida demora 1 hora/ha, tal como cada aplicação de inseticida. A pulverização de produtos fitofarmacêuticos aplica-se à totalidade dos 20 hectares do pomar de cerejeiras, embora nas cerejeiras até 3 anos (6 hectares) essa aplicação seja reduzida para um terço. No entanto, é necessário referir que o número de aplicações destes produtos está condicionado pelas condições climatéricas ao longo do ano produtivo, com especial ênfase na fase de abrolhamento e floração.

A aplicação destes produtos é feita com recurso a um pulverizador de jato transportado, mais conhecido como turbina (Figura 21).



Figura 21 – Pulverização de produtos fitofarmacêuticos (Barros, 2017).

## Rega

Na Frutas com Vida utiliza-se o sistema de rega localizada de gota-a-gota. O pomar é regado 3 vezes por semana durante 5 horas por dia, o que totaliza 15 horas de rega por semana. A rega é aplicada à totalidade dos 20 hectares do pomar de cerejeiras. O período de rega é variável, consoante as condições climatéricas, e situa-se entre março/abril e setembro/outubro.

O sistema de rega gota-a-gota apresenta as vantagens, por ser um sistema localizado, de manter sempre o solo com a humidade necessária, gerando boas produções. A água é distribuída em baixa intensidade e alta frequência diretamente na zona das raízes das plantas através de gotejadores. O sistema de rega é constituído pelas condutas de rega principais e secundárias, filtros, ramais e gotejadores (Figura 22). O sistema de extração e bombagem da água é totalmente elétrico, sendo assim, em termos de impactes ambientais, bastante mais positivo do que o uso de um sistema à base de um motor diesel.

O consumo de água anual na rega é de 2.028 m<sup>3</sup>/ha. Existem 2.000 gotejadores/ha e têm um consumo de 2,6 litros/gotejador/hora. Como referido, o pomar é regado 15 horas/semana, o que quer dizer que são consumidos 78.000 litros/ha/semana (2,6×2.000×15), ou seja, 78 m<sup>3</sup>/ha/semana. Em média, a rega tem a duração de 26 semanas, o que totaliza o consumo anual de 2.028 m<sup>3</sup>/ha (78×26).



Figura 22 - Sistema de rega localizada de gota-a-gota (IndiaMART, s.d.).

## Aplicação de Herbicida e Fertilizantes

Como referido na análise relativa à manutenção do solo, como técnica de manutenção por solo não mobilizado é aplicado herbicida nas linhas do pomar. O herbicida aplicado consiste em glifosato. Para além disso, são aplicados fertilizantes que consistem em azoto, potássio, fósforo, zinco, enxofre, magnésio, boro e cálcio. O herbicida é aplicado 2 vezes por ano, geralmente em março e novembro, e cada aplicação demora 2 horas/ha. Estas aplicações abrangem a totalidade dos 20 hectares do pomar de cerejeiras.

A distribuição de fertilizantes em adubação de cobertura demora 1 hora/ha e é feita apenas 1 vez por ano. As aplicações foliares de fertilizantes são feitas conjuntamente com as aplicações de

fungicidas e/ou inseticidas, pelo que o seu tempo não é contabilizado, tal como acontece com a fertirrigação visto que é contemplada na rega.

O herbicida é aplicado com recurso a um pulverizador de jato projetado com barra (Figura 23), enquanto que os fertilizantes são aplicados por um distribuidor de adubos, um pulverizador de jato transportado e fertirrigação.



Figura 23 - Pulverização de herbicidas (Stokstad, 2019).

## Colheita

Na Frutas com Vida, a cereja é colhida manualmente e é colocada em caixas de 10 kg que são transportadas por 2 a 3 carrinhas até ao armazém que, inclusivamente, se encontra entre parcelas de cerejeiras no pomar. Estas viagens do pomar até ao armazém são bastante frequentes, não permitindo concentrar muita produção no campo depois de colhida para evitar a exposição solar e temperaturas elevadas. As viagens do pomar para o armazém são bastante variáveis uma vez que, como o armazém se situa entre as parcelas, podem ser apenas alguns metros de distância ou podem ser viagens entre 5 a 10 minutos de carrinha que são feitas à temperatura ambiente (20 a 25°C) e humidade relativa ambiente (40 a 60%). Durante a colheita não é utilizado o trator.

O período de colheita varia consoante a cultivar, mas situa-se no período entre maio e junho. A colheita abrange apenas as cerejeiras em plena produção, isto é, 14 hectares e tem a duração de 650 a 800 horas/ha.

## Cálculo das Emissões do Período de Produção para o Ar

O consumo de combustível é difícil de calcular uma vez que a potência das máquinas agrícolas pode variar, tal como o seu consumo. Segundo o relatório *Energy Prices and Taxes for OECD Countries: Database Documentation (1st Quarter 2020)*, a densidade do combustível diesel em Portugal é de 0,837 kg/l (IEA, 2020). Assim, para o cálculo do consumo de combustível diesel da maquinaria agrícola é considerado uma densidade do combustível de 0,837 kg/l e uma potência

do trator de 60 cavalos (cv). De acordo com ASABE (2011), é possível obter o consumo de combustível do trator através da Equação 6 (como citado em Grisso *et al.*, 2014).

$$C_{ijk} = 0,1666 \times P_{ik} \quad (6)$$

Onde:

$C_{ijk}$  = consumo de combustível j na execução da operação i com a máquina k [l/h]

$P_{ik}$  = potência da máquina k utilizada na operação i [cv]

Na Tabela 11, encontram-se os consumos de combustível da maquinaria agrícola referentes a cada operação agrícola durante o período de produção.

Tabela 11 - Consumo de combustível da maquinaria agrícola por operação agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar.

Operações agrícolas	Maquinaria agrícola utilizada	Duração total anual da operação agrícola [h/ha]	Consumo de combustível do equipamento [l/h]	Consumo total anual de litros de combustível por operação agrícola [l/ha]
Manutenção do solo (Enrelvamento)	Trator: 60 cv Destroçador/Capinadeira	8	9,9935	79,9479
Pulverização de produtos fitofarmacêuticos (Fungicidas e Inseticidas)	Trator: 60 cv Pulverizador de pressão de jato transportado	7	9,9935	69,9544
Aplicação de herbicida	Trator: 60 cv Pulverizador de pressão de jato transportado com barra	4	9,9935	39,9739
Aplicação de fertilizantes (Fertilização de cobertura)	Trator: 60 cv Distribuidor de adubo	1	9,9935	9,9935
Total				199,8697

De acordo com o relatório *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* e o IPCC (2006), o cálculo das emissões resultantes da queima de combustível pode ser efetuado a partir de três métodos: *Tier 1*, *Tier 2* e *Tier 3* presentes nesse mesmo relatório (Pereira *et al.*, 2015). O *Tier 1* é o método mais básico uma vez que é aquele que requer uma menor quantidade de informação, enquanto que o *Tier 2* é mais adequado a situações mais complexas e em países

onde existam fatores de emissão específicos. O Tier 3 é o método mais complexo e que exige acesso a uma quantidade muito superior de informação e dados.

As emissões da queima de combustível da maquinaria agrícola utilizada no período de produção na Frutas com Vidas podem ser calculadas, segundo o relatório *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019*, através da Equação 7 (Winther & Dore, 2019):

$$E_{poluente} = \sum_{tipo\ de\ combustivel} (FC_{tipo\ de\ combustivel} \times EF_{poluente}) \quad (7)$$

Onde:

$E_{poluente}$  = emissões específicas para cada poluente [kg ou g]

$FC_{tipo\ de\ combustivel}$  = consumo de combustível para cada categoria de combustível utilizado [kg]

$EF_{poluente}$  = fator de emissão para cada tipo de combustível [g/kg]

Como referido anteriormente, considera-se a densidade do combustível diesel em Portugal de 0,837 kg/l (IEA, 2020). Assim, as emissões resultantes da queima de combustível da maquinaria agrícola na Frutas com Vida durante o período de produção estão representadas na Tabela 12:

Tabela 12 – Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível da maquinaria agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar.

<i>Inputs</i>	Unidade		Período de produção
Diesel	kg		167,2910
Emissões	Fator de emissão do poluente para a maquinaria agrícola	Unidade	Período de Produção
CO <sub>2</sub>	3,160 kg de CO <sub>2</sub> /kg de combustível	kg	528,6395
CH <sub>4</sub>	0,087 g de CH <sub>4</sub> /kg de combustível	g	14,5543
NM VOC	3,542 g de NM VOC/kg de combustível	g	592,5446
NO <sub>x</sub>	34,457 g de NO <sub>x</sub> /kg de combustível	g	5.764,3451
N <sub>2</sub> O	0,136 g de N <sub>2</sub> O /kg de combustível	g	22,7516
NH <sub>3</sub>	0,008 g de NH <sub>3</sub> /kg de combustível	g	1,3383
CO	11,469 g de CO/kg de combustível	g	1.918,6602
SO <sub>2</sub>	0,0004 g de SO <sub>2</sub> /g de combustível	g	0,1338

### **Cálculo das Emissões do Período de Produção para o Solo**

Durante o período de produção, são aplicados vários produtos no solo como fertilizantes, herbicidas, fungicidas e pesticidas. O objetivo da utilização destes produtos passa por estimular a produção agrícola e proteger o pomar de possíveis doenças e pragas. É importante registar que estas aplicações são muito variáveis consoante a época produtiva e as condições climáticas, uma vez que estas podem ser mais ou menos favoráveis ao desenvolvimento de doenças, sendo adequadas as quantidades de produtos aplicadas em função dessas condições.

Nesse sentido, as aplicações de fertilizantes, herbicida, fungicidas e pesticidas praticadas na Frutas com Vida estão presentes na Tabela 13:

Tabela 13 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo no período de produção para a UF de 1 ha de pomar.

Produtos aplicados	Quantidade utilizada por aplicação [kg/ha]	Número de aplicações por ano	Quantidade total anual aplicada [kg/ha]
<b>1. Fungicidas</b>			
Oxicloreto de cobre ( $H_3ClCu_2O_3$ )	4	3	12
Zirame ( $C_6H_{12}N_2S_4Zn$ )	2	2	4
Difenoconazol ( $C_{19}H_{17}Cl_2N_3O_3$ )	0,45	1	0,45
Ciprodinil ( $C_{14}H_{15}N_3$ )	0,5	1	0,5
Fenbuconazol ( $C_{19}H_{17}ClN_4$ )	1,77	1	1,77
<b>Total</b>			<b>18,72</b>
<b>2. Inseticidas</b>			
Flonicamida ( $C_9H_6F_3N_3O$ )	0,140	1	0,140
Deltametrina ( $C_{22}H_{19}Br_2NO_3$ )	0,75	2	1,5
Lambda-cialotrina ( $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$ )	0,1625	2	0,325
Tiaclopride ( $C_{10}H_9ClN_4S$ )	0,292	2	0,584
<b>Total</b>			<b>2,549</b>
<b>3. Herbicida</b>			
Glifosato ( $C_3H_8NO_5P$ )	6,8	2	13,6
<b>4. Fertilizantes</b>			
Azoto (N)	55	1	55
Fósforo (P)	25	1	25
Potássio (K)	70	1	70
Cálcio (Ca)	-	-	25
Magnésio (Mg)	-	-	23
Boro (B)	-	-	3
Zinco (Zn)	-	-	2
Enxofre (S)	-	-	75
<b>Total</b>			<b>278</b>

A aplicação dos fungicidas está dependente das condições climáticas, visto que se houver condições favoráveis para o desenvolvimento de doenças, nomeadamente crivado e, sobretudo, moniliose, podem efetuar-se 2 a 3 aplicações anuais de produtos específicos como o difenoconazol, ciprodinil e fenbuconazol. Caso contrário, será feita apenas 1 aplicação para estas doenças por

ano. No estudo foi considerado apenas 1 aplicação anual de difenoconazol, ciprodinil e fenebuconazol.

A aplicação de inseticidas também está dependente das condições climáticas. É necessário efetuar pelo menos 1 tratamento específico anual para afídeos (piolhos) mas, em determinados anos, é preciso fazer 2 tratamentos entre as seguintes opções: flonicamida, acetamiprida ou tiaclopride. No estudo foi considerado apenas 1 aplicação de flonicamida. Além disso, é necessário fazer 1 ou 2 tratamentos para moscas (excepcionalmente podem ser feitas 3 a 4 aplicações, sobretudo nas cultivares mais tardias), com deltametrina, lambda-cialotrina e tiaclopride. No estudo foram consideradas 2 aplicações destes três compostos.

A aplicação de fertilizantes também é muito variável. Por isso, para algumas substâncias é difícil calcular a quantidade de cada produto aplicado em cada tratamento e apenas é possível determinar a quantidade total anual aplicada.

Para além das emissões para o solo, os fertilizantes também provocam emissões para o ar de CO<sub>2</sub> eq. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do IPCC (2006), o fator de emissão dos fertilizantes à base de azoto é de 6,163 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante à base de azoto. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 8.

$$E_{\text{fertilizante de azoto}} = 6,163 \times Q_{\text{fertilizante de azoto}} \quad (8)$$

Onde:

$E_{\text{fertilizante de azoto}}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de azoto no solo [kg CO<sub>2</sub> eq/ha]

6,163 = fator de emissão para o fertilizante de azoto [kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante de azoto aplicado no solo]

$Q_{\text{fertilizante de azoto}}$  = quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [kg de fertilizante de azoto/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 55 kg/ha de fertilizante de azoto, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de fertilizante de azoto no solo foi de 338,965 kg CO<sub>2</sub> eq/ha.

Os fertilizantes à base de fósforo também provocam emissões para o ar de CO<sub>2</sub> eq. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do *The National Non-Food Crops Centre*, o fator de emissão dos fertilizantes à base de fósforo é de 1,859 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante à base de fósforo. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 9.

$$E_{\text{fertilizante de fósforo}} = 1,859 \times Q_{\text{fertilizante de fósforo}} \quad (9)$$

Onde:

$E_{fertilizante\ de\ fósforo}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de fósforo no solo [kg CO<sub>2</sub> eq/ha]

1,859 = fator de emissão para o fertilizante de fósforo [kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante de fósforo aplicado no solo]

$Q_{fertilizante\ de\ fósforo}$  = quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [kg de fertilizante de fósforo/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 25 kg/ha de fertilizante de fósforo, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de fertilizante de fósforo no solo foi de 46,475 kg CO<sub>2</sub> eq/ha.

Os fertilizantes à base de potássio também provocam emissões para o ar de CO<sub>2</sub> eq. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do *The National Non-Food Crops Centre*, o fator de emissão dos fertilizantes à base de potássio é de 1,770 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante à base de potássio. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 10.

$$E_{fertilizante\ de\ potássio} = 1,770 \times Q_{fertilizante\ de\ potássio} \quad (10)$$

Onde:

$E_{fertilizante\ de\ potássio}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de fertilizante de potássio no solo [kg CO<sub>2</sub> eq/ha]

1,770 = fator de emissão para o fertilizante de potássio [kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante de potássio aplicado no solo]

$Q_{fertilizante\ de\ potássio}$  = quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [kg de fertilizante de potássio/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 70 kg/ha de fertilizante de potássio, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de fertilizante de potássio no solo foi de 123,9 kg CO<sub>2</sub> eq/ha.

Para além das emissões para o solo, os fertilizantes à base de azoto também provocam emissões diretas para o ar devido à degradação da matéria orgânica, libertando azoto fixado no solo. Segundo o IPCC (2006) e o relatório *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2017*, essas emissões diretas para o ar podem ser calculadas pela Equação 11.

$$E_{N_2O\ direta} = F_{AS} \times 0,01 \times \frac{44}{28} \quad (11)$$

Onde:

$E_{N_2O\ direta}$  = emissão direta de N<sub>2</sub>O resultante da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo [kg N<sub>2</sub>O/ha]

$F_{AS}$  = quantidade de fertilizantes à base de azoto aplicada no solo [kg N/ha]

0,01 = fator de emissão para emissões de N<sub>2</sub>O resultantes da quantidade de fertilizantes à base de azoto aplicada no solo [kg N<sub>2</sub>O-N/kg de N aplicado no solo]

44/28 = fator de conversão de emissões de N<sub>2</sub>O-N para emissões de N<sub>2</sub>O

Assim, tendo em conta que são aplicados 55 kg/ha de fertilizantes à base de azoto, a emissão direta de N<sub>2</sub>O para o ar resultante da aplicação de fertilizantes à base de azoto foi de 0,8643 kg N<sub>2</sub>O/ha.

Os fertilizantes à base de azoto, conjuntamente com as emissões diretas, também têm emissões indiretas de N<sub>2</sub>O para o ar devido à volatilização e deposição atmosférica do azoto aplicado no solo. O azoto é volatilizado na forma de NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> e, por vezes, uma fração desse azoto volatilizado regressa ao solo e é reemitido como N<sub>2</sub>O. Assim, conforme o IPCC (2006) e o relatório *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2017*, as emissões indiretas de N<sub>2</sub>O resultantes da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo podem ser calculadas pela Equação 12.

$$N_2O_{(DAT)} = F_{AS} \times 0,083 \times 0,010 \times \frac{44}{28} \quad (12)$$

Onde:

$N_2O_{(DAT)}$  = emissão indireta de N<sub>2</sub>O resultante da deposição atmosférica do azoto volatilizado aplicado no solo [kg N<sub>2</sub>O/ha]

$F_{AS}$  = quantidade de fertilizantes à base de azoto aplicada no solo [kg N/ha]

0,083 = fração do azoto aplicado no solo que volatiliza como NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> [kg de N volatilizado/kg de N aplicado no solo] (valor português para os anos de 2016 e 2017)

0,010 = fator de emissão para as emissões de N<sub>2</sub>O resultante da deposição atmosférica de N no solo [kg de N<sub>2</sub>O-N/kg de NH<sub>3</sub>-N+NO<sub>x</sub>-N volatilizado]

44/28 = fator de conversão de emissões de N<sub>2</sub>O-N para emissões de N<sub>2</sub>O

Assim, tendo em conta que são aplicados 55 kg/ha de fertilizantes à base de azoto, a emissão indireta de N<sub>2</sub>O para o ar resultante da aplicação de fertilizantes à base de azoto foi de 0,0717 kg N<sub>2</sub>O/ha.

Os fungicidas aplicados no solo também são uma fonte de emissões de GEE para o ar. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do *The National Non-Food Crops Centre*, o fator de emissão dos fungicidas é de 3,303 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fungicida aplicado. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 13.

$$E_{fungicidas} = 3,303 \times Q_{fungicidas} \quad (13)$$

Onde:

$E_{fungicidas}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de fungicidas no solo [kg CO<sub>2</sub> eq/ha]

3,303 = fator de emissão para os fungicidas [kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fungicidas aplicados no solo]

$Q_{fungicidas}$  = quantidade de fungicidas aplicados no solo [kg de fungicidas/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 18,72 kg/ha de fungicidas, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de fungicidas no solo foi de 61,83216 kg CO<sub>2 eq</sub>/ha.

Os inseticidas aplicados no solo são igualmente uma fonte de emissões de GEE para o ar. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do *The National Non-Food Crops Centre*, o fator de emissão dos inseticidas é de 4,744 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de inseticida aplicado. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 14.

$$E_{inseticidas} = 4,744 \times Q_{inseticidas} \quad (14)$$

Onde:

$E_{inseticidas}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de inseticidas no solo [kg CO<sub>2 eq</sub>/ha]

4,744 = fator de emissão para os inseticidas [kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de inseticidas aplicados no solo]

$Q_{inseticidas}$  = quantidade de inseticidas aplicados no solo [kg de inseticidas/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 2,549 kg/ha de inseticidas, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de inseticidas no solo foi de 12,092456 kg CO<sub>2 eq</sub>/ha.

Os herbicidas aplicados no solo também são uma fonte de emissões de GEE para o ar. Segundo Hughes *et al.* (2011), que utilizou dados do *The National Non-Food Crops Centre*, o fator de emissão dos herbicidas é de 5,076 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de herbicida aplicado. Assim, as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser calculadas pela Equação 15.

$$E_{herbicidas} = 5,076 \times Q_{herbicidas} \quad (15)$$

Onde:

$E_{herbicidas}$  = emissão de CO<sub>2</sub> resultante da aplicação de herbicidas no solo [kg CO<sub>2 eq</sub>/ha]

5,076 = fator de emissão para os herbicidas [kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de herbicidas aplicados no solo]

$Q_{herbicidas}$  = quantidade de herbicidas aplicados no solo [kg de herbicidas/ha]

Assim, tendo em conta que são aplicados 13,6 kg/ha de herbicidas, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante da aplicação de herbicidas no solo foi de 69,0336 kg CO<sub>2 eq</sub>/ha.

## **Consumo Energético do Período de Produção**

A avaliação do consumo energético do período de produção pode ser efetuada, segundo Tricase *et al.* (2017), através da conversão dos consumos em unidades equivalentes de energia.

De acordo com Demircan *et al.* (2006), a conversão do combustível utilizado no consumo de energia equivalente, expresso em Megajoule (MJ), é dada pela Equação 16.

$$E = 56,31 \times S \quad (16)$$

Onde:

$E$  = energia equivalente consumida por operação [MJ/ha]

$S$  = combustível consumido por operação [l]

A poda da cerejeira é realizada por tesouras elétricas Makita alimentadas por baterias de lítio carregadas em coletes às costas pelo operador. Estas tesouras elétricas têm um consumo de 0,144 kWh. A duração total da poda é 55,5 h/ha, logo as tesouras elétricas consomem 7,992 kWh/ha. Assim, segundo Demircan *et al.* (2006), a conversão da eletricidade utilizada durante a poda no consumo de energia equivalente, expresso em Megajoule (MJ), é dada pela Equação 17.

$$U = 3,6 \times T \quad (17)$$

Onde:

$U$  = energia equivalente consumida na operação da poda [MJ/ha]

$T$  = eletricidade consumida na operação da poda [kWh]

Na Tabela 14, encontram-se os consumos energéticos referentes a cada operação agrícola durante o período de produção.

Tabela 14 - Consumo de energia por operação agrícola no período de produção para a UF de 1 ha de pomar.

Operações agrícolas	Maquinaria agrícola utilizada	Duração total anual da operação agrícola [h/ha]	Consumo de combustível do equipamento [l/h]	Consumo total anual de litros de combustível por operação agrícola [l/ha]	Energia total anual consumida por operação agrícola [MJ/ha]
Poda	Tesoura elétrica Makita alimentada por baterias de lítio de 2x18 V e 4,0 Ah	55,5	-	-	28,7712
Manutenção do solo (Enrelvamento)	Trator: 60 cv Destroçador/Capina deira	8	9,9935	79,9479	4.501,8661
Pulverização de produtos fitofarmacêuticos (Fungicidas e Inseticidas)	Trator: 60 cv Pulverizador de pressão de jato transportado	7	9,9935	69,9544	3.939,1328
Aplicação de herbicida	Trator: 60 cv Pulverizador de pressão de jato transportado com barra	4	9,9935	39,9739	2.250,9330
Aplicação de fertilizante (Fertilização de cobertura)	Trator: 60 cv Distribuidor de adubo	1	9,9935	9,9935	562,7333
Total				199,8697	11.283,4364

O consumo energético equivalente à quantidade de água consumida na rega, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 18.

$$A = 0,63 \times W \quad (18)$$

onde:

A= energia equivalente consumida pela água utilizada para a rega do pomar [MJ/ha]

W = água consumida para a rega do pomar [m<sup>3</sup>]

O consumo de água para a rega anual na Frutas com Vida foi de 2.028 m<sup>3</sup>/ha. Assim, a energia total anual consumida pela água utilizada para a rega do pomar foi de 1.277,64 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de fungicidas aplicados no solo, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 19.

$$B = 216 \times F \quad (19)$$

Onde:

$B$  = energia equivalente à quantidade de fungicidas aplicados no solo [MJ/ha]

$F$  = quantidade de fungicidas aplicados no solo [kg]

A quantidade de fungicidas aplicados no solo na Frutas com Vida foi de 18,72 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de fungicidas aplicados no solo foi de 4.043,52 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de inseticidas aplicados no solo, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 20.

$$C = 101,2 \times I \quad (20)$$

Onde:

$C$  = energia equivalente à quantidade de inseticidas aplicados no solo [MJ/ha]

$I$  = quantidade de inseticidas aplicados no solo [kg]

A quantidade de inseticidas aplicados no solo na Frutas com Vida foi de 2,549 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de inseticidas aplicados no solo foi de 257,9588 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 21.

$$D = 66,14 \times N \quad (21)$$

onde:

$D$  = energia equivalente à quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [MJ/ha]

$N$  = quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo [kg]

A quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo na Frutas com Vida foi de 55 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de fertilizante de azoto aplicado no solo foi de 3.637,7 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 22.

$$G = 12,44 \times P \quad (22)$$

onde:

$G$  = energia equivalente à quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [MJ/ha]

$P$  = quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo [kg]

A quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo na Frutas com Vida foi de 25 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo foi de 311 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 23.

$$J = 11,15 \times K \quad (23)$$

onde:

$J$  = energia equivalente à quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [MJ/ha]

$K$  = quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo [kg]

A quantidade de fertilizante de potássio aplicado no solo na Frutas com Vida foi de 70 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de fertilizante de fósforo aplicado no solo foi de 780,5 MJ/ha.

O consumo energético equivalente à quantidade de herbicidas aplicados no solo, segundo Ozkan *et al.* (2004), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 24.

$$L = 238 \times H \quad (24)$$

onde:

$L$  = energia equivalente à quantidade de herbicidas aplicados no solo [MJ/ha]

$H$  = quantidade de herbicidas aplicados no solo [kg]

A quantidade de herbicidas aplicados no solo na Frutas com Vida foi de 13,6 kg/ha. Assim, a energia total anual consumida equivalente à quantidade de herbicidas aplicados no solo foi de 3.236,8 MJ/ha.

#### **4.2.3.2. Período Pós-colheita**

Após a colheita da cereja, esta segue um processo pós-colheita efetuado na Frutas com Vida, com destaque para o processamento, armazenamento e embalagem. Inicialmente, a cereja é transportada por carrinhas do pomar para o armazém, onde é armazenada e refrigerada na câmara de receção. Posteriormente, a cereja é processada, embalada e reencaminhada para a

câmara de expedição, seguindo-se o transporte para o cliente. Este processo pode ser observado mais detalhadamente na Figura 24.

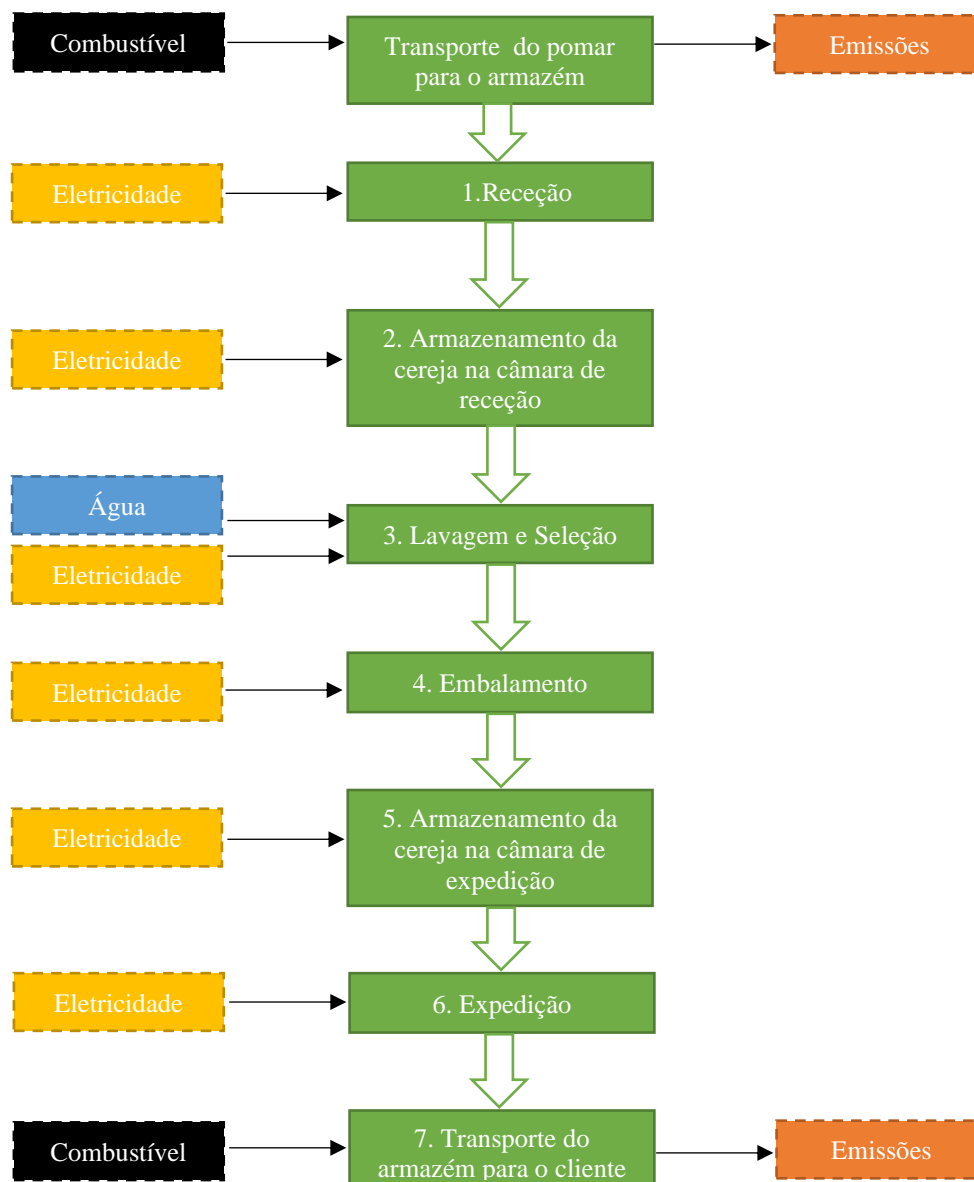


Figura 24 - Limites do sistema no período pós-colheita da cereja.

## Processamento

A atividade pós-colheita dos frutos é bastante sensível, uma vez que o fruto pode perder algumas propriedades como o valor nutritivo, qualidade intrínseca ou sabor. Assim, esta fase deve ser planeada e realizada de modo a tentar preservar ao máximo as características da cereja colhida.

Na Frutas com Vida, o processamento da cereja, após a recepção e refrigeração na câmara de recepção, segue uma série de etapas até ao respetivo embalamento. Numa primeira fase do processamento, as cerejas são lavadas no tegão de lavagem para a remoção de possíveis resíduos. De seguida, a cereja segue para o tapete de escolha/calibração onde é escolhida segundo o calibre,

peso, qualidade, entre outros critérios. A última etapa consiste no embalamento, onde as cerejas são transferidas do tapete para as respectivas embalagens. Na Figura 25, está representado um sistema de lavagem, seleção e embalamento de cereja.

Durante a fase de lavagem da cereja são consumidos 12.000 litros/ano de água, isto é, 12 m<sup>3</sup>/ano.



Figura 25 - Sistema de lavagem, seleção e embalamento de cereja (Gramaser, 2019).

## **Armazenamento**

Na Frutas com Vida, o armazenamento das cerejas é feito nas câmaras de refrigeração. A refrigeração desempenha um papel importante na preservação das propriedades da cereja na fase pós-colheita uma vez que a manutenção da temperatura e humidade relativa do ar adequadas são essenciais para esse propósito. A empresa não dispõe de um sistema de pré-arrefecimento, mas está munida de 3 câmaras de refrigeração.

A cereja deve ser armazenada a temperaturas entre os 0 °C e 4 °C numa atmosfera com humidade relativa do ar entre os 90% e 95%. Na Frutas com Vida, a cereja é armazenada a temperaturas entre os 2 °C e 3 °C e a humidade relativa do ar situa-se nos 90%. Assim, é possível verificar que as condições de refrigeração na empresa encontram-se dentro dos parâmetros recomendados. Em alternativa, a cereja poderia ser armazenada numa atmosfera modificada que permitiria a manipulação dos gases dentro das câmaras, proporcionando condições de maior qualidade para a conservação da fruta. No entanto, a Frutas com Vida não opera com atmosfera modificada. Na Figura 26 é possível observar uma câmara de refrigeração.

Não foi possível apurar o consumo de eletricidade relativo ao armazenamento da cereja pois os produtores não tinham esse registo. No entanto, o relatório “Caracterização do Sector Agroalimentar por Fileira” do projeto *InovEnergy* apresenta os consumos de eletricidade para o armazenamento de produtos hortofrutícolas de várias empresas da zona Centro. Uma das conclusões desse relatório foi que se verificou uma relação linear quanto ao consumo de eletricidade uma vez que as empresas da fileira dos hortofrutícolas têm um consumo de acordo com a dimensão relativamente ao número de trabalhadores e toneladas de produtos produzidos.

Nesse sentido, a empresa FH1 presente neste relatório, sediada em Orjais, apresenta uma produção total de 400 toneladas, 2 trabalhadores permanentes e possui 3 câmaras de refrigeração, resultando num consumo de eletricidade referente ao armazenamento da fruta de 25.521 kWh. Estes dados são bastante similares aos da Fruta com Vida visto que também possui 3 câmaras de refrigeração, a produção anual é de 435 toneladas e tem 4 trabalhadores permanentes. Assim, na falta de melhor informação, será considerado um consumo elétrico de 25.521 kWh para o armazenamento da fruta na Frutas com Vida, resultando num consumo de 58,67 kWh/ton (InovEnergy, 2012).



Figura 26 - Câmara de refrigeração (DirectIndustry, s.d.).

## Transporte

O transporte das cerejas é dividido em duas fases: transporte do pomar para o armazém e transporte do armazém para o cliente. As viagens do pomar para o armazém são bastante curtas e têm uma distância variável, uma vez que o armazém se encontra inclusivamente no meio de parcelas de cerejeiras, ou seja, há parcelas que distam poucos metros do armazém, enquanto que outras distam entre 1 e 5 quilómetros (5 a 10 minutos). Este transporte é feito à temperatura ambiente (20 °C a 25 °C) e humidade relativa ambiente (40% a 60%). A Frutas com Vida dispõe de 2 a 3 carrinhas movidas a diesel para fazer este transporte. Na segunda fase, o transporte das cerejas do armazém para o cliente é subcontratado e é realizado por um camião que demora 2 a 3 horas a completar o percurso de 200 a 250 quilómetros até ao cliente. Nesta viagem, as cerejas são transportadas a temperaturas entre os 2 °C e 5 °C e a humidade relativa do ar situa-se entre os 80% e 90%, ou seja, as condições térmicas de transporte são bastante aproximadas das recomendadas de modo a preservar a qualidade do produto. É possível observar o transporte através de camião na Figura 27.



Figura 27 - Transporte de cereja por camião (IT Supply Chain, 2019).

### **Cálculo das Emissões do Período Pós-colheita para o Ar**

O cálculo das emissões respeitantes ao transporte pode ser efetuado a partir dos métodos *Tier 2* e *Tier 3* do relatório *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* em consonância com IPCC (2006) (Pereira *et al.*, 2015). No estudo foi utilizado o *Tier 2*. Assim, através da Equação 25 é possível calcular as emissões dos transportes que, como referido anteriormente, será dividido para as emissões das carrinhas e as emissões do camião (Ntziachristos & Samaras, 2019).

$$E_{poluente} = \sum_{a,b,c} (M_{a,b,c} \times N_{a,b,c} \times EF_{a,b,c}) \quad (25)$$

Onde:

$E_{poluente}$  = emissões específicas para cada poluente, [kg ou g]

$M_{a,b,c}$  = distância percorrida pelo veículo, [km]

$N_{a,b,c}$  = número de veículos da frota

$EF_{a,b,c}$  = Fator de emissão do poluente de acordo com o tipo e tecnologia do veículo e o tipo de combustível

$a$  = Tipo de veículo

$b$  = Tipo de combustível

$c$  = Tecnologia do veículo

O relatório *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* (Ntziachristos & Samaras, 2019) também fornece o consumo médio de combustível/energia segundo o tipo de veículo e tecnologia. Assim, as carrinhas estão registadas entre os anos de 2000 a 2004. No estudo será considerada a categoria Euro 3 para a carrinha. O camião utilizado, como se trata de transporte subcontratado, nem sempre é o mesmo, todavia os camiões utilizados estão registados nos anos de 2017 e 2018. No estudo será considerada a categoria Euro 6 para o camião. Na Tabela 15, encontram-se os restantes dados das distâncias dos transportes na Frutas com Vida. Como explicado anteriormente, uma vez que a distância do transporte do pomar para o armazém é

variável (1 a 5 km) consoante a localização das parcelas, utilizou-se uma distância média de 2,5 km para cada viagem, ou seja, 5 km no total por cada ida e volta do pomar ao armazém. No caso do transporte para o cliente, como a distância é de 200 a 250 km, considerou-se uma média de 225 km por cada viagem, ou seja, 450 km por cada viagem de ida e volta do armazém para o cliente.

Tabela 15 - Dados relativos aos consumos e distâncias do transporte da cereja por cada viagem de ida e volta.

	Carrinha com peso bruto < 3,5 ton	Camião com peso bruto <=7,5 ton
Consumo combustível [g/km]	80	101
Consumo energético [MJ/km]	3,42	4,31
Distância percorrida [km]	5	450

Na Tabela 16 estão representados as quantidades de emissões de poluentes e o consumo de energia resultantes do transporte da cereja na Frutas com Vida, tendo em conta os fatores de emissão para as carrinhas e o camião.

Tabela 16 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível utilizado no transporte no período pós-colheita e respetivo consumo energético para a UF de 1 ton de cereja.

<i>Inputs</i>	Unidade	Carrinha com peso bruto < 3,5 ton	Camião com peso bruto <=7,5 ton
Fator de consumo de combustível	g/km	80	101
Distância total percorrida	km	7,1429	64,2857
Consumo de combustível	g	571,4286	6.492,8571
Consumo de combustível	l	0,4338	4,9205
Consumo energético	MJ	24,4286	277,0714

Tabela 17 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível utilizado no transporte no período pós-colheita e respetivo consumo energético para a UF de 1 ton de cereja (continuação).

Emissões	Fator de emissão do poluente para as carrinhas	Fator de emissão do poluente para o camião	Unidade	Carrinha com peso bruto < 3,5 ton	Camião com peso bruto <=7,5 ton
CO <sub>2</sub>	254,36 g/km	229,86 g/km	kg	1,8169	14,7767
CH <sub>4</sub>	0,00339 g/km	0,0013 g/km	g	0,0242	0,0836
NM VOC	0,094 g/km	0,005 g/km	g	0,6714	0,3214
NO <sub>2</sub>	1,03 g/km	0,180 g/km	g	7,3571	11,5714
N <sub>2</sub> O	0,00631 g/km	0,01242 g/km	g	0,0451	0,7984
NH <sub>3</sub>	0,0012 g/km	0,009 g/km NO <sub>2</sub> eq	g NO <sub>2</sub> eq	0,0086	0,5786
CO	0,473 g/km	0,047 g/km	g	3,3786	3,0214
SO <sub>2</sub>	0,0004 g de SO <sub>2</sub> /g de combustível		g	0,2286	2,5971

Para a realização dos cálculos da tabela anterior, foi considerado apenas um camião no transporte do armazém para o cliente porque é o suficiente para transportar uma tonelada de cereja e uma carrinha no transporte do pomar para o armazém uma vez que, apesar da Frutas com vida possuir três, é necessário pouco mais de uma viagem de ida e volta de uma carrinha para transportar uma tonelada de cereja e nem sempre as carrinhas são utilizadas em simultâneo. No cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O foram utilizados os fatores de emissão nacionais disponíveis no relatório *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 -2017* (Pereira *et al.* 2019). No cálculo dos restantes gases foram utilizados os fatores de emissão europeus presentes no relatório *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019* (Ntziachristos & Samaras, 2019).

A eletricidade consumida no armazenamento da cereja também é fonte de emissões para o ar derivado do seu consumo e respetiva transmissão e distribuição. Em consonância com os valores estatísticos da *International Energy Agency* para a produção bruta de eletricidade e calor referentes aos anos de 2012-2014, o *European Investment Bank* definiu um fator médio de emissão de 0,322 kg CO<sub>2</sub>/kWh de eletricidade consumida tendo em consideração a sua respetiva transmissão e distribuição (EIB, 2018). Assim, estas emissões resultantes do armazenamento da cereja são dadas segundo a Equação 26.

$$E_{eletricidade} = C_{eletricidade} \times 0,322 \quad (26)$$

onde:

$E_{\text{eletricidade}}$  = emissões de CO<sub>2</sub> para o ar resultantes da eletricidade consumida no armazenamento [kg CO<sub>2</sub> eq/ton de cereja produzido]

$C_{\text{eletricidade}}$  = consumo de eletricidade para o armazenamento da cereja [kWh/ton de cereja produzido]

Assim, tendo em conta que são consumidos 58,67 kWh/ton. de cereja produzido, a emissão de CO<sub>2</sub> para o ar resultante do consumo elétrico no armazenamento da cereja foi de 18,89174 kg CO<sub>2</sub> eq/ton de cereja produzido.

### **Consumo Energético do Período Pós-colheita**

Como referido na Tabela 16, o consumo energético equivalente ao consumo de combustível no transporte da cereja do pomar para o armazém foi de 24,4286 MJ/ton para a carrinha com peso bruto < 3,5 ton e no transporte do armazém para o cliente foi de 277,0714 MJ/ton para o camião com peso bruto <=7,5 ton.

O consumo energético equivalente ao consumo elétrico do armazenamento da cereja, segundo Demircan *et al.* (2006), expresso em Megajoule (MJ), é dado pela Equação 27.

$$O = 3,6 \times El \quad (27)$$

onde:

$O$  = energia equivalente ao consumo de eletricidade do armazenamento da cereja [MJ/ha]

$El$  = consumo de eletricidade do armazenamento da cereja [kWh/ton]

O consumo de eletricidade do armazenamento da cereja na Frutas com Vida foi de 58,67 kWh/ton. Assim, a energia total anual consumida equivalente ao consumo de eletricidade do armazenamento da cereja foi de 211,212 MJ/ton.

### **4.2.3.3. Cenários Alternativos do Sistema Produtivo**

#### **Cenários 1 e 2 – Cenários de Baixa e Alta Produção**

A quantidade de cereja produzida anualmente é muito variável, uma vez que está dependente da época produtiva e das condições climáticas, visto que estas podem ser mais ou menos favoráveis ao desenvolvimento de doenças e pragas. Na região agrícola da Beira Interior, a cereja registou quebras substanciais de produção em algumas épocas produtivas que variam entre, aproximadamente, 50% (quebra registada em 2007) e 60% (quebra registada em 2016). Estas quebras deveram-se principalmente a condições climáticas desfavoráveis e ataques de pragas.

Por outro lado, também existem anos, como em 2011 e 2015, em que as condições são favoráveis, originando um aumento total de produção entre os 25 % e 50% (INE, 2019b).

O objetivo deste cenário é fazer uma análise para os cenários de baixa e alta produção de cereja. No cenário de baixa produção considera-se uma quebra de produção devido às condições climáticas adversas e ao ataque de pragas e ocorrência de doenças no pomar, passando a produção de 10 ton/ha para 5 ton/ha. Este cenário vai necessariamente provocar um aumento das aplicações de produtos fitofarmacêuticos. No cenário de alta produção considera-se uma subida de produção (10 ton/ha para 15 ton/ha) influenciada por condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cereja, conduzindo à diminuição do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos.

As operações do período de produção baseiam-se na UF de 1 hectare de pomar, todavia também foi utilizada uma UF de 1 ton produzida para a comparação destes cenários. Os consumos referentes às operações agrícolas do período de produção mantêm-se inalterados nos dois cenários uma vez que não dependem da quantidade produzida, com exceção do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos. No período pós-colheita são consideradas as mesmas operações que no cenário real.



# Capítulo 5

## 5. Análise e Interpretação de Resultados

### 5.1. Introdução

A análise e interpretação dos resultados é a quarta e última fase da ACV, onde os resultados da análise do ICV e da AICV, tendo em consideração os objetivos e âmbito pré-definidos, são analisados de modo a retirar as conclusões possíveis a partir dos resultados obtidos (Roy *et al.*, 2009).

### 5.2. Análise do Consumo Energético

Nesta análise ao consumo energético, o objetivo é estudar quais as operações agrícolas mais consumidoras de energia. Assim, os três cenários analisados referidos anteriormente são:

**Cenário Real:** Produção real de cereja na Frutas com Vida (10 ton/ha de cerejeira em plena produção);

**Cenário 1:** Baixa produção de cereja na Frutas com Vida (5 ton/ha de cerejeira em plena produção);

**Cenário 2:** Alta produção de cereja na Frutas com Vida (15 ton/ha de cerejeira em plena produção).

Na Tabela 18 estão representados os valores do consumo energético por hectare para cada operação agrícola respeitante ao período de produção (poda, manutenção do solo, pulverização de produtos fitofarmacêuticos, rega, aplicação de herbicida e aplicação de fertilizantes) e também para as operações pós-colheita (transporte e armazém).

Tabela 18 - Consumo energético respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados [MJ/ha].

Inputs	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	Quant. de input utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]	Quant. de input utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]	Quant. de input utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]
<b>Período de Produção</b>						
<b>1. Poda</b>						
Eletricidade	7,992 kWh	28,7712	7,992 kWh	28,7712	7,992 kWh	28,7712
Subtotal		28,7712		28,7712		28,7712
<b>2. Manutenção do Solo (Enrelvamento)</b>						
Comb. diesel	79,9479 l	4.501,8661	79,9479 l	4.501,8661	79,9479 l	4.501,8661
Subtotal		4.501,8661		4.501,8661		4.501,8661
<b>3. Pulverização de produtos fitofarmacêuticos</b>						
Comb. diesel	69,9544 l	3.939,1328	89,9414 l	5.064,5993	39,9739 l	2.250,9330
Fungicidas	18,72 kg	4.043,52	21,44 kg	4.631,04	12,72 kg	2.747,52
Inseticidas	2,549 kg	257,9588	5,098 kg	515,9176	1,3445 kg	136,0634
Subtotal		8.240,6116		10.211,5569		5.134,5164
<b>4. Rega</b>						
Água	2.028 m <sup>3</sup>	1.277,64	2.028 m <sup>3</sup>	1.277,64	2.028 m <sup>3</sup>	1.277,64
Subtotal		1.277,64		1.277,64		1.277,64
<b>5. Aplicação de herbicida</b>						
Comb. diesel	39,9739 l	2.250,9330	39,9739 l	2.250,9330	39,9739 l	2.250,9330
Herbicida	13,6 kg	3.236,8	13,6 kg	3.236,8	13,6 kg	3.236,8
Subtotal		5.487,733		5.487,733		5.487,733
<b>6. Aplicação de fertilizantes</b>						
Comb. diesel	9,9935 l	562,7333	9,9935 l	562,7333	9,9935 l	562,7333
Fertilizantes						
Azoto	55 kg	3.637,7	55 kg	3.637,7	55 kg	3.637,7
Fósforo	25 kg	311	25 kg	311	25 kg	311
Potássio	70 kg	780,5	70 kg	780,5	70 kg	780,5
Subtotal		5.291,9333		5.291,9333		5.291,9333
<b>Total</b>						
Período de Produção		24.828,5552		26.799,5005		21.722,46

Tabela 19 - Consumo energético respeitante ao período de colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados [MJ/ha].

<i>Inputs</i>	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	Quant. de <i>input</i> utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]	Quant. de <i>input</i> utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]	Quant. de <i>input</i> utilizado por hectare	Energia total equivalente [MJ/ha]
Período colheita e Pós-colheita						
1. Transporte						
Combustível diesel do transporte do pomar para o armazém	4,3382 l	244,2857	2,1691 l	122,1429	6,5073	366,4286
Combustível diesel do transporte do armazém para o cliente	49,2047 l	2.770,7143	24,6023 l	1.385,3571	73,8070	4.156,0714
Subtotal		3.015		1.507,5		4.522,5
2. Armazém	586,7 kWh	2.112,12	349,6 kWh	1.258,56	758,1 kWh	2.729,16
Subtotal		2.112,12		1.258,56		2.729,16
Total Período Pós-colheita		5.127,12		2.766,06		7.251,66
Total Global		29.955,6752		29.565,5605		28.974,12

Para simplificar a análise e interpretação dos dados da Tabela 18, segue-se um gráfico respeitante ao período de produção do consumo energético por hectare (MJ/ha) para os vários cenários, como demonstrado na Figura 28.

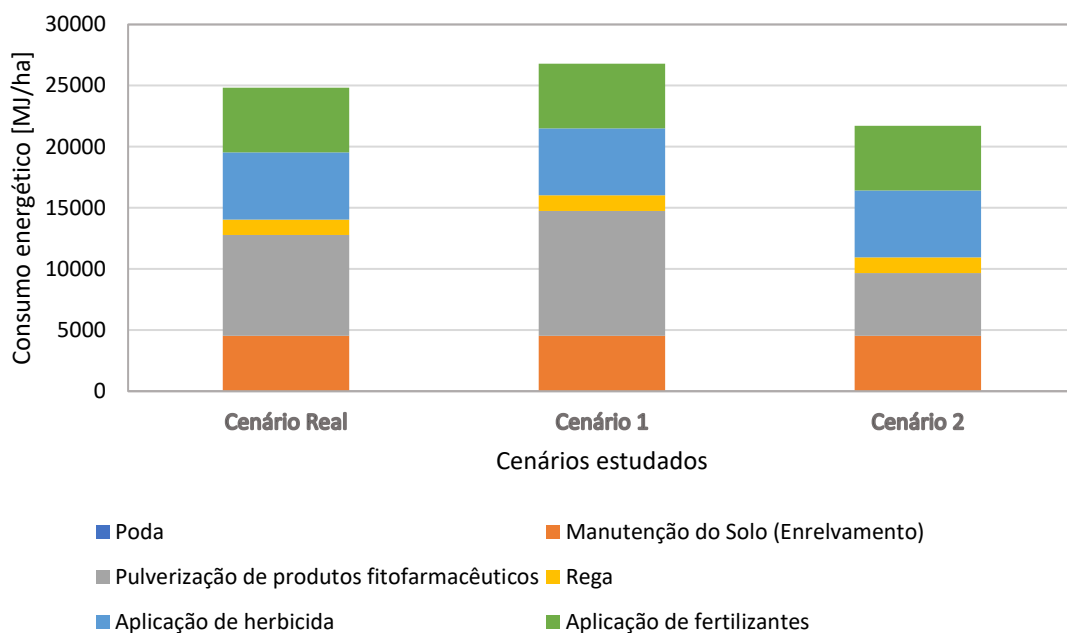


Figura 28 - Consumo energético por hectare (MJ/ha) respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados.

A análise da Tabela 18 e da Figura 28 permite verificar que o consumo energético respeitante ao período de produção é igual para os vários cenários em estudo, independentemente da produção, com exceção da pulverização de produtos fitofarmacêuticos. No período colheita e pós-colheita, os valores energéticos referentes ao transporte e armazém sofrem variações pois estão diretamente relacionados com a produção anual por hectare (ton/ha) que também sofre alterações em cada cenário.

No cenário real, a pulverização de produtos fitofarmacêuticos é responsável por 33% do consumo energético do período de produção, seguindo-se a aplicação de herbicida (22%) e a aplicação de fertilizantes (21%). Estes valores explicam-se principalmente pelo consumo de combustível diesel do trator que contribui com cerca de 48% do consumo energético da pulverização de produtos fitofarmacêuticos e 41% do consumo de energia da aplicação de herbicida, enquanto que na aplicação de fertilizantes apenas representa 11%. Na aplicação de fertilizantes, o fertilizante de azoto é responsável por 69% da energia consumida nesta operação. O azoto representa 77% da energia consumida pela totalidade dos fertilizantes aplicados, situando-se próximo de outros valores da literatura, como o estudo de Demircan *et al.* (2006) que indica que o azoto representa 84% da energia consumida entre os fertilizantes. O restante consumo energético do período de produção é distribuído pela manutenção do solo através do enrelvamento (18%), rega (5%) e poda (0,1%). É também importante registar que o consumo de combustível diesel do trator é responsável por 45% do consumo energético total do período de produção.

Comparando o consumo energético do cenário real referente ao período de produção (24.828,5552 MJ/ha), observa-se um aumento de 1.970,9453 MJ/ha para o consumo do cenário

1 relativamente ao mesmo período e uma diminuição de 3.106,0952 MJ/ha para o cenário 2 relativamente ao mesmo período. Esta variação resulta da pulverização de produtos fitofarmacêuticos, operação com maior consumo de energia para o cenário real e cenário 1 devido às quantidades de fungicidas e inseticidas aplicados no solo e ao combustível diesel consumido pelo trator durante esta operação. A diferença dos consumos energéticos referentes à pulverização de produtos fitofarmacêuticos é explicada pela variação da quantidade de produtos aplicados e respetivo consumo de combustível do trator. No cenário real, foram consideradas 7 aplicações destes produtos (6 aplicações de fungicidas com 3 aplicações de inseticidas em simultâneo e mais 1 aplicação de inseticidas isolada). No cenário 1 foram consideradas 9 aplicações destes produtos (6 aplicações de fungicidas com 3 aplicações de inseticidas em simultâneo e 1 aplicação de fungicidas e 2 aplicações de inseticidas isoladas), pois considerou-se uma quebra de produção devido às condições climáticas adversas e ao ataque de pragas, o que necessariamente provoca um aumento das pulverizações de produtos fitofarmacêuticos e conduz ao aumento do tempo de utilização do trator em 2 horas. No cenário 2 foram consideradas 4 aplicações destes produtos (4 aplicações de fungicidas com 2 aplicações de inseticidas em simultâneo), pois considerou-se um cenário de condições climáticas favoráveis e de difícil desenvolvimento de doenças e pragas, o que conduziu a uma diminuição das pulverizações de produtos fitofarmacêuticos e redução do tempo de utilização do trator em 3 horas.

Para o período de produção, comparativamente com o cenário real, o cenário 1 apresenta um ligeiro aumento do consumo da pulverização de produtos fitofarmacêuticos, situando a sua expressão em 38% do consumo energético total do período de produção, seguindo-se a aplicação de herbicidas (20,5%) e a aplicação de fertilizantes (19,7%) que diminuem a sua proporção. O restante consumo de energia do período de produção é distribuído pela manutenção do solo através do enrelvamento (18%), rega (5%) e poda (0,1%). A proporção do consumo de combustível diesel do trator sobe apenas 1% comparativamente com o cenário real, situando-se em 46% do consumo energético total do período de produção.

Para o período de produção, comparativamente com o cenário real, o cenário 2 apresenta uma ligeira diminuição do consumo da pulverização de produtos fitofarmacêuticos, diminuindo a sua expressão para 23,6% do consumo energético total do período de produção. No entanto, a aplicação de herbicidas aumenta a sua expressão e passa a ser a operação com maior consumo de energia do período de produção (25,3%). O restante consumo de energia deste período é distribuído pela aplicação de fertilizantes (24,4%), manutenção do solo através do enrelvamento (20,7%), rega (5,9%) e poda (0,1%). A proporção do consumo de combustível diesel do trator desce apenas 1% comparativamente com o cenário real, situando-se em 44% do consumo energético total do período de produção.

Na Figura 29, está representado o gráfico respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita do consumo energético por hectare (MJ/ha) para os vários cenários.

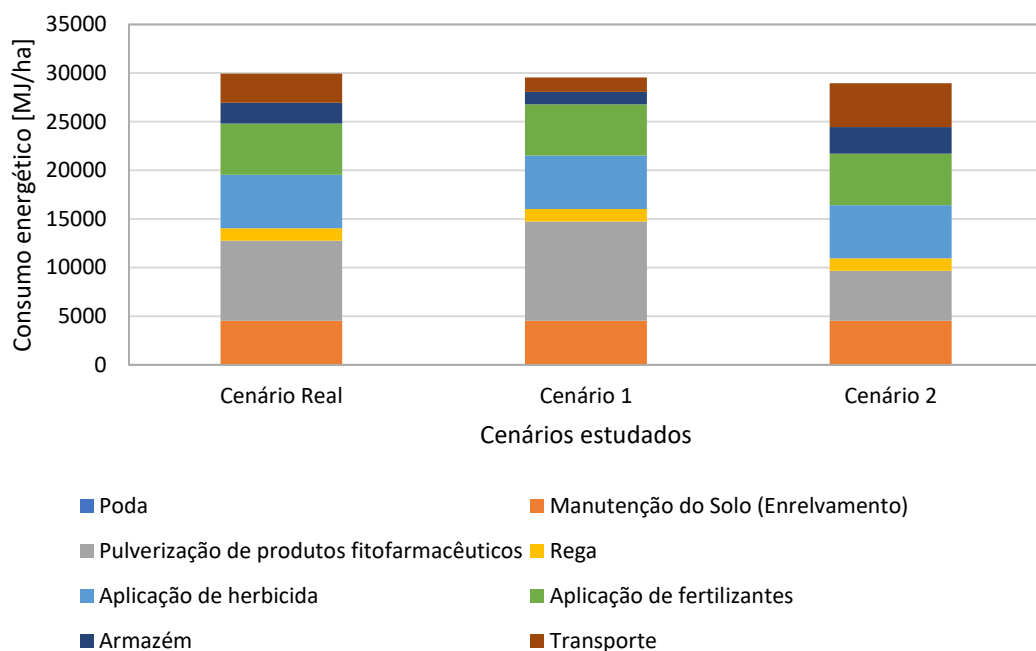


Figura 29 - Consumo energético por hectare (MJ/ha) respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados.

Analisando as Tabelas 18, 19 e a Figura 29 é possível fazer uma interpretação global do consumo energético “*from farm to market*”. Para o período pós-colheita no cenário real, o transporte representa 59% do consumo energético desta fase e o armazenamento é responsável pelos restantes 41%. Numa análise mais global, a pulverização de produtos fitofarmacêuticos é a operação mais consumidora de energia, sendo responsável por 27,5% do consumo energético total. Seguem-se a aplicação de herbicida (18,3%), a aplicação de fertilizantes (17,7%), manutenção do solo através do enrelvamento (15,0%), transporte (10,1%), armazém (7,1%), rega (4,3%) e poda (0,1%). O combustível diesel apresenta uma proporção de 47,6% do consumo energético global. Comparando estes valores com outros frutos, verifica-se que a proporção de 10,1% do transporte no consumo energético global está bastante próxima do resultado obtido de 12,3% no estudo de Gaspar *et al.* (2018) para o pêssego da Beira Interior. Nesse mesmo estudo, o combustível diesel apresenta também uma proporção bastante significativa de 28,9% no consumo energético total, embora seja inferior ao presente estudo da cereja. No estudo de Tricase *et al.* (2017) para a cereja na região de Apúlia, o combustível diesel apresenta uma proporção considerável de 59% do consumo energético total, estando em concordância com os valores obtidos no presente estudo da cereja do Fundão. O valor de 15,8% do consumo energético dos fertilizantes também está de acordo com o valor obtido 12% no estudo de Tricase *et al.* (2017). Comparando com o estudo de Demircan *et al.* (2006), é também possível verificar que a proporção de 4,3% da rega do consumo total de energia é relativamente semelhante aos 10,61% obtidos no estudo dos referidos autores.

Comparando o consumo energético global do cenário real (29.955,6752 MJ/ha), os cenários 1 e 2 não diferem muito ao nível das proporções de cada uma das operações, sendo possível verificar

uma ligeira diminuição de 390,1147 MJ/ha no consumo energético do cenário 1 e 981,5552 MJ/ha no consumo energético do cenário 2 para o mesmo período. O cenário 1 apresenta um ligeiro aumento do consumo energético da pulverização de produtos fitofarmacêuticos, situando a sua expressão em 34,5% do consumo energético global, seguindo-se a aplicação de herbicidas (18,6%) e a aplicação de fertilizantes (17,9%) que aumentam a sua proporção em apenas décimas percentuais. O restante consumo de energia global é distribuído pela manutenção do solo através do enrelvamento (15,2%), transporte (5,1%), armazém (4,3%), rega (4,3%) e poda (0,1%). A proporção do consumo de combustível diesel mantém-se praticamente inalterada comparativamente com o cenário real, situando-se em 47% do consumo energético global.

Comparativamente com o cenário real, o cenário 2 apresenta uma ligeira diminuição do consumo energético da pulverização de produtos fitofarmacêuticos, situando a sua expressão em 17,7% do consumo energético global. Assim, a aplicação de herbicidas passa a ser a operação com maior consumo energético global com cerca de 18,9%, seguindo-se a aplicação de fertilizantes (18,3%) que aumenta a sua proporção ligeiramente. O restante consumo de energia global é distribuído pelo transporte (15,6%), manutenção do solo através do enrelvamento (15,5%), armazém (9,4%), rega (4,4%) e poda (0,1%). A proporção do consumo de combustível diesel mantém-se praticamente inalterada, aumentando apenas 1% comparativamente com o cenário real, situando-se em 48,6% do consumo energético global.

Nas Tabelas 20 e 21 estão representados os valores do consumo energético por tonelada produzida para cada operação agrícola respeitante ao período de produção (poda, manutenção do solo, pulverização de produtos fitofarmacêuticos, rega, aplicação de herbicida e aplicação de fertilizantes) e também para as operações pós-colheita (transporte e armazém).

Tabela 20 - Consumo energético respeitante ao período de produção para os vários cenários estudados [MJ/ton].

Inputs	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	Quant. de input utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]	Quant. de input utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]	Quant. de input utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]
Período de Produção						
<b>1. Poda</b>						
Eletricidade	0,7992 kWh	2,87712	0,7992 kWh	5,75424	0,7992 kWh	1,91808
Subtotal		2,87712		5,75424		1,91808
<b>2. Manutenção do Solo (Enrelvamento)</b>						
Comb. diesel	7,99479 l	450,18661	7,99479 l	900,37322	7,99479 l	300,12441
Subtotal		450,18661		900,37322		450,18661
<b>3. Pulverização de produtos fitofarmacêuticos</b>						
Comb. diesel	6,99544 l	393,91328	8,99414 l	1.012,91986	3,99739 l	150,0622
Fungicidas	1,872 kg	404,352	2,144 kg	926,208	1,272 kg	183,168
Inseticidas	0,2549 kg	25,79588	0,5098 kg	103,18352	0,13445 kg	9,070893
Subtotal		824,06116		2.042,31138		342,301093
<b>4. Rega</b>						
Água	202,8 m <sup>3</sup>	127,764	202,8 m <sup>3</sup>	255,528	202,8 m <sup>3</sup>	85,176
Subtotal		127,764		255,528		85,176
<b>5. Aplicação de herbicida</b>						
Comb. diesel	3,99739 l	225,09330	3,99739 l	450,1866	3,99739 l	150,0622
Herbicida	1,36 kg	323,68	2,72 kg	647,36	0,91 kg	215,7867
Subtotal		548,7733		1.097,5466		365,8489
<b>6. Aplicação de fertilizantes</b>						
Comb. diesel	0,99935 l	56,27333	0,99935 l	112,54666	0,99935 l	37,51555
Fertilizantes						
Azoto	5,5 kg	363,77	5,5 kg	727,54	5,5 kg	242,5133
Fósforo	2,5 kg	31,1	2,5 kg	62,2	2,5 kg	20,7333
Potássio	7 kg	78,05	7 kg	156,1	7 kg	52,0333
Subtotal		529,19333		1.058,38666		352,79555
Total Período de Produção		2.482,85552		5.359,9001		1.598,22623

Tabela 21 - Consumo energético respeitante ao período de colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados [MJ/ton].

<i>Inputs</i>	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	Quant. de <i>input</i> utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]	Quant. de <i>input</i> utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]	Quant. de <i>input</i> utilizado por tonelada	Energia total equivalente [MJ/ton]
Período Pós-colheita						
1. Transporte						
Combustível diesel do transporte do pomar para o armazém	0,43382 l	24,42857	0,43382 l	24,42857	0,43382 l	24,42857
Combustível diesel do transporte do armazém para o cliente	4,92047 l	277,07143	4,92047 l	277,07143	4,92047 l	277,07143
Subtotal		301,5		301,5		301,5
2. Armazém	58,67 kWh	211,212	69,92 kWh	251,712	50,54 kWh	181,944
Subtotal		211,212		251,712		181,944
Total Período Pós-colheita		512,712		553,212		483,444
Total Global		2.995,56752		5.913,1121		2.081,67023

Os valores das Tabelas 20, 21 e do gráfico representado na Figura 30 para o consumo energético por tonelada produzida referente ao período de produção e pós-colheita são apenas indicativos e não refletem a realidade, pois a energia consumida no pomar é a mesma, independentemente da quantidade de cereja produzida, uma vez que as operações são realizadas por área do pomar. Por esse motivo, não é objeto de análise mais aprofundada.

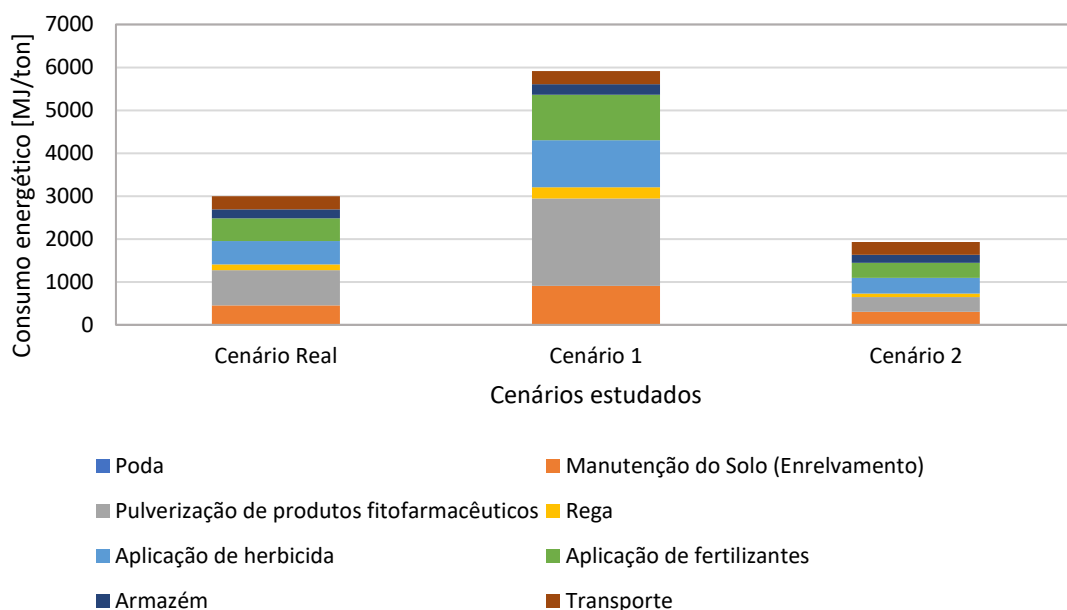


Figura 30 - Consumo energético por tonelada produzida (MJ/ton) respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados.

A utilização de uma UF baseada na massa torna mais representativo e acessível a compreensão da variação energética para os cenários estudados com diferentes produções. Nesse sentido, é possível observar que o consumo de energia é inversamente proporcional à quantidade produzida de cereja, tal como demonstra a Figura 30. Assim, para uma produção mais baixa (cenário 1) ocorre um maior consumo de energia (5.913,1121 MJ/ton), enquanto que para uma produção mais alta (cenário 2) ocorre um menor consumo de energia (2.081,67023 MJ/ton). Estas variações estão de acordo com Hemmati *et al.* (2013) que justifica as variações da relação energética do binómio *inputs* energéticos/produção pelo aumento do rendimento da colheita ou pela diminuição dos *inputs* energéticos.

Na Tabela 22, encontram-se os consumos energéticos resultantes da queima de combustível diesel durante o período de produção e pós-colheita para os vários cenários estudados, considerando a UF de 1 hectare explorado. É possível verificar que o consumo de energia proveniente da queima de combustível diesel é superior no cenário real (14.269,6652 MJ) comparando com o cenário 1 (13.887,6317 MJ) e o cenário 2 (14.088,9654 MJ). Analisando o cenário real e o cenário 1, conclui-se que o consumo de energia é menor no cenário 1 pois, apesar do aumento das horas de utilização do trator devido ao maior número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos, a produção diminui substancialmente ao ponto de a redução do combustível consumido no transporte do armazém para o cliente (1.385,357 MJ) ser superior ao aumento do combustível consumido pelo trator (1.125,4665 MJ). Analisando o cenário real e o cenário 2, conclui-se que o consumo de energia é menor no cenário 2 pois, apesar do aumento do combustível consumido no transporte do armazém para o cliente (1.385,357 MJ), a diminuição das horas de utilização do trator devido ao menor número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (1.688,1998 MJ) é superior ao aumento do combustível consumido nesse

transporte. Assim, é possível concluir que o cenário 2 com alta produção de cereja apresenta o maior rendimento energético ao nível do consumo de combustível diesel, visto que a produção por hectare é superior.

Tabela 22 - Consumo de energia resultante da queima de combustível diesel respeitante ao período de produção e pós-colheita para os vários cenários estudados para uma UF de 1 hectare.

<i>Inputs</i>	Unidade	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2
Período de Produção				
Diesel (trator)	kg	167,2910	184,0201	142,1973
	l	199,8697	219,8567	169,8893
	MJ	11.254,6652	12.380,1317	9.566,4654
Período colheita e Pós-colheita				
<i>Inputs</i>	Unidade	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2
Diesel (transporte do pomar para o armazém)	kg	5,714286	2,857143	8,571429
	l	4,338	2,169	6,507
	MJ	244,286	122,143	366,429
Diesel (transporte do armazém para o cliente)	kg	64,928571	32,4642855	97,3928565
	l	49,205	24,6025	73,8075
	MJ	2.770,714	1.385,357	4.156,071
Total	MJ	14.269,6652	13.887,6317	14.088,9654

### 5.3. Análise de Emissões

Na Tabela 23, encontram-se as emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível diesel, respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare explorado e uma UF de 1 kg de cereja produzido. Estas emissões foram calculadas a partir dos *inputs* energéticos presentes na Tabela 19. A análise da Tabela 23 permite verificar que está em consonância com a análise anterior à Tabela 19, ou seja, considerando uma UF de 1 hectare explorado, as emissões relativas ao transporte são menores no cenário 1 onde o consumo energético do transporte também é menor, enquanto que as emissões relativas ao transporte são superiores no cenário 2 onde o consumo energético é superior. Estas variações relativas ao transporte ocorrem uma vez que a totalidade das emissões está dependente de uma UF baseada na massa. Quanto às emissões relativas ao trator, considerando uma UF de 1 hectare explorado, verifica-se um aumento no cenário 1, visto que também aumenta o número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos, enquanto que essas mesmas emissões diminuem no cenário 2, visto que o número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos também reduz. No que diz respeito à análise para uma UF de 1 kg de cereja produzido, é possível verificar que, naturalmente, as emissões relativas ao transporte são iguais nos três cenários, pois as emissões resultantes do transporte de 1 kg de cereja são independentes da quantidade total produzida. Relativamente às emissões resultantes do trator, o raciocínio

realizado anteriormente referente à UF de 1 hectare, também se aplica à UF de 1 kg de cereja produzido, ou seja, as emissões aumentam no cenário 1, pois aumenta também o número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos, enquanto que essas mesmas emissões diminuem no cenário 2, uma vez que o número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos também diminui.

Tabela 23 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da queima de combustível diesel respeitante ao período de produção, colheita e pós-colheita para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido.

Emissões	Unid.	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
		UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]	UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]	UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]
Diesel (trator)							
CO <sub>2</sub>	kg	528,64	5.286,39×10 <sup>-5</sup>	581,50	11.630,07×10 <sup>-5</sup>	449,34	2.995,62×10 <sup>-5</sup>
CH <sub>4</sub>	g	14,55	145,54×10 <sup>-5</sup>	16,01	320,19×10 <sup>-5</sup>	12,37	82,48×10 <sup>-5</sup>
NMVOC	g	592,55	5.925,45×10 <sup>-5</sup>	651,80	13.035,98×10 <sup>-5</sup>	503,66	3.357,75×10 <sup>-5</sup>
NO <sub>x</sub>	g	5.764,35	57.643,45×10 <sup>-5</sup>	6.340,78	126.815,59×10 <sup>-5</sup>	4.899,69	3.266,46×10 <sup>-5</sup>
N <sub>2</sub> O	g	22,75	227,516×10 <sup>-5</sup>	25,03	500,53×10 <sup>-5</sup>	19,34	12,89×10 <sup>-5</sup>
NH <sub>3</sub>	g	1,34	13,38×10 <sup>-5</sup>	1,47	29,44×10 <sup>-5</sup>	1,14	7,58×10 <sup>-5</sup>
CO	g	1.918,66	19.186,60×10 <sup>-5</sup>	2.110,53	42.210,52×10 <sup>-5</sup>	1.630,86	1.087,24×10 <sup>-5</sup>
SO <sub>2</sub>	g	0,13	1,34×10 <sup>-5</sup>	0,15	2,94×10 <sup>-5</sup>	0,11	0,76×10 <sup>-5</sup>
Diesel (pomar-armazém)							
CO <sub>2</sub>	kg	18,17	181,69×10 <sup>-5</sup>	9,08	181,69×10 <sup>-5</sup>	27,25	181,69×10 <sup>-5</sup>
CH <sub>4</sub>	g	0,24	2,42×10 <sup>-5</sup>	0,12	2,42×10 <sup>-5</sup>	0,36	2,42×10 <sup>-5</sup>
NMVOC	g	6,71	67,14×10 <sup>-5</sup>	3,36	67,14×10 <sup>-5</sup>	10,07	67,14×10 <sup>-5</sup>
NO <sub>2</sub>	g	73,57	735,71×10 <sup>-5</sup>	36,79	735,71×10 <sup>-5</sup>	110,36	735,71×10 <sup>-5</sup>
N <sub>2</sub> O	g	0,45	4,51×10 <sup>-5</sup>	0,23	4,51×10 <sup>-5</sup>	0,68	4,51×10 <sup>-5</sup>
NH <sub>3</sub>	g NO <sub>2</sub> eq	0,09	0,86×10 <sup>-5</sup>	0,04	0,86×10 <sup>-5</sup>	0,13	0,86×10 <sup>-5</sup>
CO	g	33,79	337,86×10 <sup>-5</sup>	16,89	337,86×10 <sup>-5</sup>	50,68	337,86×10 <sup>-5</sup>
SO <sub>2</sub>	g	2,29	22,86×10 <sup>-5</sup>	1,14	22,86×10 <sup>-5</sup>	3,43	22,86×10 <sup>-5</sup>
Diesel (armazém-cliente)							
CO <sub>2</sub>	kg	147,77	1.477,67×10 <sup>-5</sup>	73,88	1.477,67×10 <sup>-5</sup>	221,65	1.477,67×10 <sup>-5</sup>
CH <sub>4</sub>	g	0,84	8,36×10 <sup>-5</sup>	0,42	8,36×10 <sup>-5</sup>	1,25	8,36×10 <sup>-5</sup>
NMVOC	g	3,21	32,14×10 <sup>-5</sup>	1,61	32,14×10 <sup>-5</sup>	4,82	32,14×10 <sup>-5</sup>
NO <sub>2</sub>	g	115,71	1.157,14×10 <sup>-5</sup>	57,86	1.157,14×10 <sup>-5</sup>	173,57	1.157,14×10 <sup>-5</sup>
N <sub>2</sub> O	g	7,98	79,84×10 <sup>-5</sup>	3,99	79,84×10 <sup>-5</sup>	11,98	79,84×10 <sup>-5</sup>
NH <sub>3</sub>	g NO <sub>2</sub> eq	5,79	57,86×10 <sup>-5</sup>	2,89	57,86×10 <sup>-5</sup>	8,68	57,86×10 <sup>-5</sup>
CO	g	30,21	302,14×10 <sup>-5</sup>	15,11	302,14×10 <sup>-5</sup>	45,32	302,14×10 <sup>-5</sup>
SO <sub>2</sub>	g	25,97	259,71×10 <sup>-5</sup>	12,99	259,71×10 <sup>-5</sup>	38,96	259,71×10 <sup>-5</sup>

As emissões para o solo resultantes da pulverização dos produtos fitofarmacêuticos são constantes para os vários cenários estudados no que diz respeito aos herbicidas e fertilizantes, uma vez que a quantidade aplicada se mantém nos três cenários. Relativamente aos fungicidas e inseticidas, as quantidades aplicadas são superiores no cenário 1, devido às condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças e pragas, enquanto que no cenário 2 as quantidades destes compostos são menores, visto que as condições eram propícias a uma boa época produtiva e inibidoras do desenvolvimento de doenças e pragas. É possível observar estes dados na Tabela 24.

Tabela 24 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo para a UF de 1 kg de cereja produzido.

Produtos aplicados	Quantidade total anual aplicada [kg/ha]			Quantidade total anual aplicada para a UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg/kg <sub>prod</sub> ]		
	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2
<b>1. Fungicidas</b>						
Oxicloreto de cobre (H <sub>3</sub> ClCu <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	12	12	8	120×10 <sup>-5</sup>	240×10 <sup>-5</sup>	53×10 <sup>-5</sup>
Zirame (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> N <sub>2</sub> S <sub>4</sub> Zn)	4	4	2	40×10 <sup>-5</sup>	80×10 <sup>-5</sup>	13×10 <sup>-5</sup>
Difenoconazol (C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub> )	45.000×10 <sup>-5</sup>	90.000×10 <sup>-5</sup>	4.500×10 <sup>-5</sup>	4,5×10 <sup>-5</sup>	18×10 <sup>-5</sup>	3×10 <sup>-5</sup>
Ciprodinil (C <sub>14</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> )	50.000×10 <sup>-5</sup>	1	50.000×10 <sup>-5</sup>	5×10 <sup>-5</sup>	20×10 <sup>-5</sup>	3,33×10 <sup>-5</sup>
Fenbuconazol (C <sub>19</sub> H <sub>17</sub> ClN <sub>4</sub> )	1,77	3,54	1,77	17,7×10 <sup>-5</sup>	70,8×10 <sup>-5</sup>	11,8×10 <sup>-5</sup>
<b>Total</b>	<b>18,72</b>	<b>21,44</b>	<b>12,72</b>	<b>187,2×10<sup>-5</sup></b>	<b>428,8×10<sup>-5</sup></b>	<b>84,8×10<sup>-5</sup></b>
<b>2. Inseticidas</b>						
Flonicamida (C <sub>9</sub> H <sub>6</sub> F <sub>3</sub> N <sub>3</sub> O)	14.000×10 <sup>-5</sup>	28.000×10 <sup>-5</sup>	14.000×10 <sup>-5</sup>	1,4×10 <sup>-5</sup>	5,6×10 <sup>-5</sup>	0,93×10 <sup>-5</sup>
Deltametrina (C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Br <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> )	1,5	3	75.000×10 <sup>-5</sup>	15×10 <sup>-5</sup>	60×10 <sup>-5</sup>	5×10 <sup>-5</sup>
Lambda-cialotrina (C <sub>23</sub> H <sub>19</sub> ClF <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> )	32.500×10 <sup>-5</sup>	65.000×10 <sup>-5</sup>	16.250×10 <sup>-5</sup>	3,25×10 <sup>-5</sup>	13×10 <sup>-5</sup>	1,08×10 <sup>-5</sup>
Tiaclopride (C <sub>10</sub> H <sub>9</sub> ClN <sub>4</sub> S)	58.400×10 <sup>-5</sup>	1,168	29.200×10 <sup>-5</sup>	5,84×10 <sup>-5</sup>	23,36×10 <sup>-5</sup>	1,95×10 <sup>-5</sup>
<b>Total</b>	<b>2,549</b>	<b>5,098</b>	<b>1,3445</b>	<b>25,49×10<sup>-5</sup></b>	<b>101,96×10<sup>-5</sup></b>	<b>8,96×10<sup>-5</sup></b>
<b>3. Herbicida</b>						
Glifosato (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P)	13,6	13,6	13,6	136×10 <sup>-5</sup>	272×10 <sup>-5</sup>	90,7×10 <sup>-5</sup>

Tabela 25 - Emissões de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes para o solo para a UF de 1 kg de cereja produzido (continuação).

Produtos aplicados	Quantidade total anual aplicada [kg/ha]			Quantidade total anual aplicada para a UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg/kg <sub>prod</sub> ]		
	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2	Cenário Real	Cenário 1	Cenário 2
4. Fertilizantes						
Azoto (N)	55	55	55	$550 \times 10^{-5}$	$1.100 \times 10^{-5}$	$37 \times 10^{-5}$
Fósforo (P)	25	25	25	$250 \times 10^{-5}$	$500 \times 10^{-5}$	$170 \times 10^{-5}$
Potássio (K)	70	70	70	$700 \times 10^{-5}$	$1.400 \times 10^{-5}$	$470 \times 10^{-5}$
Cálcio (Ca)	25	25	25	$250 \times 10^{-5}$	$500 \times 10^{-5}$	$170 \times 10^{-5}$
Magnésio (Mg)	23	23	23	$230 \times 10^{-5}$	$460 \times 10^{-5}$	$150 \times 10^{-5}$
Boro (B)	3	3	3	$30 \times 10^{-5}$	$60 \times 10^{-5}$	$20 \times 10^{-5}$
Zinco (Zn)	2	2	2	$20 \times 10^{-5}$	$40 \times 10^{-5}$	$13 \times 10^{-5}$
Enxofre (S)	75	75	75	$750 \times 10^{-5}$	$1.500 \times 10^{-5}$	$500 \times 10^{-5}$
Total	278	278	278	$2.780 \times 10^{-5}$	$5.560 \times 10^{-5}$	$1.853 \times 10^{-5}$

As emissões diretas e indiretas de N<sub>2</sub>O para o ar, resultantes da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo não variam para os vários cenários, uma vez que a quantidade aplicada se mantém constante, considerando a UF de 1 hectare explorado (Tabela 26). No entanto, estas emissões estão dependentes de uma UF baseada na massa. Assim, para uma UF de 1 kg produzido, as emissões de N<sub>2</sub>O para o ar resultante de fertilizantes azotados são superiores no cenário 1 pois, como a quantidade produzida é menor e a quantidade aplicada de fertilizante se mantém constante, a distribuição dessas emissões por kg produzido é maior. Por outro lado, as emissões são menores no cenário 2, visto que, como a quantidade produzida é maior e a quantidade aplicada de fertilizante se mantém constante, a distribuição dessas emissões por kg produzido é menor.

Tabela 26 - Emissões de N<sub>2</sub>O para o ar resultantes da aplicação de fertilizantes à base de azoto no solo para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido.

	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	UF [1 ha] [kg N <sub>2</sub> O]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg N <sub>2</sub> O]	UF [1 ha] [kg N <sub>2</sub> O]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg N <sub>2</sub> O]	UF [1 ha] [kg N <sub>2</sub> O]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg N <sub>2</sub> O]
Emissões diretas	$86.430 \times 10^{-5}$	$8,643 \times 10^{-5}$	$86.430 \times 10^{-5}$	$17,286 \times 10^{-5}$	$86.430 \times 10^{-5}$	$5,762 \times 10^{-5}$
Emissões indiretas	$7.170 \times 10^{-5}$	$0,717 \times 10^{-5}$	$7.170 \times 10^{-5}$	$1,434 \times 10^{-5}$	$7.170 \times 10^{-5}$	$0,478 \times 10^{-5}$

As emissões de CO<sub>2 eq</sub> para o ar, resultantes da aplicação de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes, considerando a UF de 1 hectare explorado, variam para os diversos cenários, uma vez que a quantidade aplicada também varia, com exceção dos fertilizantes e herbicidas que mantêm a mesma quantidade (Tabela 27). No entanto, tal como as emissões na tabela anterior, estas emissões estão dependentes de uma UF baseada na massa. Assim, para uma UF de 1 kg produzido, as emissões de CO<sub>2 eq</sub> para o ar resultante da aplicação de fungicidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes são superiores no cenário 1 pois a quantidade produzida é menor e a quantidade aplicada de fungicidas e inseticidas é superior, embora a quantidade de herbicidas e fertilizantes se mantenha. No entanto, as emissões são menores no cenário 2 visto que a quantidade produzida é maior e a quantidade aplicada de fungicidas e inseticidas é menor, embora a quantidade de herbicidas e fertilizantes se mantenha.

Tabela 27 - Emissões de CO<sub>2 eq</sub> para o ar resultantes da aplicação de fungicidas, inseticidas e herbicidas no solo para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido.

	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
	UF [1 ha] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]	UF [1 ha] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]	UF [1 ha] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ] [kg CO <sub>2 eq</sub> ]
Fertilizante de azoto	338,97	3.390×10 <sup>-5</sup>	338,97	6.779×10 <sup>-5</sup>	338,97	2.260×10 <sup>-5</sup>
Fertilizante de fósforo	46,48	465×10 <sup>-5</sup>	46,48	930×10 <sup>-5</sup>	46,48	310×10 <sup>-5</sup>
Fertilizante de potássio	123,90	1.239×10 <sup>-5</sup>	123,90	2.478×10 <sup>-5</sup>	123,90	826×10 <sup>-5</sup>
Fungicidas	61,83	618×10 <sup>-5</sup>	70,82	1.416×10 <sup>-5</sup>	42,01	280×10 <sup>-5</sup>
Inseticidas	12,09	120×10 <sup>-5</sup>	24,18	484×10 <sup>-5</sup>	6,38	43×10 <sup>-5</sup>
Herbicidas	69,03	690×10 <sup>-5</sup>	69,03	1.381×10 <sup>-5</sup>	69,03	460×10 <sup>-5</sup>

As emissões de CO<sub>2 eq</sub> para o ar resultantes do consumo de eletricidade para o armazenamento da cereja, considerando uma UF de 1 hectare explorado, são menores no cenário 1 onde o consumo energético da eletricidade também é menor, enquanto que estas emissões são superiores no cenário 2 onde o consumo energético é superior. No que diz respeito à análise para uma UF de 1 kg de cereja produzido, é possível verificar que as emissões relativas à eletricidade consumida para o armazenamento da cereja são superiores no cenário 1 pois o consumo elétrico também é superior, enquanto que essas mesmas emissões são menores no cenário 2 pois o consumo elétrico também é menor (Tabela 28). Estas variações ocorrem porque estas emissões estão dependentes de uma UF baseada na massa, ou seja, como no cenário 1 a produção de cereja diminui 5 ton/ha de cereja, reduzindo a produção total dos vários frutos para 365 toneladas (a produção reduz 5 ton. de cereja produzidas em cada um dos 14 hectares em plena produção, isto é, subtrai-se 70 ton. às 435 ton. médias de produção anual), enquanto a produção sobe 5 ton/ha de cereja no cenário 2, aumentando a produção total dos vários frutos para 505 toneladas (a produção aumenta

5 ton. de cereja produzidas em cada um dos 14 hectares em plena produção, ou seja, adiciona-se 70 ton. às 435 ton. médias de produção anual).

Tabela 28 - Emissões de poluentes para o ar resultantes da eletricidade consumida para o armazenamento da cereja para os vários cenários estudados considerando uma UF de 1 hectare e uma UF de 1 kg de cereja produzido.

	Unidade	Cenário Real		Cenário 1		Cenário 2	
		UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]	UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]	UF [1 ha]	UF [1 kg <sub>prod</sub> ]
Elec.	kg CO <sub>2eq</sub>	188,92	1.889×10 <sup>-5</sup>	112,57	2.251×10 <sup>-5</sup>	244,11	1.627×10 <sup>-5</sup>

Nos subcapítulos seguintes serão analisados vários indicadores de impacto ambiental como o aquecimento global, ecotoxicidade da água doce, eutrofização da água doce, acidificação terrestre e ecotoxicidade terrestre para o ciclo de vida “*from farm to market*” da cereja na empresa alvo de estudo, Frutas com Vida. O indicador das alterações climáticas foi calculado através do método CML 2001, enquanto que os restantes indicadores foram calculados através do método ReCiPe 2008 Midpoint (E).

### 5.3.1. Aquecimento Global

Segundo Smith & Martino (2008), as principais emissões de GEE resultantes da prática de agricultura são CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Estes gases são considerados os principais contribuintes para o aquecimento global. No presente estudo, para além destes gases, foram também considerados os NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NMVOC, CO e NH<sub>3</sub>.

Assim, o indicador de aquecimento global “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi 0,153601482 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido (Figura 31). Os principais contribuintes para o aquecimento global foram o combustível diesel do trator com cerca de 0,052885827 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido (34,43%) e os fertilizantes com 0,050934000 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido (33,16%). A seguir, numa proporção de impacto menor, a eletricidade para o armazenamento contribuiu com 0,018891407 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido (12,30%) e o combustível diesel do transporte do armazém para o cliente com 0,014777143 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido (9,62%). Os impactos dos restantes aspetos ambientais encontram-se na Tabela 29.

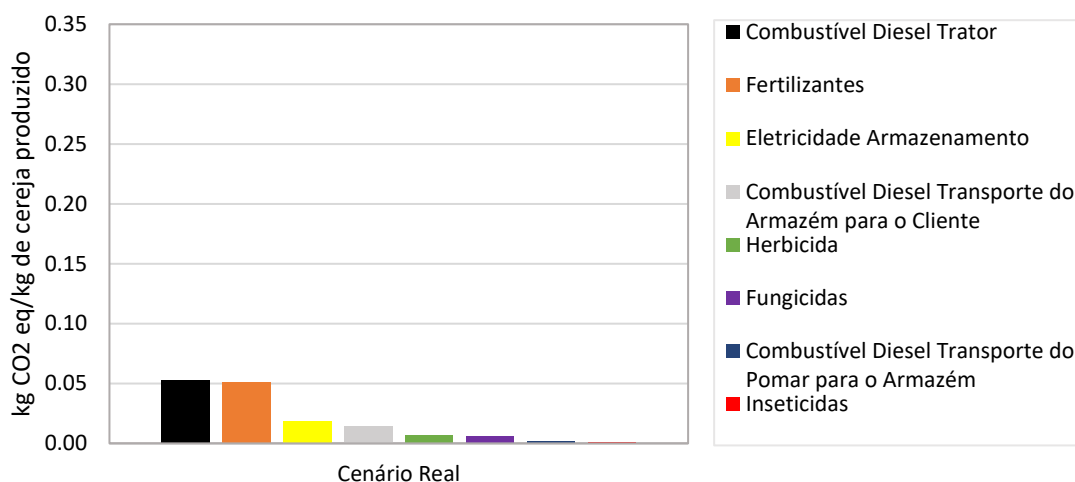


Figura 31 - Indicador do Aquecimento Global para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Tabela 29 – Indicador do Aquecimento Global dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Aspetos ambientais com impacte ao nível do Aquecimento Global	Indicador Aquecimento Global [kg CO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacte total
Combustível Diesel Trator	0,052885827	34,43%
Fertilizantes	0,050934000	33,16%
Eletricidade Armazenamento	0,018891407	12,30%
Combustível Diesel Transporte do Armazém para o Cliente	0,014777143	9,62%
Herbicida	0,006903360	4,49%
Fungicidas	0,006183216	4,03%
Combustível Diesel Transporte do Pomar para o Armazém	0,001817283	1,18%
Inseticidas	0,001209246	0,79%
<b>Total</b>	<b>0,153601482</b>	<b>100%</b>

Estes dados permitem concluir que existe uma considerável diferença entre os sistemas de exaustão de gases de escape para a maquinaria agrícola que atua fora de estradas pavimentadas e as viaturas, como a carrinha ou o camião, que atuam em estradas pavimentadas, resultando numa discrepância entre as emissões do combustível diesel consumido pelo trator (34,43%) e as emissões da carrinha (1,18%) e do camião (9,62%). Assim, e visto que o transporte do armazém para o cliente representa 9,62% do impacte total, poderia ser aconselhado a mudança do armazém para uma localização mais próxima do cliente ou a procura de alternativas para a realização desse transporte.

A proporção de 33,16% referente à utilização de fertilizantes do impacte total ao nível do aquecimento global é também bastante apreciável, quando comparado com o impacte resultante

da utilização de herbicida (4,49%), fungicidas (4,03%) e inseticidas (0,79%). Esta diferença pode ser explicada pela utilização elevada de azoto como fertilizante, uma vez que é aplicado em maiores quantidades e apresenta um fator de emissão (6,163 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de fertilizante de azoto aplicado no solo) bastante mais elevado em relação aos restantes compostos químicos aplicados no solo.

Na Tabela 30 e no gráfico representado na Figura 32 encontram-se os dados comparativos para os diversos aspetos ambientais para os cenários 1 e 2. Analisando a Figura 32, é possível verificar que ocorre uma subida drástica (quase o dobro) do impacte ambiental ao nível do aquecimento global comparando o cenário real (0,153601482 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido) com o cenário 1 que apresenta uma emissão de 0,290132618 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido. Por outro lado, ocorre uma diminuição mais ligeira comparando o cenário real (0,153601482 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido) com o cenário 2 (0,104620264 kg de CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido).

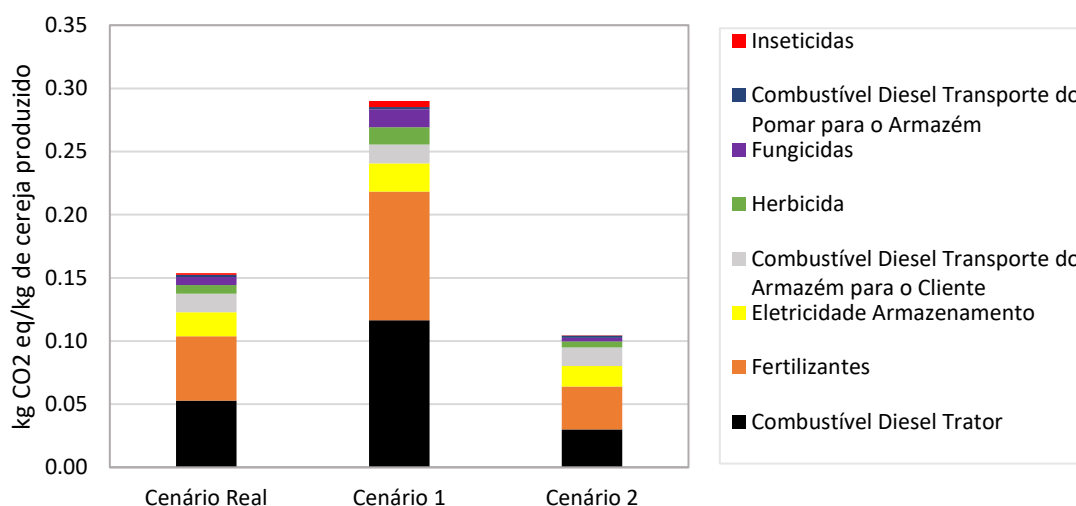


Figura 32 - Indicador do Aquecimento Global para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.

Numa análise mais detalhada, através da Tabela 30, verifica-se que o impacte do consumo de combustível diesel do trator aumenta a sua expressão para 40,10% do impacte total no cenário 1 e diminui a sua influência para 28,65% no cenário 2. Estas variações são consideradas normais, tendo em conta que a utilização do trator aumenta no cenário 1 devido ao aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas) e diminui no cenário 2, visto que o número dessas mesmas pulverizações sofre uma queda, reduzindo o tempo de utilização do trator. Pelo mesmo motivo, o impacte dos fungicidas e inseticidas aumenta no cenário 1 e diminui no cenário 2.

O impacto resultante da eletricidade consumida no armazenamento também apresenta uma variação interessante (Tabela 30). No cenário 1, a proporção desse impacto no impacto total diminui para quase metade comparando com o cenário real (12,30% para 7,76%), enquanto que essa proporção aumenta no cenário 2 (12,30% para 15,55%). Considerando que a produção baixa consideravelmente no cenário 1 comparando com o cenário real (10 ton/ha para 5 ton/ha), o consumo elétrico para o armazenamento por kg de cereja produzido aumenta, porque o consumo elétrico é o mesmo independentemente da produção. No entanto, a proporção desse impacto no total global diminui no cenário 1, pois o aumento dos restantes aspetos ambientais (fungicidas, inseticidas e combustível diesel do trator) é mais expressivo que o impacto referente ao consumo elétrico para o armazenamento. Seguindo o mesmo raciocínio, como a produção aumenta consideravelmente no cenário 2 comparando com o cenário real (10 ton/ha para 15 ton/ha), o consumo elétrico para o armazenamento por kg de cereja produzido, diminui. Todavia, em contraste com o cenário 1, a expressão do impacto da eletricidade consumida no armazenamento aumenta a sua expressão para 15,55% do impacto global no cenário 2. Esta variação ocorre devido à diminuição dos impactos correspondentes ao combustível diesel do trator e utilização de fungicidas e inseticidas.

Tabela 30 - Indicador do Aquecimento Global dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2.

Aspetos ambientais com impacto ao nível do Aquecimento Global	Indicador Aquecimento Global para o cenário 1 [kg CO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total	Indicador Aquecimento Global para o cenário 2 [kg CO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Combustível Diesel Trator	0,116348810	40,10%	0,029968637	28,65%
Fertilizantes	0,101868000	35,11%	0,033956000	32,46%
Eletricidade Armazenamento	0,022514416	7,76%	0,0162727960	15,55%
Combustível Diesel Transporte do Armazém para o Cliente	0,014777143	5,09%	0,014777143	14,12%
Herbicida	0,013806720	4,76%	0,004602240	4,40%
Fungicidas	0,014163264	4,88%	0,00280094	2,68%
Combustível Diesel Transporte do Pomar para o Armazém	0,001817283	0,63%	0,001817283	1,74%
Inseticidas	0,004836980	1,67%	0,000425221	0,40%
Total	0,290132618	100%	0,104620264	100%

### 5.3.2. Ecotoxicidade da Água Doce

Todos os compostos químicos aplicados no pomar, como herbicidas, fungicidas, inseticidas ou fertilizantes, podem trazer consequências negativas para o ambiente ou para a saúde humana. Os compostos químicos que compõem estes produtos podem ser tóxicos e volatilizar para o ar, ser drenados para águas superficiais e infiltrar-se em águas subterrâneas (Holka & Bieńkowski, 2020). Estes compostos podem sofrer alterações químicas/físicas e ser transferidos entre diferentes ecossistemas, tendo a capacidade de se reter no solo, água, atmosfera, mas também na alimentação animal e humana, ameaçando não só a saúde humana como também de todos os organismos vivos (Pazikowska-Sapota *et al.*, 2020).

Assim, o indicador de ecotoxicidade da água doce “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi  $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido (Figura 33). Os principais contribuintes para a ecotoxicidade da água doce foram os fungicidas utilizados com cerca de  $458,53 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido (60,70%) e os fertilizantes com  $281,09 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido (37,21%). A seguir, numa proporção de impacto quase residual, os inseticidas contribuíram com  $14,59 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido (1,93%) e o herbicida com  $1,20 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido (0,16%).

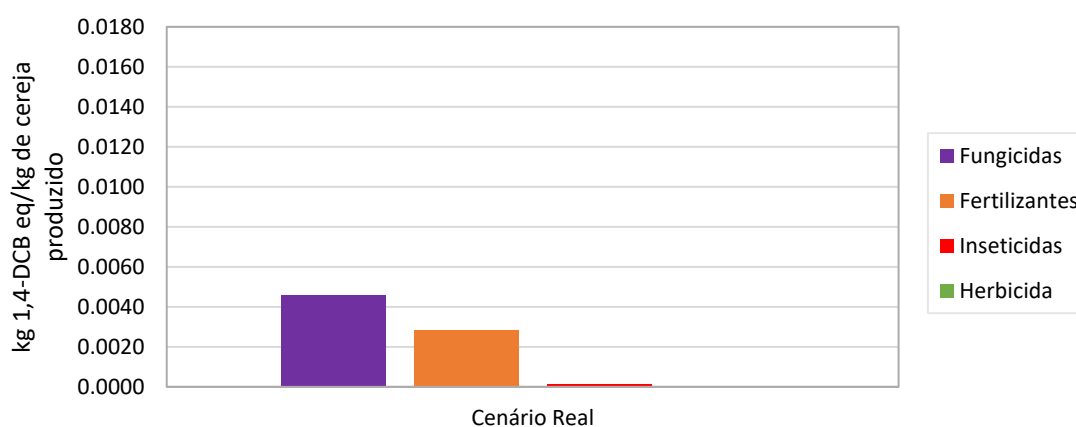


Figura 33 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Analisando a Tabela 31, é possível verificar que os fungicidas e fertilizantes em conjunto totalizam 97,91% do impacto total ao nível da ecotoxicidade da água doce. Os fungicidas representam uma grande proporção (60,70%) do impacto total devido às quantidades superiores aplicadas no solo relativamente aos inseticidas e herbicidas. Apesar de os fertilizantes terem sido aplicados em maior quantidade que os fungicidas, o seu impacto é inferior visto que o oxiclreto de cobre, um dos fungicidas aplicados, tem um fator de emissão bastante alto ( $3,48463$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de oxiclreto de cobre aplicado no solo) comparativamente com os restantes.

Tabela 31 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Aspetos ambientais com impacte ao nível da Ecotoxicidade da Água Doce	Indicador Ecotoxicidade da Água Doce [kg 1,4-DCB <sub>eq</sub> /kg de cereja produzido]	Percentagem do impacte total
Fungicidas	$458,53 \times 10^{-5}$	60,70%
Fertilizantes	$281,09 \times 10^{-5}$	37,21%
Inseticidas	$14,59 \times 10^{-5}$	1,93%
Herbicida	$1,20 \times 10^{-5}$	0,16%
Total	$755,41 \times 10^{-5}$	100%

Na Tabela 32 e no gráfico representado na Figura 34 encontram-se os dados comparativos para os diversos aspetos ambientais para os cenários 1 e 2. Analisando a Figura 34, é possível verificar que ocorre uma subida drástica (mais do dobro) do impacte ambiental ao nível da ecotoxicidade da água doce comparando o cenário real ( $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido) com o cenário 1 que apresenta uma emissão de  $1.620,73 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Por outro lado, ocorre uma diminuição também acentuada (quase metade) comparando o cenário real ( $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido) com o cenário 2 ( $405,82 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido).

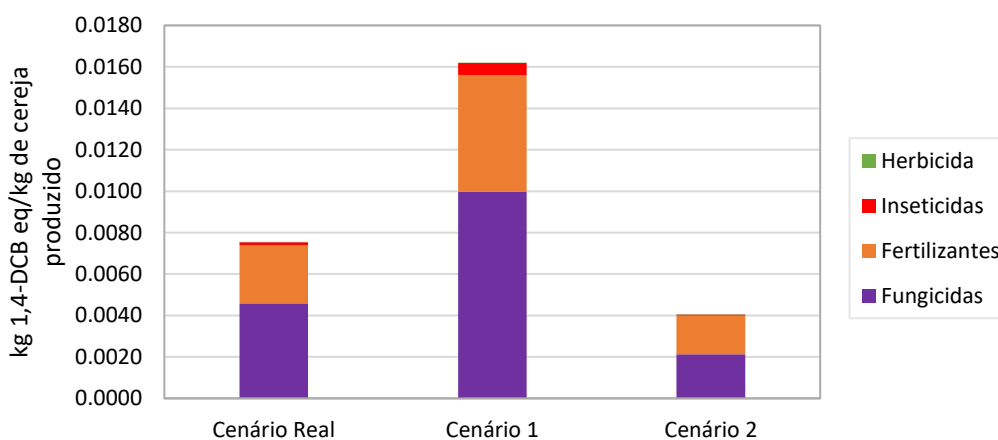


Figura 34 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.

Numa análise mais detalhada, através da Tabela 32, verifica-se que o impacte dos fungicidas utilizados aumenta ligeiramente a sua expressão para 61,57% do impacte total no cenário 1 e diminui a sua influência para 52,43% no cenário 2. Estas variações são normais, tendo em conta que no cenário 1 ocorre um aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas) e diminui no cenário 2, visto que o número dessas mesmas pulverizações também diminui, reduzindo o seu impacte. Pelo mesmo motivo, o impacte dos inseticidas aumenta no cenário 1 e diminui no cenário 2.

Os fertilizantes e os herbicidas mantêm a quantidade aplicada no solo para os três cenários. Assim, a expressão dos herbicidas diminui em 2 centésimos percentuais para 0,14% do impacto total no cenário 1 e aumenta 3 centésimos percentuais para 0,19% no cenário 2. Os fertilizantes diminuem a sua expressão para 34,69% do impacto total no cenário 1 e aumentam essa proporção para 46,18% no cenário 2 (Tabela 32).

Tabela 32 - Indicador da Ecotoxicidade da Água Doce dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2.

Aspetos ambientais com impacto ao nível da Ecotoxicidade da Água Doce	Indicador Ecotoxicidade da Água Doce para o cenário 1 [kg 1,4-DCB <sub>eq</sub> /kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total	Indicador Ecotoxicidade da Água Doce para o cenário 2 [kg 1,4-DCB <sub>eq</sub> /kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Fungicidas	$997,82 \times 10^{-5}$	61,57%	$212,77 \times 10^{-5}$	52,43%
Fertilizantes	$562,17 \times 10^{-5}$	34,69%	$187,39 \times 10^{-5}$	46,18%
Inseticidas	$58,339 \times 10^{-5}$	3,60%	$4,86 \times 10^{-5}$	1,20%
Herbicida	$2,40 \times 10^{-5}$	0,14%	$0,80 \times 10^{-5}$	0,19%
Total	$1.620,73 \times 10^{-5}$	100%	$405,82 \times 10^{-5}$	100%

### 5.3.3. Eutrofização da Água Doce

A eutrofização da água doce consiste no crescimento excessivo de plantas aquáticas ou multiplicação descontrolada de algas como consequência dos altos níveis de nutrientes nos ecossistemas de água doce. A principal causa para a ocorrência deste fenómeno é a contaminação por nutrientes na forma de fósforo provenientes dos fertilizantes agrícolas, efluentes de esgotos e escoamento de águas pluviais urbanas. Quando a acumulação de fósforo ultrapassa um certo limite, é acionado um mecanismo de reciclagem em que o sistema se mantém fechado num estado eutrófico mesmo quando a entrada de nutrientes é consideravelmente reduzida (Rocha *et al.*, 2017).

Assim, o indicador de eutrofização da água doce “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi  $0,0025 \text{ kg P}_{eq}/\text{kg}$  de cereja produzido (Figura 35). A totalidade do impacto para a eutrofização da água doce é devida à utilização de fertilizantes, mais especificamente ao fósforo. O nutriente fósforo é responsável pela totalidade do impacto neste indicador. No gráfico presente na Figura 35 é possível verificar que o impacto aumenta para  $0,0050 \text{ kg P}_{eq}/\text{kg}$  de cereja produzido no cenário 1 devido ao aumento da quantidade de fósforo adicionado no solo. Por outro lado, o impacto diminui no cenário 2 para  $0,0017 \text{ kg P}_{eq}/\text{kg}$  de cereja produzido visto que a quantidade de fósforo aplicado no solo também diminui.

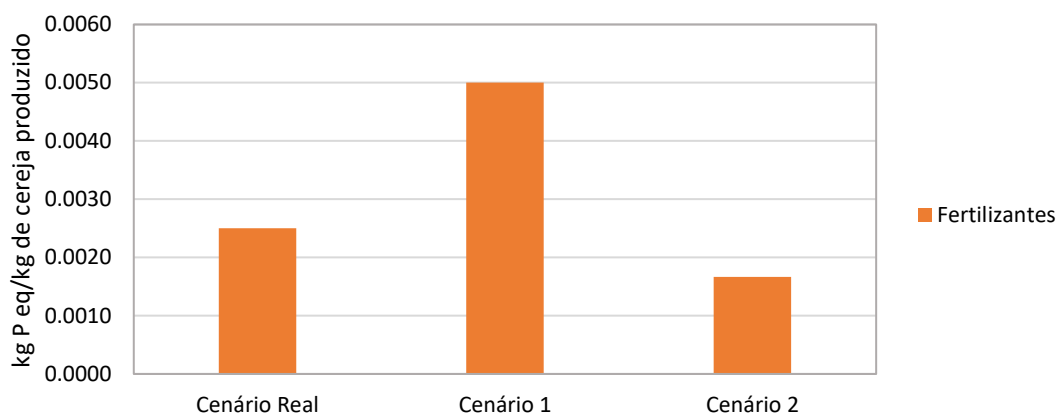


Figura 35 - Indicador da Eutrofização da Água Doce para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.

### 5.3.4. Acidificação Terrestre

A acidificação terrestre consiste na alteração das propriedades químicas do solo como consequência da deposição de nutrientes como o azoto e o enxofre em formas acidificantes. Esta deposição pode resultar da emissão para o ar de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  e  $\text{SO}_2$  que, para além da acidificação do pH do solo, provoca o declínio da fertilidade do solo que pode conduzir à descoloração dos tecidos das plantas, germinação de novas sementes e diminuição da produção de raízes. Este fenómeno culmina com a diminuição das taxas fotossintéticas e, em casos extremos, à própria diminuição da biodiversidade das plantas (Azevedo *et al.*, 2016).

Assim, o indicador da acidificação terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi  $942,27 \times 10^{-7}$  kg  $\text{SO}_2$  eq/kg de cereja produzido (Figura 36). Os principais contribuintes para a acidificação terrestre foram os fertilizantes utilizados, com cerca de  $664,56 \times 10^{-7}$  kg  $\text{SO}_2$  eq/kg de cereja produzido (70,53%) e o combustível diesel do trator com  $266,51 \times 10^{-7}$  kg  $\text{SO}_2$  eq/kg de cereja produzido (28,28%). A seguir, numa proporção de impacte quase residual, o combustível diesel do transporte do armazém para o cliente com  $7,64 \times 10^{-7}$  kg  $\text{SO}_2$  eq/kg de cereja produzido (0,81%) e o combustível diesel do transporte do pomar para o armazém com  $3,55 \times 10^{-7}$  kg  $\text{SO}_2$  eq/kg de cereja produzido (0,38%).

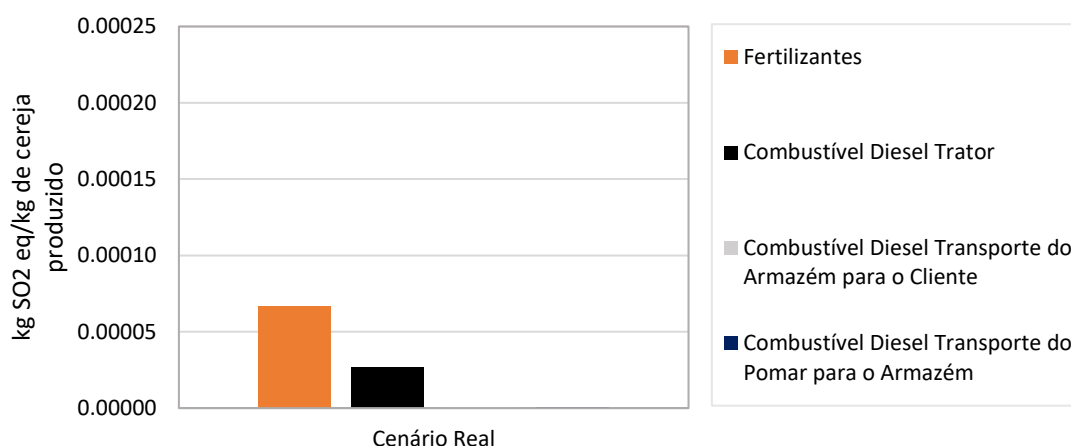


Figura 36 - Indicador da Acidificação Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Analisando a Tabela 33, é possível verificar que os fertilizantes e o combustível diesel trator em conjunto totalizam 98,81% do impacto total ao nível da acidificação terrestre. Os fertilizantes representam uma grande proporção (70,53%) do impacto total devido às quantidades de SO<sub>2</sub> aplicadas no solo. O combustível diesel do trator também emite grandes quantidades de SO<sub>2</sub> devido à sua combustão, justificando assim a sua proporção no impacto total (28,28%). Como as viaturas que atuam em estradas pavimentadas têm melhores sistemas de exaustão de gases de escape, o combustível diesel do transporte do armazém para o cliente e do transporte do pomar para o armazém têm um impacto quase residual ao nível da acidificação terrestre (0,81% e 0,38%, respetivamente).

Tabela 33 - Indicador da Acidificação Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Aspetos ambientais com impacto ao nível da Acidificação Terrestre	Indicador Acidificação Terrestre [kg SO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Fertilizantes	$664,56 \times 10^{-7}$	70,53%
Combustível Diesel Trator	$266,51 \times 10^{-7}$	28,28%
Combustível Diesel Transporte do Armazém para o Cliente	$7,64 \times 10^{-7}$	0,81%
Combustível Diesel Transporte do Pomar para o Armazém	$3,55 \times 10^{-7}$	0,38%
Total	$942,27 \times 10^{-7}$	100%

Na Tabela 34 e no gráfico representado na Figura 37 encontram-se os dados comparativos para os diversos aspetos ambientais para os cenários 1 e 2. Analisando a Figura 37, é possível verificar que ocorre uma subida drástica (mais do dobro) do impacto ambiental ao nível da acidificação terrestre comparando o cenário real ( $942,27 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido) com o cenário 1 que apresenta uma emissão de  $1,926,64 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido. Por outro lado, ocorre uma diminuição também acentuada (quase metade) comparando o cenário real

( $942,27 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido) com o cenário 2 ( $605,26 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido).

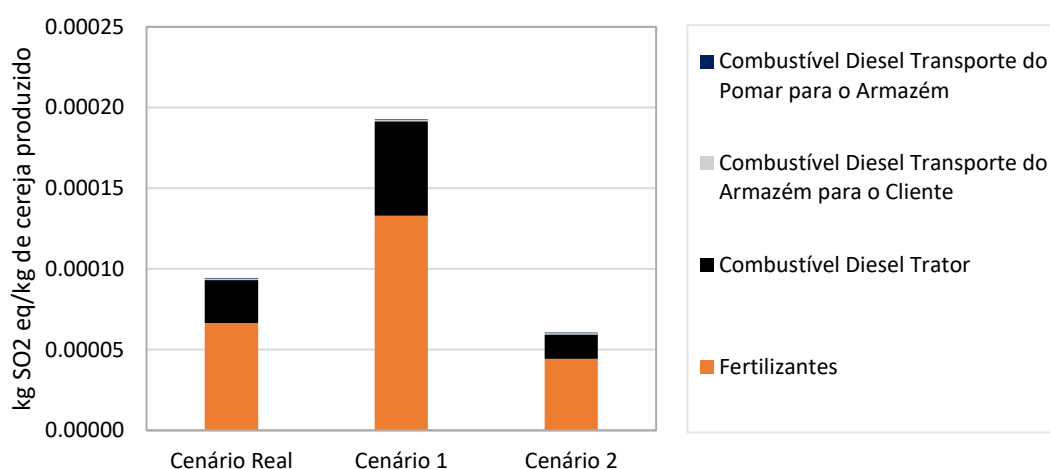


Figura 37 - Indicador da Acidificação Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.

Numa análise mais detalhada, através da Tabela 34, verifica-se que o impacto do combustível diesel do trator aumenta a sua proporção para 30,43% no cenário 1 e diminui para 24,95% no cenário 2. Estas variações decorrem de no cenário 1 existir um aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas) provocando um aumento do tempo de utilização do trator, enquanto que o impacto diminui no cenário 2, visto que o número dessas mesmas pulverizações sofre uma queda, reduzindo também a utilização do trator.

Tabela 34 - Indicador da Acidificação Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2.

Aspetos ambientais com impacto ao nível da Acidificação Terrestre	Indicador Acidificação Terrestre para o cenário 1 [kg SO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total	Indicador Acidificação Terrestre para o cenário 2 [kg SO <sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Fertilizantes	$1,329,12 \times 10^{-7}$	68,99%	$443,04 \times 10^{-7}$	73,20%
Combustível Diesel Trator	$586,33 \times 10^{-7}$	30,43%	$151,02 \times 10^{-7}$	24,95%
Combustível Diesel Transporte do Armazém para o Cliente	$7,64 \times 10^{-7}$	0,40%	$7,64 \times 10^{-7}$	1,26%
Combustível Diesel Transporte do Pomar para o Armazém	$3,56 \times 10^{-7}$	0,18%	$3,56 \times 10^{-7}$	0,59%
Total	$1,926,64 \times 10^{-7}$	100%	$605,26 \times 10^{-7}$	100%

Os fertilizantes mantêm a quantidade aplicada no solo para os três cenários. Assim, como consequência da variação do combustível diesel do trator, o impacto dos fertilizantes utilizados diminui ligeiramente a sua expressão para 68,99% do impacto total no cenário 1 e aumenta a sua influência para 73,20% no cenário 2. O combustível diesel do transporte do armazém para o cliente diminui a sua expressão para 0,40% do impacto total no cenário 1 e aumenta essa proporção para 1,26% no cenário 2. O combustível diesel do transporte do pomar para o armazém diminui a sua expressão para 0,18% do impacto total no cenário 1 e aumenta essa proporção para 0,59% no cenário 2 (Tabela 34).

### 5.3.5. Ecotoxicidade Terrestre

À semelhança da exotoxicidade da água doce, a ecotoxicidade terrestre consiste na análise do impacto de substâncias tóxicas, neste caso nos ecossistemas terrestres, na saúde humana e biodiversidade. Os produtos aplicados no solo, como produtos fitofarmacêuticos ou fertilizantes, emitem substâncias tóxicas que afetam os organismos dependentes do solo e o seu ecossistema (Fairbrother & Hope, 2005).

Assim, o indicador de ecotoxicidade terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi  $3.894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido (Figura 38). O principal contribuinte para a ecotoxicidade terrestre foram os fungicidas utilizados com cerca de  $3.724,98 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido (95,65%). O restante impacto foi distribuído pelos fertilizantes com  $113,80 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido (2,92%), os inseticidas com  $54,03 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido (1,39%) e o herbicida com  $1,45 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido (0,04%).

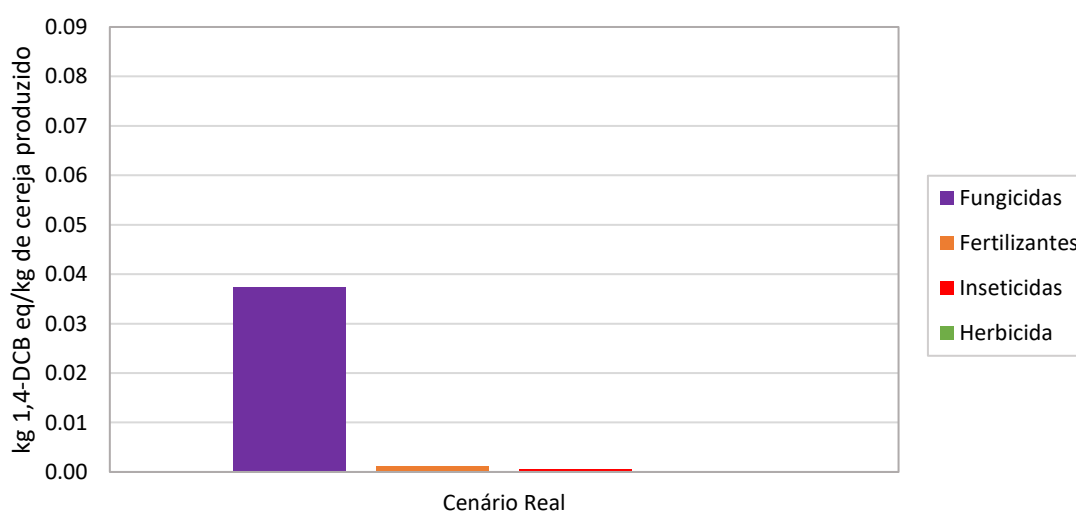


Figura 38 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Analisando a Tabela 35, é possível verificar que os fungicidas utilizados são responsáveis por 95,65% do impacto total. Esta substancial proporção deve-se ao oxicloreto de cobre aplicado no solo, uma vez que apresenta um fator de emissão considerável (30,45 kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido) comparando com os restantes compostos químicos.

Tabela 35 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para o cenário real.

Aspetos ambientais com impacto ao nível da Ecotoxicidade Terrestre	Indicador Ecotoxicidade Terrestre [kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Fungicidas	$3.724,98 \times 10^{-5}$	95,65%
Fertilizantes	$113,80 \times 10^{-5}$	2,92%
Inseticidas	$54,03 \times 10^{-5}$	1,39%
Herbicida	$1,45 \times 10^{-5}$	0,04%
Total	$3.894,26 \times 10^{-5}$	100%

Na Tabela 36 e no gráfico representado na Figura 39 encontram-se os dados comparativos para os diversos aspetos ambientais para os cenários 1 e 2. Analisando a Figura 39, é possível verificar que ocorre uma subida drástica (mais do dobro) do impacto ambiental ao nível da ecotoxicidade terrestre comparando o cenário real ( $3.894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido) com o cenário 1 que apresenta uma emissão de  $8.037,72 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido. Por outro lado, ocorre uma diminuição também acentuada (mais de metade) comparando o cenário real ( $3.894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido) com o cenário 2 ( $1.766,08 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido).

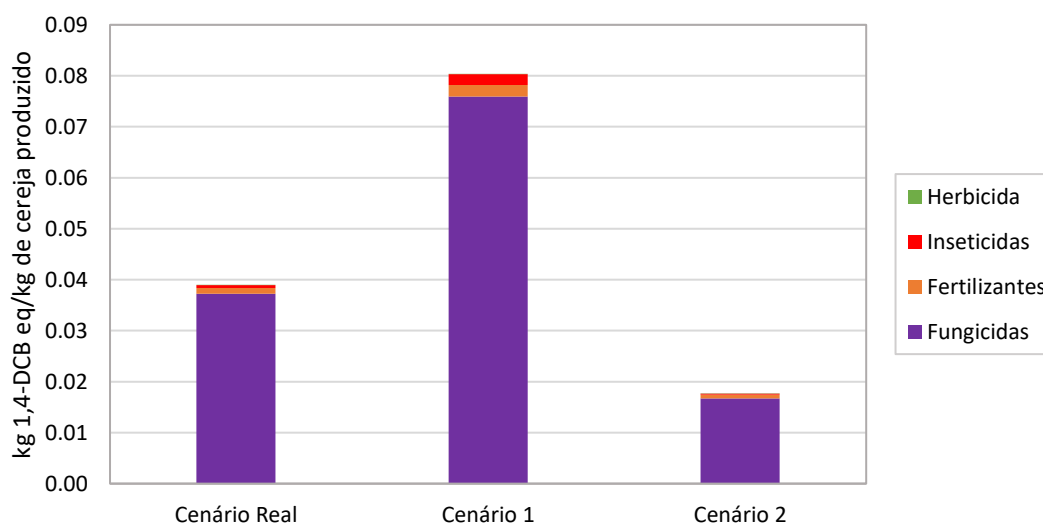


Figura 39 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre para a UF de 1 kg de cereja produzido para os vários cenários estudados.

Numa análise mais detalhada, através da Tabela 36, verifica-se que os impactos dos vários aspetos ambientais sofrem poucas alterações nos vários cenários estudados. A proporção dos fungicidas diminui no cenário 1 e no cenário 2 comparando com o cenário real (95,65% para 94,44% no cenário 1 e de 95,65% para 94,63% no cenário 2). Os fertilizantes diminuem muito ligeiramente a sua proporção no cenário 1 e aumentam essa proporção no cenário 2 (2,92% para 2,83% no cenário 1 e 2,92% para 4,30% no cenário 2). Os inseticidas aumentam a sua proporção no cenário 1 e diminuem-na muito ligeiramente no cenário 2 (1,39% para 2,69% no cenário 1 e 1,39% para 1,02% no cenário 2). Estas variações são normais, tendo em conta que no cenário 1 ocorre um aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas), provocando um aumento do impacto desses produtos, enquanto que esse impacto diminui no cenário 2, visto que o número dessas mesmas pulverizações também reduz.

Tabela 36 - Indicador da Ecotoxicidade Terrestre dos diversos aspetos ambientais para a UF de 1 kg de cereja produzido para os cenários 1 e 2.

Aspetos ambientais com impacto ao nível da Ecotoxicidade Terrestre	Indicador Ecotoxicidade Terrestre para o cenário 1 [kg 1,4-DCB <sub>eq</sub> /kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total	Indicador Ecotoxicidade Terrestre para o cenário 2 [kg 1,4-DCB <sub>eq</sub> /kg de cereja produzido]	Percentagem do impacto total
Fungicidas	$7.591,09 \times 10^{-5}$	94,44%	$1.671,23 \times 10^{-5}$	94,63%
Fertilizantes	$227,60 \times 10^{-5}$	2,83%	$75,87 \times 10^{-5}$	4,30%
Inseticidas	$216,13 \times 10^{-5}$	2,69%	$18,01 \times 10^{-5}$	1,02%
Herbicida	$2,90 \times 10^{-5}$	0,04%	$0,97 \times 10^{-5}$	0,05%
Total	$8.037,72 \times 10^{-5}$	100 %	$1.766,08 \times 10^{-5}$	100%

### 5.3.6. Comparação dos resultados obtidos com a literatura

Resumidamente, os resultados obtidos encontram-se na Tabela 37:

Tabela 37 - Valor dos vários indicadores de impacto ambiental para a UF de 1 kg de cereja produzido na Frutas com Vida.

Indicador de Impacte Ambiental	Unidade	Valor
Aquecimento Global	kg CO <sub>2</sub> eq	0,153601482
Ecotoxicidade da Água Doce	kg 1,4-DCB <sub>eq</sub>	0,007554048
Eutrofização da Água Doce	kg P <sub>eq</sub>	0,0025
Acidificação Terrestre	kg SO <sub>2</sub> eq	$9,4227 \times 10^{-5}$
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DCB <sub>eq</sub>	0,038942569

A revisão feita por Clune *et al.* (2017) compilou um conjunto considerável de estudos ACV sobre a cereja e outros produtos e delimitou a sua fronteira “*from cradle to regional distribution centre*”, ou seja, desde a plantação da cerejeira até ao transporte para o centro de distribuição regional. A UF utilizada foi 1 kg de cereja produzido. O transporte da cereja para o centro de distribuição regional no estudo de Clune *et al.* (2017) é considerado equivalente ao transporte do armazém para o cliente no presente estudo. Assim, Clune *et al.* (2017) chegaram a três valores para o indicador de aquecimento global: um valor médio de 0,39 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido, 0,26 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido como valor mínimo e 0,88 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido como valor máximo. É necessário registar que esta revisão considera cereja e também a cereja ácida. O presente estudo apresenta um valor comparativo substancialmente menor (0,153601482 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido), inclusive abaixo do valor mínimo desta revisão. Alguns fatores contribuem para estes resultados como a distância do transporte entre o armazém e o cliente ser menor, a implementação de boas práticas ambientais como a utilização de tesouras elétricas ao invés de tesouras pneumáticas, a utilização de um sistema de rega totalmente elétrico e o facto de a colheita ser feita manualmente e sem a utilização do trator.

O estudo de Sanderson *et al.*(2019) “*from cradle to market*” escolheu a UF de 1 kg de cereja comercializável, ou seja, foram consideradas as cerejas prontas para venda, sendo excluídas as que não apresentavam qualidade para serem comercializadas e foram descartadas como resíduo. Este estudo apresenta o valor para o indicador de aquecimento global de 0,30096 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja comercializável e não contabilizou 16,4% de desperdício de cereja no momento do embalamento por não cumprir os requisitos para seguir para venda. O estudo de Svanes & Johnsen (2019) para o limite “*from cradle to market*” e a UF de 1 kg de cereja consumido apresenta um valor de 0,53 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja consumido. O presente estudo situa-se bem abaixo dos valores destes dois estudos.

Comparando os resultados com outros frutos, é possível verificar que o valor obtido no presente estudo é inferior ao resultado de 0,23 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de maçã produzido e 0,29 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de pêssigo produzido do estudo de Vinyes *et al.* (2017) para a maçã e o pêssigo no limite “*from cradle to retail*” . Um outro estudo “*from cradle to retail*” para a maçã de Keyes *et al.* (2015) apresenta o valor de 0,28 kg CO<sub>2 eq</sub>/kg de maçã produzido para o indicador de aquecimento global. Comparando o estudo de Svanes & Johnsen (2019) que apresenta o valor de 0,74 kg CO<sub>2 eq</sub> para a ameixa num limite “*from cradle to market*” para a UF de 1 kg de ameixa consumido que não considerou 12,7% de desperdício de ameixa no momento do embalamento por não cumprir os requisitos para ser vendida, também é possível verificar que o presente estudo para a cereja demonstra um valor substancialmente inferior. Para além das boas práticas na empresa Frutas com Vida referidas anteriormente, outras explicações para os resultados deste estudo serem inferiores a outros são a não inclusão da fase “*cradle*” e da eletricidade consumida no sistema de rega neste estudo.

No gráfico da Figura 40 estão representados os valores comparativos do indicador de aquecimento global para os estudos referidos anteriormente para uma melhor visualização.

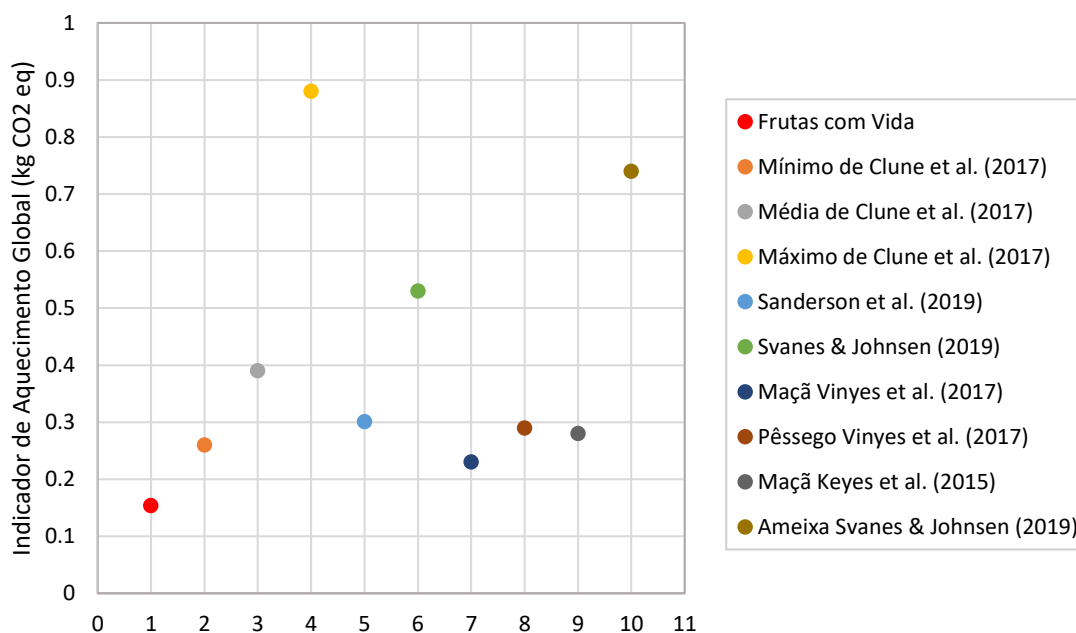


Figura 40 - Comparação dos resultados do indicador de Aquecimento Global.

É possível concluir que, apesar de serem necessários mais estudos ACV para a cereja em Portugal de modo a dar maior robustez aos resultados, a pegada de carbono para o ciclo de vida “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida é inferior comparativamente com estudos de outros países.

Ao nível da ecotoxicidade da água doce, o indicador “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi 0,007554048 kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Este valor é muito semelhante ao resultado obtido no estudo de Sanderson *et al.* (2019) “*from cradle to market*” que apresenta o valor para o indicador da ecotoxicidade da água doce de 0,00763 kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja comercializável.

Para a eutrofização da água doce, o indicador “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi 0,0025 kg P<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Este valor é ligeiramente superior ao resultado de 0,00050 kg P<sub>eq</sub>/kg de cereja comercializável obtido no estudo de Sanderson *et al.* (2019) “*from cradle to market*” que não considerou 16,4% da cereja produzida, pois no momento do embalagem não cumpria os requisitos para seguir para venda. Comparando com o estudo de Svanes & Johnsen (2019) que para o limite “*from cradle to market*” e a UF de 1 kg de cereja consumido apresenta um valor de 0,0045 kg PO<sub>4 eq</sub>/kg de cereja consumido, o presente estudo situa-se abaixo deste valor.

Comparando os resultados do indicador da eutrofização da água doce com outros frutos, é possível verificar que o resultado obtido no presente estudo é ligeiramente superior ao resultado de 0,0018 kg PO<sub>4 eq</sub>/kg de maçã consumido e inferior ao resultado de 0,0054 kg PO<sub>4 eq</sub>/kg de

ameixa consumido do estudo de Svanes & Johnsen (2019) num limite “*from cradle to market*”. Este estudo não considerou 12,7% de desperdício de ameixa e 15,3% de desperdício de maçã no momento do embalamento por não cumprirem os requisitos para venda.

O indicador da acidificação terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi  $9,42 \times 10^{-5}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido. Este valor é substancialmente inferior ao resultado de  $167 \times 10^{-5}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja comercializável obtido no estudo de Sanderson *et al.* (2019) “*from cradle to market*” que não considerou 16,4% da cereja produzida, pois no momento do embalamento não cumpria os requisitos para seguir para venda. O presente estudo também apresenta um valor muito inferior ao resultado obtido de  $690 \times 10^{-5}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja consumido num limite “*from cradle to market*” no estudo de Svanes & Johnsen (2019).

Comparando os resultados do indicador da acidificação terrestre com outros frutos, é possível verificar que o resultado obtido no presente estudo é também inferior ao resultado de 0,0025 kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de maçã consumido e ao resultado de 0,0061 kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de ameixa consumido do estudo de Svanes & Johnsen (2019) num limite “*from cradle to market*”. Tal como referido anteriormente, este estudo não considerou 12,7% de desperdício de ameixa e 15,3% de desperdício de maçã pois no momento do embalamento não cumpriam os requisitos para venda.

O indicador da ecotoxicidade terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida foi 0,038942569 kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Este valor é substancialmente superior ao resultado de 0,00058 kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja comercializável obtido no estudo de Sanderson *et al.* (2019) “*from cradle to market*” que não considerou 16,4% da cereja produzida, pois no momento do embalamento não cumpria os requisitos para seguir para venda.

Assim, é possível concluir que a generalidade dos valores estão abaixo dos que são apresentados noutros estudos. Estes resultados podem ser explicados por vários fatores como as políticas ambientais nacionais relacionadas com o setor da agricultura e agroindústria. A legislação e os apoios financeiros atribuídos pelo Estado, aliados a novas técnicas inovadoras, permitem alcançar desempenhos ambientais bastante positivos. Um dos exemplos deste esforço ao nível do desempenho ambiental é o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050, que tem como objetivo principal tornar Portugal num país neutro ao nível do carbono, ou seja, o balanço entre as emissões de GEE e o sequestro de carbono é neutro. Portugal encontra-se, inclusive, abaixo da média europeia ao nível das emissões de GEE resultantes da agricultura, entre outros indicadores (European Commission, 2019). Além disso, a dimensão reduzida do país e consequentemente das distâncias percorridas serem também mais curtas, contribuem para um desempenho ambiental mais adequado.



# Capítulo 6

## 6. Conclusões

### 6.1. Conclusões Gerais

A presente dissertação consiste num estudo ACV para o ciclo de vida “*from farm to market*” em quatro parâmetros: impacte para a água, ar, solo e energético. Para tal, foram considerados os vários aspetos ambientais relevantes do período de produção, colheita e pós-colheita que poderiam ter impacte nestes parâmetros dentro dos limites definidos, de modo a fornecer uma ferramenta de eficiência e melhoria do desempenho ambiental para toda a cadeia de produção da cereja da Beira Interior.

A avaliação energética numa empresa do setor sediada na Cova da Beira, Frutas com Vida, permitiu concluir que, para o período de produção, o consumo de energia por hectare é o mesmo independentemente da produção, com exceção da operação agrícola de pulverização de produtos fitofarmacêuticos. O consumo energético para o período de produção situou-se em 24.828,5552 MJ/ha. A operação com maior consumo de energia no período de produção é a pulverização de produtos fitofarmacêuticos (33%), seguindo-se a aplicação de herbicida (22%), a aplicação de fertilizantes (21%), a manutenção do solo através do enrelvamento (18%), rega (5%) e poda (0,1%). No período pós-colheita, o transporte representa 59% do consumo energético desta fase e o armazém é responsável pelos restantes 41%. Em termos do consumo energético global “*from farm to market*”, o consumo energético foi de 29.955,6752 MJ/ha, sendo a pulverização de produtos fitofarmacêuticos a operação mais consumidora de energia com 27,5% do consumo energético total, sucedendo-se a aplicação de herbicida (18,3%), a aplicação de fertilizantes (17,7%), manutenção do solo através do enrelvamento (15,0%), transporte (10,1%), armazém (7,1%), rega (4,3%) e poda (0,1%). O combustível diesel apresenta uma proporção de 47,6% do consumo energético global, como resultado do grande consumo por parte do trator e da elevada distância entre o armazém e o cliente. A utilização de viaturas elétricas poderia mitigar este impacte, conjuntamente com a otimização da quantidade de cereja transportada em cada viagem.

A avaliação do impacte ambiental ao nível do ar permitiu concluir, através do indicador de aquecimento global, que o impacte no ciclo de vida “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida se situa em 0,153601482 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido. Os aspetos ambientais contribuintes para o aquecimento global são o combustível diesel do trator com cerca de 34,43% do impacte total, os fertilizantes (33,16%), a eletricidade para o armazenamento (12,30%), o combustível diesel do transporte do armazém para o cliente (9,62%), o herbicida (4,49%), os fungicidas (4,03%), o combustível diesel do transporte do pomar para o armazém (1,18%) e os

inseticidas (0,79%). Tal como no consumo energético, a utilização de viaturas elétricas poderia mitigar este impacto, conjuntamente com a otimização da quantidade de cereja transportada em cada viagem. Além disso, a utilização de outros produtos fitofarmacêuticos, fertilizantes e herbicidas com menor impacto ambiental ou reduzir o número de pulverizações destes compostos também poderia ser uma solução para reduzir o impacto ambiental.

A avaliação do impacto ambiental ao nível da água foi efetuada através dos indicadores da ecotoxicidade da água doce e eutrofização da água doce. O indicador de ecotoxicidade da água doce “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida é  $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Os principais contribuintes para a ecotoxicidade da água doce são os fungicidas com cerca de 60,70% do impacto total, seguindo-se os fertilizantes (37,21%), os inseticidas (1,93%) e o herbicida (0,16%). O indicador de eutrofização da água doce “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida é 0,0025 kg P<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. A totalidade do impacto para a eutrofização da água doce é causada pela utilização de fertilizantes, mais especificamente do fósforo que foi responsável pela totalidade do impacto neste indicador. A substituição dos fertilizantes à base de fósforo por outro elemento químico pode ser uma solução para reduzir este impacto ambiental.

A avaliação do impacto ambiental ao nível do solo foi efetuada através dos indicadores da acidificação terrestre e ecotoxicidade terrestre. O indicador da acidificação terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida é  $9,42 \times 10^{-5}$  kg SO<sub>2</sub><sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. Os principais contribuintes para a acidificação terrestre são os fertilizantes com cerca de 70,53% do impacto total e o combustível diesel do trator (28,28%), seguindo-se o combustível diesel do transporte do armazém para o cliente (0,81%) e o combustível diesel do transporte do pomar para o armazém (0,38%). O indicador de ecotoxicidade terrestre “*from farm to market*” da cereja na Frutas com Vida é  $3,894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB<sub>eq</sub>/kg de cereja produzido. O principal contribuinte para a ecotoxicidade terrestre são os fungicidas com 95,65% do impacto total, seguindo-se os fertilizantes (2,92%), os inseticidas (1,39%) e o herbicida (0,04%).

A utilização de viaturas elétricas poderia mitigar este impacto, conjuntamente com a otimização da quantidade de cereja transportada em cada viagem. Além disso, a utilização de outros produtos fitofarmacêuticos, fertilizantes e herbicidas com menor impacto ambiental ou reduzir o número de pulverizações destes compostos também poderia ser uma solução para reduzir o impacto ambiental.

## **6.2. Conclusões Específicas**

Com o objetivo de fazer uma análise de sensibilidade, foram definidos dois cenários alternativos para uma época agrícola com baixa produção e alta produção de modo a aferir as alterações dos respetivos impactos ambientais. O cenário 1 foi definido como o cenário de baixa produção (5

ton/ha de cerejeira em plena produção) e o cenário 2 como o cenário de alta produção (15 ton/ha de cerejeira em plena produção).

Ao nível do consumo energético, não se verificaram variações muito significativas do consumo energético global “*from farm to market*” entre o cenário real (29.955,68 MJ/ha), o cenário 1 (29.565,56 MJ/ha) e o cenário 2 (28.974,12 MJ/ha). O cenário 1 apresenta um ligeiro aumento do consumo energético da pulverização de produtos fitofarmacêuticos devido ao aumento do número de pulverizações, situando a sua proporção em 34,5% do consumo energético global, seguindo-se a aplicação de herbicidas (18,6%), a aplicação de fertilizantes (17,9%), a manutenção do solo através do enrelvamento (15,2%), transporte (5,1%), armazém (4,3%), rega (4,3%) e poda (0,1%). Em sentido inverso, o cenário 2 apresenta uma ligeira diminuição do consumo energético da pulverização de produtos fitofarmacêuticos devido à diminuição do número de pulverizações, situando a sua proporção em 17,7% do consumo energético global. Assim, a aplicação de herbicidas passa a ser a operação com maior consumo energético global com cerca de 18,9%, seguindo-se a aplicação de fertilizantes (18,3%), o transporte (15,6%), a manutenção do solo através do enrelvamento (15,5%), o armazém (9,4%), a rega (4,4%) e a poda (0,1%).

Ao nível do impacte ambiental relativo ao ar “*from farm to market*”, calculado através do indicador do aquecimento global, verificaram-se variações significativas nos diferentes cenários. O cenário 1 revelou uma subida considerável comparando com o cenário real (0,153601482 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido para 0,290132618 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido), enquanto que no cenário 2 verificou-se exatamente o contrário, ou seja, ocorreu uma diminuição (0,153601482 kg CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido para 0,104620264 kg de CO<sub>2</sub> eq/kg de cereja produzido). Estas variações são naturais, visto que a utilização do trator aumenta no cenário 1 devido ao aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (fungicidas e inseticidas) e diminui no cenário 2 pois essas pulverizações também diminuem, tal como a utilização do trator.

Ao nível do impacte ambiental relativo à água “*from farm to market*”, analisando o indicador da ecotoxicidade da água doce, concluiu-se que existem grandes variações entre os cenários estudados. Para este indicador, o cenário 1 demonstrou um aumento substancial comparando com o cenário real ( $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido para  $1.620,73 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido) e o cenário 2 revelou uma diminuição também considerável ( $755,41 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido para  $405,82 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido). Tal como no indicador do aquecimento global, estas variações são naturais e consequência do aumento do número de pulverizações no cenário 1 e diminuição dessas pulverizações no cenário 2. Para o indicador da eutrofização da água doce, como o impacte é totalmente causado pelo fósforo, verificou-se que, comparativamente com o cenário real (0,0025 kg P eq/kg de cereja produzido), o impacte aumenta para 0,0050 kg P eq/kg de cereja produzido no cenário 1 devido ao aumento da quantidade de fósforo adicionado no solo e, em sentido contrário, diminui no cenário 2 para 0,0017 kg P eq/kg de cereja produzido visto que a quantidade de fósforo aplicado no solo também diminui.

Ao nível do impacto ambiental relativo ao solo “*from farm to market*”, analisando o indicador da acidificação terrestre, concluiu-se que também existem grandes variações para os cenários estudados. Comparando com o cenário real ( $942,27 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido), ocorre uma subida considerável no cenário 1 ( $1.926,64 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido) e uma diminuição também substancial no cenário 2 ( $605,26 \times 10^{-7}$  kg SO<sub>2 eq</sub>/kg de cereja produzido). Mais uma vez, estas variações são explicadas pelo aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos e consequente aumento do tempo de utilização do trator no cenário 1 e diminuição desses dois aspetos ambientais no cenário 2. Para o indicador da ecotoxicidade terrestre, ocorrem as mesmas variações, ou seja, aumento do respetivo valor no cenário 1 comparando com o cenário real ( $3.894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido para  $8.037,72 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido) e diminuição no cenário 2 ( $3.894,26 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido para  $1.766,08 \times 10^{-5}$  kg 1,4-DCB eq/kg de cereja produzido). Tal como o indicador da acidificação terrestre, estas variações também são explicadas pela variação do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos nos diferentes cenários.

É possível concluir que, regra geral, verificou-se um aumento dos indicadores de impacto ambiental no cenário 1 e uma diminuição no cenário 2. Essas variações são explicadas quase sempre pelo mesmo motivo, isto é, pelo aumento do número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos e do tempo de funcionamento de trator no cenário 1 e diminuição desses aspetos ambientais no cenário 2. Assim, embora se verifique um maior consumo ao nível do transporte e do armazenamento no cenário 2 de alta produção, os impactos ambientais deste cenário são menores devido ao menor número de pulverizações de produtos fitofarmacêuticos (redução do impacto dos fungicidas, inseticidas e combustível diesel do trator).

Em suma, a Frutas com Vida apresenta um desempenho ambiental bastante positivo e, inclusive, abaixo de outros estudos ACV sobre a cereja. A empresa já cumpre algumas boas medidas de redução do consumo energético e do impacto ambiental, como a utilização de tesouras elétricas ao invés de tesouras pneumáticas e a utilização de um sistema de rega totalmente elétrico ao invés da utilização de uma bomba à base de combustível diesel. Uma possível sugestão para um desempenho ambiental ainda superior passa pela alteração da localização do armazém para um local mais próximo do cliente ou a definição de alternativas para a realização do transporte do armazém para o cliente como a utilização de viaturas elétricas. Além disso, é possível optar por outras hipóteses para melhorar o desempenho ambiental, como a utilização de sistemas de agricultura e precisão para detetar a efetiva necessidade de fertilizantes (nutrientes), herbicidas e fungicidas, o uso de sistemas de apoio à decisão para definir as datas das operações agrícolas para reduzir o seu impacto ambiental e a otimização do desempenho dos sistemas de refrigeração das câmaras que, simplesmente, pode passar por um esclarecimento de boas práticas aos colaboradores.

### **6.3. Sugestões para Trabalho Futuro**

Com o objetivo de estimular o conhecimento científico e dar robustez aos resultados obtidos no presente estudo, são sugeridos os seguintes trabalhos futuros:

- Realização de ACV a outras explorações agrícolas de produção de cereja da Beira Interior;
- Realização de estudos com limites e fronteiras mais abrangentes, nomeadamente estudos “*from cradle to grave*”, ou seja, uma análise a todas as etapas desde a plantação da cerejeira até ao momento em que a cereja chega ao consumidor final. Não foi possível fazer este estudo na presente dissertação devido à ausência de informação;
- Análise mais aprofundada do sistema de refrigeração e do sistema de rega;
- Inclusão dos resíduos e desperdícios resultantes da cadeia produtiva no estudo ACV.

No limite, e na perspetiva de promover a competitividade e sustentabilidade das empresas agrícolas da região, deverão ser realizadas ACV a outros produtos frutícolas na região da Beira Interior, como sejam a vinha ou os pequenos frutos (frutos vermelhos).



## Referências Bibliográficas

- A Cientista Agrícola. (2019). *Principais métodos de rega utilizados na agricultura*. Obtido em 23 de Fevereiro de 2020, de <http://cientistaagricola.pt/principais-metodos-de-rega/>
- ADEME. (2015). *The Bilan Carbone® method - For assessing greenhouse gas emissions*. Obtido em 26 de Novembro de 2019, de [https://www.zess.uni-goettingen.de/explics/Toulouse/anglais/KEYREPORTS/BilanCarboneUK-V3\[1\].pdf](https://www.zess.uni-goettingen.de/explics/Toulouse/anglais/KEYREPORTS/BilanCarboneUK-V3[1].pdf)
- Agronegócios. (2014). *Rhagoletis cerasi: Praga da cereja*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de Hortofruticultura & Floricultura: <http://www.agronegocios.eu/noticias/rhagoletis-cerasi-praga-da-cereja/>
- Aguiar, A., Godinho, M. d., & Costa, C. A. (2005). *Produção Integrada*. Porto: SPI.
- Almeida, D. (2005). *Manuseamento de Produtos Hortofrutícolas*. Porto: SPI.
- Alvarenga, R. A., Dewulf, J., Langenhove, H. V., & Huijbregts, M. A. (2013). Exergy-based accounting for land as a natural resource in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, pp. 939-947.
- Alvarenga, R. A., Herb, K.-H., Haberl, H., Soares, S. R., Zelm, R. v., & Dewulf, J. (2015). Global land use impacts on biomass production - a spatial-differentiated resource-related life cycle impact assessment method. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(4), pp. 440-450.
- Amaro, P. (2003). *A Proteção Integrada*. Lisboa: ISAPress.
- ASABE. (2011). *ASABE Standards: Agricultural Machinery Management Data*. St. Joseph, Michigan: ASABE. Obtido de <http://elibrary.asabe.org/standards.asp>
- Ascenza. (2020). *Antracnose ou Podridão Negra - Colletotrichum acutatum Simmonds*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de Doenças: [http://www.sapecagro.pt/internet/noticias/artigo.asp?id=97&url\\_txt=&link=](http://www.sapecagro.pt/internet/noticias/artigo.asp?id=97&url_txt=&link=)
- Azevedo, L. B., Roy, P.-O., Verones, F., Zelm, R. v., & Huijbregts, M. A. (2016). Chapter 7 - Terrestrial Acidification. Em F. Verones, M.A. Huijbregts, L. B. Azevedo, A. Chaudhary, N. Cosme, L. d. Baan, P. Fantke, M. Hauschild, A. D. Henderson, O. Jolliet, C. L. Mutel, M. Owsianiak, S. Pfister, P. Preiss, P.-O. Roy, L. Scherer, Z. Steinmann, R. v. Zelm, R. V. Dingenen, T. v. Goethem, M. Vieira, S. Hellweg, *LC-impact Version 1.0* (pp. 69-82). LC-IMPACT.
- Baptista, P. (2007). *Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de Transporte e Distribuição de Produtos Alimentares*. Guimarães: Forvisão - Consultoria em Formação Integrada. Obtido de [https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/47923/mod\\_resource/content/0/manual-vol3.pdf](https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/47923/mod_resource/content/0/manual-vol3.pdf)
- Bare, J., Hofstetter, P., Pennington, D. W., & Haes, H. A. (2012). Midpoints Versus Endpoints: The Sacrifices and Benefits. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(6), pp. 319-326.
- Barros, J. F. (2017). Regulação do Pulverizador de Pressão de Jato Transportado. *Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora*.

- BC Tree Fruit Production Guide. (2020). *Cherry Varieties*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2020, de Varieties and Pollination: <https://www.bctfpg.ca/horticulture/varieties-and-pollination/cherry-varieties/>
- Beck, T., Bos, U., Wittstock, B., Baitz, M., Fischer, M., & Sedlbauer, K. (2010). *LANCA Land Use Indicator Value Calculation in Life Cycle Assessment - Method Report*. Estugarda: Fraunhofer IBP.
- Bernardi, J., & Hoffmann, A. (2003). *Condução, poda e raleio*. Obtido em 20 de Fevereiro de 2020, de Sistema de Produção de Pêssego de Mesa na Região da Serra Gaúcha: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/PessegodeMesaRegiaoSerraGaucha/conducao.htm>
- Bos, U., Horn, R., Beck, T., Lindner, J. P., & Fischer, M. (2016). *LANCA Characterization Factors for Life Cycle Impact Assessment, Version 2.0*. Estugarda: Fraunhofer IBP.
- Boulay, A.-M., Bouchard, C., Bulle, C., Deschênes, L., & Margni, M. (2010). Categorizing water for LCA inventory. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(7), pp. 639-651.
- Brandão, M., & Canals, L. M. (2012). Global characterisation factors to assess land use impacts on biotic production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), pp. 1243-1252.
- Bravo, G., López, D., Sandoval, M. V., & Iriarte, A. (2017). Carbon Footprint Assessment of Sweet Cherry Production: Hotspots and Improvement Options. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(2), pp. 559-566.
- British Standards Institute; Carbon Trust. (2008). *Guide to PAS 2050 - How to assess the carbon footprint of goods and services*. Obtido em 26 de Novembro de 2019, de [https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050\\_Guide.pdf](https://aggie-horticulture.tamu.edu/faculty/hall/publications/PAS2050_Guide.pdf)
- Burkhard, B., Kroll, F., Nedkov, S., & Müller, F. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, pp. 17-29.
- Canals, L. M., Burnip, G., & Cowell, S. (2006). Evaluation of the environmental impacts of apple production using Life Cycle Assessment (LCA): Case study in New Zealand. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 114(2-4), pp. 226-238.
- Carbone, B. (2017). *La méthode Bilan Carbone*. Obtido em 26 de Novembro de 2019, de <https://www.associationbilancarbonate.fr/wp-content/uploads/2018/03/bilan-carbone-v8-guide-methodologique-final.pdf>
- Cerfundão. (2014). *Considerações gerais para o delineamento de um Pomar Moderno de Cerejeira (Aspetos gerais e análise de investimento à plantação)*. Obtido de <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12834993/consideracoes-gerais-para-o-delineamento-de-um-cerfundao>
- Cerutti, A. K., Beccaro, G. L., Bosco, S., Luca, A. I., Falcone, G., Fiore, A., Iofrida, N., Giudice, A. L., Strano, A. (2015). Life Cycle Assessment in the Fruit Sector. Em *Life Cycle Assessment in the Agri-food Sector* (pp. 333-388). Springer.
- Cerutti, A. K., Beccaro, G. L., Bruun, S., Bosco, S., Donno, D., Notarnicola, B., & Bounous, G. (Janeiro de 2013). LCA application in the fruit sector: state of the art

- and recommendations for environmental declarations of fruit products. *Journal of Cleaner Production*, 73.
- Cerutti, A. K., Bruun, S., Donno, D., Beccaro, G. L., & Bounous, G. (2013). Environmental sustainability of traditional foods: the case of ancient apple cultivars in Northern Italy assessed by multifunctional LCA. *Journal of Cleaner Production*, 52, pp. 245-252.
- Clune, S., Verghese, K., & Crossin, E. (2017). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, 140, pp. 766-783.
- Comandaru, I. M., Bârjoveanu, G., Peiu, N., Ene, S.-A., & Teodosiu, C. (2012). Life Cycle Assessment of Wine: Focus on Water Use Impact Assessment. *Environmental Engineering and Management Journal*, 11(3), pp. 533-543.
- Costa, F. M. (2006). Avaliação das Características Agronómicas da Cerejeira "de Saco" na região da Cova da Beira - Dissertação apresentada para obtenção do Grau de Mestre em Agricultura e Horticultura Sustentáveis. *Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa, Portugal*.
- COTHN. (2011). *Moniliose*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de <https://infoagro.cothn.pt/portal/index.php?id=1982>
- Dalival. (2020). *Staccato*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2020, de <https://www.dalival.com/cerises/staccato-2/>
- Dave Wilson Nursery. (2020). *Skeena™ Cherry*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2020, de <https://www.davewilson.com/product-information-commercial/product/skeena-cherry>
- Dave Wilson Nursery. (s.d.). *Santina™ Cherry*. Obtido de Cherries: <https://www.davewilson.com/product-information-commercial/product/santina-cherry>
- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H. M., Akbolat, D., & Ekinci, C. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management*, 47(13-14), pp. 1761-1769.
- DGADR. (2011). *Normas técnicas para a produção integrada de prunóideas - Volume I*. Lisboa.
- DGADR. (2012a). *Normas técnicas para a produção integrada de pomóideas - Volume II*. Lisboa.
- DGADR. (2012b). *Normas técnicas para produção integrada de prunóideas - Volume II*. Lisboa.
- DGADR. (2019). *Caderno de Especificações - Cereja do Fundão*. Obtido em 14 de Fevereiro de 2020, de [https://tradicional.dgadr.gov.pt/images/prod\\_imagens/frescos/docs/CE\\_Cereja\\_Fundao\\_IGP\\_fev\\_2019.pdf](https://tradicional.dgadr.gov.pt/images/prod_imagens/frescos/docs/CE_Cereja_Fundao_IGP_fev_2019.pdf)
- DGADR. (2020). *Cereja do Fundão IGP*. Obtido em 14 de Fevereiro de 2020, de Produtos Tradicionais Portugueses - Produtos agrícolas, géneros alimentícios e pratos preparados: <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/cat/frutos-frescos/978-cereja-do-fundao-igp>

- DGAV. (2014). *Proteção Integradas das Culturas - Conceitos e Princípios Gerais*. Ministério da Agricultura e do Mar.
- Dias, C. S. (2012). A Fileira da Cereja da Cova da Beira - Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Fruticultura Integrada. Obtido em 14 de Fevereiro de 2020
- Diezma, B., & Rosa, U. (2005). Monitoring of Fruit Removal for Mechanical Thinning of Peaches. *FRUTIC 05*. Obtido em 22 de Fevereiro de 2020
- DirectIndustry. (s.d.). *Câmara frigorífica*. Obtido em 24 de Março de 2020, de <https://www.directindustry.com/pt/prod/cantek-cold-storage-meat-processing/product-40084-2225913.html>
- Doran, J. W. (2002). Soil health and global sustainability: translating science into practice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), pp. 119-127.
- DRAPC. (2015). *Drosophila suzukii (Matsumura) na Região Centro*. Obtido em 21 de Fevereiro de 2020, de Jornada Pequenos Frutos - Viseu: [http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/drosophila\\_suzukii\\_matsumura.pdf](http://www.drapc.min-agricultura.pt/base/documentos/drosophila_suzukii_matsumura.pdf)
- EIB. (2018). *EIB Project Carbon Footprint Methodologies: Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations*. European Investment Bank.
- European Commission. (2019). *Climate Change & Air Quality*. Obtido de Environment and climate action: <https://agridata.ec.europa.eu/extensions/DashboardIndicators/Climate.html>
- Fairbrother, A., & Hope, B. (2005). Terrestrial Ecotoxicology. Em P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology* (pp. 138-142). Limerick, Irlanda: Elsevier Ireland Limited. Obtido de [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?Lab=NHEERL&dirEntryId=103963](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?Lab=NHEERL&dirEntryId=103963)
- FAO. (2016). *Sustainable crop production intensification*. Obtido em 14 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i6168e.pdf>
- FAO. (2019a). *Agriculture and Consumer Protection Department (AG)*. Obtido em 14 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/agriculture-consumer-protection-department/en/>
- FAO. (2019b). *The State of Food and Agriculture 2019: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*. Roma.
- FAO. (2019c). *World Food and Agriculture - Statistical Pocketbook 2019*. Roma.
- FAOSTAT. (2019a). *Crops*. Obtido em 13 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FAOSTAT. (2019b). *Crops World*. Obtido em 13 de Novembro de 2019, de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- FAOSTAT. (2020). *Crops and livestock products*. Obtido de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>
- Fardi, H. M. (2013). Life Cycle Impact Assessment of Water - Reviewing methods and their implications in biorefinery system. *KTH Royal Institute of Technology*.

- Ferreira, D. (2016). Monda mecânica de Flores em Pessegueiro: Impacto na qualidade e produtividade da ‘Very Good’ - Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agronómica. *Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco*.
- Ferreira, D., Gavinhos, C., Barateiro, A., Ramos, C., Fragoso, P., Lopes, S., & Simões, M. P. (2017). Monda mecânica de flores em pessegueiro com o equipamento Saflow® Electric na cv. ‘Very Good’: avaliação do impacto na produção e qualidade dos frutos. *Revista de Ciências Agrárias*, 40, pp. 79-87.
- Figueiredo, M. C., Mota, S., Rodrigues, G. S., Caldeira-Pires, A., & Rosa, M. d. (2007). Metodologia de avaliação dos impactos ambientais de inovações tecnológicas agroindustriais, com base no ciclo de vida. *Conferência Internacional Ciclo de Vida*. Obtido de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100670/1/2007AA-034.pdf>
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., Suh, S. (2009). Recent developments in Life Cycle Assessment. *Journal of Environmental Management*, 91(1), pp. 1-21.
- Frischknecht, R., Steiner, R., Arthur, B., Norbert, E., & Gabi, H. (2006). Swiss Ecological Scarcity Method: The New Version 2006.
- Gardi, C., Jeffery, S., & Saltelli, A. (2013). An estimate of potential threats levels to soil biodiversity in EU. *Global Change Biology*, 19(5), pp. 1538-1548.
- Garrigues, E., Corson, M. S., Angers, D., Werf, H. v., & Walter, C. (2013). Development of soil compaction indicator in life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(7), pp. 1316-1324.
- Gaspar, J. P., Gaspar, P. D., Silva, P. D., Simões, M. P., & Santo, C. E. (2018). Energy Life-Cycle Assessment of Fruit Products—Case Study of Beira Interior’s Peach (Portugal). *Sustainability*, 10(3530).
- Ghatrehsamani, S., Ebrahimi, R., Kazi, S. N., Badry, A. B., & Sadeghinezhad, E. (2016). Optimization model of peach production relevant to input energies – Yield function in Chaharmahal va Bakhtiari province, Iran. *Energy*, 99, pp. 315-321.
- Gomes, J. (2018). Influência do sistema de manutenção do solo na entrelinha da vinha, no vigor, na produção e na qualidade do mosto nas Castas Arinto e Antão Vaz - Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia. *Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Beja*. Obtido em 21 de Fevereiro de 2020
- Gonçalves, M. (2010). Influência da rega subsuperficial e gota-a-gota na utilização da água, qualidade e produção em pereira (*Pyrus communis*L.) ‘Rocha’. Estudo preliminar - Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Agronómica. *Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa*.
- Gramaser. (2019). *Mesa de Escolha e Embalamento de Frutos Pequenos /Packing Table Small Fruits*. Obtido em 24 de Março de 2020, de <https://www.gramaser.pt/mesa-de-escolha-e-embalamento-de-frutos-pequenos/>
- Grisso, R., Perumpral, J. V., Robertson, G. T., & Pitman, R. (2014). Predicting Tractor Diesel Fuel Consumption. *Virginia Cooperative Extension*, 442-073, p. 2.

- Guinée, J. (2016). Life Cycle Sustainability Assessment: What Is It and What Are Its Challenges? Em R. Clift, & A. Druckman (Edits.), *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer.
- Guix, E. V. (2016). Environmental assessment of Catalan fruit production focused on carbon and water footprint - PhD Thesis. *Universitat Autònoma de Barcelona*.
- Hemmati, A., Tabatabaeefar, A., & Rajabipour, A. (2013). Comparison of energy flow and economic performance between flat land and sloping land olive orchards. *Energy*, 61, pp. 472-478.
- Holka, M., & Bienkowski, J. (2020). Assessment of toxicity impacts of chemical protection of winter wheat, sugar beet and winter rape on aquatic ecosystems and humans. *Zemdirbyste-Agriculture*, 107(2), pp. 131-138.
- Hughes, D., West, J., Atkins, S., Gladders, P., Jegerb, M., & Fitt, B. (2011). Effects of disease control by fungicides on greenhouse gas emissions by UK arable crop production. *Pest Management Science*, 67(9).
- IEA. (2020). *Energy Prices and Taxes for OECD Countries: Database Documentation (1st Quarter 2020)*. International Energy Agency. Obtido de [http://wds.iea.org/wds/pdf/EPT\\_documentation.pdf](http://wds.iea.org/wds/pdf/EPT_documentation.pdf)
- IndiaMART. (s.d.). *Drip Irrigation Service*. Obtido em 22 de Março de 2020, de <https://www.indiamart.com/proddetail/drip-irrigation-service-17319098355.html>
- INE. (2018). *Estatísticas Agrícolas 2017*. Obtido em 13 de Novembro de 2019, de [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=320461359&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=320461359&PUBLICACOESmodo=2)
- INE. (2019a). *Estatísticas Agrícolas 2018*. Obtido em 10 de Fevereiro de 2020, de [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=358629204&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=358629204&PUBLICACOESmodo=2)
- INE. (2019b). *Produção das principais culturas agrícolas (t) por Localização geográfica (Região agrícola) e Espécie; Anual*. Obtido em 10 de Fevereiro de 2020, de Portal do INE: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000021&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000021&contexto=bd&selTab=tab2)
- INE. (2019c). *Produtividade das principais culturas agrícolas (kg/ha) por Localização geográfica (Região agrícola) e Espécie; Anual*. Obtido em 10 de Fevereiro de 2020, de Portal do INE: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000023&contexto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000023&contexto=bd&selTab=tab2)
- INE. (2019d). *Superfície das principais culturas agrícolas (ha) por Localização geográfica (Região agrícola) e Espécie; Anual*. Obtido em 10 de Fevereiro de 2020, de Portal do INE: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0000019&selTab=tab0&xlang=pt](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000019&selTab=tab0&xlang=pt)
- Ingrao, C., Matarazzo, A., Tricase, C., Clasadonte, M. T., & Huisinigh, D. (1 de Abril de 2015). Life Cycle Assessment for highlighting environmental hotspots in Sicilian peach production systems. *Journal of Cleaner Production*, 92, pp. 109-120.
- INIAV. (2019). *Boletim Técnico - Cancro bacteriano das prunóideas*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de Unidade Estratégica de Investigação e Serviços - Sistemas

Agrários e Florestais e Sanidade Vegetal:  
[http://iniav.pt/fotos/editor2/bt\\_2\\_2019\\_cerejeiras.pdf](http://iniav.pt/fotos/editor2/bt_2_2019_cerejeiras.pdf)

- InovEnergy. (2012). *Caracterização do Sector Agroalimentar por Fileira*. Covilhã: Universidade da Beira Interior. Obtido de [http://inovenergy.inovcluster.pt/media/25612/Relatorio\\_Act2\\_UBI.pdf](http://inovenergy.inovcluster.pt/media/25612/Relatorio_Act2_UBI.pdf)
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006: Volume 2 - Capítulo 3*. IPCC. Obtido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC. (2006). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006: Volume 4 - Capítulo 11*. IPCC. Obtido de [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4\\_Volume4/V4\\_11\\_Ch11\\_N2O&CO2.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf)
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report - Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the IPCC*. (R. Pachauri, & A. Reisinger, Edits.) Genebra: IPCC.
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5°C*. Genebra: IPCC.
- IPCC. (2020). *IPCC develops strategic response to impact of COVID-19 on work programme*. Obtido em 27 de Abril de 2020, de IPCC: <https://www.ipcc.ch/2020/04/02/statementoncovid-19/>
- ISO. (2006). *ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Genebra.
- IT Supply Chain. (2019). *Cherry Load take remote compliance control*. Obtido em 2 de Abril de 2020, de <https://itsupplychain.com/cherry-load-take-remote-compliance-control/>
- Janssens, I. A., Freibauer, A., Ciais, P., Smith, P., Nabuurs, G.-J., Folberth, G. A., Schlamadinger, B., Hutjes, R. W. A., Ceulemans, R., Schulze, E.-D., Valentini, R., Dolman, A. J. (2003). Europe's Terrestrial Biosphere Absorbs 7 to 12% of European Anthropogenic CO<sub>2</sub> Emissions. *Science*, 300, pp. 1538-1542.
- Joper. (s.d.). *Triturador | TDH*. Obtido em 20 de Março de 2020, de Produtos: <http://www.joper.com.pt/produto/33-triturador-tdh>
- Karlsson, A. E. (2017). *Climate Impact from Fresh Fruit Production - a systematic review and meta-analysis - Masters Dissertation. Department of Biological and Environmental Sciences of University of Gothenburg*. Obtido de [https://bioenv.gu.se/digitalAssets/1682/1682574\\_annika-ek.pdf](https://bioenv.gu.se/digitalAssets/1682/1682574_annika-ek.pdf)
- Keyes, S., Tyedmers, P., & Beazley, K. (2015). Evaluating the environmental impacts of conventional and organic apple production in Nova Scotia, Canada, through life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-12.
- Kock, L. d., Russo, V., & Blottnitz, H. V. (2018). Carbon intensive but decarbonising quickly? Retrospective and prospective Life Cycle Assessments of South African pome fruit. *Journal of Cleaner Production*, 212, pp. 139-150.
- Li, P., Tan, H., Wang, J., Cao, X., & Yang, P. (2019). Evaluation of Water Uptake and Root Distribution of Cherry Trees Under Different Irrigation Methods. *Water*, 11(3). Obtido em 23 de Fevereiro de 2020

- Li, T., Zhang, H.-C., Liu, Z.-C., Ke, Q., & Alting, L. (2013). A System Boundary Identification Method for Life Cycle Assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19(3).
- Lourenço, J. (2018). Monda química em pereira ‘Rocha’ - Dissertação apresentada a obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Agronómica – Hortofruticultura e Viticultura. *Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa*.
- Luz, J. P. (2005). Panorama actual da protecção integrada de prunóideas. *Encontro Nacional de Protecção Integrada*, 6, Castelo Branco, 14 a 16 de Maio, 2003 - Actas, pp. 178-194.
- Luz, J. P. (2013). Doenças bióticas da cerejeira I. *Voz do Campo*, pp. 44-45.
- MATA. (2019). Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC2050) - Estratégia de Longo Prazo para a Neutralidade Carbónica da Economia Portuguesa em 2050. Obtido de [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050\\_PT-22-09-2019.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RNC2050_PT-22-09-2019.pdf)
- Mccune, L., Kubota, C., Stendell-Hollis, N. R., & Thomson, C. A. (2011). Cherries and Health: A Review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(1), pp. 1-12.
- McGrath Nurseries. (2020). *Cherry-Summit*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2020, de Photos: <http://mcgrathnurseries.co.nz/photos/fruit-trees/cherry/cherry-summit-458>
- McLellan, M. R., & Padilla-Zakour, O. (2004). Sweet Cherry and Sour Cherry Processing. Em D. M. Barrett, L. Somogyi, & H. S. Ramaswamy, *Processing Fruits: Science and Technology, Second Edition* (pp. 497-509). CRC Press.
- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., & Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management*, 49(12), pp. 3566-3570.
- Nature Hills Nursery. (2020a). *Sweetheart Cherry Tree*. Obtido em 14 de Fevereiro de 2020, de Fruit Bearing: <https://www.naturehills.com/cherry-tree-sweetheart>
- Nature Hills Nursery. (2020b). *Lapins Cherry Tree*. Obtido em 14 de Fevereiro de 2020, de Fruit Bearing: <https://www.naturehills.com/cherry-tree-lapins>
- Nicholson, C. (2012). *Stone Fruit Thinning: a Desk Study of Recent Developments Overseas*. Obtido em 22 de Fevereiro de 2020, de <https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Horticulture/TF%202005%20Final%20Report%202012.pdf>
- Notarnicola, B., Hayashi, K., Curran, M. A., & Huisingh, D. (2012). Progress in working towards a more sustainable agri-food industry. *Journal of Cleaner Production*, 28, pp. 1-8.
- Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2019). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019: Combustion - Road transport*. Luxemburgo: European Environment Agency.
- Núñez, M., Antón, A., Muñoz, P., & Rieradevall, J. (2012). Inclusion of soil erosion impacts in life cycle assessment on a global scale: application to energy crops in Spain. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(4), pp. 755-767.
- Núñez, M., Civit, B., Muñoz, P., Arena, A., Rieradevall, J., & Antón, A. (2010). Assessing potential desertification environmental impact in life cycle assessment:

- Part 1: Methodological aspects. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15(1), pp. 67-78.
- Oberholzer, H.-R., Freiermuth, R., Weisskopf, P., & Gaillard, G. (2012). A novel method for soil quality in life cycle assessment using several soil indicators. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(3), pp. 639-649.
- Ozkan, B., Akcaoz, H., & Karadeniz, F. (2004). Energy Requirement and Economic Analysis of Citrus Production in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 45(11), pp. 1821-1830.
- Parajuli, R., Thoma, G., & Matlock, M. D. (2019). Environmental sustainability of fruit and vegetable production supply chains in the face of climate change: A review. *Science of the Total Environment*, 650, pp. 2863-2879.
- Patro, R. (2017). *Antracnose*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de Jardineiro: <https://www.jardineiro.net/pragas/antracnose.html>
- Pazikowska-Sapota, G., Galer-Tatarowicz, K., Dembska, G., Wojtkiewicz, M., Duljas, E., Pietrzak, S., & Dzierzbicka-Glowacka, L. A. (2020). The impact of pesticides used at the agricultural land of the Puck commune on the environment of the Puck Bay. *PeerJ*, 8789.
- Peacock, N., Camillis, C. D., Pennington, D., Aichinger, H., Parenti, A., Rennaud, J.-P., Raggi, A., Brentrup, F., Sára, B., Schenker, U., Unger, N., Ziegler, F. (2011). Towards a harmonised framework methodology for the environmental assessment of food and drink products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(3), pp. 189-197.
- Pereira, T. C., Amaro, A., Borges, M., Silva, R., Pina, A., & Canaveira, P. (2019). *Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 -2017*. Amadora: Portuguese Environmental Agency.
- Pereira, T. C., Seabra, T., Pina, A., Freitas, L., & Amaro, A. (2015). *Portuguese Informative Inventory Report 1990-2013*. Amadora: Portuguese Environmental Agency.
- Pfister, S., Koehler, A., & Hellweg, S. (2009). Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science and Technology*, 43(11), pp. 4098-4104.
- Pickel, P., & Eigner, M. (2012). *Life Cycle Assessment (LCA) and its importance for the agricultural sector*. Obtido em 13 de Novembro de 2019, de <https://pdfs.semanticscholar.org/139f/ac8c1d4d6dbf628d8825ded0bd85ec7ff44c.pdf>
- Pinto, P. M., & Morais, A. M. (2000). *Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas*. Obtido de Associação para a Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica: <http://www.esac.pt/noronha/manuais/boas%20praticas%20horto%20spiral.pdf>
- PRé Sustainability. (2019). *Life Cycle-Based Sustainability - Standards & Guidelines*. Obtido em 15 de Novembro de 2019, de <https://www.pre-sustainability.com/download/Life-Cycle-Based-Sustainability-Standards-Guidelines.pdf>

- Quinta do Carvalho. (s.d.). *Variedades de Cerejas Cultivadas nos nossos Pomares*. Obtido em 21 de Março de 2020, de <http://www.quintacarvalho.com/variedades.html>
- Ramos, A. C., Ferreira, A., Sousa, B., Rodrigues, N., & Pereira, J. A. (2020). Qualidade pós-colheita de cultivares de cereja refrigerada. Em A. Duarte, & C. Oliveira (Ed.), *4º Simpósio Nacional de Fruticultura 2020* (pp. 74-80). Lisboa: Associação Portuguesa de Horticultura (APH). Obtido de <https://aphorticultura.pt/wp-content/uploads/2020/03/2020-Actas-Portuguesas-de-Horticultura-32-4SNF.pdf>
- Rana, R. L., Andriano, A. M., Giungato, P., & Tricase, C. (2019). Carbon footprint of processed sweet cherries (*Prunus avium* L.): From nursery to market. *Journal of Cleaner Production*, 227, pp. 900-910.
- Raynolds, M., Fraser, R., & Checkel, D. (2000). The Relative Mass-Energy-Economic (RMEE) Method for System Boundary Selection. Part 1: A Means to Systematically and Quantitatively Select LCA Boundaries. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 5(1), pp. 37-46.
- Rocha, J., Biggs, R., Peterson, G., & Carpenter, S. (2017). *Freshwater Eutrophication*. Obtido em 22 de Abril de 2020, de Regime Shifts Database: <https://www.regimeshifts.org/item/55-freshwater-eutrophication#>
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., & Shiina, T. (2009). A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering*, 90, pp. 1-10.
- Saad, R., Koellner, T., & Margni, M. (2013). Land use impacts on freshwater regulation, erosion regulation, and water purification: A spatial approach for a global scale level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(6), pp. 1253-1264.
- Sanderson, V., Bamber, N., & Pelletier, N. (2019). Cradle-to-market life cycle assessment of Okanagan (Canada) cherries: Helicopters, seasonal migrant labour and flying fruit. *Journal of Cleaner Production*, 229, pp. 1283-1293.
- Chapin, F.S. & Eviner, V.T. (2007). 8.06.2.1. What is NPP? *Treatise on Geochemistry*, 8, pp. 1-35.
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2000). *Manual Técnico para la Poda, Derribo y Transplante de Árboles Y Arbustos da la Ciudad de México*. Cidade do México.
- Simões, M. P. (2019). *Perspetiva da ligação Universidade-Empresa: A Academia e as Prunóideas na Beira Interior - Fóruns de Modernização da Agricultura, Promovido pelo site Agroportal, Auditório da Caixa Agrícola da Região do Fundão e Sabugal*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de [https://2a0ffe7a-8d7e-473d-978c-ff3d6e653086.filesusr.com/ugd/e0edbe\\_64957ef0912e4cfe86ac95afe7cba92d.pdf](https://2a0ffe7a-8d7e-473d-978c-ff3d6e653086.filesusr.com/ugd/e0edbe_64957ef0912e4cfe86ac95afe7cba92d.pdf)
- Simões, M. P., Vuleta, I., & Belusic, N. (2013). Monda mecânica de flores com equipamento electro'flor em pessegueiros da cultivar "Rich Lady". *Revista de Ciências Agrárias*, 36(3), pp. 297-302.
- Smith, P., & Martino, D. (2008). Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1492), pp. 789-813.

- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B. L., Lassaletta, L., Vries, W. d., Vermeulen, S. J., Herrero, M., Carlson, K. M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L. J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H. C. J., Tilman, D., Rockström, J., Willett, W. (2018). Options for keeping the food system within environmental limits. *Nature*, 562, pp. 519-525.
- Stokstad, E. (2019). *Jury verdicts cloud future of popular herbicide*. Obtido em 22 de Março de 2020, de Science Magazine Digital: [https://www.sciencemagazinedigital.org/sciencemagazine/24\\_may\\_2019/MobilePagedArticle.action?articleId=1490854#articleId1490854](https://www.sciencemagazinedigital.org/sciencemagazine/24_may_2019/MobilePagedArticle.action?articleId=1490854#articleId1490854)
- Summerland. (2020). *Sumele (Satin™)*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2020, de Select Cherries: [https://www.summerlandvarieties.com/varieties/category/1/Select\\_Cherries/page:2/product/36/Sumele\\_Satin/](https://www.summerlandvarieties.com/varieties/category/1/Select_Cherries/page:2/product/36/Sumele_Satin/)
- Svanes, E., & Johnsen, F. M. (2019). Environmental life cycle assessment of production, processing, distribution and consumption of apples, sweet cherries and plums from conventional agriculture in Norway. *Journal of Cleaner Production*, 238.
- Tabatabaie, H., & Murthy, G. S. (2016). Cradle to farm gate life cycle assessment of strawberry production in the United States. *Journal of Cleaner Production*, 127, pp. 1-7.
- Töfoli, J. G., Ferrari, J. T., Domingues, R. J., & Nogueira, E. M. (2011). Botrytis sp. em espécies hortícolas: hospedeiros, sintomas e manejo. *Biológico*, 73(1), pp. 11-20.
- Tricase, C., Rana, R. L., Andriano, A. M., & Ingrao, C. (2017). An input flow analysis for improved environmental sustainability and management of cherry orchards: A case study in the Apulia region. *Journal of Cleaner Production*, 156, pp. 766-774.
- Tubiello, F. N. (2018). Greenhouse Gas Emissions Due to Agriculture. Em P. Ferranti, E. Berry, & A. Jock (Edits.), *Elsevier Encyclopedia of Food Systems* (pp. 196-205). Elsevier.
- University of California - Fruit Report. (s.d.). *Darwin String Thinner used for flower thinning*. Obtido em 28 de Abril de 2020, de Mechanical thinning: [https://ucanr.edu/sites/fruitreport/Thinning/Mechanical\\_Thinning/?repository=35702&a=86490](https://ucanr.edu/sites/fruitreport/Thinning/Mechanical_Thinning/?repository=35702&a=86490)
- University of California - Fruit Report. (s.d.). *Drum shaker developed by USDA for thinning peach fruitlets*. Obtido em 28 de Abril de 2020, de Mechanical thinning: <https://ucanr.edu/sites/fruitreport/Thinning/?repository=35700&a=86500>
- UTAD. (2020). *Prunus avium L.* Obtido em 14 de Fevereiro de 2020, de UTAD Jardim Botânico: [https://jb.utad.pt/especie/Prunus\\_avium](https://jb.utad.pt/especie/Prunus_avium)
- Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Iribarren, D., & Moreira, M. T. (2012). Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). *Journal of Cleaner Production*, 27, pp. 92-102.
- Vida Rural. (2016). *Xylella fastidiosa: uma ameaça silenciosa*. Obtido em 17 de Fevereiro de 2020, de <http://www.vidarural.pt/insights/xylella-fastidiosa-uma-ameaca-silenciosa/>

- Vidal-Legaz, B., Souza, D. M., Teixeira, R., Antón, A., Putman, B., & Sala, S. (2017). Soil quality, properties, and functions in life cycle assessment: an evaluation of models. *Journal of Cleaner Production*, 40, pp. 502-515.
- Vinyes, E., Asin, L., Alegre, S., Muñoz, P., Boschmonart, J., & Gasol, C. M. (2017). Life Cycle Assessment of apple and peach production, distribution and consumption in Mediterranean fruit sector. *Journal of Cleaner Production*, 149, pp. 313-320.
- Which? (2016). *How do I prune cherry trees*. Obtido em 20 de Março de 2020, de Gardening Helpdesk: <https://gardening.which.co.uk/hc/en-gb/articles/213971905-How-do-I-prune-cherry-trees>
- WHO. (s.d.). *Health statistics and information systems*. Obtido em 22 de Novembro de 2019, de [https://www.who.int/healthinfo/global\\_burden\\_disease/metrics\\_daly/en/](https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/)
- Winther, M., & Dore, C. (2019). *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019: Combustion - Non road mobile machinery*. Luxemburgo: European Environment Agency.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning* (Vol. 537). Washington DC: Department of Agriculture, USA.
- Xinhua. (2017). *Sour cherries harvested in Erd, Hungary*. Obtido de [http://www.xinhuanet.com/english/2017-06/09/c\\_136351915\\_2.htm](http://www.xinhuanet.com/english/2017-06/09/c_136351915_2.htm)