



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

Dissertação

Pegada de Carbono em Culturas Hortícolas

Maria João Pombinho Caldinhas

Orientador(es) | José Rafael Silva

Évora 2023



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

Dissertação

Pegada de Carbono em Culturas Hortícolas

Maria João Pombinho Caldinhas

Orientador(es) | José Rafael Silva

Évora 2023



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

- Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)
- Vogais | José Rafael Silva (Universidade de Évora) (Orientador)
Rui Manuel Machado (Universidade de Évora) (Arguente)

Agradecimentos

Quero agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram ao longo do meu percurso académico na Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa e, sobretudo, na Universidade de Évora.

Quero agradecer aos amigos pela disponibilidade e o apoio que deram em todos os momentos, bons e menos bons.

Quero agradecer aos colegas pela partilha de conhecimento e a enorme ajuda que deram, em particular, o Francisco Marques.

Também à minha família, em especial à minha mãe e à minha irmã, pelos conselhos e pelo indispensável suporte, o qual permitiu ultrapassar mais uma etapa da minha vida.

Ao Professor José Rafael Silva, que me sugeriu o tema e facilitou o contacto com produtores e empresas agrícolas, para que fosse possível realizar este trabalho. Como orientador desta dissertação, também ajudou com todo o seu conhecimento, disponibilidade e com a sua exigência, fundamental para a evolução durante este percurso.

E por último, quero agradecer às empresas que se disponibilizaram para colaborar neste projeto, partilhando a sua experiência e conhecimento.

Pegada de Carbono em Culturas Hortícolas

Resumo

O setor agrícola contribui entre 30 a 40% para a pegada de carbono global. Portugal assumiu o objetivo da neutralidade carbónica até 2050. Assim, todos os sectores da sociedade, incluindo o setor agrícola, têm que estar empenhados para alcançar esta meta.

O objetivo deste estudo é entender melhor o sistema produtivo das culturas hortícolas, qual a pegada de carbono nas culturas da batata, cebola, cenoura, melão e melancia? Que operações culturais mais contribuem para as emissões? Como otimizar o sistema produtivo?

A avaliação da Pegada de Carbono em Culturas Hortícolas foi feita através da recolha dos dados relativos a cada uma das produções e foi feito o cálculo do balanço de carbono através da metodologia IPCC (2006). O resultado final das emissões médias de CO₂-eq foi: GWP_{Batata} = 0.059, GWP_{Cebola} = 0.056; GWP_{cenoura} = 0,045; GWP_{melancia} = 0.043; GWP_{melão} = 0,061 (GWP em *Ton*_{CO₂-eq/Ton produto).}

Palavras-chave

Carbono; Balanço; Horticultura; Pegada; Sequestro.

Carbon Footprint in Horticulture Crops

Abstract

The agricultural sector contributes between 30 to 40 % of the global carbon footprint. Portugal assumed the goal of carbon neutrality by 2050. Thus, all sectors of society, including the agricultural sector, must be committed to achieving this goal.

The objective of this study is to better understand the productive system of horticultural crops, what is the carbon footprint of potato, onion, carrot, melon and watermelon crops? Which cultural operations contribute the most to emissions? How to optimize the production system?

The assessment of the Carbon Footprint in Horticulture Crops was carried out by collecting data on each of the productions and calculating the carbon balance using the IPCC methodology (2006). The final result of average CO_{2-eq} emissions was: Potato GWP = 0.059, Onion GWP = 0.056; carrot GWP = 0.045; watermelon GWP = 0.043; Melon GWP = 0.061 (GWP in Ton_{CO2-eq}/Ton_{product}).

Keywords

Carbon; Balance; Horticulture; Footprint; Sequestration.

Índice Geral

Agradecimentos	iv
Resumo.....	v
Palavras-chave.....	v
Abstract	vi
Keywords.....	vi
Índice Geral	vii
Índice de Figuras, Gráficos e Tabelas	ix
Lista de Abreviaturas, siglas e Acrónimos.....	xii
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica	2
2.1. Caracterização do Sistema e LCA em Hortícolas	2
2.2. Potencial de Aquecimento Global das Culturas Hortícolas.....	4
2.3. Fatores que Influenciam a Pegada de Carbono	4
2.4. Pontos críticos do Ciclo Cultural.....	6
3. Materiais e Métodos.....	7
3.1. Cálculo da Pegada de Carbono.....	7
3.1.1. Dados Recolhidos para Avaliação da Pegada de Carbono.	7
3.2. Área de Estudo	8
3.3. Tecnologia de Produção	9
3.3.1. Mobilização de Solo	10
3.3.2. Sementeira	11
3.3.3. Fertilização	12
3.3.4. Proteção de Culturas.....	13
3.3.5. Rega.....	15
3.3.6. Colheita	17
3.3.7. Gestão de Resíduos e Refugos	19
3.3.8. Consumo de Combustível	19
4. Resultados e Discussão	20
4.1. Batata	20
4.2. Cebola.....	24
4.3. Cenoura	27
4.4. Melancia	30
4.5. Melão.....	33
4.6. Resultados Médios para as Culturas Hortícolas	36
4.6.1. Emissão de Gases com Efeito de Estufa	36

4.6.2. Pegada de Poluição Difusa	37
4.6.3. Pegada Hídrica.....	41
4.6.4. Comparação com os Resultados de LCA	42
5. Conclusão	43
6. Referências Bibliográficas	45
7. APÊNDICES	47
APÊNDICE 7.1 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de cebola.	47
APÊNDICE 7.2 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de cenoura.....	47
APÊNDICE 7.3 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Batata.	48
APÊNDICE 7.4 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Melão.....	48
APÊNDICE 7.5 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Melancia.	49
APÊNDICE 7.6– Valores de precipitação mensal registada (mm) durante 2020 e 2021.....	49
APÊNDICE 7.7 – Dados para elaboração de plano de Rega a partir do ciclo de crescimento das culturas e respetivos valores de Kc, ET ₀ e ETC.....	50
APÊNDICE 7.8 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da batata em 2020 e 2021.....	51
APÊNDICE 7.9 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da cenoura em 2020 e 2021.....	52
APÊNDICE 7.10 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da melancia em 2020 e 2021.....	53
APÊNDICE 7.11 - Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo do melão em 2020 e 2021.....	54
APÊNDICE 7.12 – Resultados das produções obtidas na cultura da batata em 2020 e 2021, em que <i>Peso Bruto</i> é a quantidade de produto colhido, <i>Peso Líquido</i> é a quantidade de produto comercializado e <i>Refugo</i> a quantidade de produto sem valor comercial.	55
APÊNDICE 7.13 - Produções obtidas na cultura da cebola em 2020 E 2021.....	56
APÊNDICE 7.14 - Produções obtidas na cultura da cenoura em 2020 e 2021.	57
APÊNDICE 7.15- Produções obtidas na cultura da melancia em 2020 e 2021.....	58
APÊNDICE 7.16- Produções obtidas na cultura do melão em 2020 e 2021.....	59
APÊNDICE 7.17 – Distribuição do Consumo de Gasóleo (%) pelas diversas operações culturais, realizadas ao longo do ciclo produtivo das culturas em análise. Os valores são os médios obtidos nas diversas parcelas por cultura.....	60

Índice de Figuras, Gráficos e Tabelas

Figura 1.1 - Exemplo de uma LCA e dos pontos a serem incluídos na avaliação. São considerados os procedimentos mais importantes do ciclo produtivo. (Extraído de Dorr et al., 2021).	2
Tabela 2.1 - Resumo do nº de estudos de LCA encontrados por cultura hortícola e valor médio global de GWP (Global Warming Potencial, em Kg CO ₂ -eq/Kg produto.), ou seja, Potencial de Aquecimento Global). Valores retirados de (Clune et al., 2016).	4
Tabela 2.2 – Fontes de emissões de CO ₂ -eq com maior impacto, identificadas no LCA das culturas hortícolas. Valores retirados de (Clune et al, 2016).....	5
Tabela 3.1 – Culturas e áreas estudadas por ano de produção.	9
Figura 3.1 – Fotografia da preparação do terreno, execução dos camalhões com o armador e sementeira de cenoura. As operações são realizadas em simultâneo (Fonte: autor).....	10
Figura 3.2 – Fotografia de uma cultura de batata, com camalhões estreitos com apenas uma linha de plantas. (Fonte: autor).	11
Tabela 3.2 - Época e duração do <i>Ciclo de Vida</i> das culturas em estudo, entre 2019 e 2021.....	11
Tabela 3.3 - Fertilizantes aplicados (Kg/ha) em 2020 e 2021. Para cada cultura as UF (Unidades Fertilizantes) aplicadas foram iguais para todas as parcelas.	13
Figura 3.3 – Fotografia da aplicação de um produto fitofarmacêutico nas batateiras. (Fonte: autor).....	14
Tabela 3.4– Nº total de tratamentos realizados ao longo do ciclo cultural de cada produto e respetivos consumos por hectare.	14
Gráfico 3.1 – Volume total médio de água utilizada na rega das diferentes culturas em estudo. ...	16
Figura 3.4 – Fotografia da colheita mecanizada de batata. (Fonte: autor).....	17
Gráfico 3.2 – Comparação entre as produtividades esperadas e as produtividades médias obtidas e a percentagem de refugo médio por cultura.	17
Gráfico 3.3 – Consumo de gasóleo total médio por hectare e por cultura.....	20
Gráfico 4.1 – Distribuição das emissões de CO ₂ -eq da batata, calculado a partir dos valores médios obtidos.	21
Gráfico 4.2 – Pegada de Poluição Difusa (PPD) dos nutrientes N, P, K (Ton nutriente/Ton produto) aplicados na produção de cada variedade de batata em 2020 e 2021.	22
Gráfico 4.3 – EGEE obtida para cada variedade de batata em 2020 e 2021 e o valor médio de EGEE (em Ton CO ₂ -eq/Ton produto).	22
Gráfico 4.4 – Distribuição normal das EGEE para a produção de batata, em que o desvio-padrão (σ) = 0,03 Ton CO ₂ -eq/Ton produto, a média (μ) = 0,06 Ton CO ₂ -eq/Ton produto, com uma variância = 0,0012 (Ton CO ₂ -eq/Ton produto) ²	23
Gráfico 4.5 – Consumo de água na rega por cada Ton de batata produzida, para cada parcela em 2020 e 2021.....	24
Gráfico 4.6 . Distribuição das EGEE (%) pelas diferentes fontes responsáveis pela libertação de CO ₂ -eq na produção de cebola, calculado a partir dos valores médios obtidos.	24
Gráfico 4.7 – Pegada de Poluição Difusa (PPD) dos nutrientes N, P e K presente nos fertilizantes aplicados durante o ciclo produtivo da cebola em cada parcela, em 2020 e 2021.	25

Gráfico 4.8 – EGEE por tonelada de cebola produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021.	26
Gráfico 4.9 - Distribuição normal das EGEE, em que a média (μ) = 0,06 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}), o desvio padrão (σ) = 0,03 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) e a variância = 0,0006 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) ²	26
Gráfico 4.10 – Distribuição das EGEE (%) pelas diversas fontes, calculado a partir dos valores médios obtidos.	27
Gráfico 4.11 – Pegada de Poluição Difusa (Ton _{nutriente} /Ton _{produto}) relativa aos nutrientes aplicados por cada tonelada de produto, por variedade de cenoura e ano de produção.	28
Gráfico 4.12 - EGEE por tonelada de cenoura produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021. .	28
Gráfico 4.13 - Distribuição normal das EGEE, em que a média (μ) = 0,05 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) e a variância = 0,0001 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) ²	29
Gráfico 4.14 – Valores relativos á pegada hídrica (L/Ton _{produto}) na produção de cenoura e valor médio obtido.	30
Gráfico 4.15 – Distribuição das EGEE (%) pelas fontes responsáveis pela libertação de CO _{2-eq} durante o ciclo produtivo da melancia. Calculado a partir dos valores médios obtidos.	30
Gráfico 4.16 – Pegada de Poluição Difusa de cada nutriente por unidade de produto, aplicado durante o ciclo produtivo da melancia, em 2020 e 2021.	31
Gráfico 4.17 – EGEE por tonelada de melancia produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021.	31
Gráfico 4.18 – Distribuição normal das EGEE para a produção de melancia, em que a média (μ) = 0,04 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) e a variância = 0,0001 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) ²	32
Gráfico 4.19 – Consumo de água de rega por tonelada de produto, gasto durante o ciclo produtivo da melancia, em 2020 e 2021.	33
Gráfico 4.20 - Distribuição das emissões de CO _{2-eq} (%), calculado a partir dos valores médios obtidos.	33
Gráfico 4.21 - Pegada de Poluição Difusa dos nutrientes N, P, K (Ton _{nutriente} /Ton _{produto}) aplicados na produção de cada variedade de melão em 2020 e 2021.	34
Gráfico 4.22 – EGEE (Ton _{CO2-eq} / Ton _{produto}) obtida para cada variedade de melão em 2020 e 2021 e o valor médio de EGEE.	35
Gráfico 4.23 - Distribuição normal das EGEE na produção de melão, com média (μ) = 0,06 (Ton _{CO2-eq} / Ton _{produto}) o desvio padrão (σ) = 0,02 (Ton _{CO2-eq} / Ton _{produto}) e a variância = 0,0003 (Ton _{CO2-eq} / Ton _{produto}) ²	35
Gráfico 4.24 - Consumo de água na rega por cada Tonelada de melão produzida, por parcela em 2020 e 2021.	36
Gráfico 4.25 – EGEE (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) valores médios, mínimos e máximos obtidos nas várias culturas analisadas em 2020 e 2021.	37
Gráfico 4.26 - Distribuição normal das EGEE, calculado a partir do valor médio obtido para todas as culturas, com média (μ) = 0,05 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton _{CO2-eq} /Ton _{produto}) e a variância = 0,0001 (Ton _{CO2-eq} / Ton _{produto}) ²	37
Gráfico 4.27 – Pegada de Poluição Difusa para o azoto (Kg /Ton _{produto}) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.	38

Gráfico 4.28 – Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do azoto, com média (μ) = 4,49 (Kg _N /Ton _{produto}), desvio-padrão (σ) = 0,93 (Kg _N /Ton _{produto}) e variância = 0,86 (Kg _N /Ton _{produto}) ² . .	38
Gráfico 4.29 - Pegada de Poluição Difusa para o fósforo (Kg/Ton _{produto}) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.	39
Gráfico 4.30 - Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do fósforo, com média (μ) = 3,07 (Kg _P /Ton _{produto}), desvio-padrão (σ) = 0,47 (Kg _P /Ton _{produto}) e variância = 0,22 (Kg _P /Ton _{produto}) ² . ..	39
Gráfico 4.31 - Pegada de Poluição Difusa para o potássio (Kg/Ton _{produto}) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.	40
Gráfico 4.32 - Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do potássio, com média (μ) = 6,15 (Kg _K /Ton _{produto}), desvio-padrão (σ) = 1,32 (Kg _K /Ton _{produto}) e variância = 1,74 (Kg _K /Ton _{produto}) ² . ..	40
Gráfico 4.33 – Pegada Hídrica (L/Ton _{produto}) das culturas hortícolas em análise, calculada a partir das médias obtidas por cultura.	41
Gráfico 4.34 - Distribuição Normal da Pegada Hídrica nas culturas hortícolas em análise, com média (μ) = 100,61 (L/Ton _{produto}), desvio-padrão (σ) = 73,94 (L/Ton _{produto}) e variância = 5466,8 (L/Ton _{produto}) ²	42
Tabela 4.1 – Comparação dos valores médios obtidos de EGEE _{exploração} com os valores de LCA encontrados na revisão bibliográfica, retirados de (Clune et al., 2016).	42
Gráfico 7.1 – Consumo Total de água na rega da batata, em cada parcela, e valor médio obtido.	51
Gráfico 7.2 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da batata.	51
Gráfico 7.3 – Consumo Total de água na rega da cenoura, em cada parcela, e valor médio obtido.	52
Gráfico 7.4 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da cenoura.	52
Gráfico 7.5 – Consumo Total de água na rega da melancia, em cada parcela, e valor médio obtido.	53
Gráfico 7.6 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da melancia.	53
Gráfico 7.7 – Consumo Total de água na rega do melão, em cada parcela, e valor médio obtido.	54
Gráfico 7.8 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo do melão.	54
Gráfico 7.9 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.	55
Gráfico 7.10 – Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.	55
Gráfico 7.11 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.	56
Gráfico 7.12 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.	56
Gráfico 7.13 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.	57
Gráfico 7.14 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.	57
Gráfico 7.15 - Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.	58
Gráfico 7.16 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.	58
Gráfico 7.17 - Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.	59
Gráfico 7.18 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.	59

Lista de Abreviaturas, siglas e Acrónimos

Abreviatura	Significado
μ	Média.
BC	Balanço de Carbono.
CFT	Cool Farm Tool.
EC	Emissão de Carbono.
EGEE	Emissões de Gases com Efeito de Estufa.
Fert	Fertilizante.
Fito	Fitofármaco.
GEE	Gases com Efeito de Estufa.
GWP	Global Warming Potencial (potencial de aquecimento global).
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima).
K	Potássio.
LCA	Life Cycle Assessment (avaliação de ciclo de vida).
M.O.	Matéria Orgânica.
N	Azoto.
Nº Aplic.	Numero de Aplicações.
P	Fósforo.
PC	Pegada de Carbono.
PH	Pegada Hídrica.
Plt	Planta.
PPD	Pegada de Poluição Difusa.
Sem	Semente.
UF	Unidades Fertilizantes.
UN	United Nations (Nações Unidas).
UN	Unidade.
UP	Unidade de Produção.
VRT	Variable Rate Technology (tecnologia de taxa variável).
σ	Desvio-padrão.

1. Introdução

É do domínio público que foi estabelecido no acordo de Paris (2016), e reafirmado na COP26 (2021), a diminuição das emissões de carbono (EC) e emissões de gases com efeito de estufa (EGEE) a nível mundial, para que seja possível travar o aumento da temperatura e as alterações climáticas. Portugal assumiu o objetivo da neutralidade carbónica até 2050. Assim, todos os sectores da sociedade, incluindo o setor agrícola, têm que estar empenhados neste objetivo. Foi recentemente proposto neste domínio, incluir no “Fit for 55 legislative package” (que corresponde a um pacote de medidas a implementar, para atingir o carbono zero, estabelecido pela União Europeia) o aumento do sequestro de carbono através do uso da terra, floresta e agricultura para que se atinja a neutralidade climática em 2035 (EU Climate Action, 2022).

Alimentar 8 biliões de pessoas (UN, 2022), está a degradar os ecossistemas terrestres e aquáticos, a esgotar fontes de água e a contribuir para as alterações climáticas (Poore & Nemecek, 2018). A produção agrícola contribui entre 30 a 40% para as emissões dos GEE totais antropogénicas (Parajuli et al., 2018).

É particularmente desafiante encontrar soluções que sejam eficazes nos vários tipos de produções agrícolas no mundo (Poore & Nemecek, 2018). Por isso, é fundamental conhecer os sistemas produtivos, avaliar os seus impactos e desenvolver técnicas de produção mais sustentáveis financeira e ambientalmente.

A Pegada de Carbono (PC) é um indicador genericamente utilizado para quantificar as EC e EGEE (Chen et al., 2021), avaliar o desempenho de um determinado sistema e os seus impactos no ambiente.

Em sistemas agrícolas, um dos métodos mais usados para avaliar a PC é o chamado Sistema de Avaliação de Ciclo de Vida (LCA – Life Cycle Assessment), que quantifica os dados da produção e traduz os mesmos em impactos ambientais (Poore & Nemecek, 2018) (ver Figura 1.1).

A LCA inclui as atividades na exploração (estufas, sistema de rega, mobilização de solo, etc.) mas também, pré-exploração (fertilizantes, energia, etc.) e pós-exploração (embalagens, armazenamento, resíduos, etc.) (Dorr et al., 2021).

Segundo (Chen et al., 2021), dos estudos realizados nos últimos 10 anos relativamente á PC apenas cerca de 6,7% são realizados no âmbito da agricultura, portanto, parece ainda existir um longo caminho a percorrer para entender melhor os sistemas agrícolas, normalizar a forma como é feita a sua avaliação e como essa informação pode ser utilizada na mitigação das alterações climáticas.

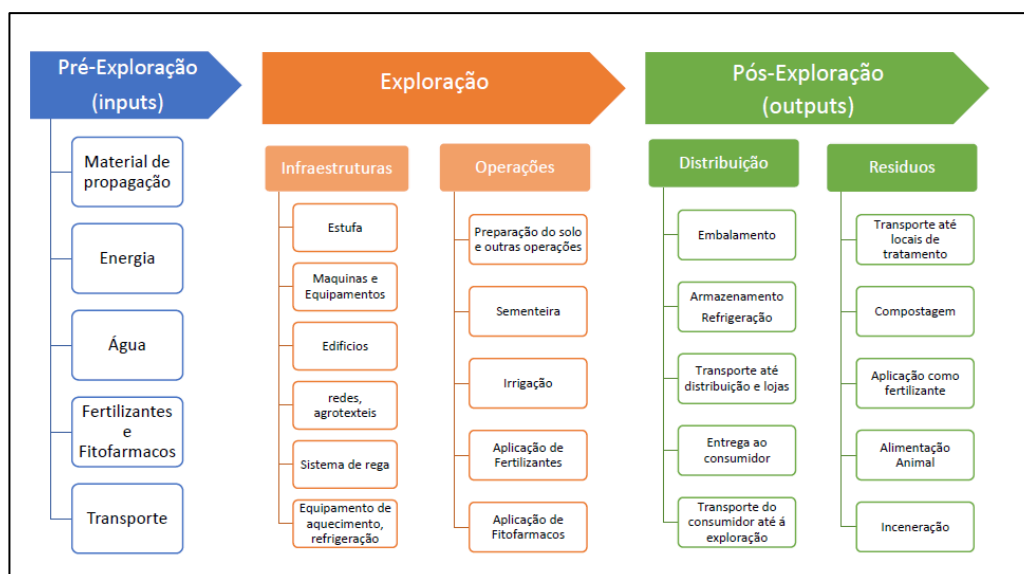


Figura 1.1 - Exemplo de uma LCA e dos pontos a serem incluídos na avaliação. São considerados os procedimentos mais importantes do ciclo produtivo. (Extraído de Dorr et al., 2021).

O objetivo desta dissertação é assim, entender que investigações têm sido desenvolvidas no sector agrícola, e em particular na horticultura, e responder ás perguntas: Qual a pegada de carbono nas culturas da batata, cebola, cenoura, melão e melancia em Portugal? Que operações culturais têm maior e menor PC? Como otimizar o sistema produtivo?

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Caracterização do Sistema e LCA em Hortícolas

Na horticultura, as escolhas que podem ser feitas desde a mobilização de solo até ao pós-colheita são inúmeras, mas, podemos dividir o ciclo produtivo de forma genérica em 6 fases (Parajuli et al., 2018):

1. Sementeira em viveiro;
2. Preparação do terreno e sementeira/plantação em local definitivo;
3. Fase inicial do desenvolvimento das plantas;
4. Pleno crescimento vegetativo;
5. Senescência da cultura;
6. Colheita e eliminação de restos culturais.

Muitos produtores recorrem á sementeira em viveiro com o objetivo de diminuir a perda de sementes (e perda de produção), antecipar as datas de sementeira no caso de culturas mais sensíveis a baixas temperaturas ou geadas e diminuir a duração do ciclo da cultura. A desvantagem

está associada á quantidade de inputs que se têm que utilizar como substratos, fertilizantes, água para rega e a própria infraestrutura.

Na preparação do terreno, por norma, há sempre alguma mobilização do solo, que significa libertação de azoto para a atmosfera, um dos GEE. É também nesta fase que tipicamente se faz aplicação de estrume ou a adubação de fundo, que quando acontece na época de chuvas, o risco de lixiviação é muito elevado.

Na fase inicial do desenvolvimento das plantas, realizam-se poucas operações culturais, as quais se vão intensificando á medida que as plantas crescem, devido á necessidade nutricional, de água e proteção contra pragas e doenças. Possivelmente, será a fase com maior impacto na PC. Já na fase de senescência a atividade cultural é novamente muito baixa.

Na fase de colheita, com a necessidade de recorrer a máquinas e equipamentos, o consumo de combustíveis é elevado e, portanto, é mais uma fase crítica em termos de EC e EGEE, associado também ao transporte dos produtos até ao local de processamento ou consumo. Os restos culturais são, em geral, incorporados no solo, o que representa a libertação de CO_{2-eq} para a atmosfera, o que é mais um ponto negativo no balanço de CO_{2-eq}.

Os sistemas de produção são extremamente dinâmicos podendo produzir diferentes produtos, com uma ou mais funções, e cumprir um ou mais requisitos do cliente. Quando existem vários produtos a abordagem da LCA é feita subdividindo os processos (Parajuli et al., 2018).

A literatura disponível relativa a LCA das culturas hortícolas aumentou nos últimos anos, mas ainda assim, foram encontrados apenas 122 estudos de LCA, sendo o tomate a cultura mais estudada (Clune et al., 2016; Dorr et al., 2021), como se pode ver na Tabela 2.1. Estes estudos foram realizados sobretudo na Europa (Chen et al., 2021).

Relativamente aos dados disponíveis, revelou-se difícil a comparação de dados (de um mesmo produto ou produtos distintos), uma vez que, as metodologias aplicadas nos estudos podem ser diferentes, o que influencia os resultados obtidos (Clune et al., 2016; Dorr et al., 2021).

Sendo o GWP (Global Warming Potencial) o potencial de aquecimento global e é quantificado em Kg CO_{2-eq}/Kg produto. Este parâmetro é usado como métrica para os estudos de LCA (Clune et al., 2016).

Tabela 2.1 - Resumo do nº de estudos de LCA encontrados por cultura hortícola e valor médio global de GWP (Global Warming Potencial, em Kg CO₂-eq/Kg produto.), ou seja, Potencial de Aquecimento Global). Valores retirados de (Clune et al., 2016).

Nome	LCA <i>(nº de estudos)</i>	GWP <i>(valor médio global)</i>
Tomate	19	0,46
Batata	16	0,20
Alface	15	0,37
Morango	15	0,65
Cenoura	10	0,22
Cebola	7	0,18
Brócolos	6	0,70
Espargos	5	0,83
Abobora	4	0,33
Couve-flor e brócolos	4	0,35
Melancia	2	0,32
Tomate (em estufa aquecida)	13	2,69
Alface (em estufa aquecida)	3	3,15
Morango (em estufa aquecida)	3	2,56

2.2. Potencial de Aquecimento Global das Culturas Hortícolas

De uma forma geral, considera-se que o tipo de produção agrícola que menos contribui para a PC são as culturas hortícolas produzidas ao ar livre. Dentro desta categoria, destaca-se a cebola com menor libertação de CO₂-eq (GWP = 0,18 Kg CO₂-eq/Kg produto), já a produção de alface em estufa aquecida é a hortícola com maior impacto (GWP = 3,15 Kg CO₂-eq/Kg produto) (Clune et al., 2016), como se pode ver na Tabela 2.1.

Estes valores parecem indicar que produzir uma cultura fora de época e/ou numa região onde as condições climáticas não são favoráveis, faz aumentar radicalmente o seu impacto ambiental, como se pode constatar quando comparamos o tomate produzido ao ar livre (GWP = 0,46 Kg CO₂-eq/Kg produto) e produzido em estufa aquecida (GWP = 2,69 Kg CO₂-eq/Kg produto).

2.3. Fatores que Influenciam a Pegada de Carbono

Numa exploração hortícola as atividades que mais contribuem para as EC e EGEE são a energia gasta na rega e as emissões diretas causadas pelo uso de Fertilizantes de síntese (Clune et al., 2016), como se pode ver na Tabela 2.2.

As matérias-primas aplicadas na produção hortícola, como os fertilizantes e os fitofármacos, são consideradas grandes contribuintes para a PC, em primeiro lugar na sua própria produção e em segundo lugar, na sua aplicação durante o ciclo cultural.

As aplicações excessivas de fertilizantes azotados têm um elevado risco ambiental, e da mesma forma, a aplicação de fitofármacos promove a toxicidade, principalmente, nos meios aquáticos (Parajuli et al., 2018).

Tabela 2.2 – Fontes de emissões de CO₂-eq com maior impacto, identificadas no LCA das culturas hortícolas. Valores retirados de (Clune et al, 2016).

Emissões	%
Energia para irrigação	54
Emissão de N do solo (após fertilização)	17
Energia usada em pós-colheita (armazenamento)	11
Fertilizante aplicado (input)	10
Combustível (utilizado para maquinaria)	8

Em muitas regiões do planeta a disponibilidade hídrica é cada vez menor devido às alterações climáticas e pela superexploração das águas subterrâneas (Parajuli et al., 2018). A irrigação é o fator que mais consome energia, pela necessidade de bombear grandes volumes de água (Clune et al., 2016) e por isso mesmo, considerado o fator que mais contribui para a PC.

O consumo de água ocorre na rega, mas, também na fase pós-colheita. Nesta fase, culturas como a cenoura são lavadas com grande quantidade de água, podendo ultrapassar os 4 L H₂O/Kg produto (Parajuli et al., 2018).

Existem vários estudos que também correlacionam o uso de energia com o consumo de combustíveis para a realização das diversas operações culturais (sementeira, colheitas, etc.) e transporte de mercadorias, dependendo da distância entre os locais de produção-processamento-consumo (Parajuli et al., 2018).

Na distribuição verificou-se que, num estudo feito em Inglaterra com maçãs onde foi comparada a sua importação com a distribuição local, as EC são muito mais reduzidas no 2º caso. A diferença pode chegar aos 87% devido á sazonalidade do produto, ao menor consumo de combustível no transporte e de energia usada na refrigeração. Há também um impacto positivo em termos socioeconómicos para a comunidade local (Parajuli et al., 2018; Dorr et al., 2021).

No período pós-colheita até ao consumidor final, as perdas de produto foram estimadas entre 13 a 38%, destes, 20% devido à falta de um sistema de refrigeração adequado (Parajuli et al.,

2018). No entanto, nos produtos processados o desperdício é cerca de 14% menor (Poore e Nemecek, 2018).

2.4. Pontos críticos do Ciclo Cultural

Face ao exposto, podemos constatar que as EC e EGEE ocorrem sobretudo, em 3 pontos críticos do ciclo cultural: na fase de preparação do solo, na fase de pleno crescimento das culturas e na fase de colheita/pós-colheita.

No 1º ponto as emissões acontecem devido à aplicação de fertilizantes e mobilização do solo e conseqüente libertação de azoto para a atmosfera. Sabe-se que a conservação do solo passa por adotar práticas agrícolas favoráveis como diminuir a sua mobilização, estimular a microbiologia, manter o coberto vegetal (para evitar a erosão e o escoamento de água) e utilizar espécies que auxiliam a fertilização, como por exemplo as leguminosas. Muitas vezes, implica também a conversão de áreas de cultivo em corredores ecológicos.

No 2º ponto, a rega é o fator com maior impacto. A diminuição da PC depende da utilização de sistemas de rega mais eficientes, associados à utilização de energias renováveis e sistemas de drenagem para armazenamento de águas pluviais em lagoas, permitindo a sua utilização durante os períodos de escassez.

A escolha de espécies com menores necessidades hídricas, mais adaptadas à região ou rotação de culturas de acordo com a sazonalidade, são medidas que também têm um impacto positivo no consumo hídrico.

No 3º ponto, as emissões estão associadas ao consumo energético gasto nas operações culturais, armazenamento e transporte dos produtos. Neste ponto, a escolha adequada das espécies e um planeamento das sementeiras/colheitas, adequado às condições climáticas dos locais de produção, permitem menores perdas de produção, utilização mais eficiente de máquinas e equipamentos e menor necessidade de refrigeração, o que resulta na diminuição da PC.

O aproveitamento dos restos culturais para compostagem e posterior aplicação, é também uma forma de diminuir a PC.

No caso dos transportes, a proximidade deve ter sempre preferência.

No período pós-colheita, para reduzir as perdas, o processamento pode ser uma mais-valia, bem como, ter capacidade de armazenamento, manutenção da cadeia de frio e a criação de subprodutos.

3. Materiais e Métodos

As pegadas de carbono nas culturas hortícolas escolhidas para este estudo (batata, cebola, cenoura, melancia, melão) foram calculadas considerando as atividades executadas exclusivamente dentro de cada UP (Unidade de Produção), não incluindo a parte do ciclo de vida *pré-exploração* (sementeira em viveiro, transporte de inputs até á exploração) e *pós-exploração* (transporte de produtos até armazém, transformação, embalamento, refrigeração) e que estão descritas mais abaixo no ponto 3.3 deste capítulo. Assim, tendo em conta o exemplo da Figura 1.1, a parte do estudo considerada nesta dissertação corresponde à fase assinalada a laranja como “Exploração”.

3.1. Cálculo da Pegada de Carbono

O cálculo da PC foi feito segundo a metodologia desenvolvida pelo IPCC (2006), tendo em conta 2 tipos de fonte de GEE:

1. FONTES DIRETAS – Consumo de combustível e energia, aplicação de fertilizantes sintéticos e mudança do uso de solo (quando há supressão de vegetação nativa para uso da área para outros fins);
2. FONTES INDIRETAS – Volatilização, lixiviação e escoamento de CO₂-eq (tendo em conta os processos bioquímicos e condições climáticas).

Para este estudo o *Ciclo de Vida* de cada cultura inicia-se com a mobilização do solo e termina na colheita dos produtos. Não foi considerado o transporte dos produtos até ao armazém nem o seu posterior processamento, uma vez que, esta fase do processo já é da responsabilidade do cliente.

3.1.1. Dados Recolhidos para Avaliação da Pegada de Carbono.

Para o cálculo das EGEE foi necessária a recolha de dados entre 2019 e 2021, relativos a cada ciclo produtivo, os quais estão listados abaixo:

- Gestão do Solo e Fertilização:
 1. Tipos de Fertilizantes aplicados;
 2. Quantidade aplicada (Kg/ha);
 3. Quantidade (%) de N, P, K em cada fertilizante.
- Colheita:
 1. Data de colheita;
 2. Quantidade colhida;
 3. Quantidade vendida;

4. Quantidade de refugo.
- Combustíveis:
 1. Data de abastecimento e veículo;
 2. Quantidade abastecida;
 3. Local de trabalho do veículo e operação cultural.
 - Água:
 1. Dotação de rega (L/ha);
 2. Data da rega;
 3. Consumo de energia.

Para além da PC, a recolha destes dados também permitiu calcular a *Pegada de Poluição Difusa* relativa à aplicação dos fertilizantes nas culturas ($\text{Kg}_{\text{ nutriente perdido}}/\text{Ton}_{\text{ produto}}$) e a *Pegada Hídrica* ($\text{L}_{\text{ água rega}}/\text{Ton}_{\text{ produto}}$), isto é, a quantidade de nutrientes perdida (por volatilização, lixiviação ou escoamento) e a quantidade de água utilizada na rega por unidade de produto.

3.2. Área de Estudo

As Unidades de Produção (UP) estão localizadas na zona do Ribatejo, onde a produção de culturas hortícolas é predominante, já que, as condições edafo-climáticas verificadas ali são favoráveis a este tipo de produção.

O clima, segundo a classificação de Köppen, corresponde ao subtipo Csa, com verão quente, seco e de céu quase sem nuvens. O inverno é fresco, com precipitação, céu parcialmente encoberto e com ocorrência ocasional de geada e de nevoeiro. Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia entre 5 e 33 °C, raramente é inferior a 0 °C ou superior a 40 °C. A insolação é alta e pode ultrapassar as 3000 horas anuais.

Os solos existentes nas UP em análise são, predominantemente, solos arenosos com poucos declives, apresentando as seguintes características:

- Alta porosidade e permeabilidade;
- Baixa capacidade de retenção de água;
- Pobre em nutrientes;
- Baixo teor em matéria orgânica (< 1 %);
- pH ligeiramente ácido (entre 6 e 7);
- Capacidade Utilizável média de 0,08 m³/m³.

A origem da água é subterrânea, com disponibilidade constante ao longo de todo o ano, tendo sido utilizados maioritariamente 2 sistema de rega, aspersão e gota-a-gota.

As culturas hortícolas que foram escolhidas para este estudo são a batata, cebola, cenoura, melancia e melão. Para cada uma das parcelas foram semeadas/plantadas variedades diferentes, cujas áreas variam conforme se pode ver na Tabela 3.1.

Os dados aqui utilizados são colocados de forma anonima para que se respeite a privacidade e a proteção de dados dos produtores que colaboraram neste estudo.

Tabela 3.1 – Culturas e áreas estudadas por ano de produção.

Ano	2020				2021			
Cultura	BATATA							
Parcela	10B120	10R100	17A040	17M080	10G071	10A141	10B071	-
Área (ha)	12	10	4	7	7	14	7	-
Cultura	CEBOLA							
Parcela	03R050	03K010	03B030	-	02B051	02V031	02R061	02M021
Área (ha)	5,5	0,9	3,3	-	4,5	3,5	6,2	2,3
Cultura	CENOURA							
Parcela	02X140	12X200	02S020	10M220	03X201	15D041	15N071	-
Área (ha)	14	20	4	22	9	4	7	-
Cultura	MELANCIA							
Parcela	02A100	02S060	02L030	02D030	02S111	02C081	-	-
Área (ha)	10	6	3	3	11	8	-	-
Cultura	MELÃO							
Parcela	03M040	02N010	02V060	-	15B071	17V031	-	-
Área (ha)	4	1	6	-	7	3	-	-

3.3. Tecnologia de Produção

O tipo de produção é o convencional, isto é, amplo uso da mecanização, aplicação de fitofármacos e fertilizantes de síntese, utilização de sementes ou plantas melhoradas e certificadas, monocultura em grande escala, com uma rotação curta (1 ou 2 culturas).

A tecnologia de produção agrícola usada nas diversas culturas em análise segue basicamente a seguinte ordem:

1. Charrua;
2. Grade discos;
3. Armador;
4. Adubação de Fundo;

5. Sementeira/plantação;
6. Controlo fitossanitário (herbicidas, fungicidas, inseticidas);
7. Adubação de Cobertura;
8. Colheita (mecânica ou manual).

Esta tecnologia de Produção é muito semelhante para todas as culturas, existem apenas algumas diferenças no caso do melão e melancia, como poderemos perceber mais abaixo.

3.3.1. Mobilização de Solo

O ciclo de cada cultura inicia-se com a preparação do terreno, onde é efetuada uma mobilização em profundidade com reviramento da leiva, utilizando uma charrua. Tem como principal finalidade incorporar restos culturais. Em seguida há uma mobilização mais superficial, com uma grade de discos (2 passagens) para uniformizar mais o terreno. Por último, prepara-se a cama da semente/planta com recurso a um armador (Figura 3.1).



Figura 3.1 – Fotografia da preparação do terreno, execução dos camalhões com o armador e sementeira de cenoura. As operações são realizadas em simultâneo (Fonte: autor).

Os camalhões para a sementeira de cenoura albergam normalmente 3 linhas, com entre-linhas de, 30 cm aproximadamente. As sementes são distribuídas de forma continua na linha.

Todas as outras culturas (batata, cebola, melão e melancia) são semeadas/plantadas em camalhões com apenas uma linha (Figura 3.2).

No caso do melão e melancia, quando se fazem os camalhões aplica-se em simultâneo uma cobertura de plástico preto, para que proteja a cultura de infestantes, de doenças e permite uma diminuição da evaporação da água de rega.



Figura 3.2 – Fotografia de uma cultura de batata, com camalhões estreitos com apenas uma linha de plantas. (Fonte: autor).

3.3.2. Sementeira

A escolha das épocas de sementeira/colheita (Tabela 3.2) foi feita de maneira a poder cumprir 3 princípios: ter culturas e variedades adaptadas às condições edafo-climáticas da região, evitar picos de trabalho (para poder manter reduzido o nº de máquinas, equipamentos e recursos humanos necessários) e satisfazer o mercado.

Tabela 3.2 - Época e duração do *Ciclo de Vida* das culturas em estudo, entre 2019 e 2021.

Ano		2019				2020											
Cultura	Parcela	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cebola	03R050																
	03K010																
	03B030																
Cenoura	02X140																
	12X200																
	02S020																
	10M220																
Batata	10B120																
	10R100																
	17A040																
	17M080																
Melão	03M040																
	02N010																
	02V060																
Melancia	02A100																
	02S060																
	02L030																
	02D030																
Ano		2020				2021											
Cultura	Parcela	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Cebola	02B051																
	02V031																
	02R061																
	02M021																
Cenoura	12X201																
	15D041																
	15N071																
Batata	10G071																
	10A141																
	10B071																
Melão	15B071																
	17V031																
Melancia	02S111																
	02C081																

No caso da batata, que embora seja uma cultura suscetível à geada é, por norma, plantada numa altura de elevado risco (durante o mês de janeiro), para poder ser colhida numa fase mais favorável em termos de mercado.

A cenoura é uma cultura que pode ser semeada em qualquer altura do ano, no entanto, quando é cultivada durante o outono/inverno a duração do ciclo é bem maior, chegando a durar 7/8 meses sobretudo quando as temperaturas são muito baixas, como é o caso verificado na variedade da parcela 02X140 semeada ainda em setembro de 2019 e a colheita só terminou em abril. Já em 2021 foram semeadas 2 variedades com um ciclo cultural bastante mais curto, 3 meses. Para isto contribuiu a especificidade da variedade, a densidade sementeira mais baixa (500 mil sementes/ha) e a temperatura.

A cebola é extremamente bem-adaptada ao nosso clima de outono/inverno, embora também hajam cultivares de dias longos, os produtores que participaram no estudo preferem usar esta espécie no inverno (usando variedades de dias curtos) para incluir na rotação e assim ter durante mais tempo o solo coberto.

O melão e melancia quando são cultivadas ao ar livre nas nossas condições climatéricas, como é o caso, só podem ser produzidas na primavera/verão por serem extremamente sensíveis à geada, às baixas temperaturas e precisarem de elevada irradiância, sobretudo, na fase do vingamento e crescimento dos frutos. A falta de luz direta faz diminuir o nº e a qualidade dos frutos.

A sementeira da cenoura é feita com um semeador de precisão, 3 linhas por cada camalhão como já foi referido (Figura 3.1), com uma densidade 1 milhão de sementes/ha, aproximadamente.

Na batata a plantação também é feita com semeador de precisão, 1 linha por camalhão (Figura 3.2) e uma densidade que pode variar entre 2500 a 3500 batatas-semente/ha, dependendo da variedade, calibre da batata-semente e finalidade do produto.

No caso da cebola, melão e melancia, as plantas são adquiridas a um viveiro e plantadas de forma manual, com uma densidade de 440 mil, 11,2 mil e 11mil plantas /ha respetivamente.

3.3.3. Fertilização

A fertilização de fundo é realizada na fase da preparação do terreno, antes de se fazerem os camalhões, com um distribuidor centrifugo. As restantes fertilizações de cobertura, normalmente 3, são realizadas ao longo do ciclo vegetativo das culturas conforme as necessidades da cultura e segundo o plano de fertilização previamente estabelecido. Este plano de fertilização tem em conta os nutrientes existentes no solo, as necessidades da cultura e a produção esperada (disponibilizados pelo GPP¹).

¹ GPP - Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral.

Na prática surgem algumas diferenças entre o plano de fertilização e o que realmente é aplicado devido à disponibilidade no mercado de adubos com uma formulação compatível, a necessidade que as culturas vão demonstrando e também com a oportunidade, isto é, as aplicações são realizadas quando as condições climáticas permitem a entrada no campo. Dai a variação ser maior, de um ano para o outro, nas culturas de outono/inverno (cebola, cenoura e batata), como se pode ver abaixo na Tabela 3.3, sendo a cebola a produção onde se registam maiores variações na quantidade aplicada, sobretudo na quantidade de potássio em 2021, que é bastante menor que em 2020.

Tabela 3.3 - Fertilizantes aplicados (Kg/ha) em 2020 e 2021. Para cada cultura as UF (Unidades Fertilizantes) aplicadas foram iguais para todas as parcelas.

Ano		2020				
Cultura		Batata	Cebola	Cenoura	Melancia	Melão
Quantidade (Kg/ha)	Total	1350	1250	1400	1200	1200
	N	163	138	117	146	146
	<i>NO₃</i>	76,3	54,8	46,5	60	60
	<i>NH₄</i>	86,8	83,3	70,5	86	86
	P₂O₅	95	95	90	85	85
	K₂O	180	190	288	170	170
Ano		2021				
Cultura		Batata	Cebola	Cenoura	Melancia	Melão
Quantidade (Kg/ha)	Total	1150	850	1120	1200	1200
	N	150	114	102	135	135
	<i>NO₃</i>	55,5	48,8	61,6	54	54
	<i>NH₄</i>	94,5	65,3	40,4	81	81
	P₂O₅	85	55	90	90	90
	K₂O	179	110	224	180	180

3.3.4. Proteção de Culturas

A aplicação de produtos fitofarmacêuticos tem como objetivo controlar organismos nocivos para as plantas (doenças, insetos, infestantes), embora acarrete riscos para a saúde humana, dos animais e meio ambiente. No entanto, no modo de produção convencional a sua aplicação é necessária, para que seja possível manter a sanidade das plantas e a qualidade dos produtos.

O controlo de infestantes é feito através da aplicação de herbicida em pré-emergência e posteriormente, sempre que necessário. Por vezes, podem ser realizadas mondas de forma pontual em determinadas zonas da parcela, sobretudo antes da colheita mecânica, uma vez que, a presença de infestantes pode dificultar a ação da máquina de colheita.

O controlo de pragas e doenças é feito através da aplicação de fitofármacos conforme as necessidades que, como se sabe, podem ser maiores ou menores conforme as condições

climatéricas (temperatura, precipitação) são mais ou menos favoráveis ao seu desenvolvimento. Por norma, as aplicações são feitas com um pulverizador (Figura 3.3), mas pontualmente, pode acontecer através do sistema de rega gota-a-gota, sobretudo, na produção de melão e melancia.



Figura 3.3 – Fotografia da aplicação de um produto fitofarmacêutico nas batateiras. (Fonte: autor).

Os produtos aplicados a cada cultura foram os que constam nos APÊNDICE 7.1 a APÊNDICE 7.5, e para cada cultura, os tratamentos aplicados foram os mesmos para todas as variedades.

Na realidade, os tratamentos fitossanitários contribuem para a PC não diretamente pelas substâncias ativas aplicadas no meio, esse valor normalmente é insignificante, mas sim, pela quantidade de energia despendida para realizar as aplicações, ou seja, a quantidade de gásóleo gasto em cada tratamento.

A quantidade de fitofármacos aplicados varia conforme as condições climatéricas, neste caso, a variação do nº de aplicações efetuadas em 2020 e 2021 (Tabela 3.4) coincide com variação da precipitação registada neste período (APÊNDICE 7.6), ou seja, em 2020 registou-se maior precipitação no outono/inverno com um pico nos mês de abril. Neste ano, há um maior número de tratamentos nas culturas de outono/inverno, exceto para a cebola em que teve menos 2 tratamentos que em 2021.

Tabela 3.4– Nº total de tratamentos realizados ao longo do ciclo cultural de cada produto e respetivos consumos por hectare.

Cultura		Batata	Cebola	Cenoura	Melão	Melancia
Nº de Tratamentos Realizados	2020	13	8	11	4	4
	2021	10	10	8	5	5

Já em 2021 houve maior precipitação no final da primavera, o que se reflete na variação dos tratamentos na produção de melão e melancia, com mais 1 do que em 2020.

Na análise feita aos tratamentos realizados, foi possível estimar um gasto de combustível por hectare e por tratamento de cerca de 8 L/ha, embora este valor possa variar conforme o equipamento utilizado (tratores e/ou pulverizadores) e as condições do terreno.

Neste ponto, é importante salientar que embora as substâncias ativas não tenham impacto na PC, em termos ambientais podem ter consequências devastadoras na biodiversidade, animais marinhos e insetos, como as abelhas, que como já sabemos, tem uma extraordinária importância na agricultura, pela forma como podem influenciar as produtividades. Também se sabe que o sucesso de um determinado fitofármaco depende do cumprimento das suas regras específicas, o que muitas vezes, na prática não se verifica por falha humana ou porque as condições climáticas também interferem na sua eficácia.

Assim, é importante perceber o real custo/benefício de cada aplicação, pois, nem sempre um maior nº de aplicações leva a maiores produções, mas, pode significar maior impacto ambiental e maior PC. Podemos verificar isto na produção de cenoura, melão e melancia, em que no ano em que se realizaram mais tratamentos nessas culturas as produtividades foram mais baixas (APÊNDICE 7.12 a APÊNDICE 7.16). No entanto, na produção de batata em 2020, foram realizados 13 tratamentos e a produtividade foi bastante elevada, alias, acima do esperado em 2 das parcelas. Mais abaixo teremos a oportunidade de avaliar com mais detalhe qual o impacto das aplicações no valor da PC.

3.3.5. Rega

A Produção de hortícolas é diretamente influenciada pela humidade do solo. A escassez em água é, normalmente, o fator mais limitante na obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, no entanto, o excesso também pode ser prejudicial favorecendo o desenvolvimento de doenças. Assim, a reposição da água ao solo por rega, na quantidade e no momento certo, é decisiva para o sucesso da cultura.

Nas UP não foram utilizadas sondas, nem nenhum sistema automatizado de monitorização das regas. No entanto, foi elaborado um plano de gestão de água de rega, onde foram calculados os valores de água a fornecer às culturas, tendo em conta a capacidade utilizável do solo, balanço hídrico, análise de água e solo, evapotranspiração cultural, valores de Kc e duração do ciclo de cada cultura (ver APÊNDICE 7.7). As regas foram realizadas com base nestes valores de referência e ajustadas conforme as condições meteorológicas e do solo verificadas no momento.

Como seria de esperar, são as culturas de primavera/verão que apresentam maiores consumos hídricos (Gráfico 3.1), com um volume total médio acima dos 4 mil m³ de água por hectare (APÊNDICE 7.10 e APÊNDICE 7.11).

A cenoura apresenta um consumo médio de água de 3148 L/ha, no entanto, em 2020 a cenoura da parcela 025020 também apresentou uma elevada necessidade de água a partir do mês de Maio (3 500 m³/ha), uma vez que, a precipitação a partir deste mês foi quase inexistente (APÊNDICE 7.9). Já em 2021, na parcela 12X201 não houve a necessidade de efetuar qualquer rega.

A cebola, por ser cultivada nos meses de inverno, não foram realizadas regas em nenhuma das variedades cultivadas.

A batata, tem um consumo médio a rondar 2 mil L/ha, embora seja uma cultura com alguma necessidade hídrica, o valor medio registado não é muito elevado porque só na fase mais final do ciclo é que é necessária sobretudo, na fase de enchimento dos tubérculos (APÊNDICE 7.8).

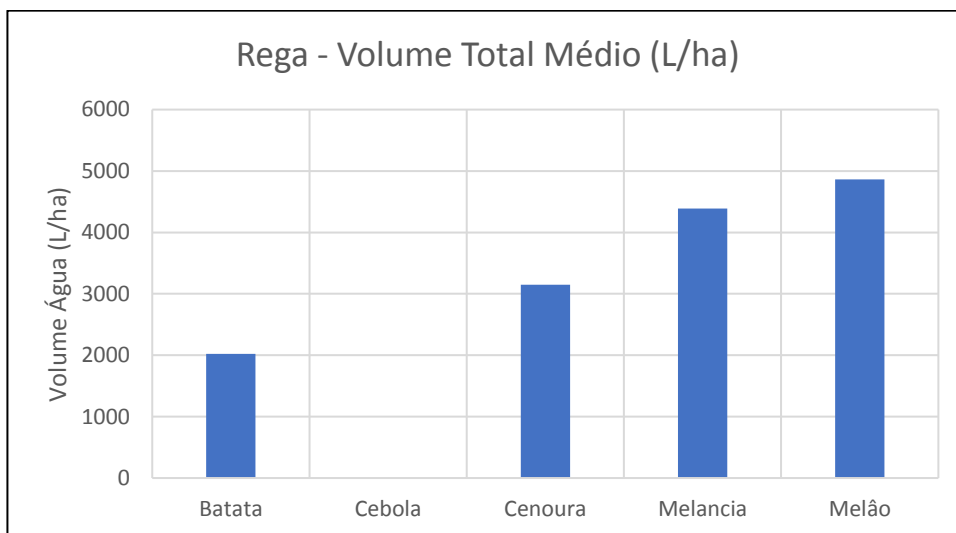


Gráfico 3.1 – Volume total médio de água utilizada na rega das diferentes culturas em estudo.

Em termos de pegada, a rega não afeta diretamente a EGEE, a não ser que o sistema utilize combustíveis fósseis ou outra fonte de energia produzida na exploração. Na UP em estudo, a energia consumida para alimentar o sistema de rega é a elétrica, fornecida pela rede pública e, portanto, a PC é da responsabilidade da própria rede. No entanto, é importante monitorizar os consumos de energia para minimizar o seu impacto global, minimizar também custos para o produtor e, indiretamente, minimizar o desperdício de água.

3.3.6. Colheita

As colheitas são feitas de forma mecânica (Figura 3.4) exceto a colheita da melancia e melão, que é manual e pode ser repetida na mesma área, conforme o estado de desenvolvimento e amadurecimento dos frutos.

O transporte dos produtos desde o campo até ao armazém é feito a granel em palox, big-bag ou contentor, conforme a necessidade do cliente e é da responsabilidade deste.



Figura 3.4 – Fotografia da colheita mecanizada de batata. (Fonte: autor).

Olhando para os valores das *produtividades médias obtidas* (Gráfico 3.2) podemos constatar que os valores são, em geral, bastante mais baixos do que os valores das *produtividades esperadas* sendo a cebola a cultura em que esta diferença é menos acentuada (apenas 5 Ton de diferença) e é também a cultura com uma percentagem media de refugo menor (10%).

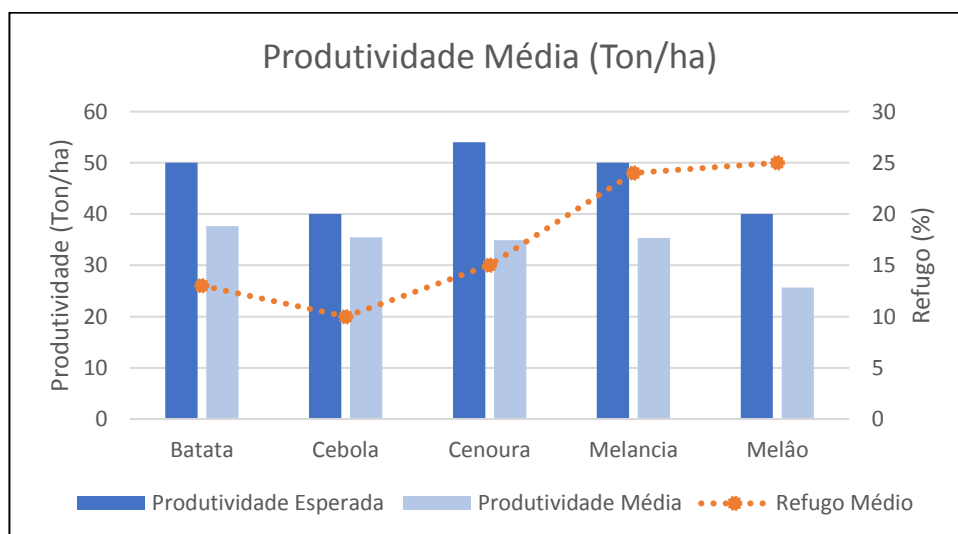


Gráfico 3.2 – Comparação entre as produtividades esperadas e as produtividades médias obtidas e a percentagem de refugo médio por cultura.

Se olharmos para os resultados da produção por variedade de cebola produzida (APÊNDICE 7.13), podemos verificar existir uma grande diferença, na parcela *03R050* a produtividade foi cerca de 16,7 Ton/ha com a maior taxa de refugo, 23%. Já na parcela *02B051* a produtividade foi cerca de 50,9 Ton/ha, valor acima da produtividade esperada e um refugo na ordem dos 5%. Podemos também perceber que em 2020 as produtividades foram mais baixas que em 2021 e os refugos foram mais elevados. Possivelmente os fatores que mais contribuíram para esta variação foram as variedades escolhidas e o clima. Embora até tenha sido aplicada uma maior quantidade de fertilizantes em 2020 que em 2021, essa quantidade revelou não ter tido um impacto positivo no resultado final. Possivelmente, como em 2020 o ano foi mais chuvoso durante o outono/inverno, os nutrientes aplicados poderão ter sido lixiviados e, portanto, as plantas não tiveram a oportunidade de aproveitar esses nutrientes no seu desenvolvimento, o que potencia uma maior libertação de CO_{2-eq}.

Além disso, com o clima mais chuvoso, o aparecimento de doenças está potenciado o que também faz diminuir o valor comercial dos produtos. Como em 2020 foram realizados menos 2 tratamentos na cebola que em 2021, poderá ter havido uma maior disseminação de alguma doença que causou um aumento do desperdício.

No caso da batata (APÊNDICE 7.12), as 2 variedades com maiores produtividades, e até acima do valor esperado, coincidem com as variedades com maior refugo (15 e 22 %). Também neste caso, a justificação parece ser o clima mesmo com um maior nº de tratamentos em 2020 (13) os refugos foram, em geral, mais elevados. No caso da parcela *17A040* foi obtida a produtividade mais baixa, 14 Ton/ha, justamente devido a um problema fitossanitário numa fase inicial do desenvolvimento da cultura, com uma enorme perda de plantas.

Em 2021 as produtividades obtidas para as diferentes variedades foram mais uniformes, mas, abaixo da produtividade esperada (50 Ton/ha).

A cenoura (APÊNDICE 7.14) é a produção com resultados mais uniformes entre variedades, mas também, com produtividades abaixo do valor esperado. Ainda assim, foi em 2021 que os resultados globais foram melhores, destacando-se a variedade de ciclo curto da parcela *15N071*, embora com o refugo bastante elevado 23%.

O melão apresenta uma produtividade média na ordem das 26 Ton/ha, sendo o resultado por variedades bastante uniforme, nunca abaixo das 22 Ton e com um máximo de 32 Ton (APÊNDICE 7.16), com refugo médio de 25%.

A produção de melancia, com uma produtividade media de 35 Ton, apresenta uma maior variação de resultados quando analisando por cada parcela, com uma produção mínima de 22,7 Ton/ha para a variedade da parcela *02C081* e um refugo de 33%. A variedade da parcela *02S111*, foi a que obteve o melhor resultado, 47,5 Ton/ha e refugo de 20%.

Os refugos para as culturas do melão e melancia são notoriamente superiores às restantes culturas, 25 e 14 % respetivamente, por serem produtos mais perecíveis, o que afeta a sua PC como iremos perceber mais abaixo.

3.3.7. Gestão de Resíduos e Refugos

Define-se como *Resíduos Culturais* a matéria seca da planta que não é usada como produto e que é deixada no campo. No caso das raízes e tubérculos (cebola, cenoura e batata) os resíduos são constituídos por parte aérea das plantas e algumas raízes ou tubérculos que a colhedora não conseguiu agarrar. Nas outras culturas (neste caso o melão e a melancia), os resíduos culturais incluem além da parte aérea das plantas, as raízes e os alguns frutos que não foram colhidos.

Em termos de BC (Balanço de Carbono), esta matéria morta representa perda de carbono durante o seu processo de decomposição, no entanto, estes valores tem um contributo muito pequeno, dentro das emissões totais, e por isso, no cálculo das EGEE não foram considerados.

O *Refugo* definido como os produtos colhidos que não têm valor comercial (podres, fora de calibre, deformados, etc.) são resultado da escolha em armazém onde o encaminhamento é feito, sobretudo, para alimentação animal. Assim, não contribuem para as emissões de forma direta nem para o sequestro de carbono, dentro deste sistema em análise.

No que diz respeito à PC, ter uma maior quantidade de desperdício equivale a ter uma maior perda de CO_{2-eq}, caso este desperdício não seja transformado nalgum subproduto, como por exemplo composto, para ser devolvido ao solo.

3.3.8. Consumo de Combustível

Como é do conhecimento geral, a combustão de combustíveis fósseis emite diretamente para atmosfera GEE, assim, quanto maior o consumo maior a emissão. Traduzindo isto para a atividade agrícola, significa que quanto mais operações culturais forem realizadas, maior é o impacto no valor total de emissões e, como já vimos anteriormente, o consumo deste tipo de energia é dos fatores que mais contribui para a PC na produção hortícola.

Dentro do consumo total médio de combustível por hectare (Gráfico 3.3), as culturas mais fortemente mecanizadas acabam por ter, consumos mais elevados, sendo a batata a produção com maior consumo, com um gasto de 424 L/ha e a melancia foi a que registou menor gasto de combustível, 296 L/ha.

O consumo de combustíveis está associado a 5 principais atividades: mobilização de solo, sementeira/plantação, fertilização, proteção de culturas e colheita, como podemos ver no APÊNDICE 7.17, onde está representada a distribuição do consumo pelas diferentes operações por cultura.

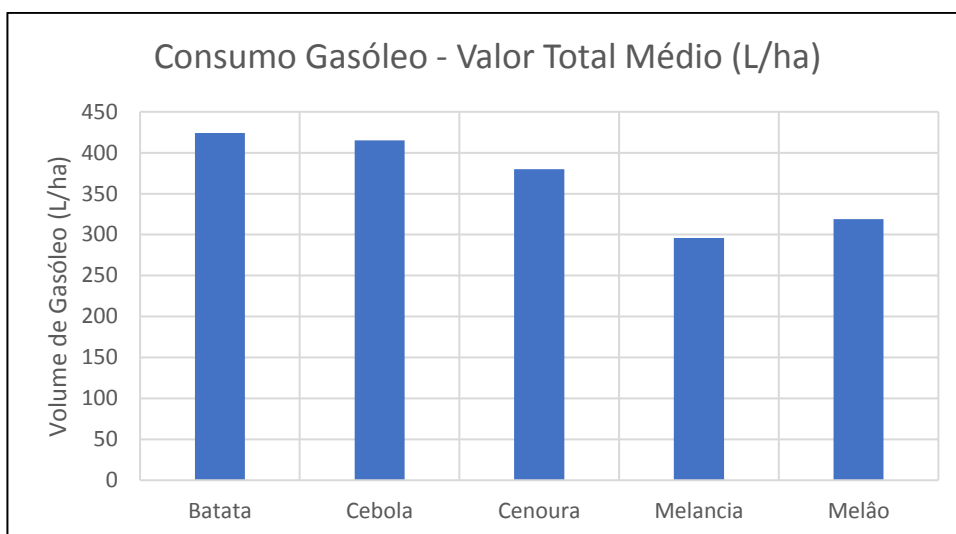


Gráfico 3.3 – Consumo de gásóleo total médio por hectare e por cultura.

Na cultura da batata, cebola e cenoura o gásóleo é gasto principalmente na colheita (entre 44 e 50 %) e as operações com menor consumo são a adubação e a sementeira (rondar os 10 %).

Na produção de melão e melancia, os valores são muito próximos e aqui a distribuição recai de forma mais equitativa, em que, a mobilização de solo é a atividade que mais consome combustível, entre 35 e 37 %, seguindo-se a colheita, com 31 e 34%. Nestas culturas é a sementeira a operação que menos recorre ao uso de gásóleo (6 e 7 %), já que é feita manualmente e o gasto corresponde ao transporte dos tabuleiros de plantas até ao local de plantação.

4. Resultados e Discussão

Neste ponto analisamos os resultados obtidos para cada produção, a relação entre as EGEE e a forma como as culturas são conduzidas e a forma como cada fator/operação influencia a PC.

4.1. Batata

Na produção de batata os fatores que contribuem para a libertação de CO_{2-eq} (Gráfico 4.1) são as emissões indiretas que correspondem à perda de N por volatilização e por lixiviação (10%), as emissões diretas provenientes da aplicação de fertilizantes (28%) e os combustíveis (62%).

Como já vimos anteriormente, dentro dos combustíveis a operação que mais contribui para o consumo de gásóleo, e conseqüentemente, para a libertação de GEE é a colheita. Sendo obviamente uma operação indispensável, para diminuir o impacto desta operação tem que se garantir que é realizada com a maior eficácia possível, e para isso, contribui sobretudo a quantidade de obstáculos existentes na parcela, a quantidade de infestantes, a existência ou não de pedras, a

quantidade de refugo e a produção da cultura. Os obstáculos porque diminuem o rendimento do trator/máquina, as infestantes e pedras dificultam a ação da colhedora podendo mesmo danificar os componentes da máquina, o refugo porque a colhedora faz uma triagem do calibre e é feita uma 1ª escolha de tubérculos, logo, quanto maior for a quantidade de tubérculos sem valor comercial mais tempo demora a colheita e menor quantidade de produto será aproveitada por unidade de área, com o inconveniente consumo de combustível, que não se altera ou até pode aumentar.

Quanto às emissões diretas e indiretas, relacionadas com a utilização do solo e aplicação de fertilizantes, facilmente se percebe que quanto menor a perturbação do solo menor libertação de CO₂-eq, e também, quanto maior a eficácia da aplicação de nutrientes (a quantidade aplicada é consumida pelas plantas sem que haja perda por volatilização ou lixiviação) menor é a PC causada por N, P e K. Como as fertilizações são planeadas para se obter uma produtividade de 50 Ton/ha de batata, o que não acontece em geral, significa que a quantidade de nutrientes aplicada está em excesso, e por isso, mais provável de se perder.

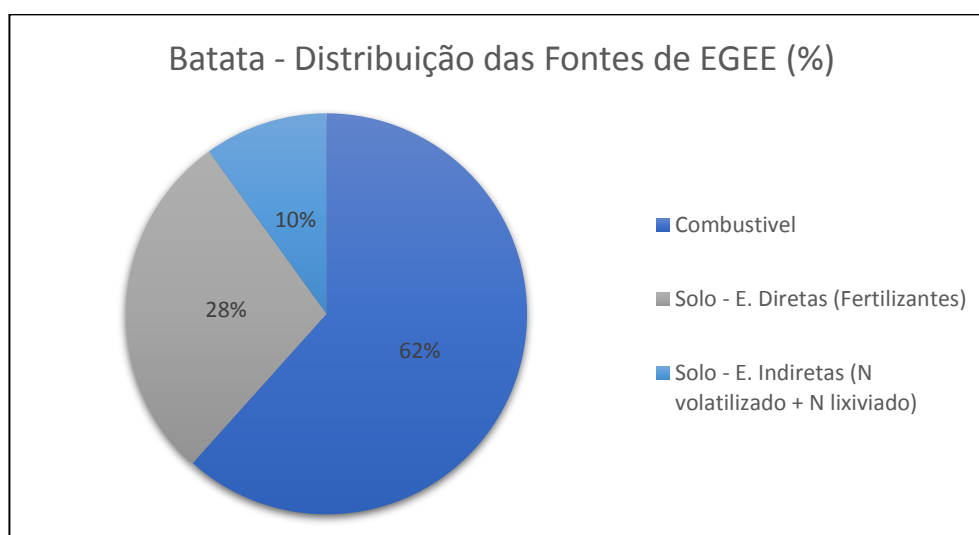


Gráfico 4.1 – Distribuição das emissões de CO₂-eq da batata, calculado a partir dos valores médios obtidos.

Como podemos constatar no Gráfico 4.2, quanto maior a diferença entre a *produtividade real* e a *produtividade esperada* maior é o desperdício dos nutrientes, sendo as maiores PPD (Pegada de Poluição Difusa) de N, P e K verificadas na parcela 17A040, justamente onde a produtividade foi 14 Ton/ha, a mais baixa de todas e muito inferior á produtividade esperada.

Podemos ver também que no ano 2020 a formulação aplicada provocou uma maior perda de potássio embora a perda de azoto também tenha sido elevada, enquanto que, com a formulação aplicada em 2021, a perda de nutrientes foi idêntica entre azoto e fosforo e menor no caso do P, o que mostra a importância da escolha dos fertilizantes a aplicar e as suas formulações, tendo em conta as necessidades das culturas.

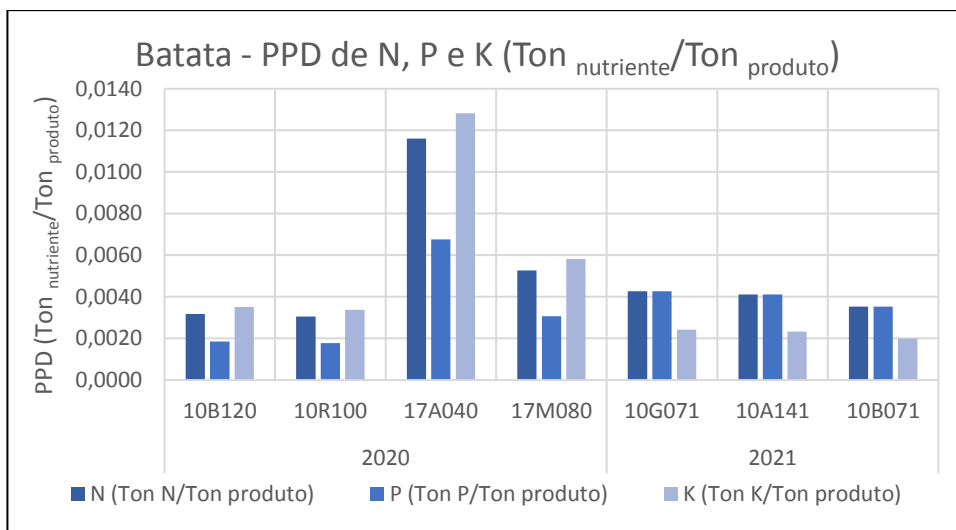


Gráfico 4.2 – Pegada de Poluição Difusa (PPD) dos nutrientes N, P, K (Ton nutriente/Ton produto) aplicados na produção de cada variedade de batata em 2020 e 2021.

Avaliando as EGEE por tonelada de produto, podemos perceber, mais uma vez, a relação inversamente proporcional entre as emissões e a produtividade (Gráfico 4.3), já que, as menores emissões de CO₂-eq por unidade de produto são verificadas nas parcelas com maiores produtividades. A variedade que mais emitiu GEE foi a da parcela 17A040, 0,14 Ton CO₂-eq/Ton produto, e a variedade que tem uma menor PC é a da parcela 10R100, com 0,03 Ton CO₂-eq/Ton produto.

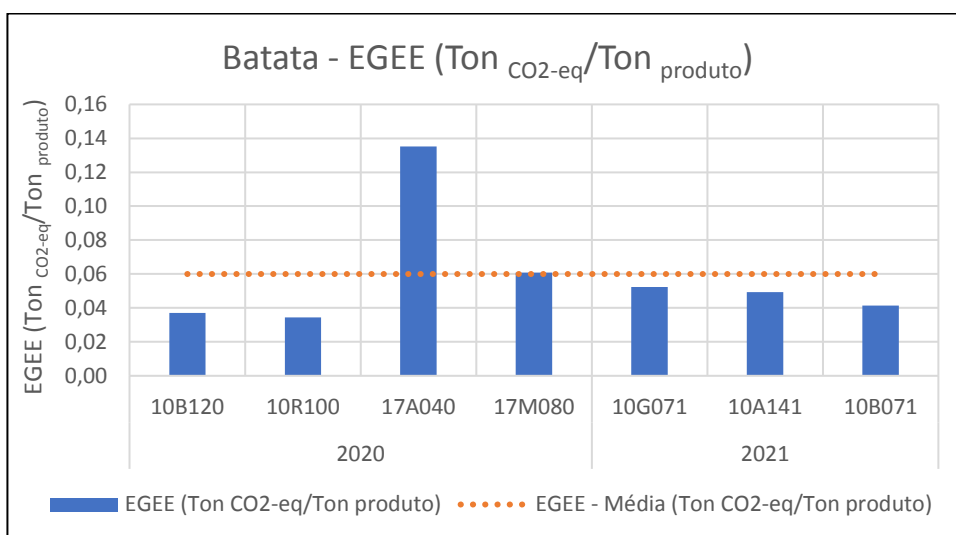


Gráfico 4.3 – EGEE obtida para cada variedade de batata em 2020 e 2021 e o valor médio de EGEE (em Ton CO₂-eq/Ton produto).

As produtividades, como já sabemos, dependem das variedades e das condições edafoclimáticas. No 1º caso, por serem cultivares adaptadas ou não ao clima e ao tipo de doenças que, por norma, aparecem nas condições verificadas no local da plantação. No 2º caso, porque condiciona o desenvolvimento da cultura, mas, também de pragas, doenças e infestantes. Assim,

possivelmente a variedade produzida na parcela 17A040 seria menos resistente á doença que a atacou na fase inicial do seu desenvolvimento, por isso, é uma variedade que terá menos interesse produzir neste local. Já as variedades das parcelas 10B120 e 10R100 foram as que obtiveram maiores produções, e mesmo com taxas de refugo elevadas, parecem ser uma boa opção.

Analisando a distribuição normal das EGEE obtida (Gráfico 4.4), mesmo com a variância mais elevada de entre todas as culturas, este valor é consequência das emissões registadas na parcela 17A040, situação que parece ser excepcional. Os restantes valores estão situados abaixo da média (0,06 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}) e dentro do intervalo do desvio-padrão (0,03 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}).

Assim, é espectável que a maioria das emissões que ocorrem durante a produção de batata tenham resultados entre 0,03 e 0,06 ou no máximo, entre 0,03 e 0,09 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}.

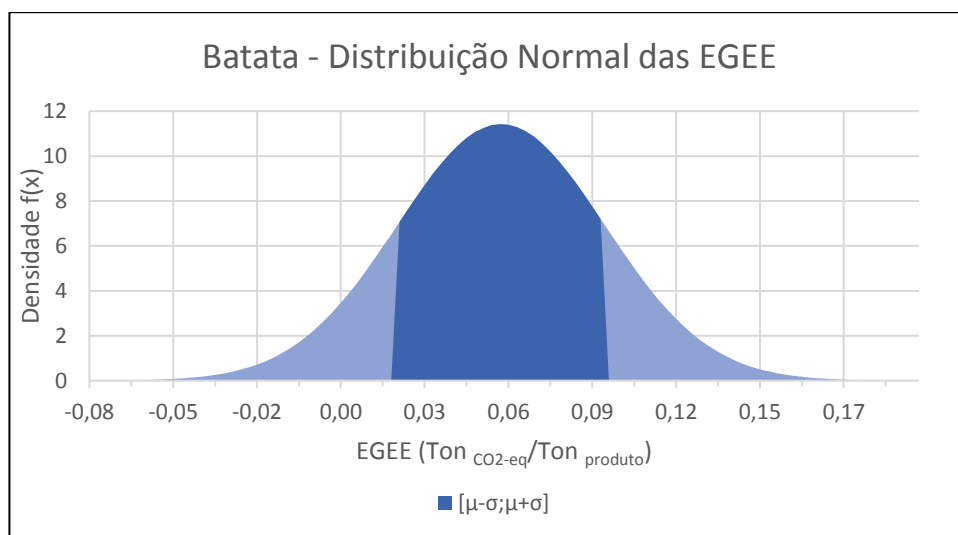


Gráfico 4.4 – Distribuição normal das EGEE para a produção de batata, em que o desvio-padrão (σ) = 0,03 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}, a média (μ) = 0,06 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}, com uma variância = 0,0012 (Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto})².

A pegada hídrica, no caso da produção de batata, apresenta um valor médio de 73 L de água consumida na rega por cada tonelada de batata produzida. Também aqui a parcela que tem uma maior pegada hídrica é a 17A040, por ter tido um consumo idêntico ao das outras parcelas, mas, com uma produção muito mais baixa.

A pegada hídrica é influenciada pela produtividade e pela espécie produzida, mas também, pela época em que a cultura está a ser produzida. No caso da batata, estando a cultura instalada nos meses de inverno/início da primavera, acaba por ter uma pegada hídrica relativamente baixa, tendo em conta a sua necessidade de água, o que é positivo em termos de PH (Pegada Hídrica) e gasto de energia.

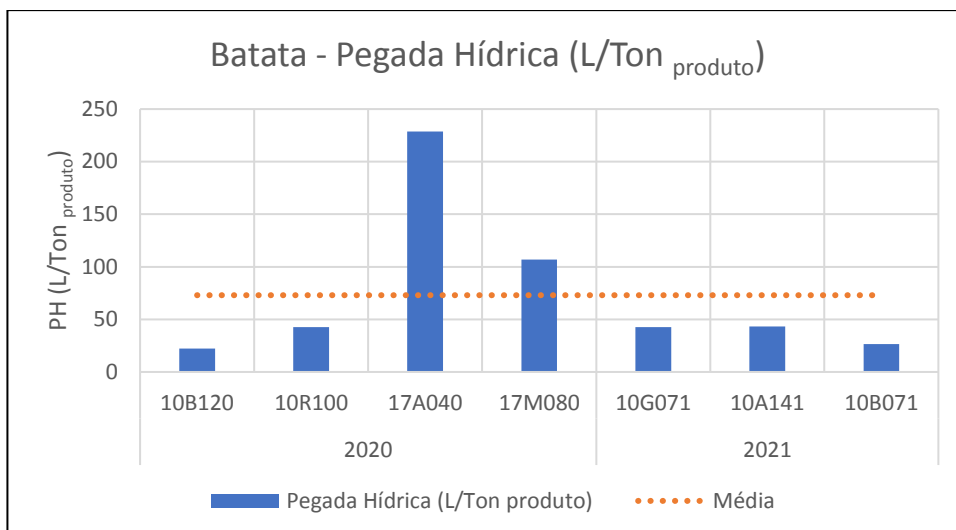


Gráfico 4.5 – Consumo de água na rega por cada Ton de batata produzida, para cada parcela em 2020 e 2021.

4.2. Cebola

Na produção de cebola a fonte de EGEE que mais contribui é o combustível utilizado nas diversas operações culturais, e corresponde a 65% do total das emissões (Gráfico 4.6). Também na produção de cebola é a fase de colheita que maior peso tem no consumo de gasóleo.

As emissões diretas correspondem a 24% e as emissões indiretas correspondem a 11%. Como na produção desta cultura o resultado de produtividade média obtido é muito próximo da produtividade esperada, seria espectável que as emissões produzidas pelos fertilizantes tivessem um impacto mais pequeno. De facto, as emissões causadas pela aplicação de fertilizantes foram das mais baixas por hectare, com um valor medio de 0,058 Ton $CO_2\text{-eq/ha}$.

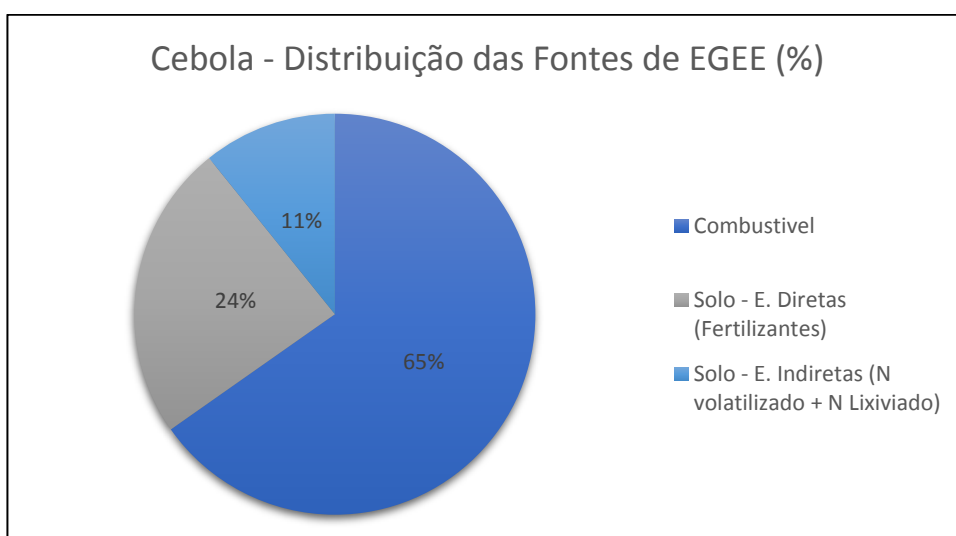


Gráfico 4.6 . Distribuição das EGEE (%) pelas diferentes fontes responsáveis pela libertação de $CO_2\text{-eq}$ na produção de cebola, calculado a partir dos valores médios obtidos.

A Pegada relativa aos nutrientes aplicados por tonelada de produto (Gráfico 4.7) mostra que foi a parcela *03R050* que mais impacto negativo teve neste ponto (0,0114 Ton $\text{K}/\text{Ton}_{\text{produto}}$), correspondendo também, á parcela com menor produtividade. Dentro dos nutrientes avaliados é o potássio o maior contribuinte para as perdas, com um valor médio de 0,0059 Ton $\text{K}/\text{Ton}_{\text{produto}}$. O azoto apresenta um valor médio de 0,0041 Ton $\text{N}/\text{Ton}_{\text{produto}}$ e o fosforo de 0,0026 Ton $\text{P}/\text{Ton}_{\text{produto}}$.

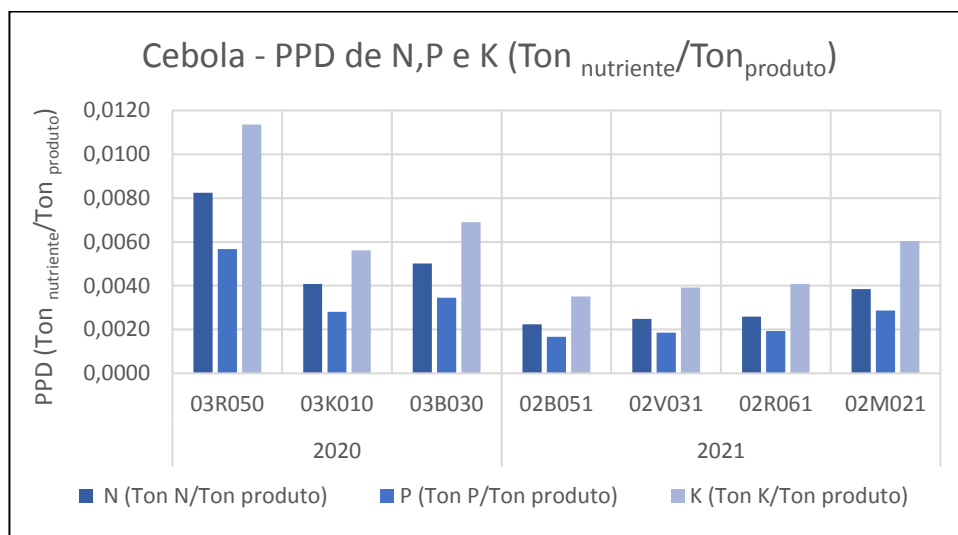


Gráfico 4.7 – Pegada de Poluição Difusa (PPD) dos nutrientes N, P e K presente nos fertilizantes aplicados durante o ciclo produtivo da cebola em cada parcela, em 2020 e 2021.

Globalmente as EGEE na produção de cebola rondam os 0,06 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$, valor médio obtido (Gráfico 4.8). Nesta cultura também existe alguma variabilidade, embora mais pequena do que no caso da produção de batata. A parcela *03R050* é a que tem maior EGEE (0,10 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$), por ser a que tem menor produtividade. Mas, neste caso a baixa produtividade está associada a uma taxa de refugo relativamente grande (12%), quando comparado com as restantes parcelas.

Aliás, em 2020 todas as parcelas obtiveram taxas de refugos superiores aos registados em 2021. Possivelmente, estes valores de refugo estarão associados ás condições climatéricas, e por consequência, ao aparecimento de doenças. Por isso, é relevante fazer a avaliação dos refugos para perceber a verdadeira causa (doenças, calibre, coloração, etc.) e saber qual a melhor estratégia a implementar para poder melhorar estes resultados. No caso de ter sido provocado por doenças, a causa pode estar no facto de se terem feito menos aplicações de fitofármacos em 2020 que em 2021, mesmo com piores condições climatéricas, aqui a estratégia terá que passar por um melhor acompanhamento da cultura e uma intervenção mais atempada para evitar o desenvolvimento de patogénicos. No caso dos refugos serem provocados por excesso de calibre, que pode ter origem no excesso de água no solo ou fertilização inadequada, a estratégia terá que passar por uma

densidade sementeira/plantação maior e uma fertilização de acordo com os valores médios registados na UP e não baseada em valores teóricos.

Em 2021 a parcela que tem maior EGEE, *02M021*, tem um refugo de 3 %, mas, uma produtividade de cerca de 29 Ton/ha. Esta baixa produtividade pode estar associada às características da variedade ou ao facto de ter tido um ciclo mais curto, já que todos os outros fatores de produção são semelhantes para as restantes variedades cultivadas nesse mesmo ano. Neste caso, a colheita pode ter sido antecipada por questões de mercado, e embora a cebola até apresente uma excelente qualidade, pode ter calibres mais pequenos fazendo baixar o peso da produção.

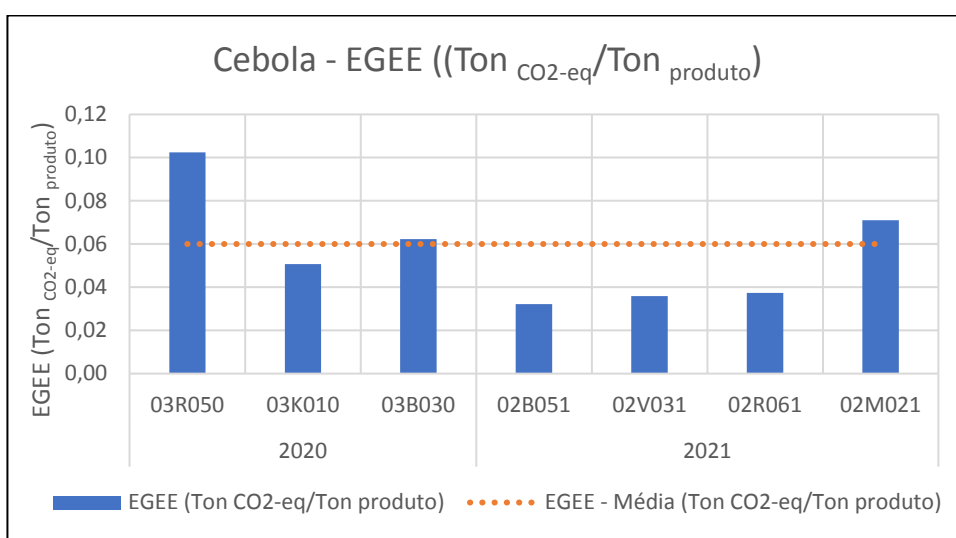


Gráfico 4.8 – EGEE por tonelada de cebola produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021.

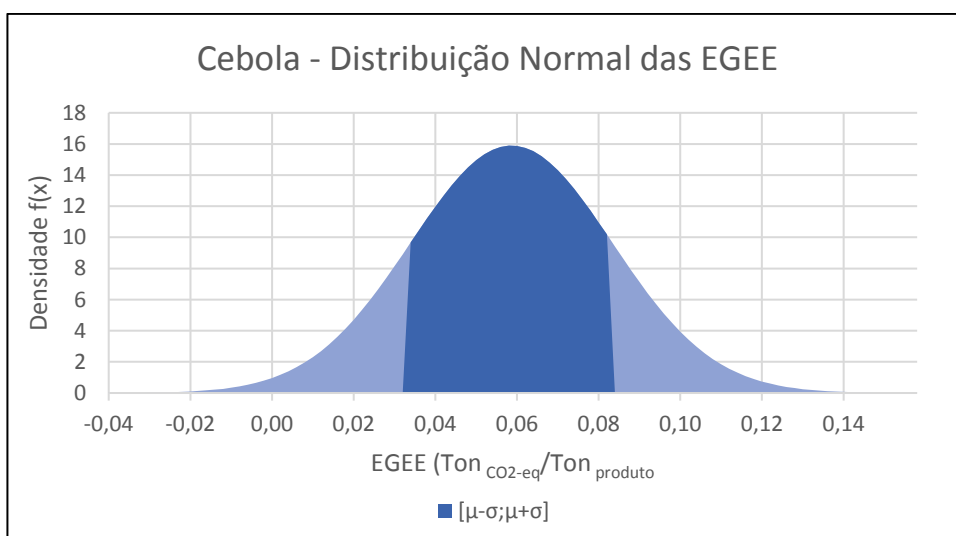


Gráfico 4.9 - Distribuição normal das EGEE, em que a média (μ) = 0,06 (Ton CO₂-eq/Ton produto), o desvio padrão (σ) = 0,03 (Ton CO₂-eq/Ton produto) e a variância = 0,0006 (Ton CO₂-eq/Ton produto)².

Relativamente á distribuição dos valores de EGEE obtidos (Gráfico 4.9), podemos ver que a variação é um pouco menos ampla que no caso da batata, no entanto, os valores acabam por se afastar um pouco mais do valor médio obtido (0,06), estando a maior parte deles situados entre 0,03 e 0,09 Ton $CO_2\text{-eq}/Ton$ produto.

A pegada hídrica para a produção de cebola, cujo ciclo produtivo ocorreu durante o inverno é nula, uma vez que, não foi necessário recorrer a rega em nenhuma fase das produções em análise.

4.3. Cenoura

Na produção de cenoura, o contributo de cada uma das fontes de EGEE é em tudo semelhante ao que acontece com a batata e cebola, isto é, o consumo de gasóleo é o maior responsável pela libertação de $CO_2\text{-eq}$ para a atmosfera, correspondendo a 67 % das emissões totais registadas para esta cultura (Gráfico 4.10).

Nesta produção são as emissões indiretas que menos contribuem, correspondendo a 8 % do total emitido, o que significa um desperdício de azoto mais baixo e um menor contributo para contaminação de lençóis freáticos ou outras fontes de água, isto é, para a poluição difusa. Na realidade, as emissões por volatilização de N são em média 0,004 (Ton $CO_2\text{-eq}/ha$) e as perdas por lixiviação 0,015 (Ton $CO_2\text{-eq}/ha$), o que corresponde á cultura que menos perdas indiretas tem.

As fontes diretas correspondem a 25% das EGEE totais, 0,054 Ton $CO_2\text{-eq}/ha$.

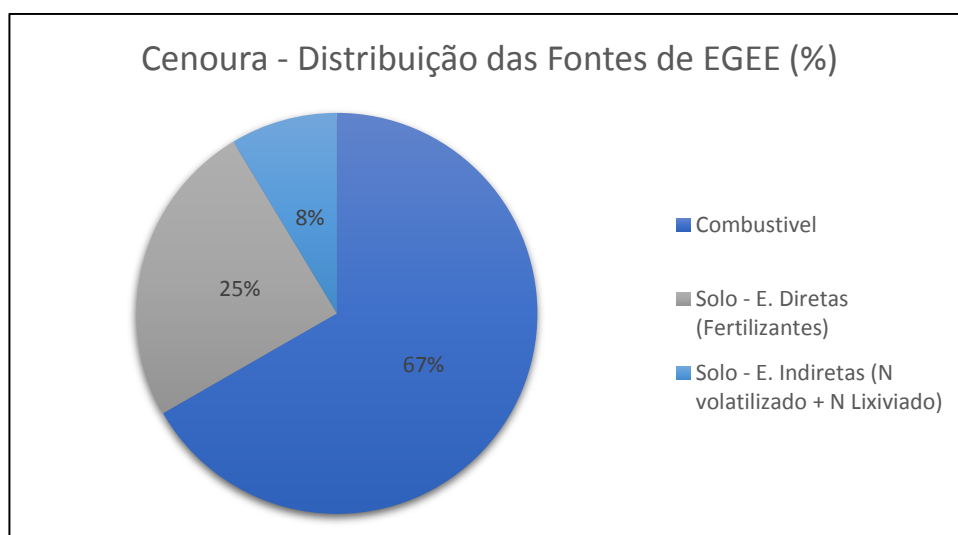


Gráfico 4.10 – Distribuição das EGEE (%) pelas diversas fontes, calculado a partir dos valores médios obtidos.

A pegada dos fertilizantes aplicados é relativamente semelhante para todas as parcelas, já que as produtividades também são relativamente próximas sendo, no entanto, a variedade da parcela 10M220 a apresentar maior pegada de K (0,0111 Ton K/Ton produto).

Na produção de cenoura, o potássio é extremamente importante para o desenvolvimento da raiz, principalmente no que diz respeito às suas características qualitativas e organolépticas. Assim, é um nutriente aplicado em grande quantidade, sobretudo, na fase final do seu desenvolvimento, como se pode perceber no Gráfico 4.11.

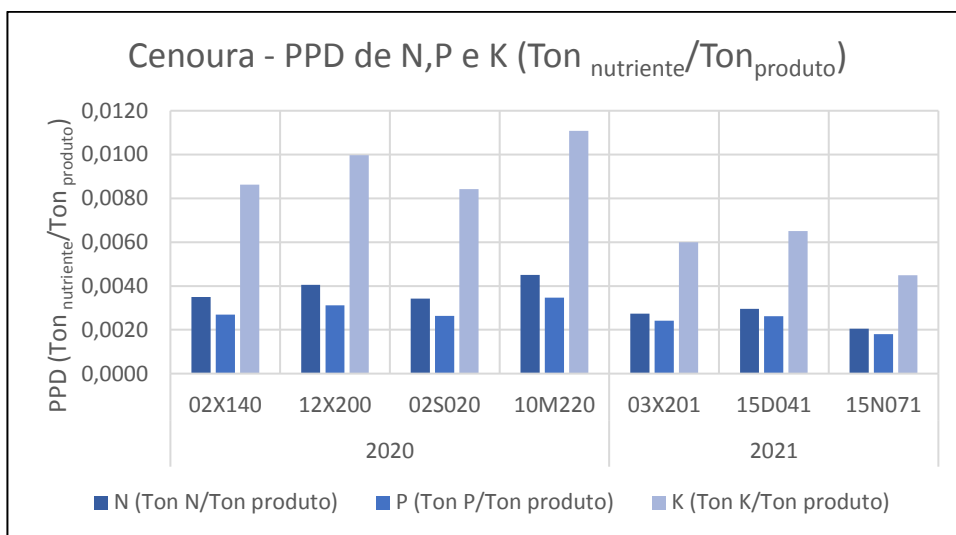


Gráfico 4.11 – Pegada de Poluição Difusa ($\text{Ton}_{\text{nutriente}}/\text{Ton}_{\text{produto}}$) relativa aos nutrientes aplicados por cada tonelada de produto, por variedade de cenoura e ano de produção.

Como já foi referido antes, as EGEE médias na produção de cenoura correspondem a 0,05 $\text{Ton}_{\text{CO}_2\text{-eq}}/\text{Ton}_{\text{produto}}$, (Gráfico 4.12) e como seria de esperar, a diferença verificada entre parcelas é relativamente pequena. Neste caso, as baixas produtividades estão também associadas a refugos elevados, principalmente no caso das parcelas 12X200, 02S020 e 10M220.

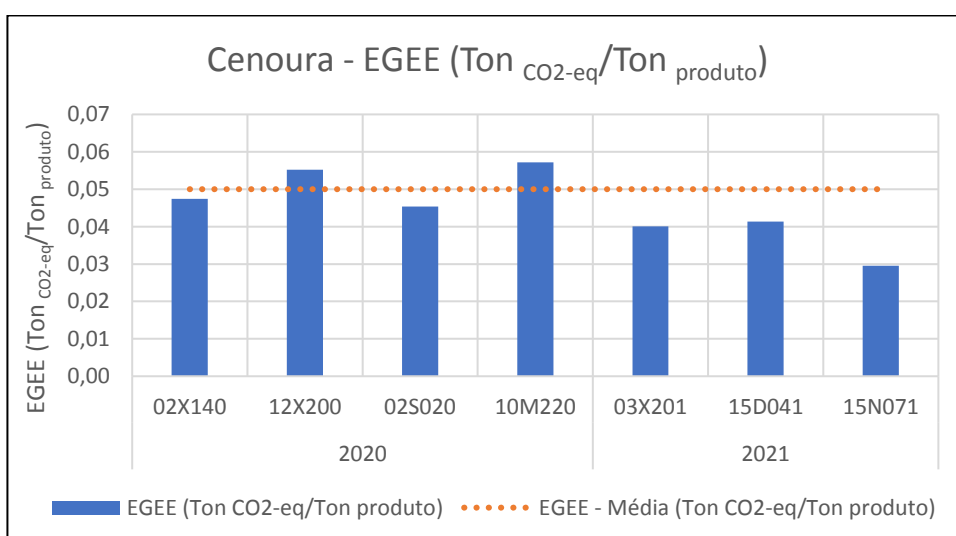


Gráfico 4.12 - EGEE por tonelada de cenoura produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021.

No caso da parcela *15N71*, embora com um refugio elevado, foi a variedade com maior produtividade e com a vantagem de ter um ciclo cultural muito mais curto, o que em princípio, significa menos operações culturais realizadas, como mostram os resultados do consumo de gasóleo, que são os mais baixos por unidade produzida, 8 L/Ton_{produto}, enquanto que nas restantes parcelas o valor varia entre 10 e 13,7 L/ Ton_{produto}.

Relativamente á distribuição normal das EGEE, foi na cultura de cenoura que se obteve a menor variância (0,0001 Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto})², e como podemos perceber pelo Gráfico 4.13, a maior parte dos valores situam-se no intervalo entre 0,04 e 0,06 toneladas de CO_{2-eq} libertado para a atmosfera por tonelada de produto obtido.

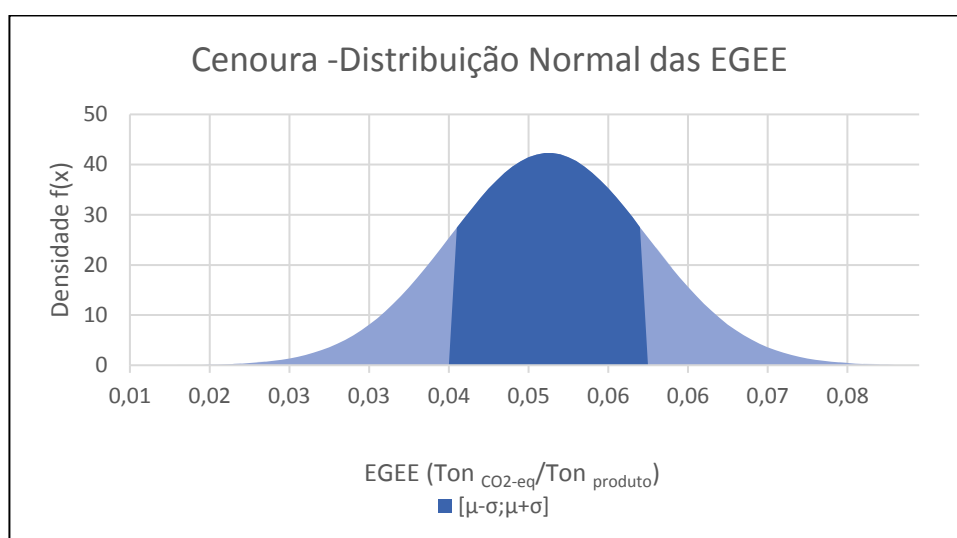


Gráfico 4.13 - Distribuição normal das EGEE, em que a média (μ) = 0,05 (Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto}) e a variância = 0,0001 (Ton_{CO2-eq}/Ton_{produto})².

O consumo hídrico por tonelada de produto obtido é, em média, 94 L/Ton_{produto}, no entanto, podemos perceber que a variedade da parcela *10M220* foi a que obteve um maior consumo de água na rega, 121 L/ Ton_{produto}, pois, o seu ciclo produtivo passou pelos meses mais quentes no nosso clima, o período do verão.

A variação das PH está relacionada com as épocas de plantação, clima existente nesse momento e produtividade, mas, também com a duração do ciclo cultural, como podemos ver no caso da parcela *15N071*, que embora tenha sido produzida no verão a PH é mais pequena justamente porque o período de instalação é muito mais curto, o que faz com que o nº de regas seja menor.

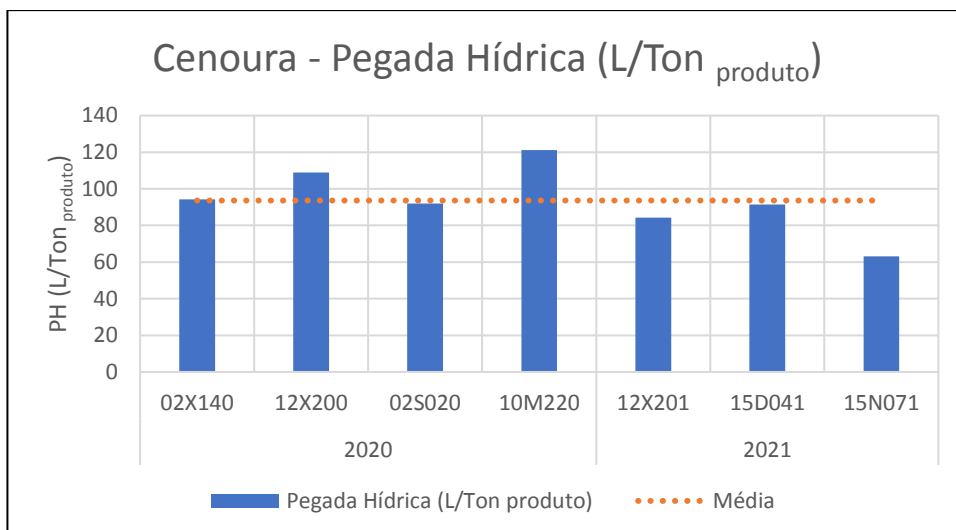


Gráfico 4.14 – Valores relativos à pegada hídrica (L/Ton_{produto}) na produção de cenoura e valor médio obtido.

4.4. Melancia

Na produção de melancia o consumo de gásóleo, embora continue a ter um peso significativo (56 %), é menor do que nas culturas anteriores, sobretudo, porque a colheita é manual o que faz com que esta operação tenha um dispêndio de energia mais baixo (Gráfico 4.15), afetando o consumo global que, como já vimos no ponto 3.3.6. do capítulo anterior, é a produção com o valor médio mais baixo, 296 L/ha. É por isso que as emissões diretas, com a aplicação de fertilizantes, acabam por ser mais relevantes neste tipo de produção, correspondendo a 36% do total de emissões.

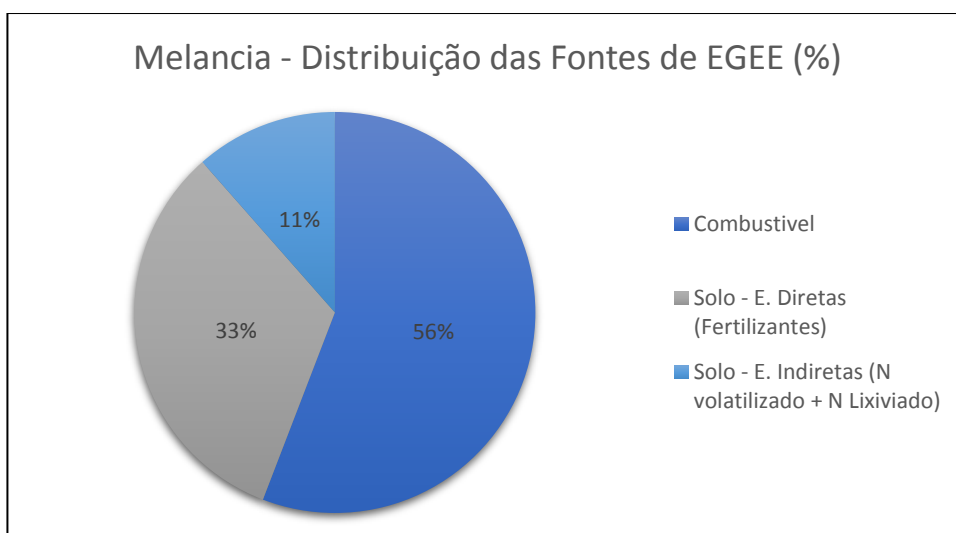


Gráfico 4.15 – Distribuição das EGEE (%) pelas fontes responsáveis pela libertação de CO_{2-eq} durante o ciclo produtivo da melancia. Calculado a partir dos valores médios obtidos.

As emissões indiretas, com a perda de azoto, correspondem a 11% das quais são sobretudo originadas pela lixiviação de N, com um valor médio de 0,02 Ton_N lixiviado/ha enquanto que as perdas por volatilização são 0,005 Ton_N volatilizado/ha.

Relativamente à pegada de poluição difusa de azoto, fosforo e potássio, podemos perceber no Gráfico 4.16, que é K o nutriente com maior pegada por unidade de produto, com um valor médio de 0,0053 Ton_K/Ton_{produto}. e foi na parcela 02C081 que se registou o seu valor máximo, aproximadamente 0,008 Ton_K/Ton_{produto}, por culpa da baixa produtividade obtida (22,7 Ton/ha).

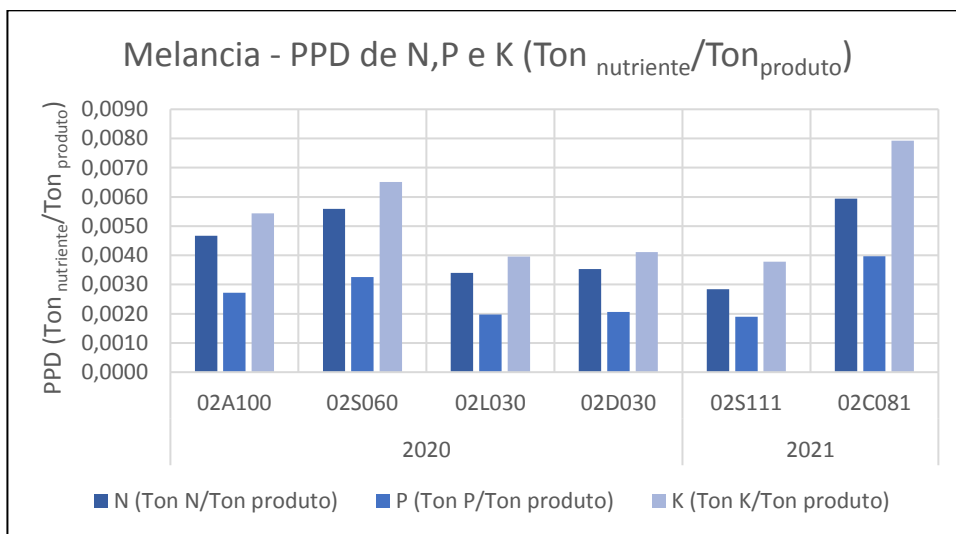


Gráfico 4.16 – Pegada de Poluição Difusa de cada nutriente por unidade de produto, aplicado durante o ciclo produtivo da melancia, em 2020 e 2021.

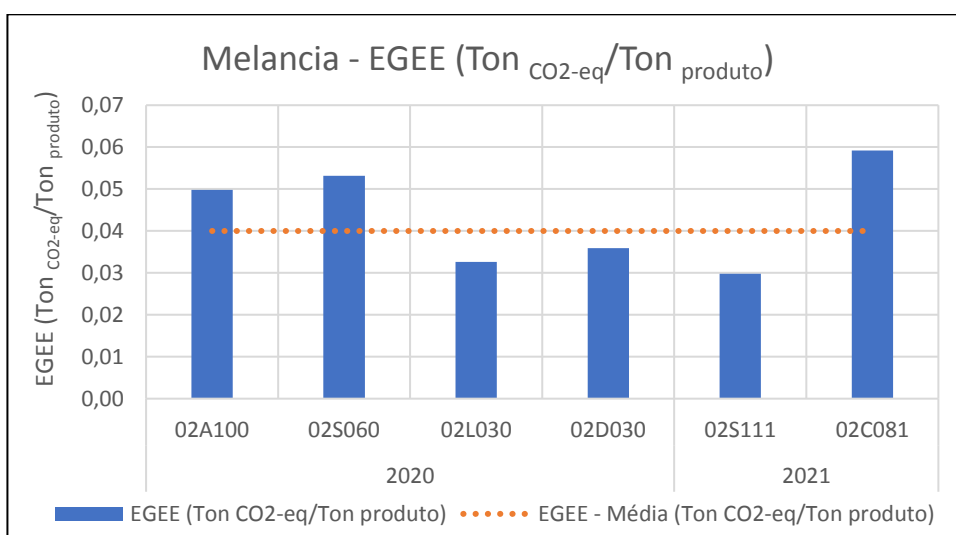


Gráfico 4.17 – EGEE por tonelada de melancia produzida e valor médio obtido, em 2020 e 2021.

Como a produção esperada para a cultura é de 50 Ton/ha, muito maior do que o valor realmente obtido, as fertilizações efetuadas não correspondem á necessidade da cultura, embora

a baixa produtividade seja resultado da maior taxa de refugo registada, 33 %. Assim, e como seria de esperar, é também na parcela 02C081 que se regista a maior PC, 0,06 (Ton CO₂-eq/Ton produto).

Ainda assim, a variação de valores é pequena (variância = 0,0001 (Ton CO₂-eq/Ton produto)²) e os valores esperados de EGEE para esta cultura, situam-se próximo do valor médio, num intervalo entre 0,03 e 0,05 Ton CO₂-eq/Ton produto (Gráfico 4.18).

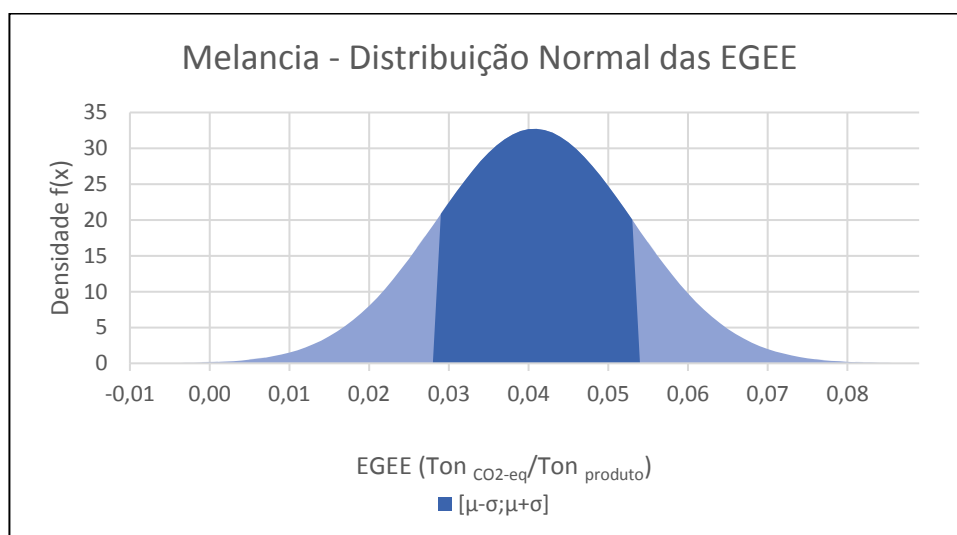


Gráfico 4.18 – Distribuição normal das EGEE para a produção de melancia, em que a média (μ) = 0,04 (Ton CO₂-eq/Ton produto), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton CO₂-eq/Ton produto) e a variância = 0,0001 (Ton CO₂-eq/Ton produto)².

O ciclo cultural da melancia ocorre, por norma, durante os meses mais quentes, portanto, há a necessidade de realizar regas para satisfazer as necessidades hídricas da cultura (Gráfico 4.19).

Mesmo sendo uma produção com um tempo de vida curto, cerca de 4 meses, tem uma pegada hídrica média de 138 L/Ton produto, sendo que o valor mínimo foi registado na parcela 02S111 (82,67 L/Ton produto) e o máximo (277,9 L/Ton produto) registado na variedade da parcela 02C081, já que estes valores além de dependerem do clima e necessidade da cultura, também depende da produtividade. Olhando apenas para o clima, em particular para a precipitação, seria espectável que em 2021 a necessidade de regar fosse mais pequena como até se verificou na parcela 02S111.

Possivelmente, a baixa produtividade da parcela 02C081, com uma elevada taxa de refugo, pode ter sido consequência de uma variedade mais suscetível a esta variação climática. Assim, a escolha da variedade parece afetar também, além da produtividade e refugo, a PH da cultura.

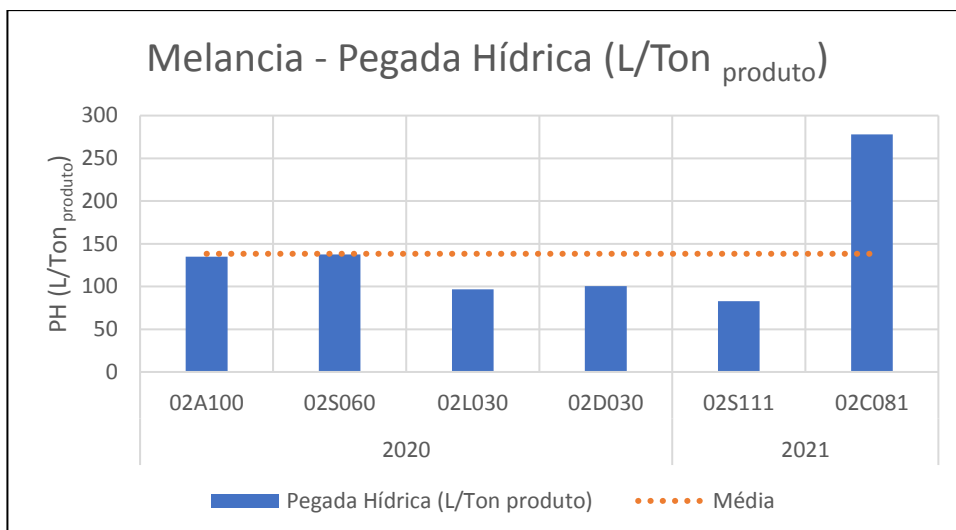


Gráfico 4.19 – Consumo de água de rega por tonelada de produto, gasto durante o ciclo produtivo da melancia, em 2020 e 2021.

4.5. Melão

A produção de melão é em tudo semelhante á produção de melancia, por isso, a distribuição das EGEE pelos diferentes fatores é muito semelhante (Gráfico 4.20). Embora no que toca a emissões indiretas a diferença entre N perdido por volatilização e lixiviação é bem mais pequena, 0,01 e 0,03 Ton $CO_2\text{-eq/ha}$, respetivamente.

Nas emissões diretas o valor da pegada causada pelos fertilizantes é a mais elevada de todas as culturas em análise, 0,09 Ton $CO_2\text{-eq/ha}$, valor médio.

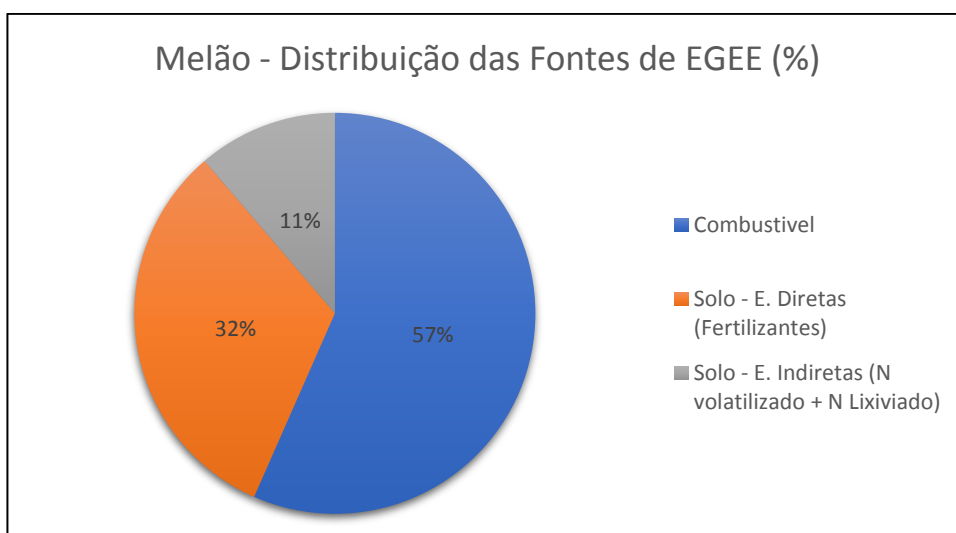


Gráfico 4.20 - Distribuição das emissões de $CO_2\text{-eq}$ (%), calculado a partir dos valores médios obtidos.

Olhando para as emissões por nutriente aplicado, fica claro no Gráfico 4.21 que nesta cultura o potássio é o que mais contribui para a PPD na cultura do melão, com um valor máximo

registado de 0,0095 Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$ na parcela 02N010. Nesta parcela o azoto também tem uma elevada contribuição com 0,0082 Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$. Como já se sabe, estes valores estão relacionados com a baixa produtividade, que nesta parcela, poderá estar associada a uma taxa de refugo elevada 30%. No entanto, nesta cultura os refugos são em geral elevados, acima dos 20%, assim, a baixa produtividade poderá ser também consequência da variedade.

O melão, em termos médios, é a cultura com menor produção por hectare e com uma diferença significativa em relação á produtividade esperada, portanto, este deve ser o principal motivo para que seja esta a cultura com um valor médio de PPD por nutriente mais elevada (N = 0,006, P = 0,004 e K = 0,007 Ton $\text{nutriente}/Ton_{\text{produto}}$).

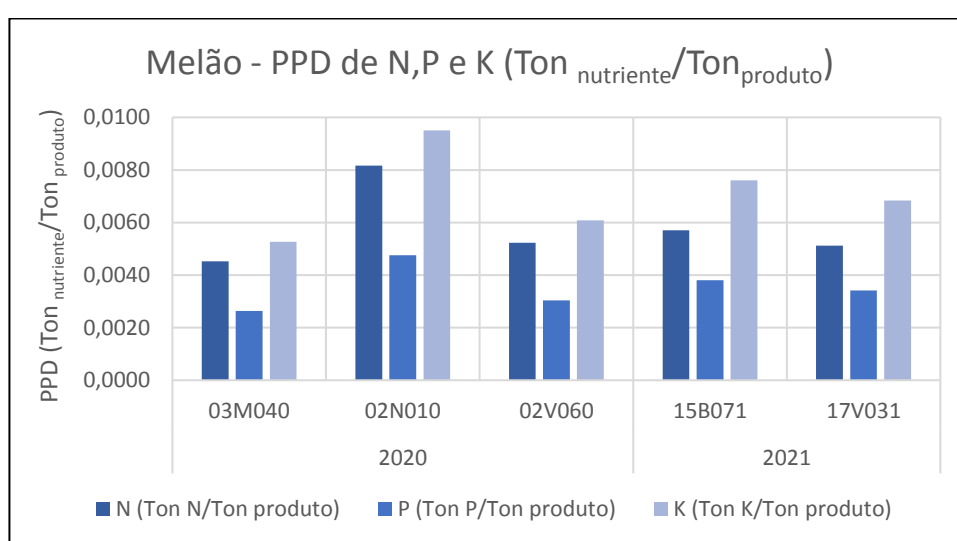


Gráfico 4.21 - Pegada de Poluição Difusa dos nutrientes N, P, K (Ton $\text{nutriente}/Ton_{\text{produto}}$) aplicados na produção de cada variedade de melão em 2020 e 2021.

No quadro de resultados obtidos das EGEE por unidade de produto (Gráfico 4.22) podemos ver que o valor médio corresponde a 0,06 Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$ e à exceção da parcela 02N010, todos os resultados estão muito próximos, mas, abaixo do valor médio. O valor mínimo é 0,046 Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$, registado na parcela 03M040.

Assim, a distribuição normal apresenta uma amplitude maior devido justamente ao valor obtido na parcela 02N010 (variância = 0,0003 (Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$)²), que tendo em conta o valor médio, espera-se que a maioria dos resultados relativos á PC na produção de melão rondem o intervalo compreendido entre 0,04 e 0,08 (Ton $CO_2\text{-eq}/Ton_{\text{produto}}$).

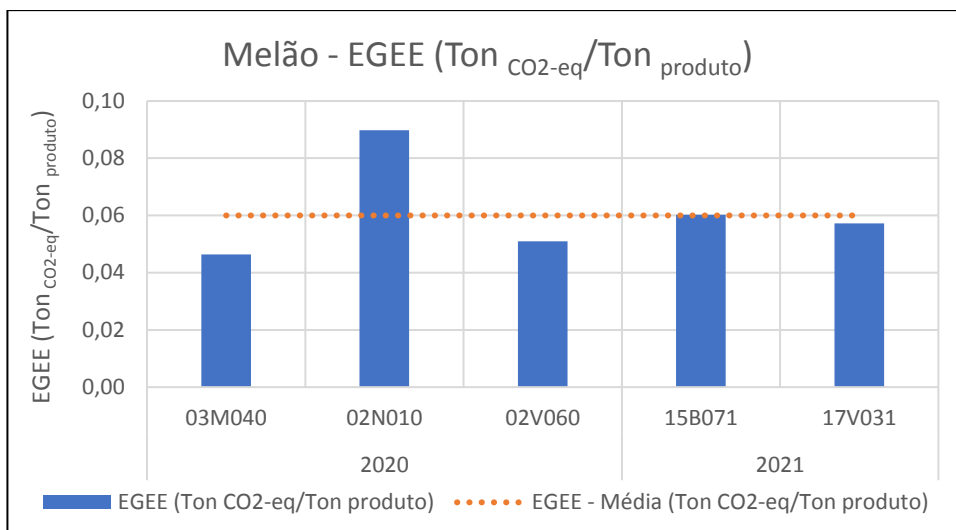


Gráfico 4.22 – EGEE (Ton CO₂-eq/ Ton produto) obtida para cada variedade de melão em 2020 e 2021 e o valor médio de EGEE.

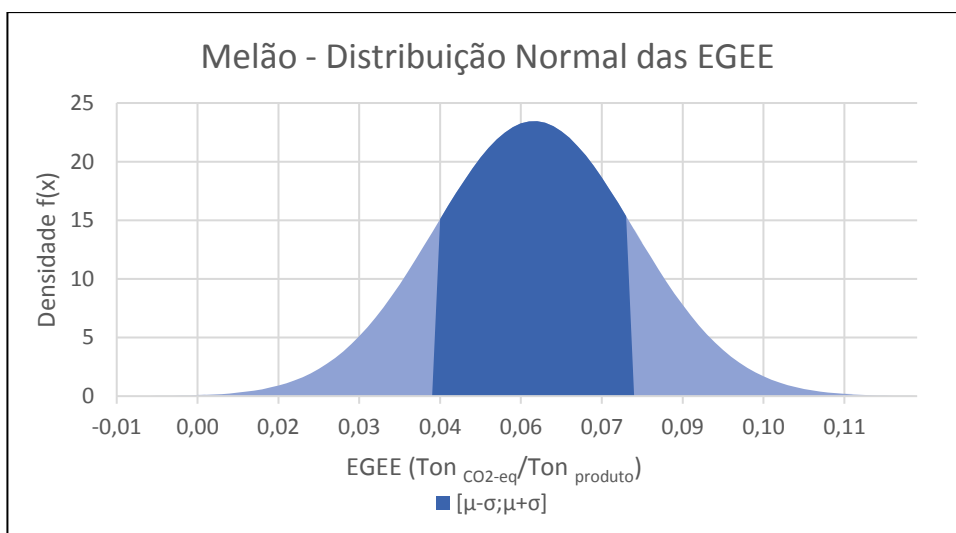


Gráfico 4.23 - Distribuição normal das EGEE na produção de melão, com média (μ) = 0,06 (Ton CO₂-eq/ Ton produto) o desvio padrão (σ) = 0,02 (Ton CO₂-eq/ Ton produto) e a variância = 0,0003 (Ton CO₂-eq/ Ton produto)².

Na produção de melão, tal como acontece na melancia, o ciclo da cultura acontece durante os meses de maior calor e, também aqui, é necessário recorrer á rega para suprimir as necessidades da cultura. Como se pode ver no Gráfico 4.24 o valor médio é de 198 L/Ton produto, o mais elevado de todas as culturas estudadas neste trabalho. Para este resultado contribui o facto de a produtividade média também ser a mais baixa.

Melhorar o desempenho desta produção, quer em termos de PH quer em termos de EGEE, terá que passar pela estratégia de aumentar a produção por hectare e diminuir a causa que provoca refugos tão elevados, o que poderá ser conseguido através da escolha de variedades mais resistentes ao clima e a organismos patogénicos existentes no local de plantação, melhorar a

eficiência da colheita e melhorar a eficiência da rega, por exemplo, a aquisição de sondas para medir a humidade do solo.

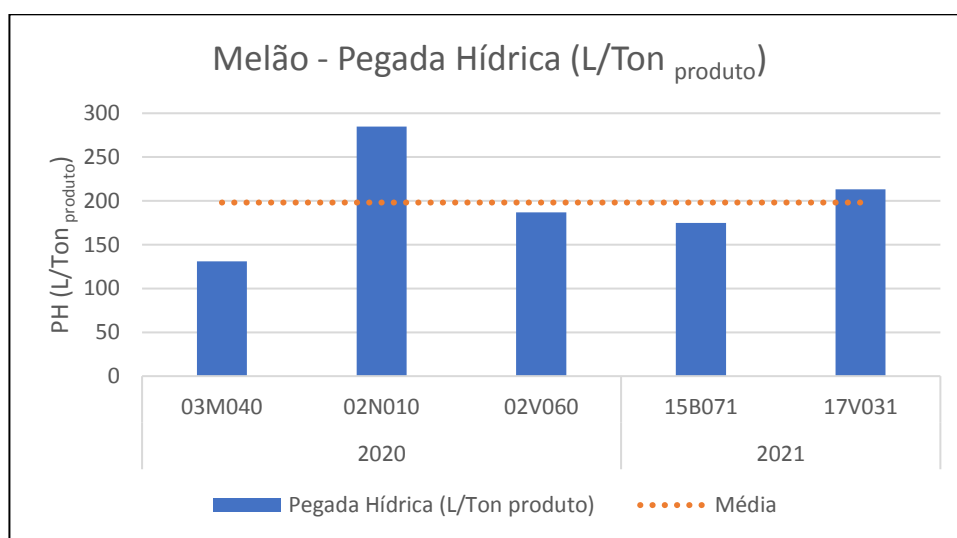


Gráfico 4.24 - Consumo de água na rega por cada Tonelada de melão produzida, por parcela em 2020 e 2021.

4.6. Resultados Médios para as Culturas Hortícolas

4.6.1. Emissão de Gases com Efeito de Estufa

De uma forma geral, os resultados médios de EGEE obtidos para as diversas culturas são bastante próximos, sendo a melancia a cultura onde a média das EGEE é mais baixa, com 0,04 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$ (Gráfico 4.25). A batata e cebola apresentam uma média de EGEE idêntica, 0,06 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$, no entanto, se olharmos para os valores máximos a batata foi a cultura onde se obteve o maior valor registado, 0,14 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$, e é a produção com maior variação nos resultados, já a cenoura é a produção com menor variação, com um valor médio de 0,05 (Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$), valor mínimo de 0,03 (Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$) e valor máximo 0,06 (Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$).

Analisando a distribuição normal das EGEE (Gráfico 4.26), calculado a partir dos valores médios obtidos nas culturas analisadas, podemos verificar que a média das emissões ronda os 0,05 (Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$), com uma variância muito pequena ($0,0001 (\text{Ton}_{\text{CO}_2\text{-eq}}/\text{Ton}_{\text{produto}})^2$). Estes valores mostram que é de esperar, no caso das culturas hortícolas, que os valores da PC se situem entre 0,045 e 0,063 Ton $\text{CO}_2\text{-eq}/\text{Ton}_{\text{produto}}$, considerando o período de instalação das culturas na exploração, isto é, desde a preparação do terreno até á colheita do produto.

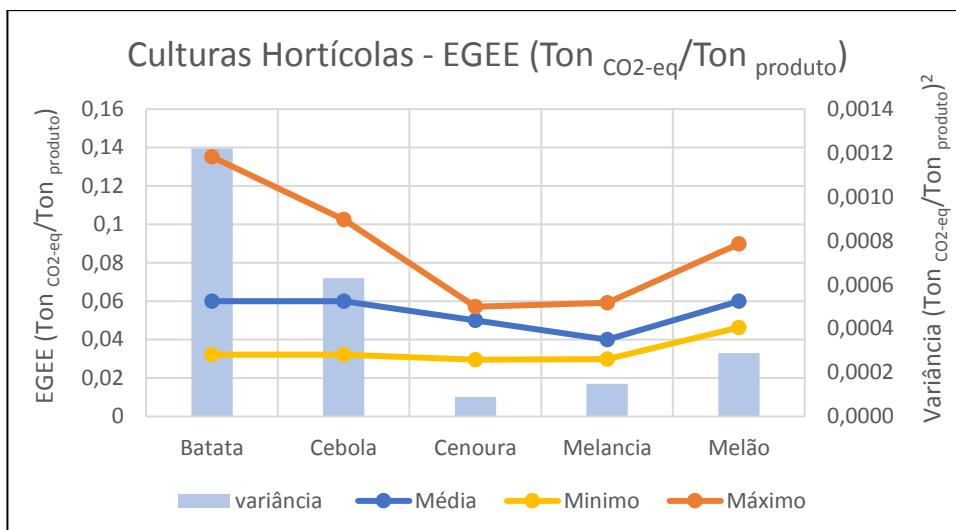


Gráfico 4.25 – EGEE (Ton CO₂-eq/Ton produto) valores médios, mínimos e máximos obtidos nas várias culturas analisadas em 2020 e 2021.

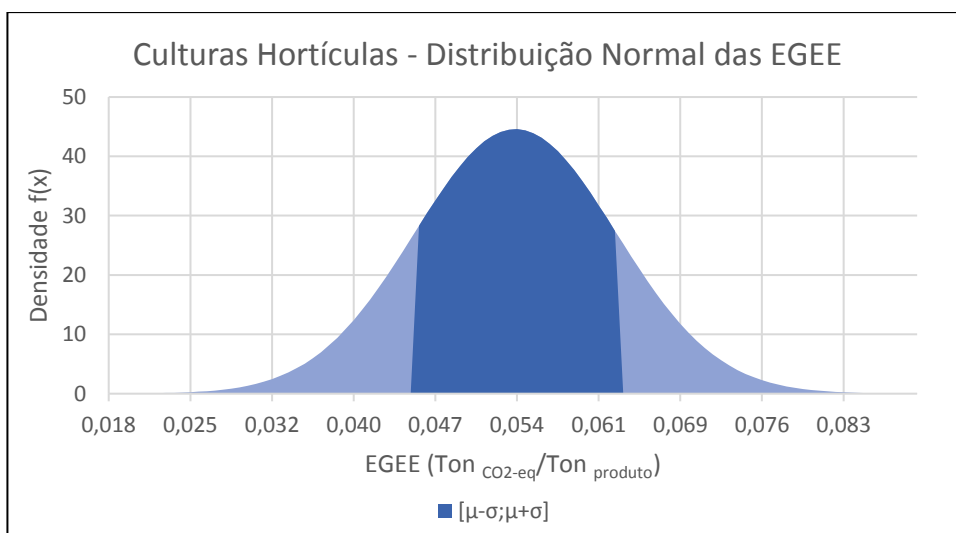


Gráfico 4.26 - Distribuição normal das EGEE, calculado a partir do valor médio obtido para todas as culturas, com média (μ) = 0,05 (Ton CO₂-eq/Ton produto), o desvio padrão (σ) = 0,01 (Ton CO₂-eq/Ton produto) e a variância = 0,0001 (Ton CO₂-eq/ Ton produto)².

4.6.2. Pegada de Poluição Difusa

Relativamente à PPD, podemos verificar que o azoto apresenta uma maior amplitude de resultados na produção de batata (Gráfico 4.27), com uma variância de 0,009 (Kg N/Ton produto)², devido á diferença de produtividades obtidas. Já a cenoura é a cultura com o valor médio mais baixo de PPD (3,32 Kg N/Ton produto) e também menor variação (0,001 (Kg N/Ton produto)²).

Na distribuição normal da PPD do azoto (Gráfico 4.28), espera-se que os valores se situem entre 3,57 e 5,42 Kg N/Ton produto para as culturas hortícolas, com um valor médio a rondar os 4,49 Kg N/Ton produto.

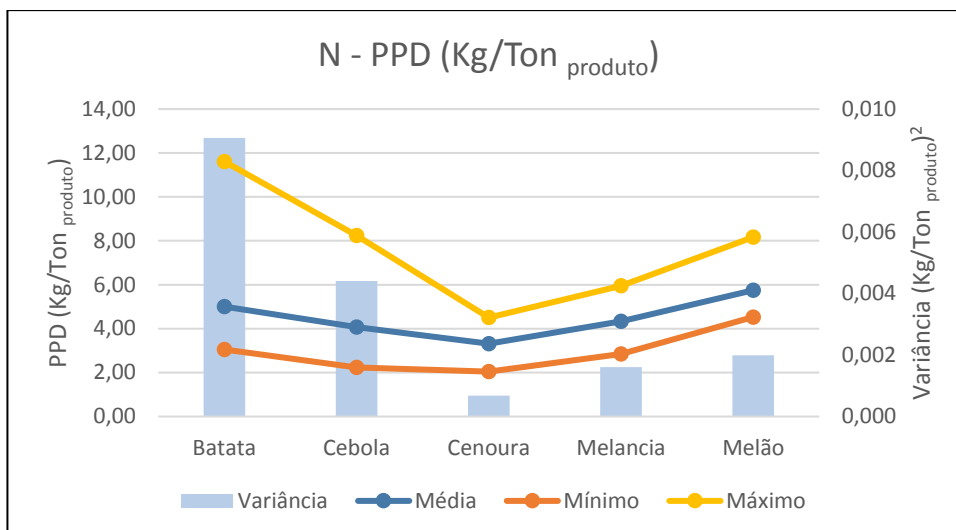


Gráfico 4.27 – Pegada de Poluição Difusa para o azoto (Kg /Ton produto) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.

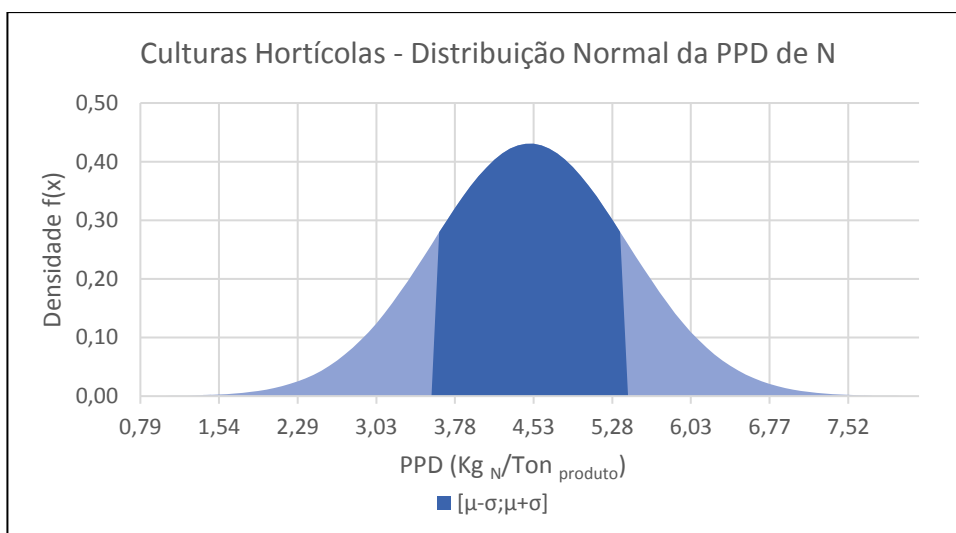


Gráfico 4.28 – Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do azoto, com média (μ) = 4,49 (Kg N/Ton produto), desvio-padrão (σ) = 0,93 (Kg N/Ton produto) e variância = 0,86 (Kg N/Ton produto)².

Para o fósforo os valores de PPD obtidos nas diversas culturas, têm uma tendência semelhante ao que se verificou para o azoto (Gráfico 4.29), embora com valores mais baixos. Mesmo comparando os valores máximos de N e P, ambos registados na batata (com 11,61 Kg N/Ton produto e 6,77 Kg P/Ton produto, respetivamente) os valores são mais baixos para P.

Também com o fósforo, a batata obteve a maior variação de resultados 0,003 (Kg P/Ton produto)² e a cenoura a mais pequena 0,0003 (Kg P/Ton produto)², embora os valores médios sejam muito próximos e situam-se entre 2,64 e 3,63 (Kg P/Ton produto), para o melão e batata respetivamente.

Na distribuição normal da Pegada de Poluição Difusa do fósforo (Gráfico 4.30), há uma variância menor do que no caso do azoto (0,22 (Kg P/Ton produto)²) o que significa que a pegada deste

nutriente varia menos de cultura para cultura e a maioria dos valores ficam situados no intervalo entre 2,6 e 3,55 Kg P/Ton produto.

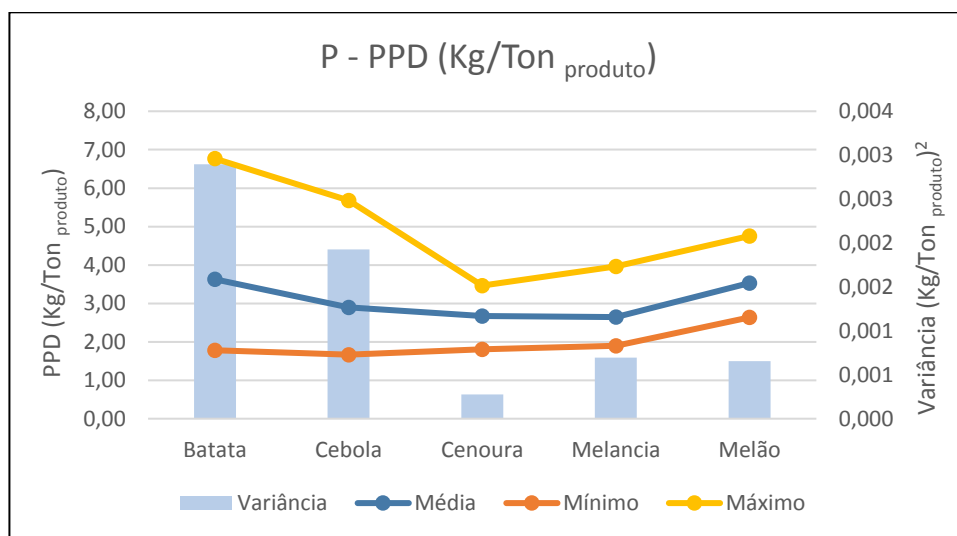


Gráfico 4.29 - Pegada de Poluição Difusa para o fósforo (Kg/Ton produto) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.

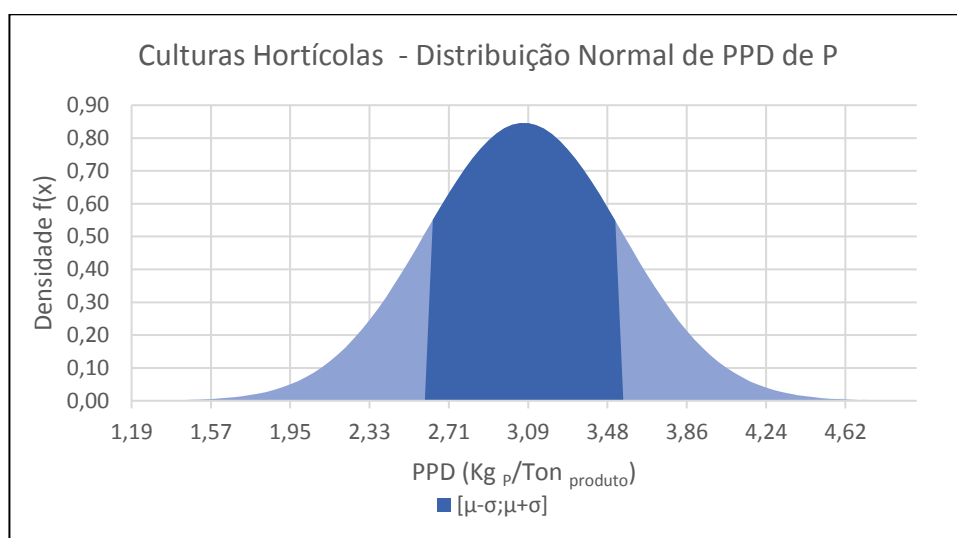


Gráfico 4.30 - Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do fósforo, com média (μ) = 3,07 (Kg P/Ton produto), desvio-padrão (σ) = 0,47 (Kg P/Ton produto) e variância = 0,22 (Kg P/Ton produto)².

Na pegada de poluição difusa de potássio (Gráfico 4.31) os valores obtidos são, em geral, os mais elevados com valor máximo na batata de 12,82 (Kg K/Ton produto), mas, é também na batata que se registou o valor mais baixo 2,00 (Kg K/Ton produto).

No caso da cenoura, e como já se tinha percebido anteriormente, a PPD de K é muito maior do que nos outros 2 nutrientes, com um valor médio de 7,87 Kg K/Ton produto, o mais elevado das culturas em análise. é também com este nutriente que a produção de cenoura apresenta a maior variância (0,005 (Kg K/Ton produto)²).

Na distribuição normal da PPD do potássio (Gráfico 4.32) verifica-se que o valor médio para as culturas hortícolas em análise ronda os 6,15 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$) e que a maioria dos valores se situa no intervalo entre 4,83 e 7,47 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$), sendo assim, o nutriente onde a variabilidade é maior (variância = 1,74 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$)²).

Nas culturas da melancia e do melão, a variância de uma e outra cultura é idêntica para cada nutriente (0,002 para N, 0,001 para P e 0,003 para K, em Kg $_{\text{nutriente}}$ /Ton $_{\text{produto}}$), existindo alguma diferença nos valores mínimo, médio e máximo, mas, sempre com a mesma tendência, isto é, os valores são mais baixos na melancia do que no melão, devido à menor produtividade do melão.

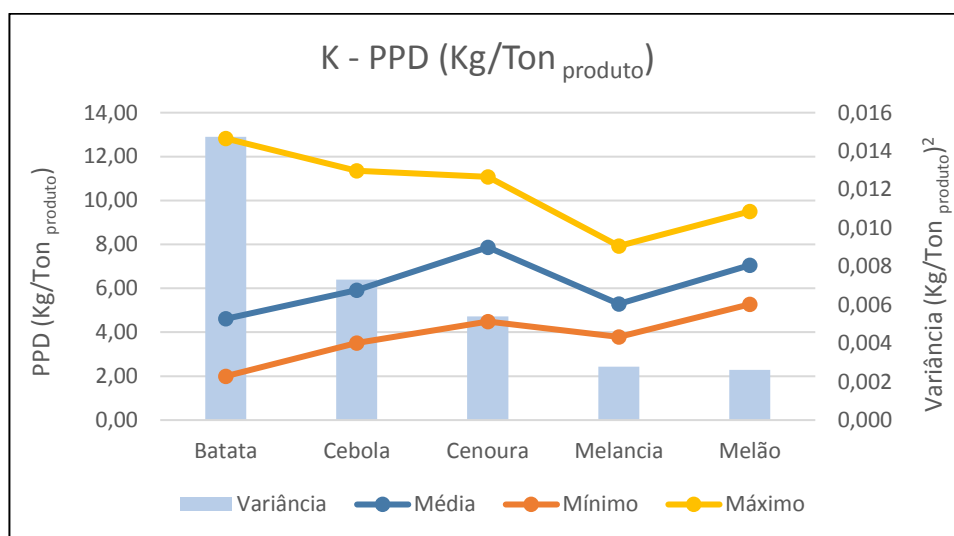


Gráfico 4.31 - Pegada de Poluição Difusa para o potássio (Kg/Ton $_{\text{produto}}$) aplicado nas adubações realizadas ao longo do ciclo cultural das produções em análise. Valores calculados a partir das médias obtidas por cultura.

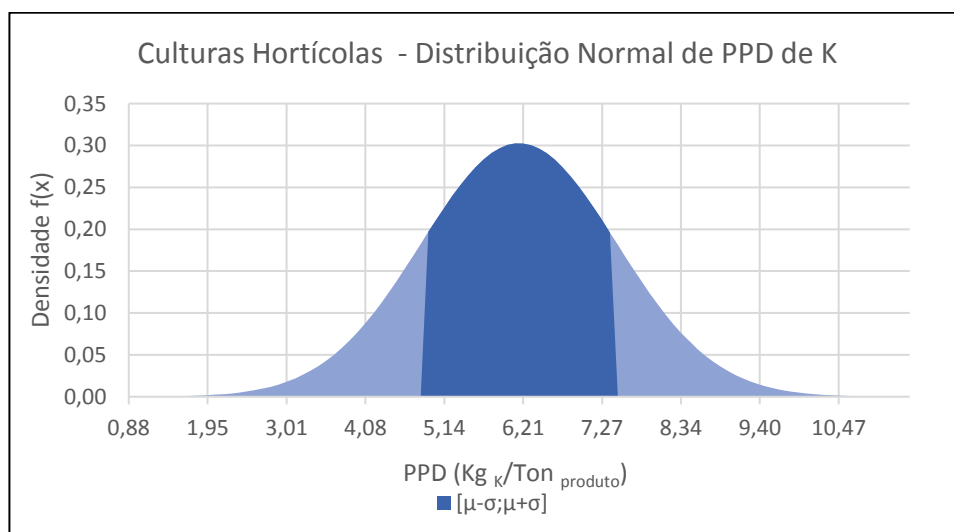


Gráfico 4.32 - Distribuição Normal da Pegada de Poluição Difusa do potássio, com média (μ) = 6,15 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$), desvio-padrão (σ) = 1,32 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$) e variância = 1,74 (Kg κ /Ton $_{\text{produto}}$)².

4.6.3. Pegada Hídrica

Na comparação de resultados obtidos entre as várias culturas aqui estudadas, a cebola não é considerada no gráfico abaixo (Gráfico 4.33), uma vez que, não houve necessidade de recorrer a rega durante o seu ciclo produtivo, como já tinha sido explicado anteriormente.

Nas restantes produções, podemos ver que a cenoura é a cultura com menor variação de valores (mínimo = 63, médio = 94 e máximo = 121 L/Ton_{produto}), mas, é na batata que se registam os valores mínimo e médio mais baixos (22 e 73 L/Ton_{produto}, respetivamente) e um valor máximo de 229 (L/Ton_{produto}) o que faz com que seja a produção com maior variância (5476 (L/Ton_{produto})²). Esta diferença de resultados é consequência, sobretudo, da precipitação verificada durante a primavera. No ano 2020 a precipitação foi muito intensa durante o inverno, mas, terminou mais cedo (maio), portanto, houve um maior consumo de água principalmente nas variedades com colheitas mais tardias. Em 2021, ano com menor precipitação durante o inverno, mas, a chuva prolongou-se até final de junho, o que fez com que fosse necessária uma menor quantidade de água aplicada na rega.

Na distribuição normal da PH para as culturas hortícolas, tal como seria de esperar, a variância é bastante elevada 5466,8 (L/Ton_{produto})², uma vez que, são culturas que podem ser produzidas ao longo de todo o ano e, portanto, a necessidade hídrica pode ser muito diferente mesmo dentro da mesma espécie. Assim o intervalo da PH varia em média, para a maioria das produções, entre 26,67 e 174,55 L/Ton_{produto}.

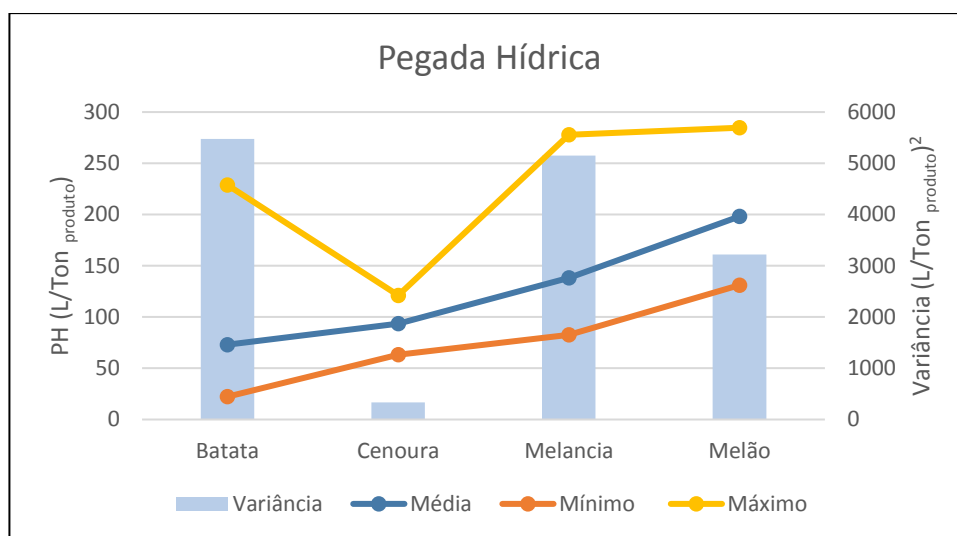


Gráfico 4.33 – Pegada Hídrica (L/Ton_{produto}) das culturas hortícolas em análise, calculada a partir das médias obtidas por cultura.

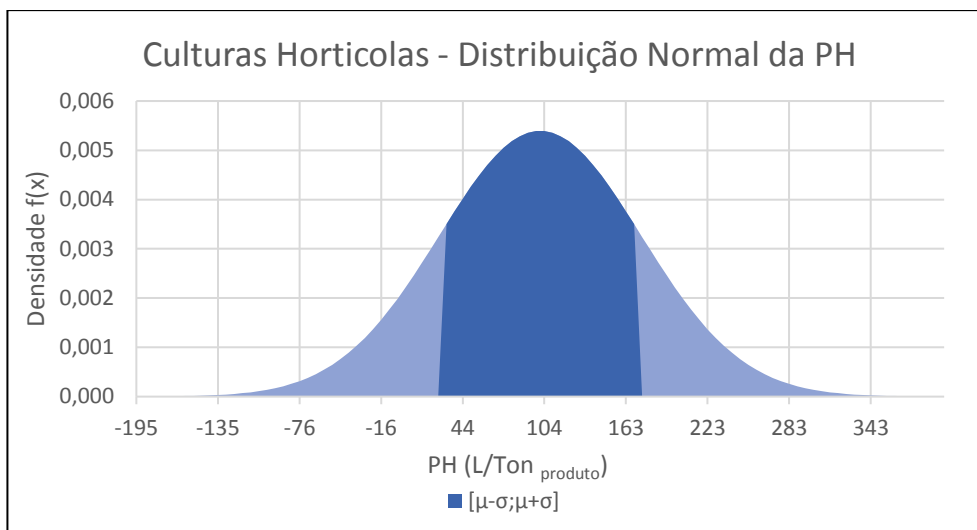


Gráfico 4.34 - Distribuição Normal da Pegada Hídrica nas culturas hortícolas em análise, com média (μ) = 100,61 (L/Ton_{produto}), desvio-padrão (σ) = 73,94 (L/Ton_{produto}) e variância = 5466,8 (L/Ton_{produto})².

4.6.4. Comparação com os Resultados de LCA

Tal como foi dito no Capítulo 3 (Materiais e Métodos) neste trabalho apenas foi considerada a atividade dentro da fronteira da exploração agrícola e, portanto, podemos perceber que os valores de PC obtidos são mais baixos do que os valores de LCA referidos na revisão bibliográfica, tal como se pode ver na tabela abaixo (Tabela 4.1 – Comparação dos valores médios obtidos de EGEE_{exploração} com os valores de LCA encontrados na revisão bibliográfica, retirados de (Clune et al., 2016).Tabela 4.1). No caso da produção de batata, as EGEE_{exploração} correspondem a 33 % do valor de LCA (pré-exploração + exploração + pós-exploração), na cebola 27 %, na cenoura 20 % e na melancia correspondem a 19%. Por extrapolação, podemos deduzir que os valores para o melão deverão ser semelhantes aos da melancia.

Tabela 4.1 – Comparação dos valores médios obtidos de EGEE_{exploração} com os valores de LCA encontrados na revisão bibliográfica, retirados de (Clune et al., 2016).

EGEE (Ton CO ₂ -eq/Ton _{produto})	Batata	Cebola	Cenoura	Melancia	Melão
EGEE _{exploração} (Valor Médio Obtido)	0,059	0,056	0,045	0,043	0,061
LCA (Revisão Bibliográfica)	0,20	0,18	0,22	0,32	Sem dados
Relação entre EGEE e LCA (%)	30 %	31 %	20 %	13 %	-

A partir destes dados, podemos concluir que uma boa parte da pegada de carbono ocorre nos processos pré-exploração e pós-exploração, nomeadamente com o transporte de inputs, transporte do produto, processamento/embalamento e armazenamento, normalmente, com

recurso a sistemas de refrigeração. Assim, os valores obtidos neste estudo para as culturas hortícolas, vão de encontro aos valores globais que apontam a agricultura como responsável por cerca de 30% das emissões CO_{2-eq} do planeta, como foi referido na Introdução desta dissertação.

5. Conclusão

Como foi dito na introdução desta dissertação, o objetivo deste estudo é entender melhor o sistema produtivo das culturas hortícolas, entender qual o seu impacto na PC e como podemos otimizar o sistema e de que forma podemos mitigar as EGEE na exploração hortícola.

A avaliação da PC deste sistema produtivo obrigou á recolha de dados, á sistematização desses dados, á sua aglutinação e interligação, dando-nos uma ideia muito mais precisa e global das explorações. Com esta avaliação é possível detetar pontos críticos no sistema e perceber quais as melhores estratégias a seguir para minimizar os riscos nesses pontos e conseqüentemente, conseguir diminuir o impacto negativo no ambiente, tendo também em vista a sustentabilidade económica. No estudo destas parcelas podemos verificar que os pontos críticos do sistema são:

1. A gestão do solo/parcela e fertilização;
2. A gestão de Sementeira/Colheita;
3. Gestão das operações culturais e consumo de gasóleo;
4. A gestão de refugos e resíduos culturais;
5. A gestão do sistema de rega.

Sabe-se que é no solo e biomassa que o carbono é retido, talvez por isso, o primeiro ponto mencionado anteriormente seja o mais importante porque tem a capacidade de influenciar todos os restantes pontos críticos do sistema, já que, é aí que se armazena água, é aí que se influencia a sanidade das plantas e é aí que a biomassa pode ser aproveitada de forma a beneficiar o sistema. Uma boa gestão do solo tem a capacidade de fazer diminuir os efeitos das alterações climáticas, como já se tinha concluído na revisão bibliográfica.

Assim, após esta análise e identificação dos pontos críticos, podemos sugerir como melhoria para estas UP as seguintes práticas:

1. Alteração da gestão do solo/parcela:

Em horticultura é difícil implementar a sementeira direta, mas, pode-se mobilizar o solo apenas nas linhas onde se instalam as plantas.

2. Gestão cultural/Colheita:

Neste ponto, a diversificação de culturas é fundamental para implementar uma rotação que seja favorável, diminua a proliferação de infestantes e melhore a

sanidade das plantas. Para as culturas de outono/inverno escolhidas percebe-se que estão relativamente bem adaptadas, sobretudo a cebola. Para as culturas de primavera/verão sugere-se a alteração para culturas com menos necessidades hídricas e maior resistência ao calor, para diminuir as perdas na fase de colheita.

3. Gestão de Resíduos Culturais:

A diminuição de desperdício é fundamental para tornar o sistema produtivo mais eficiente, no entanto, na colheita e seleção do produto haverá sempre algumas partes da planta que são deixadas e haverá sempre produtos que não preenchem os requisitos dos clientes. Assim, uma forma de diminuir o impacto destes resíduos é o seu aproveitamento para criar subprodutos ou utiliza-los para compostagem, devolvendo CO_{2-eq} ao solo.

4. Alteração do Sistema de Rega:

A instalação de sensores para medir as necessidades hídricas são fundamentais e a utilização de indicadores como o NDVI, podem ajudar na monitorização das culturas sem que tal represente um dispêndio financeiro muito grande.

A utilização de fontes de energia alternativa, como painéis fotovoltaicos, pode ser um investimento com resultados positivos quer em termos de custo quer em termos ambientais.

Na produção hortícola, o GWP é considerado baixo quando comparado com outro tipo de produções agrícolas. Nesta análise, a melancia foi a cultura com o valor de GWP mais baixo (0,04 Ton CO_{2-eq}/Ton produto) e o melão é a cultura com o maior GWP (0,061 Ton CO_{2-eq}/Ton produto). A variação destes valores depende sobretudo de 3 fatores principais: as produtividades obtidas, os consumos de combustível gasto nas diversas operações culturais e a gestão do solo (mobilização e aplicação de fertilizantes).

Resumidamente, podemos dizer que as estratégias a adotar na mitigação da PC e adaptação às alterações climáticas, na cadeia de abastecimento de frutas e legumes, passam pela implementação de:

1. Práticas de conservação do solo e da água;
2. Gestão integrada de pragas e doenças;
3. Gestão cultural com maior rotação, reprogramação de sementeira e colheita;
4. Utilização de espécies e variedades tolerantes ao stress climático;
5. Irrigação mais eficiente;
6. Utilização de energias renováveis;
7. Outras intervenções como aumentar a adubação verde.

6. Referências Bibliográficas

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. (1998) FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56 Crop Evapotranspiration. In: FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Roma, Italia.
- Aryal, J.; Sapkota, T.; Jat, M.; Bishnoi, D., (2015). On-farm economic and environmental impact of zero-tillage wheat: a case of North-West India. *Exp. Agric.* 51 (1), 1e16. <https://doi.org/10.1017/S001447971400012X>.
- CFT (2022); Cool Farm Alliance; CFT v1.3.1; <https://coolfarmtool.org/>.
- Chen, R; Zhang, R.; Han, H. (2021). Where has carbon footprint research gone?. *Ecological Indicators*, vol. 120, jan. 2021 (106882). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106882>.
- Clune, S.; Crossin, E.; Verghese, K. (2016). Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 140, Part 2, 1 jan. 2017, pag 766-783. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082>.
- Directorate-General for Climate Action (2022). Land Use, Forestry and Agriculture. Disponível em https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/land-use-forestry-and-agriculture_en.
- Dorr, E.; Goldstein, B.; Horvath, A.; Aubry C. (2021). Environmental impacts and resource use of urban agriculture: a systematic review and meta-analysis. *Environmental. Research. Letters* 16 (093002). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac1a39>.
- EDIA (2021). REGADIO 2030 - Levantamento do Potencial de Desenvolvimento do Regadio de Iniciativa Pública no Horizonte de uma Década (versão para consulta publica 15 de dezembro de 2021). [consultado a 2022/01/03]. Disponível em <https://agricultura.gov.pt/documents/>.
- Hillier, J.; Walter, C.; Malin, D.; Garcia-Suarez, T.; Mila-i-Canals, L.; Smith, P. (2011). A farm-focused calculator for emissions from crop and livestock production. *Environ. Model. Software* 26 (9), 1070 e1078. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2011.03.014>.
- IPCC (2006) IPCC 2006 Revised Good Practice Guidelines for Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Institute for Global Environmental Strategies, Tokyo. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Accessed 11 July 2011.
- Kayatz, B.; Baroni, G., Hillier, J.; Lüdtke, S.; Heathcote, R.; Malin, D.; Tonder, C.; Kuster, B.; Dirk Freese, D.; Hüttl, R.; Wattenbach, M. (2019). Cool Farm ToolWater: A global on-line tool to assess water use in crop production. *Elsevier. Journal of Cleaner Production* 207 (2019) 1163 e 1179. Disponível em <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

- Landert, J.; Pfeifer, C.; Carolus, J. et al. (2019). Understanding & Improving the Sustainability of Agro-Ecological Farming Systems in the EU. *Uniseco*. Ref.: Ares (2019)7735684 - 16/12/2019. Disponível em <https://uniseco-project.eu/>.
- Parajuli, R.; Thoma, G.; Matlock, M. (2018). Environmental sustainability of fruit and vegetable production supply chains in the face of climate change: A Review. *Science of The Total Environment*. Vol. 650, Part 2, 10 fev. 2019, pag. 2863-2879. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.019>.
- Poore, J.; Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, Vol 360 (6392), pag. 987-992, 01 jun. 2018. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aag0216>.
- Svubure, O.; Struik, P.; Haverkort; A.; Steyn, J. (2018). Carbon footprinting of potato (*Solanum tuberosum* L.) production systems in Zimbabwe. Research Article. *SAGE Journal*. Vol. 47, pag. 3-10, 14 Fev. 2018. <https://doi.org/10.1177/0030727018757546>.
- United Nations (2022). Total Population – Both Sexes. [consultado a 2022/12/06].

7. APÊNDICES

APÊNDICE 7.1 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de cebola.

Cultura		Cebola								
Ano de Produção		2020				2021				
Função	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN
Fungicida	Azoxistrobina + Difenconazol	18	1	1	L/ha	Azoxistrobina + Difenconazol	18	1	2	L/ha
	Boscalide + Piraclostrobina	27	1,5	2	Kg/ha	Boscalide+ Piraclostrobina	27	1,5	2	Kg/ha
	Mancozebe	80	2	1	L/ha	Azoxistrobina	23	0,8	2	L/ha
Inseticida	Deltametrina	28	0,08	2	L/ha	Deltametrina	28	0,8	2	L/ha
Herbicida	Pendimetalina	36	2,5	1	L/ha	Pendimetalina	36	2,5	2	L/ha
	Pendimetalina	36	4	1	L/ha					

APÊNDICE 7.2 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de cenoura.

Cultura		Cenoura								
Ano de Produção		2020				2021				
Função	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN
Fungicida	Azoxistrobina + Difenconazol	18	1	3	L/ha	Azoxistrobina + Difenconazol	18	1	2	L/ha
	Boscalide+ Piraclostrobina (Kg/ha)	27	0,75	2	Kg/ha	Boscalide+ Piraclostrobina	27	1	2	Kg/ha
	Azoxistrobina	23	0,8	2	L/ha	Azoxistrobina	23	0,8	2	L/ha
Inseticida	Dimetoato	38	0,6	2	L/ha					
Herbicida	Metribuzina	70	0,25	2	L/ha	Pendimetalina	35	4	1	L/ha
						Metribuzina	70	0,25	1	L/ha

APÊNDICE 7.3 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Batata.

Cultura		Batata								
Ano de Produção		2020				2021				
Função	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN
Fungicida	cimoxanil + mancozebe	46	1,5	2	L/ha	Cobre	40	0,3	1	Kg/ha
	cimoxanil + mancozebe	46	4	2	L/ha	Dimetomorfe+ propamocarbe	41	2	2	L/ha
	mancozebe + metalaxil	40	2,5	1	L/ha	Difenoconazol + mandipropamida	22	0,6	1	L/ha
	dimetomorfe+ propamocarbe	37	2	1	L/ha					
	Difenoconazol + mandipropamida	25	0,6	1	L/ha					
Inseticida	Deltametrina	2,8	0,08	2	L/ha	Deltametrina	25	0,5	3	L/ha
Herbicida	Pendimetalina	34	4	1	L/ha	Pendimetalina	36	4	1	L/ha
	Metribuzina	70	0,88	1	L/ha	Metribuzina	52	0,88	1	L/ha
	rimsulfurão	25	0,05	1	L/ha	rimsulfurão	25	0,05	1	L/ha
	Cletodime	13	2	1	L/ha					

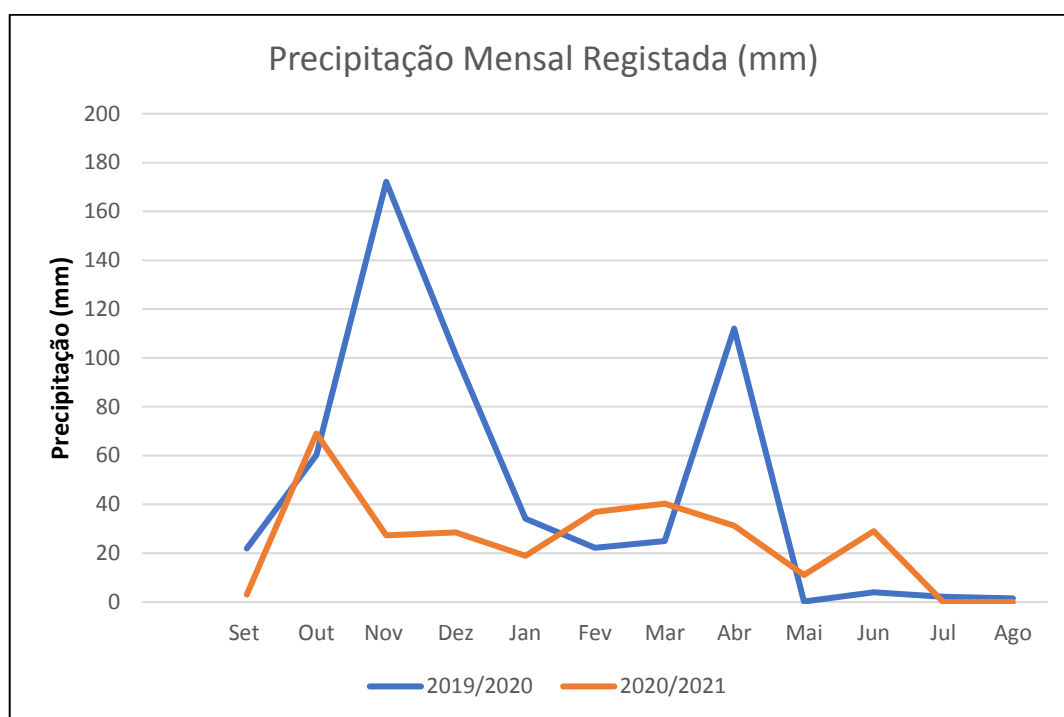
APÊNDICE 7.4 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Melão.

Cultura		Melão								
Ano de Produção		2020				2021				
Função	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN
Fungicida	Azoxistrobina + difenoconazol	18	1	2	L/ha	Azoxistrobina	23	0,8	2	L/ha
						Bupirimato	27	1	1	L/ha
Inseticida	Deltametrina	2,8	0,08	1	L/ha	Abamectina	2	0,8	2	L/ha
	Etoxazole	11	0,5	1	L/ha					
Herbicida										

APÊNDICE 7.5 - Produtos fitofarmacêuticos aplicados na produção de Melancia.

Cultura		Melancia								
Ano de Produção		2020				2021				
Função	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN	Substância Ativa (SA)	SA (%)	Dose	Nº Aplic.	UN
Fungicida	Azoxistrobina + difenoconazol	18	1	2	L/ha	Azoxistrobina + Difenconazol	18	1	2	L/ha
						Bupirimato	27	1	1	L/ha
Inseticida	Deltametrina	2,8	0,08	1	L/ha	Abamectina	2	0,8	2	L/ha
	Etoxazole	11	0,5	1	L/ha					
Herbicida										

APÊNDICE 7.6– Valores de precipitação mensal registrada (mm) durante 2020 e 2021.



APÊNDICE 7.7 – Dados para elaboração de plano de Rega a partir do ciclo de crescimento das culturas e respectivos valores de Kc, ET₀ e ETc.

Cultura	Fase	Duração <i>(nº de dias)</i>	Período	Kc	ET₀ <i>(mm/dia)</i>	ETc <i>(mm/dia)</i>
Batata	Inicial	25	01/02 a 25/02	0,5	2,38	1,19
	Crescimento Rápido	30	26/02 a 28/03	1,15	3,47	3,99
	Pleno Desenvolvimento	30	29/03 a 27/04	1,15	4,48	5,15
	Maturação	20	28/04 a 28/05	0,40	5,71	2,28
Cebola	Inicial	20	01/10 a 20/10	0,5	3,31	1,65
	Crescimento Rápido	25	21/10 a 15/11	1,05	2,18	2,30
	Pleno Desenvolvimento	40	16/11 a 26/12	1,05	1,68	1,76
	Maturação	20	27/12 a 15/01	0,75	1,74	1,31
Cenoura	Inicial	20	01/01 a 20/01	0,70	1,74	1,22
	Crescimento Rápido	30	21/01 a 20/02	1,05	2,38	2,50
	Pleno Desenvolvimento	50	21/02 a 11/04	1,05	3,47	3,64
	Maturação	20	12/04 a 12/05	0,95	4,48	4,26
Melancia	Inicial	20	01/05 a 20/05	0,40	5,71	2,28
	Crescimento Rápido	20	21/05 a 11/06	1,00	6,69	6,69
	Pleno Desenvolvimento	30	12/06 a 20/07	1,00	7,60	7,60
	Maturação	20	21/07 a 10/08	0,75	6,61	4,96
Melão	Inicial	20	01/05 a 20/05	0,5	5,71	2,86
	Crescimento Rápido	20	21/05 a 11/06	0,85	6,69	5,69
	Pleno Desenvolvimento	30	12/06 a 20/07	0,85	7,60	6,46
	Maturação	25	21/07 a 15/08	0,60	6,61	3,96

APÊNDICE 7.8 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da batata em 2020 e 2021.

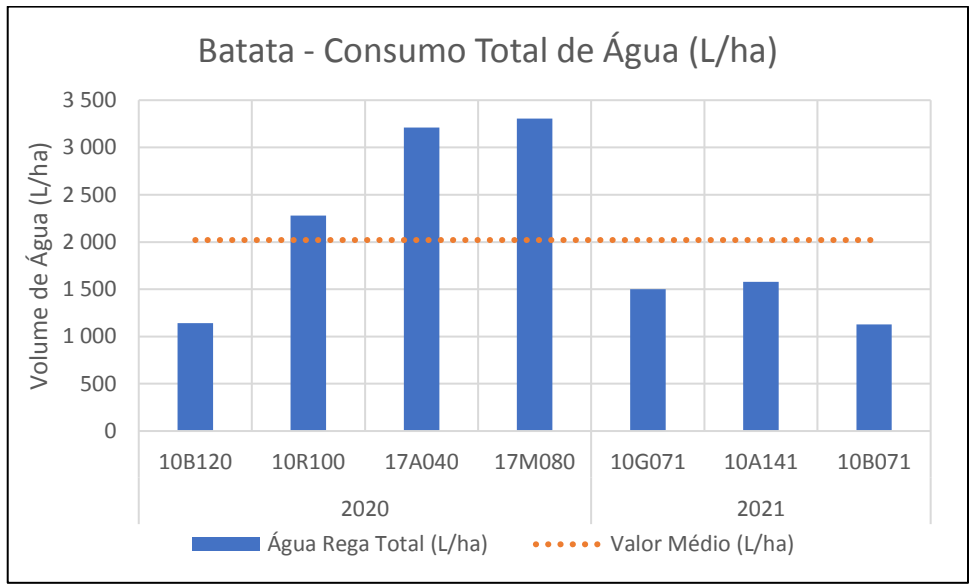


Gráfico 7.1 – Consumo Total de água na rega da batata, em cada parcela, e valor médio obtido.

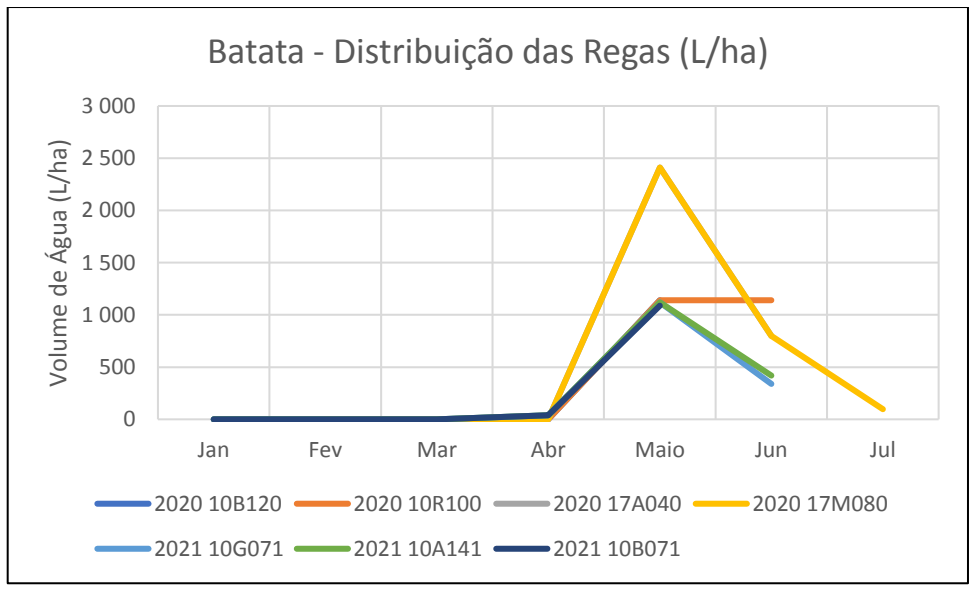


Gráfico 7.2 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da batata.

APÊNDICE 7.9 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da cenoura em 2020 e 2021.

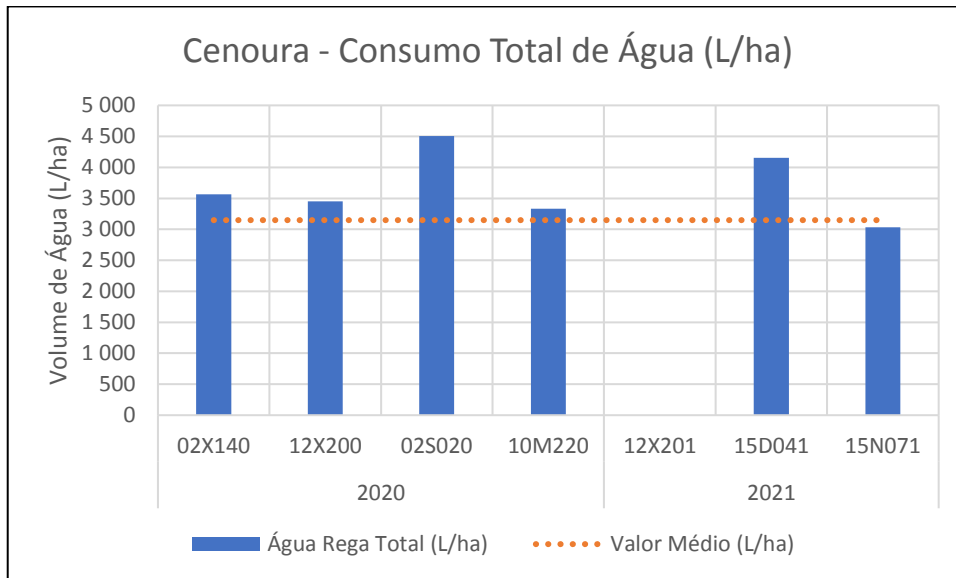


Gráfico 7.3 – Consumo Total de água na rega da cenoura, em cada parcela, e valor médio obtido.

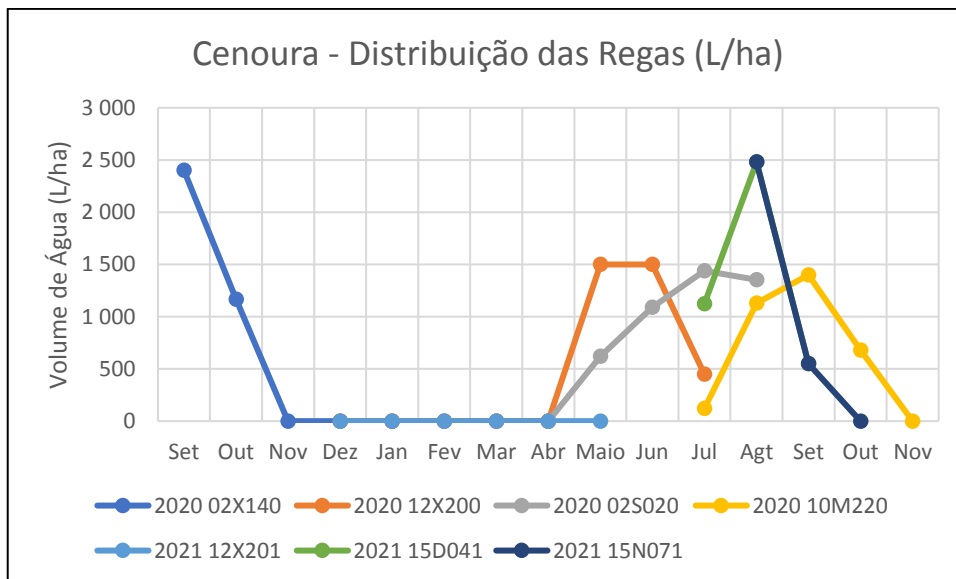


Gráfico 7.4 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da cenoura.

APÊNDICE 7.10 – Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo da melancia em 2020 e 2021.

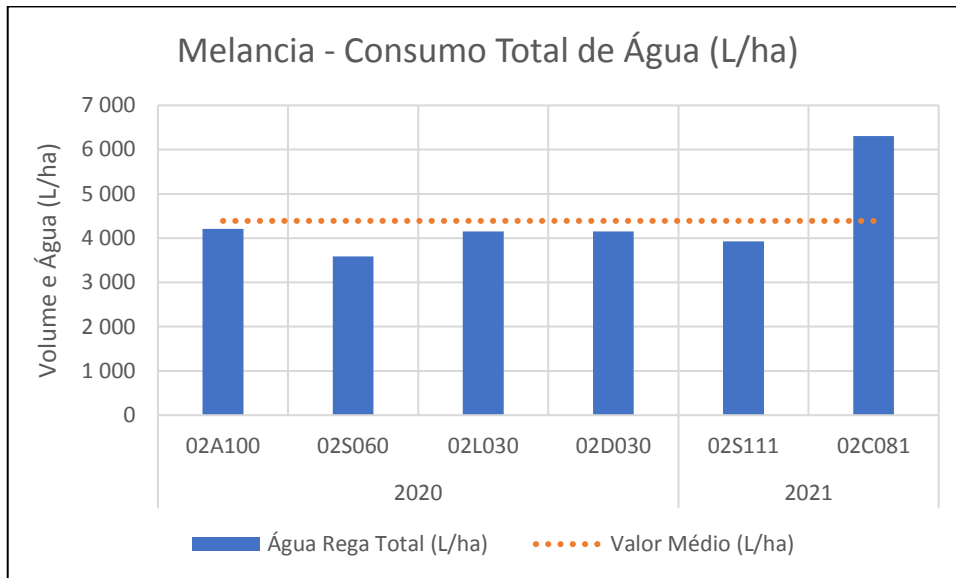


Gráfico 7.5 – Consumo Total de água na rega da melancia, em cada parcela, e valor médio obtido.

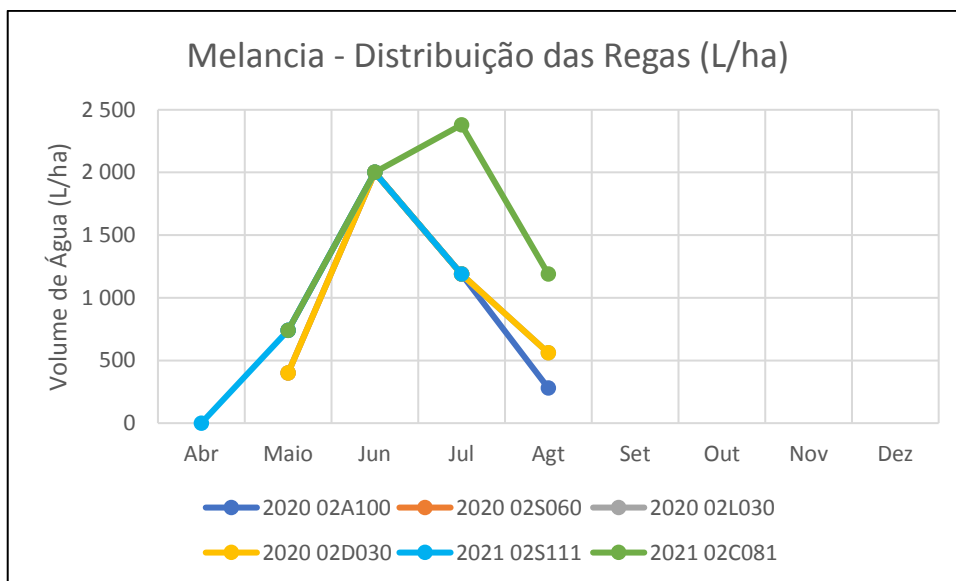


Gráfico 7.6 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo da melancia.

APÊNDICE 7.11 - Consumo e distribuição da água de rega durante o ciclo produtivo do melão em 2020 e 2021.

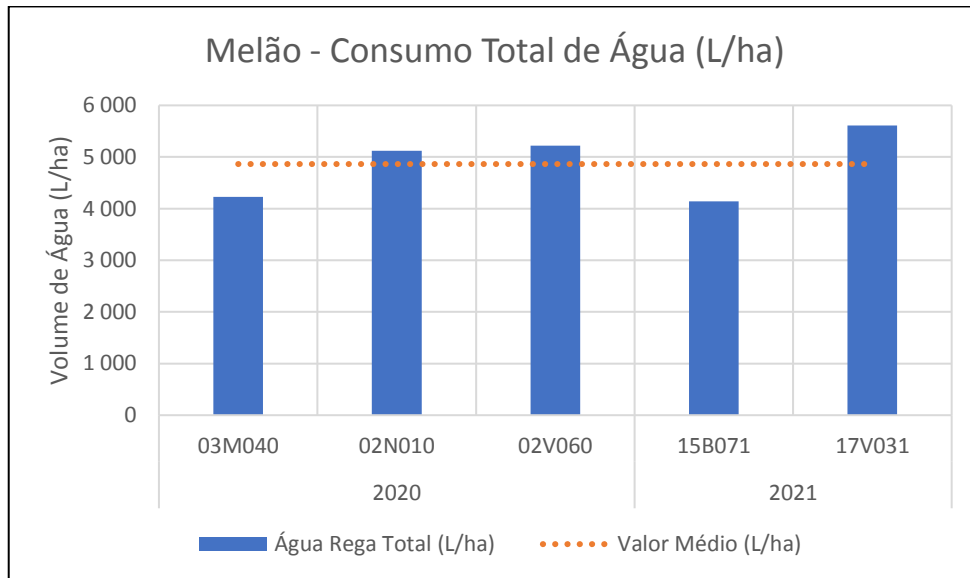


Gráfico 7.7 – Consumo Total de água na rega do melão, em cada parcela, e valor médio obtido.

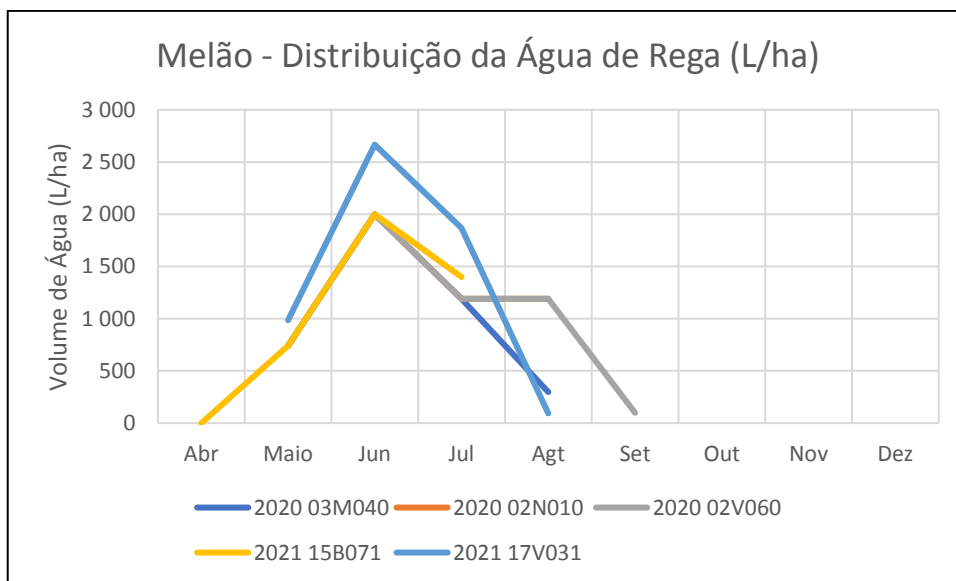


Gráfico 7.8 – Distribuição da água de rega ao longo do ciclo produtivo do melão.

APÊNDICE 7.12 – Resultados das produções obtidas na cultura da batata em 2020 e 2021, em que *Peso Bruto* é a quantidade de produto colhido, *Peso Líquido* é a quantidade de produto comercializado e *Refugo* a quantidade de produto sem valor comercial.

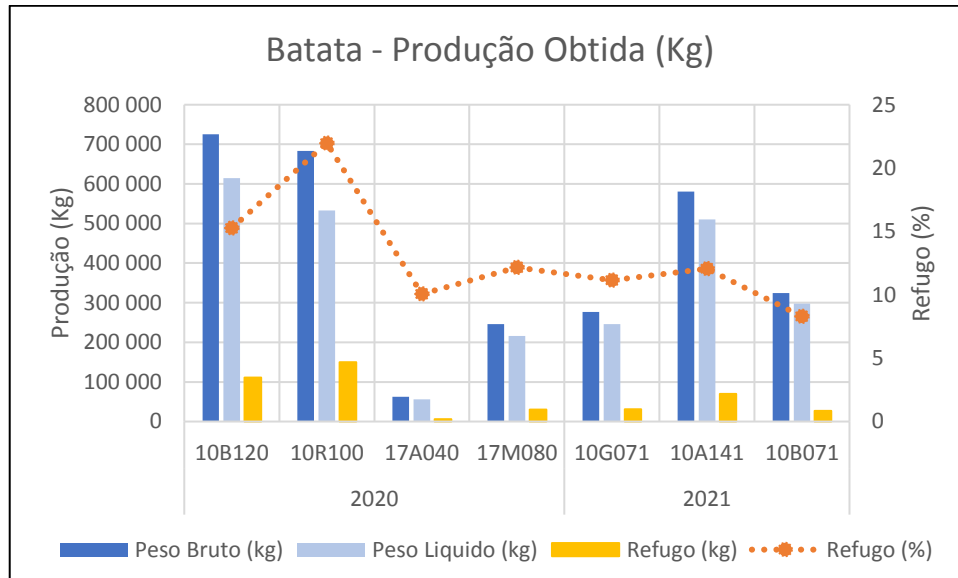


Gráfico 7.9 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.

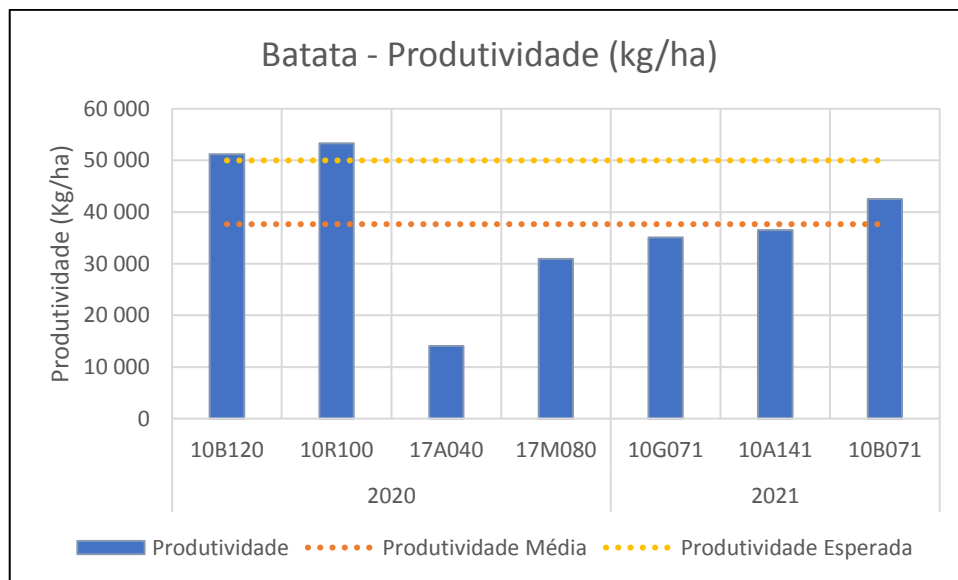


Gráfico 7.10 – Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.

APÊNDICE 7.13 - Produções obtidas na cultura da cebola em 2020 E 2021.

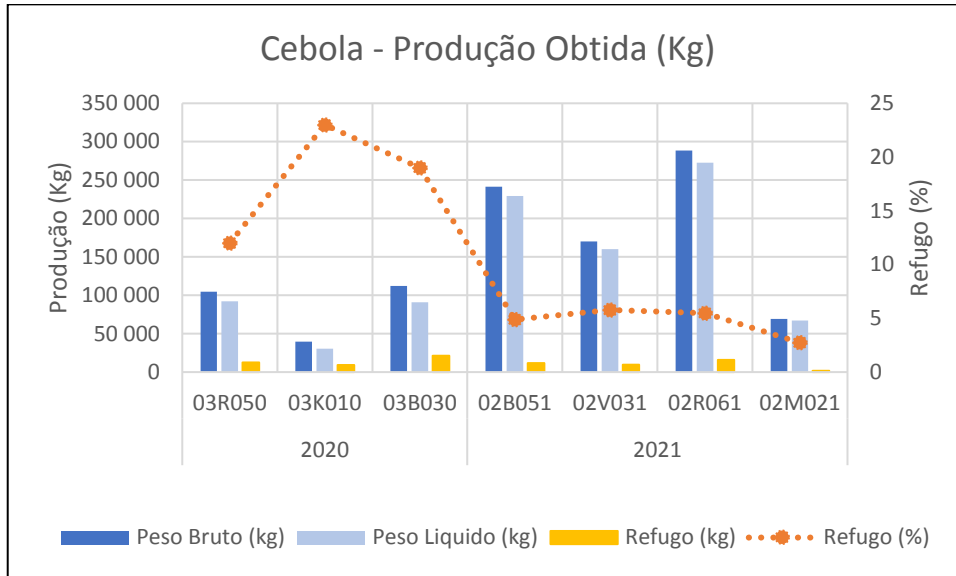


Gráfico 7.11 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.

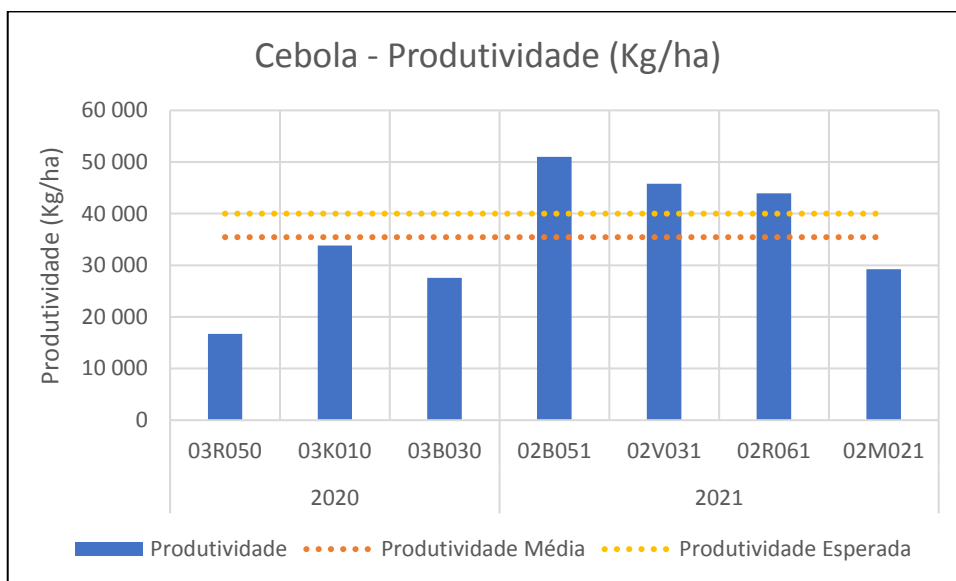


Gráfico 7.12 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.

APÊNDICE 7.14 - Produções obtidas na cultura da cenoura em 2020 e 2021.

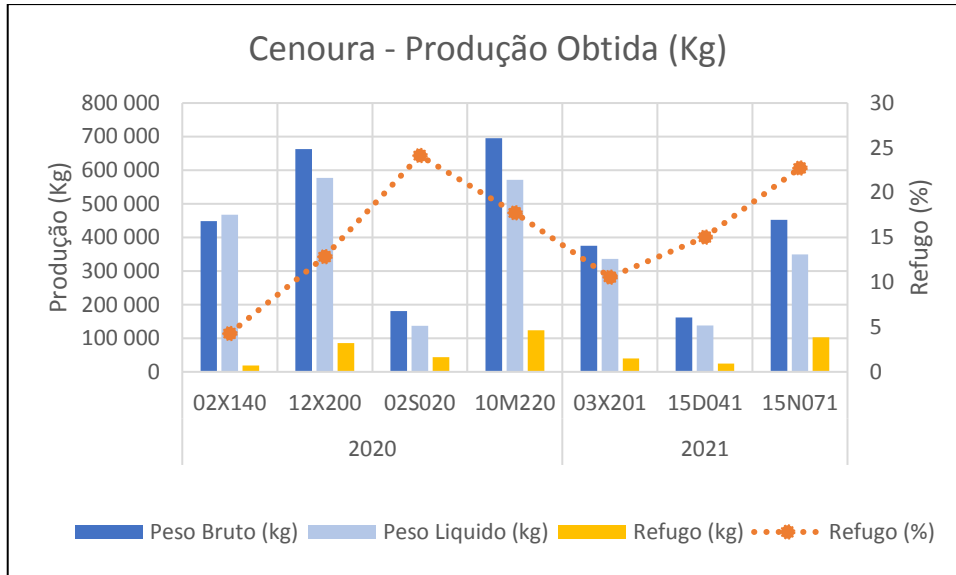


Gráfico 7.13 – Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.

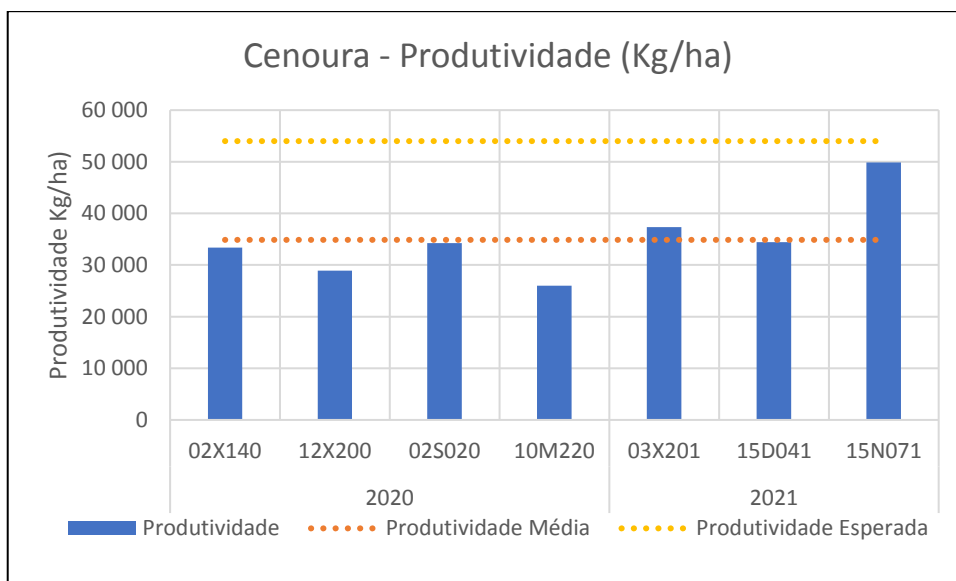


Gráfico 7.14 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.

APÊNDICE 7.15- Produções obtidas na cultura da melancia em 2020 e 2021.

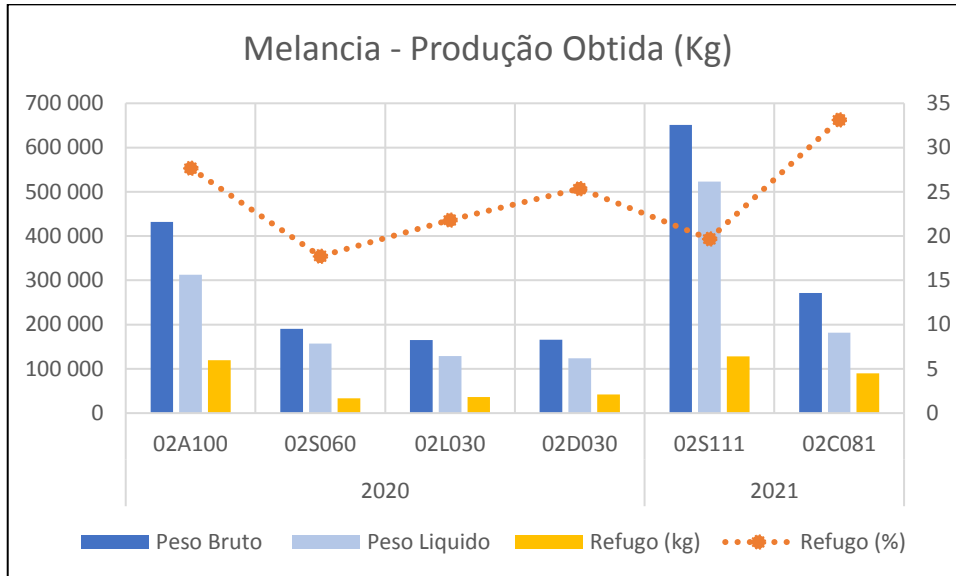


Gráfico 7.15 - Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.

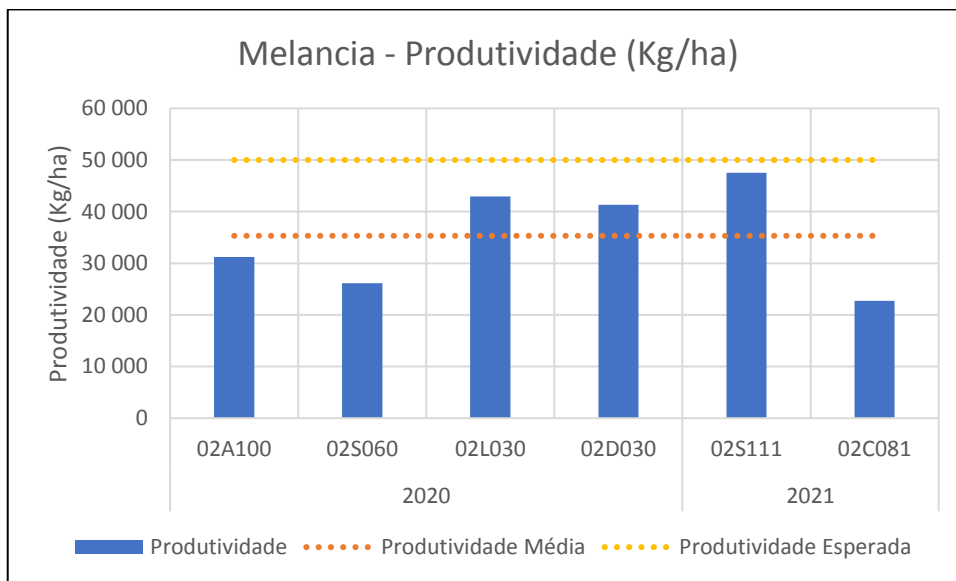


Gráfico 7.16 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.

APÊNDICE 7.16- Produções obtidas na cultura do melão em 2020 e 2021.

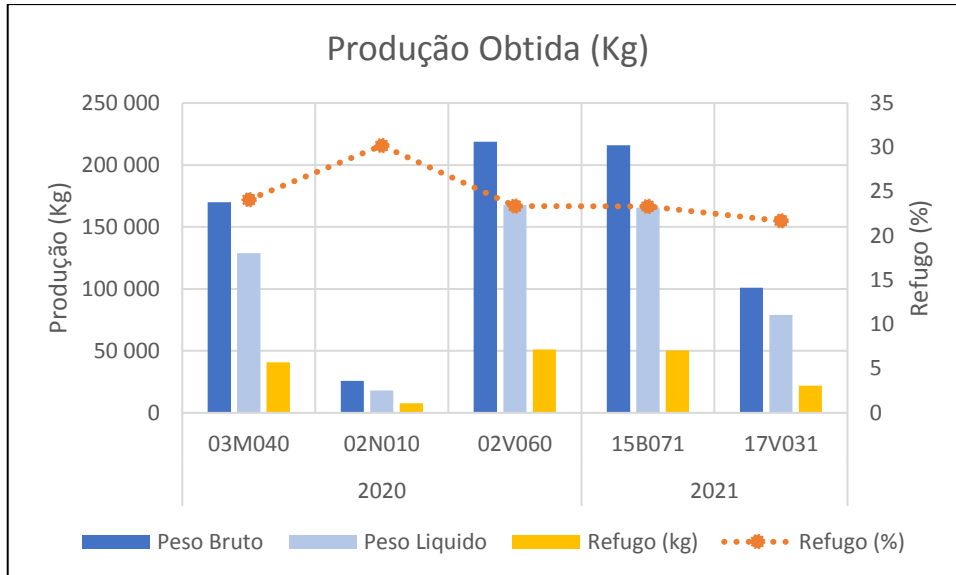


Gráfico 7.17 - Resultados das produções obtidas e a percentagem de refugo da produção.

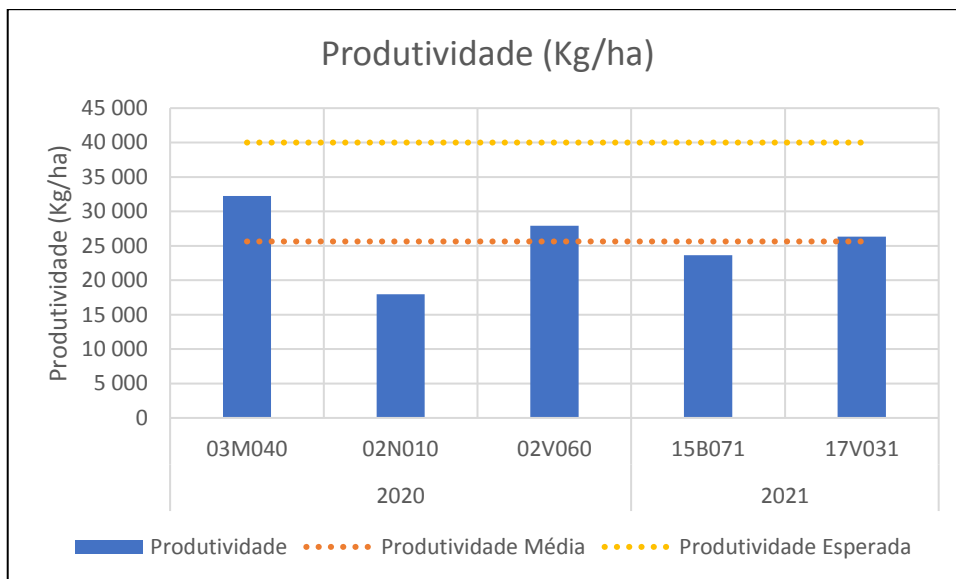


Gráfico 7.18 - Comparação entre produtividade obtida, a esperada e a produtividade média.

APÊNDICE 7.17 – Distribuição do Consumo de Gasóleo (%) pelas diversas operações culturais, realizadas ao longo do ciclo produtivo das culturas em análise. Os valores são os médios obtidos nas diversas parcelas por cultura.

