



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

**Pegada Ecológica da aplicação de fertilizantes em
citrinos na Região Algarvia**

SÍLVIA MARGARIDA DA SILVA CRUZ

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação de: Professor Doutor Luís Nunes

2015

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS

**Pegada Ecológica da aplicação de fertilizantes em
citrinos na Região Algarvia**

SÍLVIA MARGARIDA DA SILVA CRUZ

Dissertação

Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente

Trabalho efetuado sob a orientação de: Professor Doutor Luís Nunes

2015

Pegada Ecológica da aplicação de fertilizantes em citrinos na Região Algarvia

Declaração de Autoria do Trabalho

Declaro ser o(a) autor(a) deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Sílvia Margarida da Silva Cruz

.....

(assinatura)

Direitos de cópia ou Copyright

© Copyright: Sílvia Margarida da Silva Cruz.

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

“... Até que ponto a nossa forma de viver está de acordo com a capacidade do Planeta disponibilizar e renovar os seus recursos naturais...”

Índice Geral

Índice Geral	i
Índice de Quadros	iii
Índice de Figuras	iv
Agradecimentos	v
Lista de Abreviaturas	vi
Resumo	vii
Abstract.....	viii
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Âmbito.....	1
1.3. Justificação do estudo	1
2. Revisão bibliográfica.....	4
2.1. Ferramentas de Gestão Ambiental.....	4
2.1.1. Pegada Ecológica.....	5
2.1.1.1. Conceitos e Princípios	5
2.1.1.2. Críticas à metodologia da Pegada Ecológica.....	7
2.1.1.3. Complementaridade de Pegadas.....	8
2.2. Pegadas na agricultura	9
2.2.1. A Pegada de Carbono.....	11
2.2.2. A Pegada de Carbono do Fertilizante orgânico.....	16
3. Metodologia.....	21
3.1. Método para cálculo Pegada Ecológica	21
3.1.1. Método para cálculo Pegada de Carbono e Ecológica para o Fertilizante Químico.....	22

3.1.2. Método para cálculo Pegada de Carbono e Ecológica para o Fertilizante Orgânico	23
3.1.3. Quantificação do Consumo de Fertilizante Químico	30
3.1.4. Quantificação do Consumo de Fertilizante Orgânico	32
4. Estudo de caso: Pegada Ecológica da aplicação de fertilizantes em citrinos na Região Algarvia	33
4.1. A citricultura na Região Algarvia	33
4.1.1. Exigências na aplicação de citrinos	33
4.1.2. Modos de produção citrícola no Algarve, tendo em conta o ambiente	35
4.1.3. Modo de produção convencional versus modo de produção biológica de citrinos.....	37
4.1.4. Fertilizantes frequentemente aplicados à citricultura.....	40
5. Resultados e Discussão	41
5.1. Produção de fertilizantes.....	41
5.2. Transporte de fertilizantes	45
5.3. Aplicação de fertilizantes.....	47
5.4. Pegada total.....	49
6. Considerações Finais	52
Referências.....	a
Anexos.....	I
Anexos I.....	II

Índice de Quadros

Quadro 1- Objetivos ambientais considerados na elaboração da PE e da ACV. Fonte: adaptado de van der Werf <i>et al.</i> (2007)	9
Quadro 2 - GWP e equivalentes de CO ₂ relacionadas com GEE (100 anos). Fonte: adaptado de Fallahpour <i>et al.</i> (2012).....	10
Quadro 3 - Principais problemas para a produção, o empacotamento, e a entrega de fertilizantes. Fonte: adaptado de Skowrońska & Filipek (2014) e Williams <i>et al.</i> (2010).....	15
Quadro 4 - Resíduos orgânicos e a tecnologia de compostagem utilizada. Fonte: Boldrin <i>et al.</i> (2009).....	17
Quadro 5 - Inventário de fluxos de materiais, energia e fatores de emissão considerados para a decomposição de resíduos orgânicos numa estação de compostagem. Fonte: adaptado de Martínez-Blanco <i>et al.</i> (2009).....	20
Quadro 6 - Constantes utilizadas para o cálculo da PE. Fonte: adaptado de Nunes <i>et al.</i> (2013).....	21
Quadro 7 – Fatores de Emissão de GEE para fertilizantes químicos	22
Quadro 8 - Fatores de emissão para a contabilização de GEE no processo de compostagem.	24
Quadro 9 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por tonelada de resíduos húmidos (ww) compostados). Fonte: adaptado de Boldrin <i>et al.</i> (2009) e Entreprises pour l’Environnement (2010)	25
Quadro 10 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por tonelada de resíduos húmidos (ww) compostados). Fonte: adaptado de Boldrin <i>et al.</i> (2009) e Entreprises pour l’Environnement (2010)(cont.).....	26
Quadro 11 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por tonelada de resíduos húmidos (ww)	

compostados). Fonte: adaptado de Boldrin <i>et al.</i> (2009) e Entreprises pour l'Environnement (2010) (cont.).....	27
Quadro 12 - Produções registadas (t/ha). Fonte: adaptado de Tomás <i>et al.</i> (2006)	38
Quadro 13 - PE e PC para a produção de fertilizante químico	42
Quadro 14 - PC e PE para a produção de fertilizante orgânico	43
Quadro 15 - PE para o transporte de fertilizante químico.....	46
Quadro 16 - PE para o transporte de fertilizante orgânico	46
Quadro 17 - PC para a aplicação do fertilizante químico	48
Quadro 18 - PC para a aplicação de fertilizante orgânico	48
Quadro 19 - PE de Portugal no ano de 2007. Fonte: Ewing <i>et al.</i> (2010).....	51
Quadro 20 - Principais modos de produção na citricultura algarvia. Fonte: adaptado de Madeira (2007).....	III
Quadro 21 - Produção comercializável em kg/ha das cultivares no ano de 2006. Fonte: adaptado de DRAPALG & IIFAPJA (2008)	III
Quadro 22 - Doses anuais médias para a fertilização do solo para os citrinos. Fonte: Guerreiro (s.d.)	III
Quadro 23 - Produtos e doses a aplicar. Fonte: Guerreiro (s.d.)	IV

Índice de Figuras

Figura 1 - Limite do sistema em que são analisados os aspectos ambientais da produção de fertilizantes e a sua aplicação. Fonte: Brentrup <i>et al.</i> (2004).....	13
Figura 2 - Unidade de compostagem utilizando a tecnologia de pilha revirada. Fonte: Schuchardt (2005).....	18
Figura 3 - Fases de uma estação de compostagem. Fonte: adaptado de Recycled Organics Unit (2006).....	19
Figura 4 - Pegada de Carbono da produção de fertilizantes (t CO ₂ eq/ano).....	44
Figura 5 - Pegada de Ecológica da produção de fertilizantes (gha/ano)	44
Figura 6 - Pegada de Carbono do transporte de fertilizantes (t CO ₂ eq/ano)	47
Figura 7 - Pegada de Ecológica do transporte de fertilizantes (gha/ano)	47
Figura 8 - Pegada de Carbono da aplicação de fertilizantes (t CO ₂ eq/ano)	47

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Luís Nunes por ter despertado o gosto pela temática da Pegada Ecológica e por ser uma referência científica. Sendo o seu contributo determinante para a idealização e conclusão desta dissertação.

Uma palavra de agradecimento ao Engenheiro José Carlos Correia Tomás da Direção de Serviços de Desenvolvimento Agroalimentar e Rural – Divisão de Agricultura, Estudos e Programação, pelo auxílio e pela distinta informação disponibilizada.

À Engenheira Susana Oliveira da ALGAR, S.A., pela sua amizade e prontidão.

Joaninha já está. Por ti, por mim, está feito!

À mãe, Fernanda, e ao pai, Severiano, todos os agradecimentos são poucos... Incansáveis e sempre me fizeram acreditar que as “grandes batalhas só são dadas a grandes guerreiros!”.

Ao João, aquele de todos os dias, sorridentes ou rabugentos, obrigada *baby*.

À Leonor, ao Pedro, à Rita pelo incentivo, carinho e amizade nestes tempos conturbados.

A todas as pessoas que estiveram ligadas de alguma forma à realização deste trabalho, o meu muito obrigado.

Lista de Abreviaturas

AB	Agricultura Biológica
AC	Agricultura Convencional
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AS	Aterro Sanitário
C	Carbono
CH ₄	Metano
CO ₂ eq	CO ₂ equivalentes
CO ₂	Dióxido de Carbono
GEE	Gases de Efeito Estufa
GWP	<i>Global Warming Potential</i> – Potencial de Aquecimento Global
ha	hectares
HNO ₃	Ácido Nítrico
K ₂ O	Potássio
MPB	Modo de Produção Biológico
N	Azoto
N ₂ O	Óxido nitroso
NH ₃	Amónia
NO _x	Óxidos de azoto
NPA	<i>National Footprint Accounts</i>
P	Fósforo
P ₂ O ₅	Pentóxido de fósforo
PC	Pegada de Carbono
PE	Pegada Ecológica
PI	Produção Integrada
SO ₂	Dióxido de enxofre
t	tonelada

Resumo

Segundo a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991) “o *Desenvolvimento Sustentável é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. (...) Não pondo em risco os sistemas naturais que sustentam a vida na Terra: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos*”. Nesse sentido, é de extrema importância contabilizar o consumo indevido desses recursos, recorrendo a ferramentas, como Pegada de Carbono, indicando a contribuição das atividades humanas para o aumento das emissões de Gases de Efeito Estufa, por outro lado a Pegada Ecológica, avalia a dimensão da procura de bens ecológicos, pelas economias humanas, e ainda até que ponto essa procura excede ou não os limites de produção de bens e serviços por parte da biosfera. A Pegada Ecológica é o indicador que oferece uma biocapacidade apresentando a pressão humana sobre o planeta. Representando, assim, as consequências ambientais do consumo expressas numa única quantidade.

O presente estudo tem como principal finalidade a aplicação destas ferramentas no caso da aplicação de fertilizantes na cultura de citrinos na Região Algarvia.

Palavras - chave: Pegada Ecológica, Pegada de Carbono, fertilizante químico, fertilizante orgânico, citrinos, emissões de dióxido de carbono.

Abstract

According to the World Commission on Environment and Development (1991), *"Sustainable development is one that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. (...) without endangering the natural systems that sustain life on Earth: atmosphere, water, soil and living things"*. Therefore, it is of utmost importance to account the improper use of these resources, using tools such as Carbon Footprint, contribution of human activities to the increase in greenhouse gas emissions, and the Ecological Footprint, which measures the size of the demand for environmentally friendly goods, and also the extent to which this demand exceeds or not the limits of production of goods and services by the biosphere. The Ecological Footprint is an indicator that offers a biocapacity presenting the human pressure on the planet. Thus representing the environmental consequences of consumption expressed in a single amount.

This study has as main purpose the implementation of this tool in the case of application of fertilizers in the cultivation of citrus in the Algarve.

Key - words: Ecological Footprint, Carbon Footprint, chemical fertilizer, organic fertilizer, citrus, carbon dioxide emissions.

1. Introdução

1.1. Objetivos

O presente trabalho pretende contabilizar a Pegada Ecológica (PE) e a Pegada de Carbono (PC) na aplicação de fertilizantes em citrinos na Região Algarvia. Tendo em conta que o sector citrícola apresenta um papel fundamental na estrutura e no peso da agricultura da região, é de extrema importância avaliar o seu desempenho ambiental.

1.2. Âmbito

Para tal a PE conjuntamente com a PC serão utilizadas para avaliar a sustentabilidade dos fertilizantes aplicados. Visto que o fertilizante químico escolhido não é produzido na região, só será contabilizado o transporte do produto até ao consumidor, bem como as quantidades de fertilizante aplicada à cultura de citrinos na região. No entanto o composto orgânico – *Nutriverde®* - é produzido na região sendo contabilizadas todas as fases de produção até ao consumidor e posteriormente a sua aplicação. Assim, verificar-se-á se existem diferenças nestes índices para a aplicação de fertilizantes químicos e da aplicação de composto orgânico.

1.3. Justificação do estudo

Geerdink (2009) afirma que as principais explorações agrícolas utilizadas em 2007 no Algarve eram as culturas permanentes, as terras aráveis, e as pastagens permanentes. Segundo Valente *et al.* (2013), 72% das explorações agrícolas no Algarve são especializadas em culturas permanentes dominando a especialização em citrinos (17%), inserindo-se nas culturas frutícolas¹.

Em 2009, a região Algarvia foi considerada a principal produtora de citrinos do país, preenchendo 13 679 hectares (ha) da área regional, correspondendo a cerca de 72,34 % da área continental (Valente *et al.*, 2013). Sob a denominação de

¹ “Densidade de plantação de uma espécie superior a 60 árvores/hectare (ha) e em que essa espécie é predominante (ocupa uma área \geq 60% da superfície da parcela) ” (Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas 2007).

citrinos agrupam-se variadas espécies, como por exemplo a laranjeira, a tangerineira, o limoeiro e a toranjeira, estas são usadas predominantemente para a produção de frutos, apresentando também grande interesse como plantas ornamentais (Duarte, 2012).

Valente *et al.* (2013) defendem que “o sector citrícola desempenha um papel essencial na estrutura e no peso da agricultura da região do Algarve”. Os mesmos autores ainda referem que: “ao longo dos últimos 40 anos a sua produção foi aumentando, sendo o Algarve atualmente responsável por cerca de 77,5% da produção de citrinos de Portugal Continental”.

No entanto entre 1999 a 2009, nota-se um decréscimo na evolução da área correspondente ao pomar citrícola nacional bem como do número de explorações. Nesse período verificou-se uma quebra de 6 523 ha na área ocupada por citrinos, uma diminuição de aproximadamente 16 % (INE, 2013). Para o mesmo período verifica-se também uma oscilação da produção e da produtividade média por hectare (ha), sendo que a variação da produção não é tão acentuada quanto a registada na área ocupada por citrinos (Valente *et al.*, 2013). Este facto pode estar relacionado com as alterações significativas verificadas ao nível das tecnologias de produção no que respeita a aspectos técnicos, como os compassos de plantação, sistemas de rega e fertirrega, podas, fitossanidade, adubação e modos de produção integrada (Valente *et al.*, 2013).

A DGPC (2005) defende que os princípios da produção integrada (PI) aplicados à cultura de citrinos visam a obtenção de frutos sãos, respeitando exigências impostas relativas à qualidade do produto, segurança alimentar e rastreabilidade, assegurando, conjuntamente a evolução fisiológica equilibrada das plantas e a preservação do ambiente. Nesse sentido é necessário que seja efetuada uma gestão equilibrada dos recursos naturais com a utilização de tecnologias que considerem a reciclagem dos elementos nutritivos e reduzam a utilização de produtos fitofarmacêuticos e fertilizantes, diminuindo a contaminação do ambiente e obtendo produtos de elevada qualidade (DGPC 2005).

No que toca à atenção Lopes *et al.* (2005) definem como aspeto ambiental a componente de atividades, produtos ou serviços que uma organização possa

interferir com o ambiente. Sendo, segundo os mesmos autores, as emissões atmosféricas, as descargas no meio aquático, a gestão de resíduos, a contaminação do solo, a utilização de matérias-primas e recursos naturais, e outros aspectos sociais e ambientais do local, aspectos ambientais significativos a ter em atenção.

A União Europeia desenvolveu ao longo das últimas duas décadas um programa de medidas agroambientais que surgiram após a segunda guerra mundial, devido à mecanização e especialização de explorações agrícolas, em que estas apresentavam consumos elevados de combustíveis, fertilizantes químicos e pesticidas, potenciando problemas ambientais (Lopes *et al.*, 2005). No entanto, as medidas agroambientais apresentaram diversos problemas, como a impossibilidade de poder converter o modo de produção de todas as explorações agropecuárias visto que sua implementação seria da responsabilidade de cada estado membro (Lopes *et al.*, 2005). Nesse sentido, as medidas agroambientais restringiram-se a uma minoria das explorações agropecuárias europeias, não incluindo as mais poluentes (Lopes *et al.*, 2005).

Para que tal, foram desenvolvidas novas metodologias no âmbito da gestão ambiental, ferramentas como os Sistemas de Gestão Ambiental (SGA), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a PE e as auditorias ambientais, sendo um contributo, não só em termos de avaliação do desempenho ambiental, mas sobretudo na detecção e correção de ineficiências, e na definição de soluções alternativas que possam resultar numa melhor gestão de recursos e assim contribuir para a melhoria da competitividade das explorações agropecuárias (Lopes *et al.*, 2005).

2. Revisão bibliográfica

2.1. Ferramentas de Gestão Ambiental

Cunha *et al.* (2005) afirmam que *“as práticas agrícolas são produtoras de energia sob a forma de alimentos; contudo são consumidoras de energia sob a forma de combustíveis fósseis e de eletricidade”*. Assim a escolha das tecnologias utilizadas devem ser efetuadas tendo em conta as necessidades da exploração, sendo este o *“primeiro fator de economia nos consumos energéticos com combustíveis”* (Cunha *et al.* 2005).

Tem vindo a verificar-se uma procura de combustíveis alternativos devido ao aumento do preço dos combustíveis fósseis, bem como das preocupações com a poluição atmosférica (Cunha *et al.*, 2005). Logo, seria benéfico para as explorações agropecuárias *“a produção de combustível como o metano, para consumo na exploração ou para venda sob a forma de energia elétrica”*, sendo uma das formas de crescimento da atividade agrícola a produção de oleaginosas como a colza e o girassol para a produção de biocombustíveis (Cunha *et al.*, 2005). Segundo Cunha *et al.* (2005) com uma tonelada de óleo de colza consegue-se obter aproximadamente uma tonelada de éster (biodiesel).

Tendo em conta o referido anteriormente, Lopes *et al.* (2005) referem que se pode recorrer a ferramentas que visem a optimização da gestão de recursos de uma organização, a minimização dos impactes ambientais das atividades, a redução dos riscos ambientais e promovendo a segurança no local de trabalho, conseguindo assim a correta gestão ambiental. No âmbito da gestão ambiental as metodologias desenvolvidas, como já referido são ferramentas como os SGA, a ACV, a PE e as auditorias ambientais, tendo como objectivos principais a detecção e correção de ineficiências, definindo soluções resultando numa melhor gestão de recursos e assim contribuir para a melhoria da competitividade das explorações agropecuárias (Lopes *et al.*, 2005).

2.1.1. Pegada Ecológica

2.1.1.1. Conceitos e Princípios

O conceito de PE desenvolvido por William Rees e Mathis Wackernagel é considerado indicador ambiental que exprime a área produtiva equivalente de terra e mar necessária para produzir os recursos utilizados para assimilar os resíduos produzidos por um indivíduo, uma sociedade, uma economia, ou até uma atividade (Lopes *et al.* (2005); Burgess & Lai (2006)). Assim, a PE surge para dar resposta a questões relacionadas com o limite de consumo e a distribuição dos recursos naturais na Terra e por fim como se deverá proceder tendo em conta a sua sustentabilidade (Borucke *et al.*, 2013). Segundo Borucke *et al.* (2013), no ano de 1997, a *Global Footprint Network* iniciou um programa denominado por “*National Footprint Accounts*” (NFA) em que este pretendia quantificar o fornecimento e a procura anual de recursos naturais tendo em conta duas medidas a PE e a biocapacidade.

Becker *et al.* (2012) afirmam que “*para verificar se a procura humana por recursos renováveis e a retenção de dióxido de carbono (CO₂) pode ser mantida, a Pegada Ecológica é comparada com a capacidade regenerativa do planeta, isto é, sua biocapacidade*”.

A procura de recursos renováveis, a PE, bem como a sua disponibilidade, a biocapacidade, são expressas como unidade de medida ha globais (gha) de terra bioprodutiva (Becker *et al.*, 2012). De acordo com Ruževičius (2010) 1 ha de pastagens equivale a 0,5 gha, 1 ha de floresta corresponde a 1,4 gha, 1 ha do território de pesca corresponde a 0,4 gha, 1 ha de área construída corresponde a de 2,2 gha.

Considerando-se para o cálculo, consumos e recursos que podem ser expressos em termos de área necessária para manter a produtividade biológica (Becker *et al.*, 2012). Observando-se seis componentes da PE que envolvem o uso de áreas terrestres e marítimas (DEFRA (2005); Borucke *et al.* (2013)):

- Pegada das Áreas Aráveis - consumo de bens produzidos (alimentos e biocombustíveis).

- Pegada das Áreas de Pasto - consumo de carne, pêlo e lã que provêm de animais que estão permanentemente em pastos.
- Pegada das Áreas de Floresta - a PE é calculada tendo em conta a conversão do consumo de produtos em área de floresta necessária para produzir esses mesmos produtos.
- Pegada das Áreas de Pesca - área necessária para produzir peixe e alimentos provenientes do mar e de água doce consumidos pela população.
- Pegada das Áreas Construídas - assume-se que esta substitui as áreas aráveis, uma vez que as infraestruturas humanas estão geralmente localizadas nas áreas mais férteis de um país.
- Pegada das Áreas de Energia - esta corresponde a um tipo de área hipotética que deveria ser reservada para absorção de CO₂, sendo calculada como a área de floresta necessária à absorção de CO₂ produzido, excluindo a proporção absorvida pelos oceanos. Funciona como indicador de sustentabilidade de estilos de vida.

Costa (2008) indica que a PE *per capita* de uma população é maior que a sua biocapacidade média disponível, resultando no défice ecológico ou *overshoot*, caracterizado pelo uso de recursos ambientais de forma não sustentável.

Becker *et al.* (2012) define a PC como uma análise da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) que gera impactes negativos sobre a biosfera, no entanto, a PE é o único indicador que oferece uma biocapacidade apresentando a pressão humana sobre o planeta.

A PE é a quantidade de terra arável, juntamente com a terra utilizada para a agricultura e as necessidades por pessoa, ou por um grupo de pessoas que utilizam energia, alimentos, água, transporte e eliminação de resíduos (Ruževičius, 2010). A necessidade de produtos, processos, e estilos de vida mais sustentáveis, promoveu o desenvolvimento de ferramentas de avaliação ambiental (Huijbregts *et al.*, 2008). Nesse sentido recorre-se à ACV de um produto, estando esta incluída no conceito de PE, referindo os problemas relacionados com o impacte ambiental dos mesmos (Ruževičius, 2010).

2.1.1.2. Críticas à metodologia da Pegada Ecológica

Segundo Rees (2000), a principal contribuição da análise da PE é que esta incorpora várias qualidades que definem uma economia ecológica. Para o mesmo autor, estudos sobre a PE concluíram a dependência das cidades por ecossistemas de acolhimento, sublinhando a vulnerabilidade à mudança global, e evidenciou-se a importância do seu papel para a conquista da sustentabilidade. A PE tem como base a importância dos recursos naturais para o desenvolvimento económico (Rees, 2000). Esta possibilita ainda, a comparação (*benchmark*) da procura humana sobre a natureza com a oferta de recursos naturais, permitindo o estabelecimento de metas (Becker *et al.*, 2012). No entanto na PE não são incluídos todos os aspectos da sustentabilidade e preocupações ambientais, especialmente as que não apresentam capacidade regenerativa (Becker *et al.*, 2012). “*Evidencia pressões que podem levar à degradação do capital natural (exemplo: redução da qualidade da terra, redução da biodiversidade), porém, não prevê impactes futuros*” (Becker *et al.*, 2012). Esta não inclui outros poluentes para além do CO₂, subestimando a pressão da PE sobre o ambiente não oferecendo uma visão completa para a tomada de decisão (DEFRA, 2005).

A qualidade, a veracidade e a validade das *NPA* (do inglês “*National Footprint Accounts*”) são dependentes do nível de precisão e disponibilidade de uma variedade dados, muitos dos quais apresentam uma cobertura incompleta e a maioria não especificam os limites de confiança (Borucke *et al.*, 2013). Os mesmos autores defendem que a metodologia da PE está em progresso contínuo, sendo elaborados esforços para melhorar a transparência e documentação das *NPA*, permitindo uma avaliação mais eficaz.

A biocapacidade, é sobrestimada tanto ao nível da degradação da terra como na sustentabilidade a longo prazo da extração de recursos (Borucke *et al.*, 2013). A PE é subestimada, pois só o CO₂ é contabilizado, o consumo de água doce, a erosão do solo, as emissões de GEE não são controladas, bem como os impactes para os quais não existe capacidade regenerativa (por exemplo, em termos de poluição resultantes da produção de resíduos, a toxicidade, a eutrofização) (Borucke *et al.*, 2013).

A característica principal da ACV é a sua natureza "holística", sendo a sua grande força e a sua limitação (Guinée *et al.*, 2002). A ACV apresenta algumas limitações, sendo complementada com outros métodos e instrumentos ambientais, de acordo com a problemática em causa e a relevância das limitações para o caso (Wolf *et al.*, 2012). Esta análise apenas contabiliza pressões que afetam o ambiente, ou seja, emissões para a natureza e utilização/extração de recursos, não incluindo o efeito direto de produtos em seres humanos, tais como os efeitos na saúde, devido produtos de beleza e de higiene pessoal, de medicamentos e da ingestão de alimentos (esta metodologia abrange apenas a ingestão alimentos que contêm poluentes ambientais) (Wolf *et al.*, 2012). Tais efeitos na saúde são abordados através outros métodos de avaliação de risco que complementam a ACV. A ACV refere-se à produção, uso e a gestão de produtos e processos em fim de vida não cobrindo acidentes (Wolf *et al.*, 2012).

Outros métodos e instrumentos ambientais são complementares para a finalidade e objetivos da ACV, tendo como exemplo, as avaliações de risco para químicos que são aplicados com a finalidade de estabelecer limites regulamentares e Estudos de Impacte Ambiental (EIA), em que estes avaliam detalhadamente os impactes locais (Wolf *et al.*, 2012). Esta integração é possível pois a ACV tem como base o modelo de ciclo de vida técnico do produto, ou seja, a sua cadeia de abastecimento, uso e tratamento no fim de vida. Na ACV, a informação ambiental sobre o uso de recursos e as emissões estão relacionadas a cada uma das etapas do processo.

2.1.1.3. Complementaridade de Pegadas

A Science for Environment Policy (2011) refere que são utilizados vários métodos para avaliar as consequências ambientais da produção de bens ou serviços, sendo o caso da ACV (Quadro 1). Esta avalia os impactes sobre o ambiente, e não apenas as emissões de carbono (C). Estando os conceitos da PC e da PE diretamente relacionadas entre si e também com a ACV de produtos ou processos.

"No entanto, apenas a Pegada Ecológica e a Pegada Hídrica são capazes de contabilizar as capacidades do planeta como fonte (produção de recursos), assim como os sumidouros" (Becker *et al.*, 2012).

Quadro 1- Objectivos ambientais considerados na elaboração da PE e da ACV. (Fonte: van der Werf *et al.*, (2007)) (adaptado)

Objetivos ambientais	Métodos	
	ACV	PE e PC
Entradas		
Uso de energias não renováveis	✓	✓
Uso do solo	✓	✓
Uso da água	-	-
Uso de Fertilizantes N	-	-
Uso de Fertilizantes P	-	-
Uso de pesticidas	-	-
Emissões		
Emissão de GEE	✓	✓
Emissão de gases acidificantes	✓	-
Emissão de substâncias eutrofizantes	✓	-
Emissões relativas à ecotoxicidade terrestre	✓	-

2.2. Pegadas na agricultura

Hillier *et al.* (2009) referem o aumento da população, da industrialização e, conseqüentemente, da utilização de energia como causa para o aumento de 10 vezes o orçamento global de energia desde o início do Século XX. O mesmo autor salienta que as preocupações sobre o aumento dos GEE e o seu efeito sobre o aquecimento global originaram a quantificação da PC, ou seja, a contribuição das atividades humanas para o aumento das emissões de GEE.

Hillier *et al.* (2009) salientam que o último “UK Greenhouse Gas Inventory” estima que a proporção da PC, devido à agricultura, corresponde a cerca de 8%, no qual 75% é relacionado diretamente com o uso de fertilizantes.

A nível global, a eficiência do uso de recursos (energia, água e nutrientes) e os impactes da produção de alimentos são questões pertinentes para um futuro sustentável em termos ambientais (Ledgard *et al.*, 2011). Beccali *et al.* (2010) referem o sector agroalimentar como uma das contribuições relevantes para impactes ambientais, através da diminuição de recursos, da degradação do solo, das emissões atmosféricas e da produção de resíduos. Sendo a produção de

fertilizantes considerado um contributo significativo para o Potencial de Aquecimento Global (do inglês *Global Warming Potential - GWP*), essencialmente devido às emissões de CO₂, metano (CH₄) e de óxido nitroso (N₂O) (Beccali *et al.*, 2010).

Na União Europeia (27 países), entre 2011 e 2012, o consumo de fertilizantes seria cerca de 10,5 milhões de t de azoto (N), 2,4 milhões de t de fósforo (P₂O₅) e 2,7 milhões de t de óxido de potássio (K₂O) (Skowrońska & Filipek, 2014). Para Beccali *et al.* (2010) a utilização de fertilizantes provoca emissões de N (como NH₃ e N₂O), produção de lixiviados contendo nitratos, e perdas de potássio e fósforo para água.

Recycled Organics Unit (2007a) considera o CO₂ como substância de referência para a contabilização do *GWP*. O mesmo autor afirma que o *GWP* tem como base a relação entre a radiação emitida por 1 kg de gás em estudo, ao longo de um determinado período de tempo (aproximadamente 100 anos), e a radiação emitida por 1 kg de CO₂ no mesmo período. O *GWP* de CO₂, CH₄ e N₂O são apresentados no Quadro 2. O *GWP* das emissões de gases pode ser expresso em unidades de tempo (20, 100 ou 500 anos) após a emissão inicial, sendo convertidas a “CO₂ equivalentes” (CO₂ eq) ou “C equivalentes” (Recycled Organics Unit, 2007a).

Quadro 2 - *GWP* e equivalentes de CO₂ relacionadas com GEE (100 anos). Fonte: Fallahpour *et al.* (2012) (adaptado).

Substância (kg)	<i>GWP</i> (kg CO₂eq/kg)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310

De acordo com o “*Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*”, os GEE provenientes do sector agrícola variam entre 5,1 a 6,1 Gt das emissões totais anuais antropogénicas de CO₂ eq (Scialabba & Müller-Lindenlauf, 2010). No entanto, esta estimativa inclui apenas as emissões agrícolas diretas, não sendo contabilizadas emissões da produção de fertilizantes azotados, pesticidas sintéticos e utilização de combustíveis fósseis para máquinas agrícolas (Scialabba & Müller-Lindenlauf, 2010).

Schahczenski & Hill (2009) consideram atividades agrícolas como fontes e, ao mesmo tempo, sumidouros de GEE. O termo "sequestro de carbono" descreve processos naturais e deliberados pelos quais o CO₂ é removido da atmosfera ou é desviado das fontes de emissão, sendo armazenado em oceanos, em ambientes terrestres (vegetação, solos e sedimentos) e em formações geológicas (Schahczenski & Hill, 2009). O sequestro de carbono no sector agrícola refere-se à capacidade das terras agrícolas e das florestas removerem o CO₂ da atmosfera (Schahczenski & Hill, 2009). Este é absorvido pelas árvores, plantas e culturas através da fotossíntese sendo posteriormente armazenado como C em ramos, folhas e raízes e nos solos (Schahczenski & Hill 2009). O papel da agricultura na atenuação das alterações climáticas é de extrema importância, utilizando boas práticas e tecnologias agrícolas reduzindo as emissões de GEE, aumentando o armazenamento de C nos solos; preservando o já existente; e reduzindo o CO₂, o CH₄ e o N₂O (Schahczenski & Hill, 2009).

2.2.1. A Pegada de Carbono

Mordini *et al.* (2009) referem emissões de GEE detetadas numa produção de laranja no Brasil, Itália e Espanha. Em Espanha terão sido detetadas para diferentes etapas da produção de laranja. Segundo o mesmo autor, uma ACV da Produção Integrada (PI) de laranja revela que as principais emissões de GEE surgem a partir da produção de fertilizantes. Os fertilizantes aplicados diferem com o sistema de irrigação. Os resultados mostraram que os fertilizantes aplicados sob irrigação por gotejamento apresentaram um maior contributo para as emissões, do que os aplicados sob irrigação por gravidade. A irrigação por gravidade juntamente com a combinação de águas superficiais apresenta menores emissões de GEE, devido ao diminuto consumo de combustíveis fósseis. Embora o uso de águas de superfície implique menores emissões de GEE o seu acesso é limitado. Alguns resultados sobre a fase agrícola referem que 55% das emissões totais GEE derivam de emissões de CO₂, do qual 66% são devido a produção de nitrato de amónio (Mordini *et al.*, 2009). Os mesmos autores referem ainda um estudo efetuado sobre a produção de laranja tendo em conta a PI e AB. A produção de estrume não foi incluída nos cálculos. Os resultados mostraram que, na PI os fertilizantes químicos apresentaram um maior impacte. As emissões de CO₂ e de

CH₄ contribuíram para as emissões totais de GEE devido à produção de fertilizantes químicos. Não é indicado como se desenvolveram as emissões de CH₄ durante a produção de fertilizantes químicos. As práticas agrícolas apresentaram os maiores impactos devido às emissões provenientes do estrume. A aplicação de herbicidas não apresentou influência na emissão de GEE em ambos os sistemas de produção.

Wallen *et al.* (2004, cit. (Mordini *et al.*, 2009)) efetuou uma investigação das emissões anuais de GEE associadas à produção e ao consumo de alimentos na Suécia. As emissões de GEE são apresentadas em CO₂.eq por kg de laranjas consumidas. O valor total é de 0,25 kg CO₂.eq/kg de laranjas consumidas. Este valor inclui o cultivo de laranjas, o seu processamento, o transporte e distribuição para os consumidores na Suécia.

Kramer (1999) (cit. Mordini *et al.*, (2009)) calcularam as emissões totais de CO₂, N₂O e CH₄ da compra de laranjas e as emissões de GEE do consumo de alimentos por agregado familiar nos Países Baixos (21,11 kg de CO₂ eq/consumo de laranja em casa). Estando incluídas no valor total as emissões agrícolas e as emissões de outras etapas do ciclo de vida, como a distribuição. Mordini *et al.* (2009) indicam que a PC varia entre 0,08 e 0,33 kg CO₂ eq/kg laranjas colhidas.

A mudança de produção para sistemas biológicos poderá conseguir uma diminuição das emissões de GEE, pois estes emitem menos gases do que a AC (Niles 2008). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) concluiu que *"com entradas energéticas mais baixas, os sistemas orgânicos contribuem menos para as emissões de GEE e apresentam um maior potencial de sequestro de carbono na biomassa do que os sistemas convencionais"* (Niles 2008).

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations & International Fertilizer Industry Association (2000) as plantas conseguem extrair do solo e do ar os nutrientes necessários. Se o abastecimento de nutrientes no solo for vasto, as culturas tendem a crescer saudáveis e a produzir elevadas quantidades, no entanto se um dos nutrientes essenciais estiver em falta o crescimento das mesmas é limitado e as colheitas serão reduzidas. Para que sejam obtidos rendimentos elevados, os fertilizantes são necessários para fornecer os

nutrientes que estão em falta no solo. Com a aplicação de fertilizantes, a produtividade das culturas pode duplicar ou triplicar.

Ao analisar as consequências ambientais da aplicação de fertilizantes químicos, deve distinguir-se entre o impacto ao nível das tecnologias de produção e durante a sua aplicação em agroecossistemas (Figura 1) (Skowrońska & Filipek, 2014).

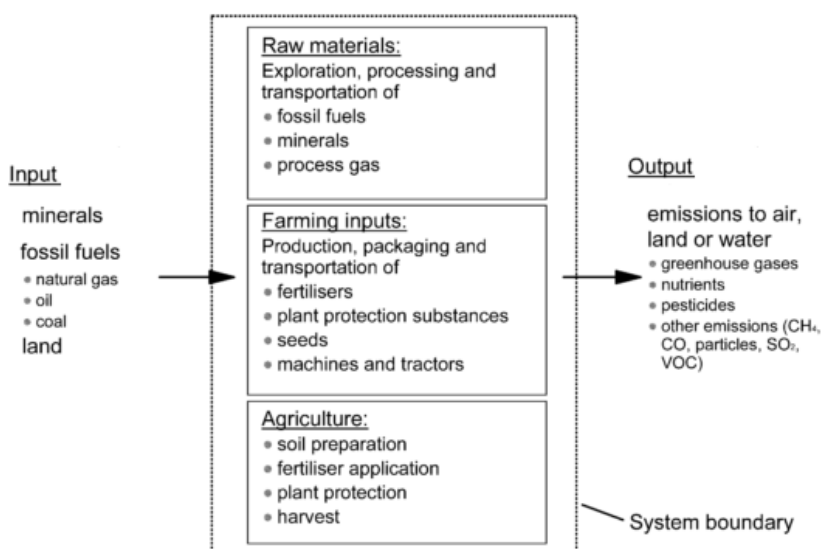


Figura 1 - Limite do sistema em que são analisados os aspectos ambientais da produção de fertilizantes e a sua aplicação. (Fonte: Brentrup *et al.* (2004))

Segundo Wood & Cowie (2004) durante o ciclo de vida de fertilizantes, as emissões de GEE (CO₂, N₂O e CH₄) podem surgir durante a extração de recursos, o transporte de matérias-primas e produtos, e durante os processos de produção dos mesmos. A sua produção requer consumos elevados de energia elétrica emitindo conseqüentemente GEE (Wood & Cowie, 2004). Para Wood & Cowie (2004) a produção de fertilizantes é responsável por aproximadamente 1,2% do total das emissões de GEE. Sendo considerado o transporte também um contributo para as emissões de GEE (37 t CO₂ eq globais) (Skowrońska & Filipek, 2014).

Wood & Cowie (2004) definem como fator de emissão a quantidade de GEE libertado para a atmosfera por unidade de atividade, neste caso, por unidade de peso do fertilizante produzido (g CO₂ eq/kg fertilizante) ou elemento (g CO₂ eq/kg N).

Skowrońska & Filipek (2014) afirmam que as principais emissões relacionadas com a produção de fertilizantes são aproximadamente 1,6 toneladas (t) de CO₂/1 t

NH₃, e 2 a 2,5 kg de N₂O/1 t HNO₃, é ainda disperso para o ambiente 30 a 40% do N utilizado nos campos agrícolas, sob a forma de amoníaco (NH₃), óxidos de azoto (N₂O, NO, NO₂), ou de azoto molecular (N₂), ou por lixiviação (NO₃⁻ ou NH₄⁺).

Para Basosi *et al.* (2014) as necessidades médias de energia para a produção de amónia são de 36,9 GJ/t, variando entre 28 e 53 GJ/t de amónia. Os mesmos autores ainda referem que, na Europa, a emissão de CO₂ para a produção de amónia varia entre de 1,82 t CO₂ eq/t NH₃ e 1,95 t CO₂ eq/t NH₃. Sendo as emissões globais de 2,07 t CO₂ eq /t NH₃ (Basosi *et al.*, 2014).

Wood & Cowie (2004) afirmam que as emissões de GEE para a produção de ureia na Europa variam entre 420,0 g CO₂/kg fertilizante e 1 848,7 g CO₂ /kg fertilizante.

Na Europa, as emissões resultantes da produção de ácido nítrico variam entre 6 a 8 kg N₂O/t HNO₃. Ao utilizar-se as “melhores técnicas disponíveis” (do inglês “*Best Available Techniques*”) são produzidas emissões de 1,8 kg N₂O/t HNO₃ ou 1,85 kg N₂O/t HNO₃ (Basosi *et al.*, 2014). Na Europa, as emissões de GEE são de 2,8 t CO₂ eq/t HNO₃ (Basosi *et al.* 2014).

Para Brentrup & Pallière (2008) e Dawson & Hilton (2011) a produção de fertilizantes apresenta consumos consideráveis de energia nas instalações, admitindo uma produção de 1 kg NPK (15-15-15) (fertilizante com Azoto, Fósforo e Potássio) a energia necessária seria de aproximadamente 7,59 MJ, correspondendo a cerca de 90% da entrada de energia global à produção de fertilizantes azotados. Segundo Brentrup *et al.* (2004), se a aplicação de N for inferior a 96 kg N/ha e exceder os 144 kg N/ha, esta proporcionará um aumento do consumo energético.

Brentrup *et al.* (2004) defendem que na produção agrícola são distinguidas categorias de impacte de entrada, como a depleção de recursos abióticos e uso do solo, do mesmo modo são identificadas categorias de impacte de saída, como o aquecimento global, a acidificação e a eutrofização. No Quadro 3 são apresentados os principais problemas para a produção, o empacotamento, e a entrega de fertilizantes. Skowrońska & Filipek (2014) referem que durante a produção e aplicação de fertilizantes o consumo de recursos abióticos centra-se principalmente no consumo de combustíveis e de fósforo.

Quadro 3 - Principais problemas para a produção, o empacotamento, e a entrega de fertilizantes (adaptado).
(Fonte: Skowrońska & Filipek (2014); Williams *et al.* (2010))

Fertilizante	Unidade (kg)	Energia consumida (MJ)	Potencial de Aquecimento Global (kg CO ₂ eq)		
			CO ₂	N ₂ O	Total
Nitrato de amónio (AN)	N	40a/29,8	2,34a/1,77b	3,69a/0,83b	6,2a/2,74b
Ureia		51,6a/44,1b	1,39a/0,98b	0	1,59a/1,13b
Superfosfato triplo (TSP)	P	30,25	1,6a	0	1,66a
Superfosfato simples (SSP)		13	Sem dados	Sem dados	0,6

a: início da produção (média Europeia); b: início da produção "best available techniques" (BAT)

Skowrońska & Filipek (2014) referem que o *GWP* da fertilização no agroecossistema é determinado maioritariamente pelas emissões de N₂O, sendo uma minoria de CO₂. Segundo Brentrup & Pallière (2008) (cit. Skowrońska & Filipek, (2014)) a intensificação da produção agrícola que utiliza de forma eficiente os recursos, incluindo terras aráveis, diminui o *GWP*, reduzindo a alteração dos ecossistemas naturais em agroecossistemas. A substituição de fertilizantes minerais por orgânicos ou por resíduos resultantes da fermentação de biomassa em unidades de biogás reduz o consumo de recursos, no entanto aumenta as perdas de nutrientes, consequentemente aumenta a eutrofização e acidificação (Skowrońska & Filipek, 2014).

Hillier *et al.* (2012) considera como medidas de mitigação eficazes para a redução de emissões de GEE resultantes da fertilização, em climas considerados temperados, as seguintes:

- Quando no solo o teor de C for baixo e a aplicação de N varia entre 150 a 200 kg, as emissões da aplicação de fertilizantes são menores;
- Para taxas de aplicação de N até 100 kg, verifica-se um aumento do teor de C no solo;

- Para aplicações de N entre 200 a 300 kg, existe uma redução de taxas de aplicação de N.

Ao diminuir os níveis de fertilizantes químicos, mantendo o rendimento inalterado, poderá reduzir-se as emissões de GEE. Sendo aplicadas medidas a favor do ambiente que visem a redução da utilização de recursos (diminuir o consumo de energia de processos) e a limitação das perdas de nutrientes, durante a sua produção e aplicação (aplicação do fertilizante por via foliar) (Skowrońska & Filipek, 2014).

2.2.2. A Pegada de Carbono do Fertilizante orgânico

Para Eriksson *et al.* (2005) (*cit. Cadena et al., (2009)*) a adequada gestão e tratamento dos resíduos apresentam elevada importância, tanto para proteção da saúde humana como também para a prevenção de impactes ambientais, refletindo-se na legislação vigente. Através da evolução da gestão dos resíduos urbanos (RU) verificou-se mudanças ao nível da utilização de tecnologias de tratamento, como a valorização da fração orgânica (compostagem ou digestão anaeróbia) dos resíduos e reciclagem de outros materiais, sendo estas alternativas a tratamentos não-seletivos e eliminações diretas de RU em Aterro Sanitário (AS) controlados ou não controlados (Cadena *et al., 2009*).

Boldrin *et al.* (2009) afirmam que no ano de 2009 eram conhecidas aproximadamente 2000 instalações de compostagem no ativo na Europa para materiais de uso doméstico, nomeadamente resíduos orgânicos, em que 40 % das quais apenas tratavam resíduos de jardim. Os mesmos autores ainda referem que no contexto do *GWP* a compostagem contribui para as emissões bem como para evitá-las. Os GEE libertados das instalações de compostagem advêm principalmente da degradação da matéria orgânica bem como da energia utilizada para máquinas e para a gestão de resíduos (Boldrin *et al., 2009*).

A compostagem é um processo no qual ocorre a decomposição biológica da fração orgânica dos resíduos sob condições aeróbias controladas. A compostagem apresenta como objetivos: a estabilização, a redução de massa e de volume, a secagem, a eliminação de substâncias fitotóxicas e sementes e partes de plantas indesejáveis, e saneamento (Schuchardt, 2005). Esta ainda é considerada um

método de descontaminação de solos (Schuchardt, 2005). A compostagem pode ocorrer em instalações dependendo das tecnologias utilizadas, tais como “aberta” (Quadro 4), “fechada” (do inglês “*open*” e “*enclosed*”, respectivamente) ou através da utilização de um reator, podendo ser efetuada também compostagem doméstica (Andersen, 2010). A Public Works and Government Services of Canada (2013) afirma que a tecnologia de pilha de compostagem revirada (do inglês “*windrow composting*”) é vulgarmente utilizada para processar folhas e resíduos de jardim e resíduos de madeira.

Quadro 4 - Resíduos orgânicos e a tecnologia de compostagem utilizada. Fonte: adaptado de Boldrin *et al.*, (2009).

Tecnologia	Tipo de resíduo	Forma da pilha	Ventilação	Revolvimento	Emissões de gases
Compostagem revirada	Resíduos verdes e orgânicos	Triangular/ trapezoidal	Natural/ Ativa	Volteador/ Pá carregadora	Sem tratamento

As Figuras 2 e 3 apresentam, respectivamente, as fases de operação de uma estação de compostagem, na qual utiliza como tecnologia a pilha de compostagem revirada aberta simples e o seu funcionamento utilizando uma máquina de revolvimento (volteador). Para que o tempo de processamento dos resíduos seja acelerado e a redução da produção de odor seja efetuada deve ter-se em conta o revolvimento regular (entre uma a três vezes por semana durante o período de compostagem), o supervisionamento adequado do tamanho da pilha (inferior a três metros de altura), devendo ser também assegurado o “*free air space*” (van Haaren *et al.*, 2010). Segundo van Haaren *et al.* (2010) sendo efetuado o revolvimento adequado a produção de CH₄ é reduzida conseguindo prevenir a formação de reações anaeróbias.

As pilhas de compostagem revirada em grande parte encontram-se ao ar livre, estando expostas à precipitação, sendo efetuada a drenagem das águas e o seu encaminhamento para um tanque ou bacia, para que sejam minimizados problemas de escoamento (Schuchardt, 2005). Em relação ao escoamento e/ou gestão dos lixiviados, estes são recolhidos e reutilizados no processo como adição de água nas pilhas (Recycled Organics Unit, 2007b). Em termos de impactes

ambientais, regista-se o consumo de energia resultante da bombagem de água recolhida para irrigação da pilha de compostagem (Recycled Organics Unit, 2007b). A água recolhida, as águas pluviais e os lixiviados resultantes do processo, são armazenados num “tanque de captação”, sendo utilizadas bombas elétricas de baixa pressão para bombear água do “tanque de captação” principal para uma série de “tanques de alimentação” (1200 L/min), destes a água é encaminhada para cerca de oito a dez aspersores com auxílio de uma bomba de pressão menor (100 L/min). Os aspersores operaram 10 horas/dia (7 a 10 dias, no total), nas primeiras quatro semanas do ciclo de compostagem (Recycled Organics Unit, 2006). Sendo completada a fase, a pilha apresenta teores de humidade adequados até ao fim do ciclo de compostagem (Recycled Organics Unit, 2006).

Periodicamente com o auxílio de uma máquina de corte os resíduos de grandes dimensões são reduzidos, sendo posteriormente separadas as impurezas. Esta tecnologia apresenta custos operacionais baixos, pois não são exigidas grandes quantidades de energia elétrica, contudo o controlo de emissões de gases e de odores indesejáveis é dificultado (van Haaren *et al.*, 2010).

A unidade de compostagem beneficia de uma área aberta para acondicionar o produto final. O produto final do processo (composto orgânico) é semelhante ao húmus, apresentando funções de fertilizante ou de corretivo dos solos (Cadena *et al.*, 2009).

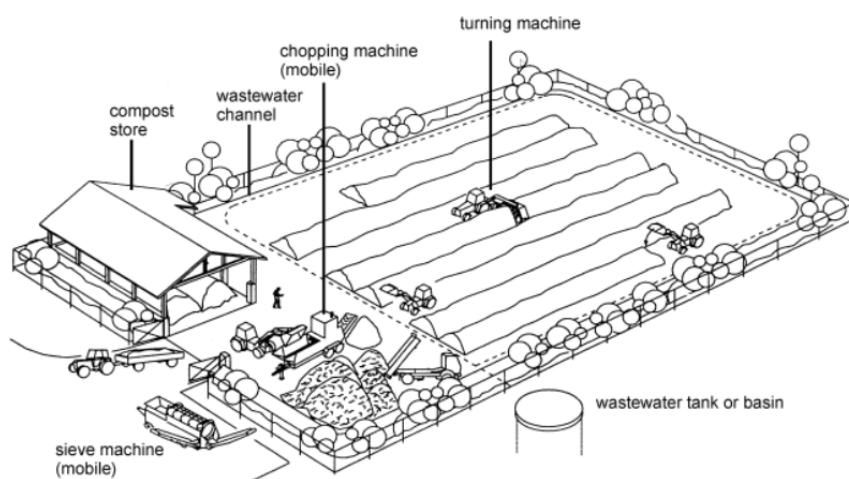


Figura 2 - Unidade de compostagem utilizando a tecnologia de pilha revirada. Fonte: Schuchardt (2005).

Boldrin *et al.* (2009) considera as emissões provenientes do processo de compostagem simultaneamente diretas e indiretas, e as contribuições de CO₂ fóssil e biogénico.

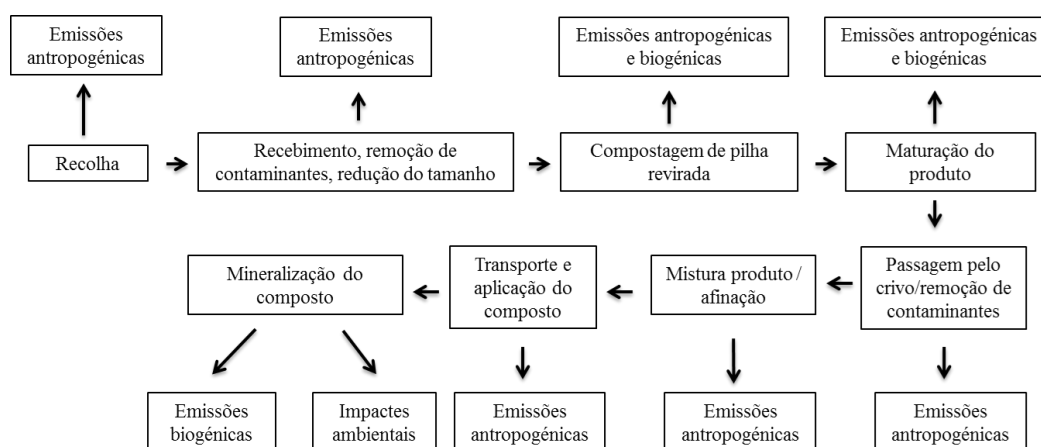


Figura 3 - Fases de uma estação de compostagem. Fonte: adaptado de Recycled Organics Unit (2006).

As emissões GEE são definidas da seguinte forma:

- As emissões diretas, correspondendo às emissões de operação, diretamente associadas a atividades no local de compostagem e na degradação de resíduos (Manfredi *et al.*, 2009).
- As emissões indiretas ou emissões evitadas, associadas às ocorridas fora do local de compostagem, correspondendo a duas categorias (Manfredi *et al.*, 2009).
 - As atividades a montante, como a produção de materiais e energia elétrica utilizada no local, o fornecimento de combustíveis e a construção das instalações (Manfredi *et al.*, 2009).
 - As atividades a jusante, associadas a emissões evitadas, correspondem à substituição de composto ou fertilizante quando o composto é aplicado (Boldrin *et al.*, 2009).

No Quadro 5 são apresentadas as entradas e saídas de materiais e as emissões associadas a uma estação de compostagem de resíduos urbanos orgânicos e resíduos verdes em Espanha. O total de resíduos passíveis de serem compostados seria de 14 461 t, sendo estes convertidos a 2 094 t de composto (Martínez-Blanco *et al.*, 2009). Segundo os mesmos autores, o processo de compostagem ocorre num local fechado sendo efetuado o revolvimento das pilhas. Boldrin *et al.* (2009)

afirma que, em sistemas fechados os GEE são tratados em biofiltros. Martínez-Blanco *et al.* (2009) refere a eficácia dos biofiltros, sendo de 80% e 85% para o CH₄ e o N₂O, respetivamente. No cálculo dos impactes ambientais as emissões de CO₂ biogénico não foram contabilizadas.

Quadro 5 - Inventário de fluxos de materiais, energia e fatores de emissão considerados para a decomposição de resíduos orgânicos numa estação de compostagem. Fonte: adaptado de Martínez-Blanco *et al.* (2009)

	Tipo de fluxo	Unidades	Fluxo anual
Entradas	Fornecimento de energia	MWh/ano	465,90
	Consumo de combustível <i>Diesel</i>	m ³ /ano	64,30
	Consumo de água	m ³ /ano	3 935
	Total de resíduos orgânicos	t/ano	14 461
Saídas	Produção de composto	t/ano	2 094
	Deposição de resíduos	t/ano	2823
Emissões	CO ₂ biogénico	t/ano	2 385
	NH ₃	t/ano	1,59
	CH ₄	t/ano	5,45
	COV	t/ano	17,50
	N ₂ O	kg/ano	0,30

Segundo Barrett *et al.* (2002), as emissões de CO₂ associam-se ao transporte de resíduos verdes para a estação de compostagem e de composto para o local de aplicação, apresentado um fator de emissão de 808,6 g CO₂/km. Sendo expresso o fator de emissão por t de resíduos (admitindo uma carga de 7,5 t) e multiplicado pela quantidade de resíduos verdes transportados, para que fosse determinado o total de emissões de CO₂ (61,36 t CO₂), para que estas fossem convertidas para PE (21 ha) (Barrett *et al.*, 2002).

3. Metodologia

Para a realização do presente estudo utilizaram-se equações para o cálculo da PE e PC descritas de seguida, tendo em consideração fatores de emissão disponíveis na bibliografia.

3.1. Método para cálculo Pegada Ecológica

No presente trabalho utilizou-se a PE conjuntamente com a PC para avaliar a sustentabilidade dos fertilizantes aplicados.

O cálculo da PE baseia-se em componentes, refletindo-se em categorias de consumo final: a energia, área necessária para absorver as emissões de CO₂, correspondendo à energia elétrica e combustíveis; alimentos, correspondendo à área necessária para os produzir; materiais, área necessária para produzir materiais primários, tais como água potável, metais, plásticos, papel; e terrenos construídos, correspondendo a áreas que se tornaram improdutivas devido à construção de edifícios (Nunes *et al.*, 2013).

A PE Total (gha total) (equação (1)) corresponde à soma ponderada das categorias de consumo final, c_i (t/ano), sendo esta multiplicada pelos fatores de equivalência, ef_i (globais ha / categoria ha), dividido pela produtividade da terra, p_i (categoria ha / t / ano) (Nunes *et al.*, 2013). As categorias de consumo, a produtividade da terra e os fatores de equivalência são apresentados no Quadro 6.

$$Total\ EF = \sum_i \frac{C_i \times EF_i}{p_i} \quad (1)$$

Quadro 6 - Constantes utilizadas para o cálculo da PE. Fonte: adaptado de Nunes *et al.* (2013)

Categorias de consumo (ha/t/ano, excepto quando indicado)	Produtividade da terra (p_i)	Fatores de equivalência (EF_i)
Água (floresta)	$2,06 \times 10^{-7}$	1,37
Resíduos (área de AS)	$1,65 \times 10^{-6}$	0,48
Emissões de CO ₂ (floresta)	0,56	1,37
Emissões de CH ₄ (pastagens)	454,5	0,48
Energia (floresta) (ha/kWh/ano)	$2,11 \times 10^{-3}$	1,37

3.1.1. Método para cálculo Pegada de Carbono e Ecológica para o Fertilizante Químico

Produção do fertilizante químico

Para determinar a PC da produção de fertilizantes químicos utilizou-se a equação (2).

$$PC = \text{Fator emissão} \times \text{Massa de fertilizante químico a aplicar} \quad (2)$$

Em que:

PC (t CO₂ eq/ano): CO₂ eq emitido na produção de fertilizantes químicos

Fator de emissão: g CO₂ eq/kg fertilizante

Massa de fertilizante químico a aplicar: kg/ano

Segundo Wood & Cowie (2004), o fertilizante químico Fosfato de Monoamônio (MAP) (formula química H₆NO₄P) apresenta na sua composição percentagens de azoto (N) e fósforo (11 % e 52%, respetivamente) (Quadro 7). Tendo sido utilizada posteriormente equação (1), para determinar a sua PE.

Quadro 7 - Fatores de Emissão de GEE para fertilizantes químicos

Fertilizante	Emissões (g CO₂-eq/kg fertilizante)	% CO₂ na emissão	Referências Bibliográficas
Ureia	1848,7	97,5	Wood & Cowie (2004)
MAP	703,2	97,9	Wood & Cowie (2004)

$$CO_2 \text{ emitido} = \text{Fator emissão} \times \% CO_2 \text{ na emissão} \quad (3)$$

Em que:

CO₂ emitido: t CO₂ /ano

Fator de emissão: g CO₂ eq/kg fertilizante

Transporte do fertilizante químico

A distância percorrida para o transporte do fertilizante químico foi determinada pela equação (4).

$$\mathbf{Transporte} = \frac{\mathbf{Massa\ de\ fertilizante\ a\ aplicar}}{\mathbf{Capacidade\ ve\iculo}} \times \mathbf{Dist\ancia\ percorrida} \quad (4)$$

Em que:

Transporte: km

Massa de fertilizante qu\imico a aplicar: kg/ano

Capacidade do ve\iculo: t/ve\iculo

Dist\ancia: km/ve\iculo

De acordo com os resultados do programa COPERT, disponibilizado pela Ag\encia Europeia do Ambiente (Ntziachristos & Samara, 2000), para ve\iculos a *Diesel*, o seu consumo unit\ario \e calculado pela equa\c\ao (9).

$$\mathbf{Consumo\ de\ combust\ivel} = 37,280 \times V^{-0,6945} \quad (5)$$

Em que:

Consumo de combust\ivel: l/km

V: velocidade m\edia de circula\c\ao do ve\iculo

Aplicação do fertilizante qu\imico

Segundo Yara International ASA (2012), o fator de emiss\ao da aplica\c\ao de Nitrato de Am\onia \e de 5,6 kg CO₂ eq/kg N. Admitiu-se o valor para a aplica\c\ao de Ureia e MAP, considerando a quantidade necess\aria de N.

$$\mathbf{PC} \cong \mathbf{Fator\ de\ emiss\ao} \times \mathbf{N} \quad (6)$$

Em que:

Fator de emiss\ao: kg CO₂ eq / kg de N

N (kg/ano): Quantidade de N a aplicar na \area de citrinos do Algarve

3.1.2. M\etodo para c\alculo Pegada de Carbono e Ecol\ogica para o Fertilizante Org\ânico

Boldrin *et al.* (2009) afirma que o composto org\ânico cont\em nutrientes que substituem o uso de fertilizantes qu\imicos (fertilizantes N, P₂O₅, K₂O), fazendo com que este seja parte integrante num plano de fertiliza\c\ao.

As contribuições para o aquecimento global são designadas como fatores de aquecimento global (do inglês “*global warming factors*” (*GWF's*)), sendo estes convertidos a “CO₂ eq/t de resíduos molhados (ww)” (Boldrin *et al.*, 2009).

Boldrin *et al.* (2009) defende que as emissões de GEE podem ser distinguidas tendo em conta o tipo de tecnologia e o tipo de resíduos, assim os fatores de emissão para o fornecimento de combustível *Diesel* e a sua combustão, bem como o fornecimento de energia elétrica, são apresentados no Quadro 8.

Quadro 8 - Fatores de emissão para a contabilização de GEE no processo de compostagem.

Tipo de processo / emissão	Fator de Emissão	Referências
Fornecimento de <i>Diesel</i>	0,4 – 0,5 kg CO ₂ -eq. L ⁻¹ <i>Diesel</i>	Manfredi <i>et al.</i> (2009)
Combustão de <i>Diesel</i>	2,7 kg CO ₂ -eq. L ⁻¹ <i>Diesel</i>	Manfredi <i>et al.</i> (2009)
Fornecimento de energia elétrica	0,1 – 0,9 kg CO ₂ -eq. kWh ⁻¹	Manfredi <i>et al.</i> (2009)

Para Boldrin *et al.* (2009) e Entreprises pour l'Environnement (2010) as instalações que utilizem práticas operacionais adequadas os resíduos deverão regularmente ser arejados. A principal emissão gasosa do processo de compostagem é o CO₂ biogénico, no entanto não é contabilizado como emissão no sector dos resíduos, tendo este parte integrante no ciclo natural de C (Entreprises pour l'Environnement (2010); Boldrin *et al.* (2009)). Porém Entreprises pour l'Environnement (2010) defendem que as emissões de CH₄ e de N₂O são contabilizadas. Cadena *et al.* (2009) afirmam que o objetivo das instalações de compostagem é a redução do impacte ambiental, no entanto existem impactes que advêm do decorrer do processo e representam preocupações ao nível da emissão de gases (NH₃, compostos orgânicos voláteis (COV, N₂O, CH₄).

Fisher (2006) relata *GWF's* para a tecnologia de pilha de compostagem revirada de 13 kg de CO₂-eq/t resíduos.

No Quadro 9 são apresentadas as emissões resultantes do processo de compostagem, bem como a contabilização de GEE e a contribuição de *GWP* para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos”.

Quadro 9 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por t de resíduos húmidos (ww) compostados). Fonte: adaptado de Boldrin *et al.* (2009) e Entreprises pour l’Environnement (2010).

Emissões resultantes do processo de compostagem					
Atividade	Emissões diretas		Emissões indiretas		Ação para a redução de emissões
	Emissões brutas	Emissões líquidas	Emissões a montante	Emissões a jusante	
Compostagem	<p>- CO₂ proveniente da biomassa;</p> <p>- CO₂ proveniente do consumo local de combustível, os valores típicos para o consumo de <i>Diesel</i> em tecnologias “abertas” 0,4-6,0 L <i>Diesel</i> t⁻¹ ww;</p>	<p>- CO₂ proveniente do consumo local de combustível;</p> <p>- CH₄ e N₂O;</p>	<p>- Fornecimento de combustíveis: produção e transporte de combustíveis, 0,4-0,5 kg CO₂ L⁻¹ <i>Diesel</i>.</p> <p>- Quantidade de eletricidade: valores típicos para tecnologias “abertas” 0,023 a 19,7 kWh t⁻¹ ww.</p>	<p>- Composto utilizado em meios de crescimento em substituição de turfa.</p> <p>- O composto aplicado no solo como correção do mesmo.</p>	<p>- Optimização das condições aeróbias para processos de compostagem.</p> <p>- Optimização de energia e/ou recuperação de materiais.</p>

Quadro 10 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por t de resíduos húmidos (ww) compostados). Fonte: adaptado de Boldrin *et al.* (2009) e Entreprises pour l’Environnement (2010) (cont.).

Contabilização de GEE e contribuição GW para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos”							
(t de resíduos húmidos compostados (ww))							
Compostagem	Emissões diretas: gestão de resíduos	Emissões indiretas					
		Emissões a montante	Emissões a jusante				
	Contabilizado (t⁻¹ resíduos):	Contabilizado:	Contabilizado (t⁻¹ de resíduos):				
	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ biogénico: 43 - 413 kg; - CH₄ proveniente do processo 0,03 a 6,8 kg; - N₂O proveniente do processo: 7,5 - 252 g; - Combustão de <i>Diesel</i> 0,4 a 6,0 L; - Consumo de energia elétrica: 0,02-19,7 kWh. 	<ul style="list-style-type: none"> - Prestação de <i>Diesel</i>: 0,4 -6,0 L; - Fornecimento de energia elétrica: 0,02 - 19,7 kWh. 	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;"><u>Uso no solo:</u></td> <td style="text-align: center;"><u>Ou substituição de turfa:</u></td> </tr> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Combustão de <i>Diesel</i>: 0,2 e 0,6 L; - CO₂ biogénico: 220 a 1217 kg; - Substituição de fertilizantes: 0,5-5,2 kg N, 0,6-2,8 kg de P, 2,4 a 9,7 kg de K; - Emissões de N₂O: -0,14 a 0,3 kg. </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - CO₂ biogénico: 92 a 566 kg; - Substituição de turfa: 80 a 700 kg; - Emissões de N₂O: - 0,14 a 0,3 kg. </td> </tr> </table>	<u>Uso no solo:</u>	<u>Ou substituição de turfa:</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Combustão de <i>Diesel</i>: 0,2 e 0,6 L; - CO₂ biogénico: 220 a 1217 kg; - Substituição de fertilizantes: 0,5-5,2 kg N, 0,6-2,8 kg de P, 2,4 a 9,7 kg de K; - Emissões de N₂O: -0,14 a 0,3 kg. 	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ biogénico: 92 a 566 kg; - Substituição de turfa: 80 a 700 kg; - Emissões de N₂O: - 0,14 a 0,3 kg.
<u>Uso no solo:</u>	<u>Ou substituição de turfa:</u>						
<ul style="list-style-type: none"> - Combustão de <i>Diesel</i>: 0,2 e 0,6 L; - CO₂ biogénico: 220 a 1217 kg; - Substituição de fertilizantes: 0,5-5,2 kg N, 0,6-2,8 kg de P, 2,4 a 9,7 kg de K; - Emissões de N₂O: -0,14 a 0,3 kg. 	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ biogénico: 92 a 566 kg; - Substituição de turfa: 80 a 700 kg; - Emissões de N₂O: - 0,14 a 0,3 kg. 						

Quadro 11 - Emissões resultantes do processo de compostagem e a contabilização de GEE e a contribuição GWP para as tecnologias de compostagem em sistemas “abertos” (valores expressos por t de resíduos húmidos (ww) compostados). Fonte: adaptado de Boldrin *et al.* (2009) e Entreprises pour l’Environnement (2010) (cont.).

Compostagem	<p><u>Não contabilizado:</u></p> <p>- Não existe vestígio de libertação de gases.</p>	<p><u>Não contabilizado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Construção da instalação de compostagem; - Agentes de volume; - Prestação de outros materiais; 	<p><u>Não contabilizado:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Substituição de material paisagístico; - Incineração de resíduos que sofreram triagem; - Deposição em AS de resíduos que sofreram triagem; <ul style="list-style-type: none"> - Deposição de composto em AS; - Melhoria da qualidade do solo.
--------------------	---	---	---

Produção do composto orgânico

As emissões resultantes do consumo de combustível na produção do fertilizante orgânico foram determinadas utilizando a seguinte equação (7).

$$\begin{aligned} PC_{\text{consumo de combustível}} \\ &= \text{consumo combustível} \times \text{Resíduos} \\ &\times \text{Fator de emissão} \end{aligned} \quad (7)$$

Em que:

*PC*_{consumo de combustível}: t CO₂ eq/ano

Consumo de combustível Diesel: l/ano

Resíduos: resíduos verdes compostados, t

Fator de emissão: kg CO₂ eq/l de Diesel

A contabilização das emissões para o consumo de água foi elaborada tendo em conta a equação (8).

$$PC_{\text{consumo de água}} = \text{consumo água} \times \text{fator de emissão} \quad (8)$$

Em que:

*PC*_{consumo de água}: t CO₂ eq/ano

Fator de emissão: 800 g CO₂ eq/m³ (Euronatura, 2009)

As emissões de resultantes do consumo de energia elétrica foram determinadas com a equação (9).

$$PC_{\text{consumo energia elétrica}} = \text{energia} \times \text{resíduos} \times \text{fator de emissão} \quad (9)$$

Em que:

Energia: energia consumida, kWh/t resíduos compostados

Resíduos: resíduos verdes compostados, t

Fator de emissão energia elétrica: 0,00014158 t CO₂. kWh⁻¹ (ano de 2013)
(EDP, 2013)

Para o cálculo das emissões de CO₂ (equação (10)) admitiu-se um conteúdo de sólidos de 30 % nos resíduos verdes (United States Environmental Protection Agency & RTI International 2010). Posteriormente utilizou-se a equação (1).

$$CO_2 = \text{resíduos} \times \text{fator de emissão} \times \% \text{ teor sólidos} \quad (10)$$

Em que:

Resíduos: resíduos verdes compostados, t

Fator de emissão: t CO₂ /t resíduos compostados

% teor de sólidos: 30% nos resíduos verdes (United States Environmental Protection Agency & RTI International 2010).

Para o cálculo das emissões de CH₄ utilizou-se a equação (11). Sendo utilizada posteriormente a equação (1).

$$CH_4 = \text{resíduos} \times \text{fator de emissão} \quad (11)$$

Em que:

Resíduos: Resíduos verdes compostados, t

Fator de emissão: t CH₄ / t resíduos verdes compostados

Por fim efetuou-se o somatório das respectivas emissões correspondentes à PC e à PE.

Transporte para locais de aplicação

Para as emissões referentes ao transporte do composto ao local de aplicação considerou-se a capacidade do veículo e a distância percorrida. As emissões foram determinadas usando dados de inventário de ciclo de vida e as equações (12) e (13).

$$\text{Transporte} = \frac{\text{Massa de Nutriverde a aplicar}}{\text{Capacidade veículo}} \times \text{Distância percorrida} \quad (12)$$

Em que:

Transporte: km

Massa de fertilizante químico a aplicar: kg/ano

Capacidade do veículo: t/veículo

Distância: km/veículo

De acordo com os resultados do programa COPERT, disponibilizado pela Agência Europeia do Ambiente, Ntziachristos & Samara (2000), para veículos a *Diesel*, o seu consumo unitário é calculado pela equação (13).

$$\text{Consumo de combustível} = 37,280 \times V^{-0,6945} \quad (13)$$

Em que:

Consumo de combustível: l/km

V: velocidade média a que circula o veículo

Aplicação do composto orgânico

Para a contabilização das emissões da aplicação de composto orgânico consideram-se as equações (14) e (15).

$$\begin{aligned} PC_{\text{aplicação composto orgânico}} & \cong \text{resíduos} \times \text{consumo combustível} \\ & \times \text{fator de emissão combustível} \end{aligned} \quad (14)$$

Em que:

Resíduos: t de resíduos verdes compostados

Fator de emissão: kg CO₂ eq /l de Diesel

Consumo de combustível Diesel: l/t de resíduos verdes compostados

$$PC_{\text{aplicação composto orgânico}} \cong \text{resíduos} \times N_2O \times \text{fator de emissão} \quad (15)$$

Em que:

Resíduos: t de resíduos verdes compostados

N₂O: emissões de N₂O, t CO₂ eq/t N₂O

Fator de emissão: kg CO₂ eq /l de Diesel

Sendo efetuado o somatório das PC do combustível e das emissões de N₂O.

3.1.3. Quantificação do Consumo de Fertilizante Químico

O trabalho iniciou-se com a identificação da área de pomares de citrinos na região Algarvia bem como das doses de fertilizantes aplicadas, recorrendo a dados disponibilizados pela Direção de Serviços de Desenvolvimento Agroalimentar e Rural – Divisão de Agricultura, assim como a informação disponível *on-line*.

De acordo com a Direção de Serviços de Desenvolvimento Agroalimentar e Rural – Divisão de Agricultura os fertilizantes químicos maioritariamente aplicados na região à cultura de citrinos é a seguinte:

- Fertilizantes azotados:
 - Sulfato de amónio (doseia 20,5% de N);
 - Nitrato de amónio (doseia 23,5% de N);

- Ureia (doseia 46% de N).
- Fertilizantes fosfatados
 - Fosfato monoamónio (MAP);
 - Ácido fosfórico.
- Fertilizantes potássicos
 - Nitrato de amónio;
 - Sulfato de potássio.

Segundo a mesma fonte, esta ainda relata as doses de fertilizantes químicos aplicadas por ha/ano: 200 kg de N/ha, 70 kg P₂O₅/ha e 150 kg K₂O/ha.

Para o cálculo da PE da aplicação de fertilizantes químicos na cultura de citrinos serão contabilizadas as fases de produção, de transporte e aplicação. No entanto para a PE da região Algarvia a produção de fertilizantes químicos não terá o mesmo ênfase que as restantes fases, transporte e aplicação dos mesmos, devido à sua produção não ser efetuada na região.

Calculou-se as quantidades de Fosfato de Monoamónio (MAP) e de Ureia, tendo em conta a área de citrinos na Região Algarvia recorrendo às equações (17) e (21), respetivamente.

$$\mathbf{Fertilizante\ químico} = \mathit{necessidade\ química} \times \mathit{Área} \quad (16)$$

Em que:

Fertilizante químico: necessidade de fertilizante químico por ano (kg/ano)

Necessidade química fósforo: massa de fósforo aplicada por área, kg P/ha

Área: área de citrinos na região, ha

$$\mathbf{MAP} = \mathit{fósforo} \times \frac{M_{MAP}}{M_P} \quad (17)$$

Em que:

MAP: massa aplicada de MAP ao solo por ano, kg/ano

Necessidade química fósforo: massa de fósforo aplicada por área, kg P/ha

M_{MAP}: massa molar de MAP, g/mol

M_P: massa molar de fósforo, g/mol

$$MAP_N = MAP \times \frac{M_N}{M_{MAP}} \quad (18)$$

Em que:

MAP_N : massa aplicada de N ao solo com MAP por ano, kg N/ano

Fósforo: massa aplicada de P ao solo com MAP por ano, kg MAP/ano

M_N : massa molar de MAP, g/mol

M_{MAP} : massa molar de fósforo, g/mol

$$\mathbf{Fertilizante\ químico} = \mathit{necessidade\ química} \times \mathit{Área} \quad (19)$$

Em que:

Fertilizante químico: necessidade de fertilizante químico por ano (kg/ano)

Necessidade química: massa de N aplicada ao solo com MAP por ano por área, kg P/ha

Área: área de citrinos, ha

$$N = \mathit{necessidade\ química} - MAP_N \quad (20)$$

Em que:

N : consumo de N em falta, kg N/ano

Necessidade química: massa de azoto aplicada por área, kg P/ha

MAP_N : massa aplicada de N ao solo com MAP por ano, kg N/ano

$$\mathbf{Ureia} = \frac{\mathit{Consumo\ em\ falta}}{\% \mathit{de\ N\ na\ Ureia}} \quad (21)$$

Em que:

Ureia: massa de ureia a aplicar ao solo, kg/ano

N : consumo de N em falta, kg N/ano

3.1.4. Quantificação do Consumo de Fertilizante Orgânico

Segundo a ALGAR, S.A. (2012) a cultura de citrinos necessita de 20 t de Nutriverde® por ha, de dois em dois anos.

$$\mathbf{Fertilizante\ orgânico} = \mathit{Nutriverde®} \times \mathit{Área} \quad (22)$$

Em que:

Fertilizante orgânico: necessidade de Nutriverde®: aplicado ao solo, t/ha

Área: área de citrinos, ha

4. Estudo de caso: Pegada Ecológica da aplicação de fertilizantes em citrinos na Região Algarvia

4.1. A citricultura na Região Algarvia

Os citrinos no Algarve, ocupam uma situação de destaque “na citricultura nacional, mas também, e sobretudo, uma importância significativa nesta região do ponto de vista económico, social e de ocupação do território, bem como cultural”, a difusão de citrinos resulta da introdução de laranjas doces por parte “dos navegadores portugueses no início do Século XVI, através dos quais se tornaram conhecidas e se expandiram, substituindo pouco a pouco as laranjeiras azedas” (Madeira, 2007).

Segundo a UNIPROFUTRAL (2003, cit. por (Madeira, 2007)) a região possui condições edafo-climáticas bastante favoráveis para a prática citrícola, principalmente pelo risco reduzido de ocorrência de geadas e pelo seu potencial fotossintético – isolamento e radiação solar. Esta junção de elementos climáticos específicos da região induz nos citrinos bons níveis de precocidade e produtividade e ótimas características organoléticas diferenciando-se de outras regiões.

4.1.1. Exigências na aplicação de citrinos

Segundo a ADP Fertilizantes (2010) os citrinos são plantas arbóreas, plantadas em pomares de 175 a 700 árvores/ha, apresentando uma vida útil de 20 a 40 anos. A época de plantação mais favorável é de Fevereiro a Maio (DGPC 2005). O compasso de plantação deverá permitir que, quando as árvores atinjam o estado adulto, exista um espaço livre entre copas de pelo menos 1,5 m (DGPC, 2005).

Em pomares intensivos, espera-se o início da produção no 2º ou 3º ano, apresentando um máximo de produção entre os 10 a 30 anos, sendo a produtividade de 30 a 60 t/ha (ADP Fertilizantes, 2010).

A temperatura para o seu desenvolvimento vegetativo varia entre os 10 e 12°C e cessa o seu desenvolvimento por volta dos 38°C, sendo que abaixo dos 12°C a atividade vegetativa diminui e acima dos 38°C a atividade vegetativa volta a

diminuir (Massapina Jr. & Gonçalves 1995). “As temperaturas ótimas ao seu desenvolvimento situa-se entre os 23°C e os 34°C” (Massapina Jr. & Gonçalves, 1995).

Em relação aos solos, os solos de textura franco-arenosa e franco-argilo-arenosa são os mais favoráveis à instalação de pomares de citrinos, sendo estes bem drenados (DGPC 2005). Os valores de pH do solo devem variar entre os 6 e 7, sendo os mais favoráveis à cultura (Massapina Jr. & Gonçalves, 1995).

A citricultura, nas condições climáticas dominantes em Portugal requerem 600 a 1000 mm de água por ano (DGPC, 2005).

A fertilização utilizada, envolvendo a aplicação de adubos e/ou corretivos, é estabelecida tendo em conta os resultados analíticos das amostras de solo, sendo administrada consoante as suas classes de fertilidade relativas aos teores de fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) (DGPC, 2005). Para Cunha *et al.* (2005) a fertilização baseia-se no fornecimento de nutrientes à cultura, absorvidos, através do solo, caso da fertilização mineral, ou diretamente pela planta, através da fertilização orgânica.

As exigências nutricionais dos citrinos estão divididas em macronutrientes, elementos que as plantas necessitam em quantidades elevadas (N, P, K, Ca, Mg e S), e micronutrientes, necessários em quantidades menores (Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Ni e Cl) (Obreza & Morgan, 2008). A reação dos solos influencia a disponibilidade dos diferentes elementos para as plantas. Se ocorrerem desvios de pH, há limitação na absorção de alguns elementos verificando-se situações de carência (Massapina Jr. & Gonçalves, 1995).

Para a adubação de fundo, para uma produção esperada entre 40 a 50 t/ha, deverá ser aplicado 50 a 100 kg/ha de N, 80 a 150 kg/ha de P e 150 a 250 kg/ha de K (ADP Fertilizantes, 2010). No entanto, para uma adubação de cobertura, para uma produção esperada entre 40 a 50 t/ha dever-se-á aplicar 100 a 200 kg/ha de N, fraccionando por 2 aplicações: sendo a primeira durante o crescimento dos frutos e a segunda no verão (ADP Fertilizantes, 2010).

Sendo aplicada a fertirrigação, a adubação de fundo deverá ser metade das doses referidas (ADP Fertilizantes, 2010). Segundo a ADP Fertilizantes (2010) dever-se-

á repartir as doses semanais por várias regas, para que não se dissolva mais de 2 g de adubo por litro de água de rega. Ainda de acordo com o mesmo autor devem ser aplicadas:

- De Fevereiro a Abril: 50 kg/ha de N, 35 kg/ha de P, 35 kg/ha de K.
- De Maio a Agosto (variedades correntes) ou final de Setembro (variedades tardias): 120 kg/ha de N, 90 kg/ha de P, 90 kg/ha de K.
- De Outubro a Janeiro: 10 kg/ha de N, 20 kg/ha de P, 20 kg/ha de K.

Na agricultura biológica (AB) as aplicações variam normalmente entre 15 e 20 t/ha anualmente (Domínguez-Gento, 2008). Porém, a PI as aplicações não devem exceder *“30 t por ha de estrume de bovino bem curtido, ou quantidade equivalente de outro corretivo orgânico permitido”* (p. 32) (DGPC, 2005). A quantidade aplicada de compostos de Resíduos Urbanos (RU) em PI depende das concentrações de metais pesados no solo e só é permitida aplicação de produtos de qualidade reconhecida, bem maturados, higienizados e pobres em metais pesados.

4.1.2. Modos de produção citrícola no Algarve, tendo em conta o ambiente

Os modos de produção da citricultura Algarvia são apresentados no Quadro 3 Anexo I, onde se destacaram, como principais no ano de 2006, o modo de produção “convencional” correspondente a 78% da área citrícola algarvia e a PI equivalente a 20% da área de citrinos desta região (Madeira, 2007).

Costa (2010) afirma que *“a agricultura é uma atividade que permite ao Homem produzir alimentos e recursos renováveis e contribui, também, para o desenvolvimento do meio rural”*. No entanto com o aumento da população humana e o desenvolvimento de políticas agrárias, originaram agricultura convencional (AC), onde prevalecem as técnicas intensivas, utilizando produtos agro-químicos, apresentando consequências graves no ambiente, destacando-se principalmente a poluição do ambiente e o esgotamento dos recursos naturais (Costa, 2010). Contudo esta prática agrícola apresenta vantagens no que diz respeito a uma maior produção física por unidade de área e um maior rendimento económico. Segundo o mesmo autor, no que respeita aos inconvenientes em termos de poluição do ambiente, esta altera negativamente as características do ar (emissão GEE, destruição da camada de ozono), do solo (desequilíbrio da constituição nutritiva

do solo) e da água (acidificação e eutrofização das águas). No que toca à depleção dos recursos naturais a AC apresenta consumos elevados de combustíveis fósseis e de água, e uma degradação do solo (estrutura do solos; erosão e diminuição da sua fertilidade) (Costa, 2010).

Tendo em conta as consequências negativas apresentadas anteriormente seria vantajoso o aumento da prática de uma agricultura que promovesse a sua sustentabilidade. Segundo a (Comissão Europeia, 2012), uma agricultura sustentável tem como principais objetivos os seguintes:

- A produção de alimentos seguros e saudáveis;
- A conservação de recursos naturais: o que é retirado do ambiente deve ser devolvido ao ambiente, devem ser mantidos para as gerações futuras.
- A garantia da viabilidade económica: as explorações agrícolas devem contribuir para o reforço da economia e para o desenvolvimento do território;
- A prestação de serviços ao ecossistema: retenção de água e de nutrientes, conservação dos solos, espaços de lazer e a armazenagem de carbono;
- A gestão do espaço rural;
- A garantia do bem-estar dos animais;
- O melhoramento da qualidade de vida em zonas de exploração: oferecer emprego e salários razoáveis.

A AB é considerada como parte integrante da agricultura sustentável. A AIAB (2011) refere que a AB “aumenta a biodiversidade, protege os solos, melhora a qualidade nutricional dos alimentos, assegura elevados níveis de bem-estar animal e aumenta o emprego nas zonas rurais”. Esta reduz a emissão de GEE e o consumo de energia fóssil, diminuindo também a poluição causada por fertilizantes e pesticidas (AIAB, 2011). Segundo Caixeirinho (2007), esta apresenta um carácter essencialmente preventivo, no entanto recorre-se à luta biológica ou ao tratamento com alguns pesticidas de origem mineral, ou vegetal (toxicidade baixa para o homem e riscos diminutos de contaminação ambiental) quando as medidas preventivas são insuficientes (Caixeirinho, 2007).

A AB proporciona também, “sistemas de agricultura maleáveis capazes de combater as alterações climáticas e assegurar o abastecimento local de alimentos e é altamente eficaz no sequestro de carbono” (AIAB, 2011).

Em relação à PI, (Aguiar *et al.*, 2005) definem que esta é uma “modalidade de proteção das plantas em que se procede à avaliação da indispensabilidade de intervenção”, estimando o risco, o recurso a níveis económicos de ataque ou a modelos de desenvolvimento de inimigos das cultura ”e à ponderação dos fatores de nocividade, para a tomada de decisão relativa ao uso dos meios de luta”; privilegia a limitação natural e outros mecanismos de regulação natural, e recorre a meios diretos de luta quando necessário, dando especial atenção à luta cultural, física, biológica, biotécnica e em última alternativa, a luta química. Este sistema apresenta características próximas da agricultura sustentável, como por exemplo o equilíbrio do ciclo dos elementos nutritivos, a fertilidade do solo, a estabilidade dos ecossistemas e a qualidade dos produtos (DGPC, 2005).

A realização destes princípios passa, essencialmente, pela gestão equilibrada dos recursos naturais com o aproveitamento de tecnologias que reduzem a utilização de produtos fitofarmacêuticos e que considerem a reciclagem dos elementos nutritivos, reduzindo a utilização de fertilizantes e os custos de produção (DGPC, 2005).

4.1.3. Modo de produção convencional versus modo de produção biológica de citrinos

Segundo Tomás *et al.* (2006) a prática da fertilização por via foliar seria uma alternativa à aplicação de fertilizantes no solo, particularmente de N evitando a contaminação de águas subterrâneas por nutrientes. Para tal foi realizado um ensaio, este pretendia avaliar a viabilidade da aplicação de N por via foliar (com ureia), ao longo de um período dilatado, bem como a aplicação de nitrato de potássio pela mesma via.

Nesse sentido foram efetuadas 3 modalidades:

- Modalidade T (testemunha) – é aplicada a fertilização tradicional com aplicação do azoto, fósforo e potássio na água de rega;
- Modalidade A – aplicação de azoto por via foliar;
- Modalidade B – aplicação de azoto conjuntamente com potássio por via foliar.

Os macronutrientes foram aplicados em quantidades diferentes consoante a idade de cada árvore através da água de rega, sendo efetuadas as pulverizações foliares posteriormente (azoto e de nitrato de potássio):

- Ureia (500 a 900 gramas por 100 litros de água);
- Nitrato de potássio (750 gramas por 100 litros de água).

O ensaio teve início em 1994 e o seu término em 2006, considerando que a produção só teve início em 1998. Assim, para o ano de 2006 verificou-se que a modalidade T apresentou a maior produção e a modalidade A a menor (Quadro 12).

Quadro 12 - Produções registadas (t/ha). Fonte: adaptado de Tomás *et al.* (2006).

Modalidades	2006
A	55,3
B	69,2
T	73,9

Assim o autor afirma que *“a aplicação do total de azoto e do potássio por via foliar poderá ser uma técnica alternativa a recomendar, principalmente para os pomares instalados nas “Zonas Vulneráveis” do Algarve”*.

O aumento do grau de exigência dos consumidores em relação à qualidade dos alimentos aliado ao incremento da sensibilização da população por questões ligadas à proteção do ambiente e à manutenção do espaço rural faz com que aumento o mercado dos produtos do Modo de Produção Biológico (MPB) (DRAPALG & IIFAPJA, 2008). Nesse sentido a estes autores pretenderam verificar a viabilidade técnica da aplicação do MPB à cultura dos citrinos no Algarve, sendo estabelecidas três modalidades de cobertura do solo (casca de amêndoa, tela preta

e sem cobertura) e *“três cultivares utilizadas na região, as laranjeiras ‘Valencia Late’ e ‘Navelina’ e a tangerineira ‘Hernandina’”*.

Após a instalação das três modalidades de cobertura do solo procedeu-se *“à sementeira de dois tipos de cobertura vegetal do solo na entrelinha, designadamente, sideração (mistura de fava miúda, ervilhaca, gramicha, aveia e cevada) e enrelvamento permanente (mistura comercial Revin IV® mais aveia e cevada)”*. Foi aplicado enxofre granulado (1600 kg/ha). A fertilização de cobertura foi efetuada em fertirrega, no entanto as árvores apresentavam sintomas de carências nutritivas e pouco vigor, assim foram aplicados 800 a 1200 kg/ha de vinhaça (matéria orgânica líquida de origem vegetal) Segundo o mesmo Projeto, foram aplicados, também, 5 l/ha/ano de *Fertiormont* Fe-Mn-Zn (fertilizante orgânico líquido), repartidos em quatro aplicações. A fertilização foi complementada com a aplicação de *Agrimartin Bio Líquido*. O ensaio iniciou-se em 2002 sendo o seu término em 2008, considerando que a instalação do pomar se realizou no ano de 1995. Assim foram efetuadas as colheitas pesando a fração da produção comercializável por árvore (Quadro 21, Anexo I).

Com a realização deste ensaio o (DRAPALG & IIFAPJA, 2008) considera que o MPB apresenta condições ótimas ao desenvolvimento de citrinos no futuro. *“Em termos absolutos, a maior produção de laranja foi obtida pela ‘Valencia Late’ em 2006 (49 t/ha) na modalidade tela. A maior produção da ‘Hernandina’ foi obtida em 2006 (35 t/ha), também na modalidade tela”*. As produções registadas atingiram valores diferentes das obtidas em pomares de AC. A menor produção registada (após quatro anos da instalação, sendo o que se espera para pomares intensivos), tendo sido utilizado N por via foliar, em 2006 foi de 55300 kg/ha, já no MPB a maior produção registada para o mesmo período para uma espécie de cultivar de citrinos foi de 38500 kg/ha (após dois anos da instalação cobertura vegetal do solo).

Admitindo um período de produção de quatro anos para o MPB, este poderia registar valores de 77000 kg/ha, sendo estes superiores ao máximo registado para AC utilizando a fertilização tradicional.

4.1.4. Fertilizantes frequentemente aplicados à citricultura

No Quadro 22 (Anexo I) são apresentadas a título orientativo valores médios das quantidades de Azoto, Fósforo e de Potássio tendo em conta a idade das árvores e aplicáveis em solos com níveis normais de matéria orgânica (Massapina Jr. & Gonçalves, 1995).

Por outro lado as adubações foliares devem ser um complemento das adubações do solo, não sendo a sua substituição (Guerreiro, s.d.). Esta é recomendada para que sejam corrigidas as carências nutritivas das plantas (Guerreiro, s.d.). Nos pomares de citrinos podem notar-se deficiências em ferro, manganês, zinco, magnésio e molibdénio.

No Anexo I, no Quadro 23 são apresentados alguns dos fertilizantes que são frequentemente aplicados.

5. Resultados e Discussão

É de salientar que no caso da PC, esta não contabiliza a totalidade das emissões, e no caso da PE, tendo sido determinada apenas utilizando uma parte do ciclo de vida os impactes são limitados à fase analisada. Tendo sido referido anteriormente que, por exemplo, a PE não contabiliza o consumo de água doce, a erosão do solo, as emissões de GEE, bem como os impactes para os quais não existe capacidade regenerativa.

5.1. Produção de fertilizantes

Para contabilização das emissões de GEE no presente trabalho em relação ao fertilizante químico foi selecionado a Ureia e Fosfato de Monoamónio (MAP), sendo relacionadas com as necessidades da cultura de citrinos. A produção destes não afetará diretamente a região, tendo sido admitido como local de produção a empresa ADP-Fertilizantes, localizada em Alverca do Ribatejo.

Em relação ao fertilizante orgânico selecionou-se uma empresa da região, a ALGAR S.A., produtora de composto orgânico (Nutriverde®), proveniente do processo de compostagem de resíduos verdes. Este é produzido nas Estações de Compostagem da ALGAR S.A. (Portimão, Tavira e São Brás de Alportel) sendo comercializado posteriormente a agricultores/particulares locais. Segundo a ALGAR, S.A. (2012), a dose recomendada para a cultura de citrinos é aproximadamente de 20 t de Nutriverde® por ha, de dois em dois anos.

Nos Quadros 13 e 14 são apresentados os resultados dos cálculos da PC e PE, sendo possível constatar diferenças significativas nos valores finais das Pegadas (Figuras 4 e 5). A PC do fertilizante químico corresponde a 11 755 t CO₂ eq/ano e a PE a 28 063 gha. No caso do fertilizante orgânico o cálculo da PC apenas foi contabilizado o consumo de combustível *diesel* e o consumo de água, no cálculo da PE fora contabilizados o consumo de energia e emissões de CO₂ e CH₄. Este apresenta uma de PC de 111 t CO₂ eq/ano e uma PE de 8 832 gha/ano.

Quadro 13 - PE e PC para a produção de fertilizante químico

Fertilizante químico							
Processo	Fertilizante	Emissões		Referências Bibliográficas	Pegada Carbono (t CO ₂ eq/ano)	Total de CO ₂ emitido (t CO ₂ /ano)	Pegada Ecológica (gha)
		g CO ₂ /kg de fertilizante	g CO ₂ eq /kg de fertilizante				
<i>Produção</i>	Ureia	1 802,48	1 848,70	Wood & Cowie (2004)	9 257	9 026	22 081
	MAP	688,43	703,20	Wood & Cowie (2004)	2 498	2 445	5 983
Total					11 755	11 471	28 063

Quadro 14 - PC e PE para a produção de fertilizante orgânico

Fertilizante orgânico - Nutriverde®						
Processo	Combustão de Combustível (l/t resíduos compostados) ¹	Energia (kWh/t resíduos compostados) ¹	Emissões (t resíduos compostados)			Fonte
			CO ₂ (t/t resíduos) ²	CH ₄ (t/t resíduos) ¹	N ₂ O (t/t resíduos) ¹	¹ Boldrin <i>et al.</i> (2009)
<i>Produção</i>	3,2	4	0,44	0,00342	0,0001298	² United States Environmental Protection Agency & RTI International, (2010)

Fertilizante orgânico - Nutriverde®						
Consumo de água (t água/ t resíduo/ano)	Cálculo da Pegada Carbono (t CO ₂ eq/ano)		Cálculo da Pegada Ecológica (gha)			
	Consumo de combustível <i>Diesel</i>	Consumo de água	Consumo de energia	Emissões		
1 023	110,49	0,82	4 702	CO ₂ †	CH ₄	N ₂ O
			Emissões (t/t resíduos compostados)	1 688	44	2
			PE (gha)	4 130	0,05	-

Total PC Produção (t CO₂ eq/ano)	111	Total PE Produção (gha)	8 832
--	-----	--------------------------------	-------

† Admitindo um conteúdo de sólidos de 30%.

Figura 4 - Pegada de Carbono da produção de fertilizantes (t CO₂ eq/ano)

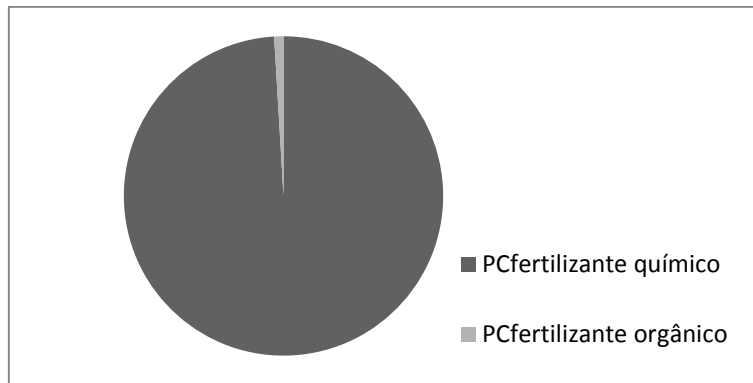
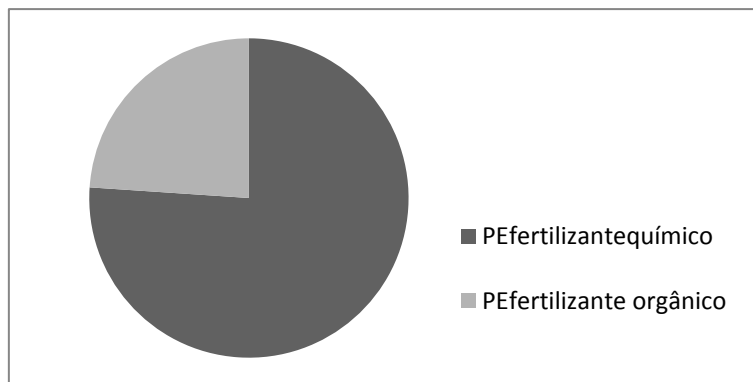


Figura 5 - Pegada de Ecológica da produção de fertilizantes (gha/ano)



Os consumos de energia, de água e de combustíveis calculados no presente trabalho são semelhantes aos consumos presentes no estudo de Martínez-Blanco *et al.* (2009) referentes à estação de compostagem localizada em Espanha. No entanto, nas emissões essa semelhança não se verifica, possivelmente devido à tecnologia aplicada, nomeadamente pela utilização de biofiltros num edifício fechado (5,45 t CH₄/ano e 0,30 kg N₂O/ano). As emissões correspondentes ao processo de compostagem de verdes efetuado pela ALGAR, S.A. são de 44 t CH₄/ano e 2 t N₂O/ano. Admitindo 0,2 t CO₂ biogénico/t resíduos compostados a ALGAR, S.A. apresenta 2 558 t CO₂ biogénico/ano. No entanto em relação ao CO₂ biogénico o valor das emissões é semelhante, sendo o valor da emissão da estação de compostagem localizada em Espanha de 2 385 t CO₂ biogénico/ano.

Segundo Boldrin *et al.* (2009), na tecnologia utilizando pilhas de compostagem revirada não é efetuado nenhum tratamento de emissões, sendo o caso das estações de compostagem da ALGAR S.A..

5.2. Transporte de fertilizantes

Considerou-se a ADP Fertilizantes, produtora de Ureia, responsável pelo transporte desde Alverca do Ribatejo até Faro. Admitiu-se também que esta produz MAP. Considerou-se uma distância de aproximadamente 300 km, sendo o transporte efetuado por via rodoviária por veículo pesado com capacidade para 32 t.

Em relação ao fertilizante orgânico, o Nutriverde® é transportado em “*Big Bags*” (aproximadamente 800 kg) em veículos com capacidade para 32 t. Sendo admitida uma distância máxima de um raio de 50 km desde as estações de compostagem de Portimão, Tavira e São Brás de Alportel. A velocidade média a que circula o veículo é de aproximadamente 58 km/h.

Nos Quadros 15 e 16 são apresentadas as contabilizações das emissões.

Barrett *et al.* (2002) indica que as emissões de CO₂ na compostagem de verdes associam-se maioritariamente ao transporte de resíduos verdes para a estação de compostagem e de composto para o local de aplicação. Observando as Figuras 6 e 7, verifica-se que a distância correspondente ao transporte do composto orgânico para o local de aplicação é maior, conseqüentemente a PC e a PE apresentam valores superiores. A diferença de valores tanto da PC como da PE, pode justificar-se pelo facto das diferentes necessidades de fertilizante, isto é, os citrinos necessitam de 0,2 t N/ha/ano e 0,07 t P₂O₅/ha/ano considerando o fertilizante químico, por outro lado de fertilizante orgânico necessitam de 10 t/ha/ano. Tendo de ser efetuada uma distância maior para o local de aplicação.

Quadro 15 - PE para o transporte de fertilizante químico

Fertilizante químico						
Processo	Fertilizante	Distância (km/ano)	Consumo de combustível Diesel (l/ano)	Emissões	Cálculo da Pegada de Carbono (t CO ₂ eq)	Cálculo da Pegada Ecológica (gha)
				CO ₂ (t/ano)		
Transporte	Ureia	93 887	35 677	0,33	96	0,80
	MAP	66 602	25 309	0,23	68	0,57
				Total	165	1,37

Quadro 16 - PE para o transporte de fertilizante orgânico

Fertilizante orgânico - Nutriverde®					
Processo	Distância (km/ano)	Consumo de combustível	Emissões	Cálculo da Pegada de Carbono (t CO ₂ eq)	Cálculo da Pegada Ecológica (gha)
		Diesel (l/ano)	CO ₂ (t/ano)		
Transporte	427 469	162 438	1,49	439	3,65

Figura 6 - Pegada de Carbono do transporte de fertilizantes (t CO₂ eq/ano)

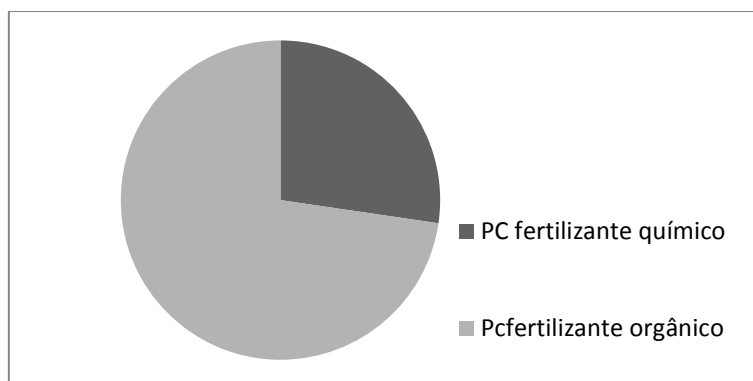
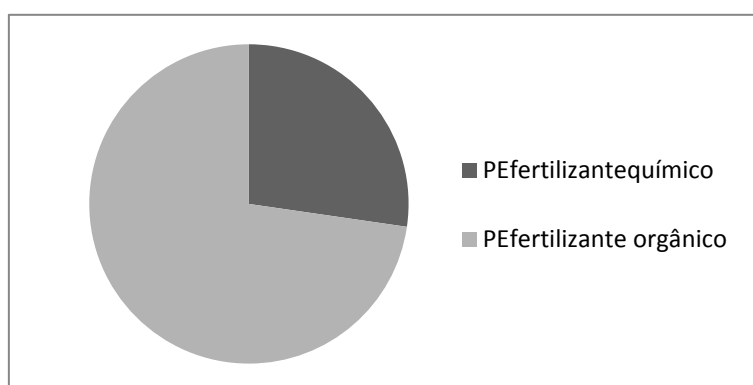


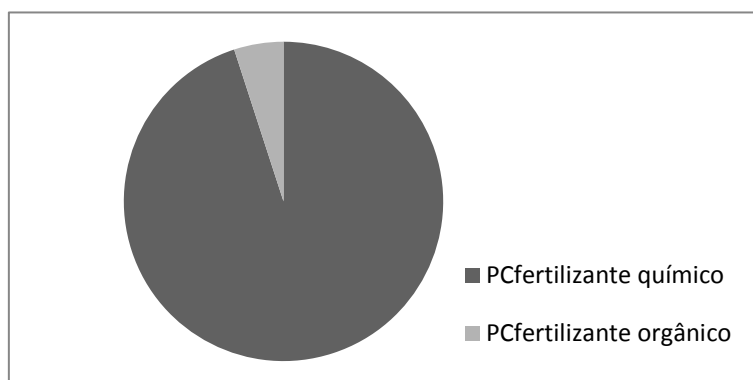
Figura 7 - Pegada de Ecológica do transporte de fertilizantes (gha/ano)



5.3. Aplicação de fertilizantes

Os Quadros 17 e 18, apresentam a PC do fertilizante químico e a PC do fertilizante orgânico, respetivamente. Sendo que a PC da aplicação do fertilizante químico é de 15 320 t CO₂ eq/ano e a PC da aplicação do fertilizante orgânico é de 807 t CO₂ eq/ano. A diferença nos valores justifica-se pela não contabilização do CO₂ biogénico, sendo este parte integrante no ciclo natural de carbono. A Figura 8 ilustra a PC da aplicação de fertilizantes.

Figura 8 - Pegada de Carbono da aplicação de fertilizantes (t CO₂ eq/ano)



Quadro 17 - PC para a aplicação do fertilizante químico

Fertilizante químico					
Processo	Fertilizante	Emissões		Referência	Pegada de Carbono (t CO ₂ eq/ano)
		Pegada de Carbono (kg CO ₂ eq /kg de N)			
Aplicação no solo	Geral de Fertilizantes	5,6		Yara International ASA (2012)	15 320

Quadro 18 - PC para a aplicação de fertilizante orgânico

Fertilizante orgânico - Nutriverde®							
Processo	Combustão de Combustível (l/t resíduos compostados)	Emissões		Referência Bibliográfica	Emissões: CO ₂ biogénico (t/t resíduos compostados)	Cálculo da Pegada Carbono (t CO ₂ eq/ano)	
		CO ₂ biogénico (t/t resíduos compostados)	N ₂ O (t/t resíduos compostados)			Consumo de combustível Diesel	Emissões: N ₂ O
Aplicação no solo	0,40	0,6	0,0002	Boldrin <i>et al.</i> (2009)	7 673	14	793
						Total	807

5.4. Pegada total

Hillier *et al.* (2009) salientam que a PC, devido à agricultura, está diretamente relacionada com a utilização de fertilizantes químicos. Verificando-se uma PC da aplicação de fertilizantes químicos, contabilizando a fase de produção, transporte e aplicação, de 27 240 t CO₂ eq/ano.

Niles (2008) refere que uma mudança de produção para sistemas biológicos poderá conseguir uma diminuição das emissões de GEE, em comparação com a AC. Tendo sido verificado que PC_{total} de fertilizantes orgânicos, de 1 357 t CO₂ eq/ano, sendo significativamente menor que a PC_{total} de fertilizantes químicos.

Como referido anteriormente a cultura de citrinos apresenta um período de vida útil entre 20 a 40 anos, verificando-se uma produção máxima entre 10 e os 30 anos. Assim, ao considerar um período de produção de 30 anos, aplicar-se-ão os fertilizantes químicos anualmente.

A ALGAR, S.A. recomenda a aplicação de 20 t de Nutriverde® de dois em dois anos, no entanto considerando uma aplicação anual, aplicar-se-á 10 t/ano.

Tendo em conta a aplicação de fertilizante químico durante 30 anos, ter-se-á:

- 5 007 t de Ureia/ano x 30 anos = 150 220 t de Ureia
- 3 552 t de MAP/ano x 30 anos = 106 564 t de MAP

Se for efetuada a substituição do fertilizante químico por orgânico, ter-se-á:

- 136 790 t de Nutriverde®/ha/ano x 30 anos = 4 103 700 t de Nutriverde®

Ao longo de 30 anos a diferença de necessidade em termos de fertilizantes é bastante significativa, apesar da quantidade de fertilizantes químicos ser menor que a de fertilizante orgânico a PE e a PC deste são menores. Devendo ter-se em consideração que a produção de composto orgânico evita a deposição de resíduos verdes em AS, conseguindo uma redução nas emissões de metano (principal emissão em AS) e produção de lixiviados. Tendo em consideração que a não utilização de fertilizantes químicos diminui emissões de azoto (como NH₃ e N₂O), a produção de lixiviados contendo nitratos, e perdas de potássio e fósforo para as águas subterrâneas.

No entanto Costa (2010), refere que a prática agrícola convencional apresenta uma maior produção física por unidade de área e um maior rendimento económico. Porém os ensaios realizados, ano de 2006, pela DRAPALG, registam produções semelhantes, a fertilização química apresenta valores de aproximadamente 74 t de frutos/ha, e de 77t de frutos/ha para o MPB. Considerando que Boldrin *et al.* (2009) refere que o composto orgânico contém nutrientes que substituem o uso de fertilizantes químicos (fertilizantes N, P₂O₅, K₂O), fazendo com que este seja parte integrante de plano de fertilização, poder-se-á afirmar que ao utilizar-se boas práticas e tecnologias agrícolas irá verificar-se uma redução das emissões de GEE, aumentando o armazenamento de C nos solos; preservando o já existente; e reduzindo o CO₂, o CH₄ e o N₂O.

Sendo que o Nutriverde® é um corretivo orgânico 100% vegetal obtido exclusivamente a partir de resíduos verdes (parques, jardins, terrenos de golfe) consegue devolver ao solo matéria orgânica que será absorvida pelas plantas.

Assim poder-se-á afirmar que quanto mais carbono for retido no solo, menos CO₂ será emitido, contribuindo assim para a redução de GEE. Desta forma o Nutriverde® consegue adsorver ou promover a degradação de produtos tóxicos e pesticidas, reduzindo o perigo de contaminação de águas subterrâneas, promove a absorção de nutrientes pela planta, ativando o crescimento desta e um maior aquecimento do solo na Primavera, permitindo a antecipação das colheitas, e aumentando a capacidade de retenção de água.

Podendo a floresta acumular, a longo prazo, grandes quantidades de C, quer na matéria vegetal, quer na matéria orgânica do solo, são consideradas, em larga escala, o reservatório de C mais importante da biosfera.

Considerando os resultados calculados, a PE do fertilizante químico é de 28 064 gha e a PE correspondente ao fertilizante orgânico é de 8 836 gha.

Ewing *et al.* (2010) apresenta uma PE_{total} para Portugal no ano de 2007 corresponde de 47 560 800 gha (Quadro 19).

Quadro 19 - PE de Portugal no ano de 2007. (Fonte: Ewing *et al.* (2010))

PE Portugal (2007)	
População (milhões de habitantes)	10,64
PE (gha/hab)	4,47
PE total (gha)	47 560 800

Considerando uma PE de Portugal de 47 560 800 gha e uma produção e uma PE do fertilizante químico de 28 064 gha, a proporção da PE correspondente à produção de citrinos na região do Algarve é de 0,06 %; e a mesma proporção para a PE do fertilizante orgânico de 8 836 gha é de 0,02 %.

Wallen *et al.* (2004, cit. (Mordini *et al.* 2009)) refere emissões de GEE de 0,25 t CO₂ eq/t de laranjas consumidas, estando incluído no valor das emissões o cultivo de laranjas, o seu processamento, o transporte e a distribuição para os consumidores na Suécia.

Considerando uma produção de 55 t de fruto/ha e uma área de citrinos de 13 679 ha na Região do Algarve, ter-se-ia uma produção de 752 345 t de frutos. Admitindo uma PC da aplicação de fertilizantes químicos de 27 240 t CO₂ eq/ano ter-se-ia 0,036 t CO₂ eq/t de frutos, em relação à PC da aplicação de fertilizantes orgânicos 1 357 t CO₂ eq/ano ter-se-ia 0,0018 t CO₂ eq/t de frutos.

6. Considerações Finais

A PE é apresentada como indicador ambiental, permitindo estabelecer o balanço entre o consumo de recursos e a capacidade regenerativa dos ecossistemas para sustentar e absorver a produção de resíduos efetuados por um indivíduo, uma sociedade, uma economia, ou até uma atividade.

Este indicador de desenvolvimento sustentável pode relacionar-se com a qualidade de vida. Os países desenvolvidos apresentam melhor qualidade de vida, no entanto estes, impõem pressão sobre o ambiente com consumo de recursos não-renováveis. Expressando, conseqüentemente, uma maior PE. Assim, pode admitir-se que a PE funciona como um indicador de consumo.

Desta forma, ao longo deste trabalho foi analisada a PE conjuntamente com a PC uma das indústrias com maior dinamização e emergência, os compostos orgânicos.

Tendo presente a importância das questões ambientais nas tomadas de decisão por parte das organizações, a realização de estimativas da PE torna-se essencial, contribuindo para clarificar o impacto das organizações no ambiente, estando informadas e conscientes nas suas decisões tendo como objetivo global o melhoramento do atual estado de conservação do ambiente.

Uma das dificuldades da realização deste trabalho foi a escassa existência de estudos e dados sobre as emissões provenientes de estações de compostagem, nomeadamente em Portugal. Como se verificou, a empresa escolhida, produtora de composto orgânico na Região Algarvia, não contabiliza nenhuma das suas emissões atmosféricas. Assim, sugere-se o desenvolvimento de pesquisas nesta área de modo a corrigir esta falha e a aferir a realidade portuguesa no sector das emissões de GEE.

Contudo, a PE apresenta um potencial que deve ser aproveitado e explorado, inicialmente, como ferramenta de comunicação sendo este um conceito que apresenta compreensão e aceitação por parte do público em geral. Conseguindo transmitir uma mensagem de carácter global, ao calcular uma pegada de um país, cidade ou empresa, e validar o estado do consumo individual e organizacional. A

realização deste trabalho permitiu aprofundar o conhecimento sobre um indicador de sustentabilidade recente e atual. No entanto, não se verifica, tanto como seria desejável, a utilização deste indicador na monitorização das atividades por parte das empresas, a nível nacional e internacional. Este trabalho tem como objetivo contribuir para estudos futuros e difundir a metodologia utilizada.

Em relação ao sistema de produção convencional determinaram-se valores para a PE de 28 064 gha e uma PC de 27 240 t CO₂ eq/ano. No sistema de produção orgânico a PE é de 8 836 gha e a PC de 1 357 t CO₂ eq/ano.

Como referido, o cálculo das Pegadas não são valores totais: no caso da PC, esta não contabiliza a totalidade das emissões (apenas CO₂ eq); e no caso da PE, foi determinada apenas utilizando uma parte do ciclo de vida.

Sendo apenas contabilizado o transporte e a aplicação de fertilizantes químicos na Região Algarvia a PC é de 15 321 t CO₂ eq/ano, sendo as fases que afetam diretamente a região. Por outro lado, a PC do fertilizante orgânico contabilizando a produção, transporte e aplicação do Nutriverde® é de 1 357 t CO₂ eq/ano.

Pode concluir-se que a mudança para a aplicação do fertilizante orgânico, Nutriverde®, justifica-se ambientalmente.

Referências

- ADP Fertilizantes, S.A. 2010. Página Web: “Citrinos”. ADP Fertilizantes, S.A.: Alverca do Ribatejo. Consultado em: Setembro de 2015.
- Aguiar, Ana, Maria do Céu Godinho, and Cristina Amaro da Costa. 2005. *Produção Integrada*. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto.
- AIAB. 2011. *Política Nacional Para a Agricultura Biológica*. Associação Interprofissional para a Agricultura Biológica: Lisboa.
- ALGAR, S.A. 2012. *Doses E Épocas de Aplicação Do Nutriverde® Em Diferentes Culturas*. Algar Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A: Faro.
- Andersen, Jacob Kragh. 2010. “Composting of Organic Waste: Quantification and Assessment of Greenhouse Gas Emissions.” PhD Thesis, Technical University of Denmark: Lyngby.
- Barrett, J, H Vallack, and a Jones. 2002. “A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York.”. Stockholm Environment Institute: Stockholm.
- Basosi, Riccardo, Daniele Spinelli, Angelo Fierro, and Sabina Jez. 2014. “Mineral Nitrogen Fertilizers: Environmental Impact of Production and Use.” In *Fertilizers: Components, Uses in Agriculture and Environmental Impacts*, edited by Fernando Lòpez-Valdez and Fabiàn Fernández Luqueno, 1- 42. NOVA Science Publishers: Italy.
- Beccali, Marco, Maurizio Cellura, Maria Iudicello, and Marina Mistretta. 2010. “Life Cycle Assessment of Italian Citrus-Based Products. Sensitivity Analysis and Improvement Scenarios.” *Journal of Environmental Management* 91 (7), 1415–28. doi:10.1016/j.jenvman.2010.02.028.
- Becker, Michael, Terezinha da Silva Martins, Fabrício de Campos, and Jennifer Mitchell. 2012. *A Pegada Ecológica de Campo Grande E a Família de Pegadas*. WWF-Brasil: Brasília.
- Boldrin, Alessio, Jacob K Andersen, Jacob Møller, Thomas H Christensen, and Enzo Favoino. 2009. “Composting and Compost Utilization: Accounting of Greenhouse Gases and Global Warming Contributions.” *Waste Management & Research : The Journal of the International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA* 27 (8), 800–812. doi:10.1177/0734242X09345275.
- Borucke, Michael, David Moore, Gemma Cranston, Kyle Gracey, Katsunori Iha, Joy Larson, Elias Lazarus, Juan Carlos Morales, Mathis Wackernagel, and Alessandro Galli. 2013. “Accounting for Demand and Supply of the Biosphere’s Regenerative Capacity: The National Footprint Accounts' Underlying Methodology and Framework.” *Ecological Indicators* 24 (24), 518–33. doi:10.1016/j.ecolind.2012.08.005.

- Brentrup, F, J Küsters, J Lammel, P Barraclough, and H Kuhlmann. 2004. "Environmental Impact Assessment of Agricultural Production Systems Using the Life Cycle Assessment (LCA) Methodology II. The Application to N Fertilizer Use in Winter Wheat Production Systems." *European Journal of Agronomy* 20 (3), 265–79. doi:10.1016/S1161-0301(03)00039-X.
- Brentrup, F., J. Küsters, H. Kuhlmann, and J. Lammel. 2004. "Environmental Impact Assessment of Agricultural Production Systems Using the Life Cycle Assessment Methodology: I. Theoretical Concept of a LCA Method Tailored to Crop Production." *European Journal of Agronomy* 20, 247–64. doi:10.1016/S1161-0301(03)00024-8.
- Brentrup, Frank, and Christian Pallière. 2008. *Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions in European Nitrogen Fertiliser Production and Use*. International Fertiliser Society: York, UK.
- Burgess, Bill, and Jessica Lai. 2006. *Ecological Footprint Analysis and Review*. Kwantlen University College: Surrey.
- Cadena, Erasmo, Joan Colón, Adriana Artola, Antoni Sánchez, and Xavier Font. 2009. "Environmental Impact of Two Aerobic Composting Technologies Using Life Cycle Assessment." *The International Journal of Life Cycle Assessment* 14 (5), 401–10. doi:10.1007/s11367-009-0107-3.
- Caixeirinho, Dalila da Cruz. 2007. "Determinação da Qualidade do Fruto em Citrinos de Diferentes Modos de Produção." Dissertação para obtenção do grau de Mestre. Universidade do Algarve: Faro.
- Comissão Europeia. 2012. *Uma Agricultura Sustentável para o Futuro a que Aspiramos*. Comissão Europeia: Bruxelas.
- Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 1991. "O Nosso Futuro Comum." Reimpresso pela *Fundação Getúlio Vargas*: Rio de Janeiro.
- Costa, Ana Alexandra. 2010. "Agricultura Sustentável I: Conceitos." *Rev. de Ciências Agrárias* 33(2), 1-14.
- Costa, Ana Carina. 2008. "Desenvolvimento de Uma Metodologia Expedida de Cálculo Da Pegada Ecológica de Uma Cidade – O Caso de Lisboa." Dissertação para obtenção do grau de Mestre. Instituto Superior Técnico: Lisboa.
- Cunha, Maria José, Rui Amaro, Alexandra Oliveira, and Fernando Casau. 2005. *Tecnologias Limpas em Agro-Pecuária*. 1ª ed. Sociedade Portuguesa de Inovação: Porto.
- Dawson, C.J., and J. Hilton. 2011. "Fertiliser Availability in a Resource-Limited World: Production and Recycling of Nitrogen and Phosphorus." *Food Policy* 36 (January), S14–22. doi:10.1016/j.foodpol.2010.11.012.

- DEFRA. 2005. *Sustainable Consumption and Production – Development of an Evidence Base Study of Ecological Footprinting*. Department for Environment Food & Rural Affairs: London.
- DGPC. 2005. *Produção Integrada da Cultura de Citrinos*. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas: Oeiras.
- Domínguez-Gento, Alfons. 2008. *La Citricultura Ecológica. y Ganaderos*, Dirección Gral. de Agricultura Ecológica, Consejería de Agricultura y Pesca: Espanha.
- DRAPALG, and IIFAPJA. 2008. “Actuações Conjuntas no Algarve e Andaluzia para Optimização do Desenvolvimento da Citricultura.” Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía: Faro.
- Duarte, Amílcar Marreiros. 2012. “Breves Notas Sobre a Citricultura Portuguesa.” *Agrotec* 3, 40 - 44.
- EDP. 2013. “Impactes Ambientais.” Página Web: *Evolução Das Emissões Específicas*. Electricidade de Portugal. Consultado em: Setembro de 2015.
- Entreprises pour l’Environnement. 2010. *Protocol for the Quantification of Greenhouse Gases Emissions from Waste Management Activities*. Entreprises pour l’Environnement: Paris.
- Eriksson, O., M. Carlsson Reich, B. Frostell, A. Björklund, G. Assefa, J.-O. Sundqvist, J. Granath, A. Baky, and L. Thyselius. 2005. “Municipal Solid Waste Management from a Systems Perspective.” *Journal of Cleaner Production* 13 (3), 241–52. doi:10.1016/j.jclepro.2004.02.018.
- Euronatura. 2009. “AMBICIDADES – A Resposta das Cidades às Alterações Climáticas. Área Metropolitana do Porto”. Euronatura: Lisboa.
- Ewing, Brad, David Moore, Steven H. Goldfinger, Anna Oursler, Anders Reed, and Mathis Wackernagel. 2010. “Ecological Footprint Atlas 2010”. Global Footprint Network: Oakland.
- Fallahpour, F., a. Aminghafouri, a. Ghalegolab Behbahani, and M. Bannayan. 2012. “The Environmental Impact Assessment of Wheat and Barley Production by Using Life Cycle Assessment (LCA) Methodology.” *Environment, Development and Sustainability* 14 (6), 979–92. doi:10.1007/s10668-012-9367-3.
- Fisher, Karen. 2006. “Impact of Energy from Waste and Recycling Policy on UK Greenhouse Gas Emissions”. Department for Environment, Food and Rural Affairs: Oxford.
- Geerdink, Tara Roosmarijn Anna. 2009. “The Current Position of the Agricultural Sector in the Algarve Region - An Earth & Economy Study on the Water

Quality in the Quarteira Aquifer”. Relatório para a obtenção para o grau de licenciatura. Vrije University: Amesterdão.

Guerreiro, António. s.d. “Adubação Dos Citrinos.” Direcção Regional de Agricultura do Algarve: Faro.

Guinée, Jeroen B., Marieke Gorrée, Reinout Heijungs, Gjal Huppes, René Kleijn, Arjan de Koning, Lauran van Haes, Sangwon Sleeswijk, Anneke Wegener Suh, and Helias A. Udo x Suh. 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht.

Hillier, Jonathan, Frank Brentrup, Martin Wattenbach, Christof Walter, Tirma Garcia-Suarez, Llorenç Mila-i-Canals, and Pete Smith. 2012. “Which Cropland Greenhouse Gas Mitigation Options Give the Greatest Benefits in Different World Regions? Climate and Soil-Specific Predictions from Integrated Empirical Models.” *Global Change Biology* 18 (6), 1880–94. doi:10.1111/j.1365-2486.2012.02671.x.

Hillier, Jonathan, Cathy Hawes, Geoff Squire, Alex Hilton, Stuart Wale, and Pete Smith. 2009. “The Carbon Footprints of Food Crop Production.” *International Journal of Agricultural Sustainability* 7 (2), 107–18. doi:10.3763/ijas.2009.0419.

Huijbregts, Mark a.J., Stefanie Hellweg, Rolf Frischknecht, Konrad Hungerbühler, and a. Jan Hendriks. 2008. “Ecological Footprint Accounting in the Life Cycle Assessment of Products.” *Ecological Economics* 64 (4), 798–807. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.04.017.

INE. 2013. “Estatísticas Agrícolas 2012”. Instituto Nacional de Estatística: Lisboa.

Massapina Jr., José F., and Fernando N. Gonçalves. 1995. *Citricultura: Guia Ilustrado*. Direcção Regional de Agricultura do Algarve: Faro.

Kramer, Klaas Jan, Henri C Moll, Sanderine Nonhebel, and Harry C Wilting. 1999. “Greenhouse Gas Emissions Related to Dutch Food Consumption.” *Energy Policy* 27, 203–16.

Lopes, Marta, Érica Castanheira, and António Dinis Ferreira. 2005. “Gestão Ambiental e Economia de Recursos.” 1ª ed. Sociedade Portuguesa de Inovação: Porto.

Madeira, Maria Emília. 2007. “A Citricultura Algarvia, Estratégias Técnicas E Institucionais Para O Início Do Séc. XXI.” Dissertação para a obtenção do grau de doutor. Universidade do Algarve: Faro.

Manfredi, Simone, Davide Tonini, Thomas H Christensen, and Heijo Scharff. 2009. “Landfilling of Waste: Accounting of Greenhouse Gases and Global Warming Contributions.” *Waste Management & Research : The Journal of the*

International Solid Wastes and Public Cleansing Association, ISWA 27 (8), 825–36. doi:10.1177/0734242X09348529.

Martínez-Blanco, Julia, Pere Muñoz, Assumpció Antón, and Joan Rieradevall. 2009. “Life Cycle Assessment of the Use of Compost from Municipal Organic Waste for Fertilization of Tomato Crops.” *Resources, Conservation and Recycling* 53 (6), 340–51. doi:10.1016/j.resconrec.2009.02.003.

Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas. 2007. *Nomenclatura: Ocupações Culturais*. Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas: Lisboa.

Mordini, Manuela, Thomas Nemecek, and Gérard Gaillard. 2009. “Carbon & Water Footprint of Oranges and Strawberries A Literature Review.” Federal Department of Economic Affairs: Zurich.

Niles, Meredith. 2008. “Sustainable Soils: Reducing, Mitigating, and Adapting to Climate Change with Organic Agriculture.” *Sustainable Development Law & Policy* 9 (1), 19–23.

Ntziachristos, Leonidas, and Zissis Samaras. 2000. *COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport. User Manual (Version 2.1)*. European Environment Agency: Copenhagen.

Nunes, L. M., a. Catarino, M. Ribau Teixeira, and E. M. Cuesta. 2013. “Framework for the Inter-Comparison of Ecological Footprint of Universities.” *Ecological Indicators* 32. 276–84. doi:10.1016/j.ecolind.2013.04.007.

Obreza, Thomas A., and Kelly T. Morgan. 2008. “Nutrition of Florida Citrus Trees.” University of Florida: Florida.

PW & GSCanada. 2013. “Technical Document on Municipal Solid Waste Organics Processing.” Gatineau: Minister of the Environment.

Recycled Organics Unit. 2006. “Life Cycle Inventory and Life Cycle Assessment for Windrow Composting Systems”. University of New South: Sydney South.

Recycled Organics Unit. 2007a. “Greenhouse Gas Emissions from Composting Facilities.” Recycled Organics Unit: Sydney South.

Recycled Organics Unit. 2007b. “Life Cycle Inventory and Life Cycle Assessment for Windrow Composting Systems.” University of New South: Sydney South.

Rees, William E. 2000. “Eco-Footprint Analysis: Merits and Brickbats.” *Ecological Economics* 32, 371–74.

Ruževičius, Juozas. 2010. “Ecological Footprint: Evaluation Methodology and International Benchmarking.” *Verslo Ir Teisės Aktualijos* 6 (1), 11–30. doi:10.5200/1822-9530.2011.01.

- Schahczenski, Jeff, and Holly Hill. 2009. "Agriculture , Climate Change". ATTRA—National Sustainable Agriculture Information Service: United States.
- Schuchardt, Frank. 2005. "Composting of Organic Waste." In *Environmental Biotechnology. Concepts and Applications*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim.
- Scialabba, Nadia El-Hage, and Maria Müller-Lindenlauf. 2010. "Organic Agriculture and Climate Change." *Renewable Agriculture and Food Systems* 25 (02), 158–69. doi:10.1017/S1742170510000116.
- Science for Environment Policy. 2011. "Product Footprinting". European Commission: Brussels.
- Skowrońska, Monika, and Tadeusz Filipek. 2014. "Life Cycle Assessment of Fertilizers: A Review." *International Agrophysics* 28 (1), 101–10. doi:10.2478/intag-2013-0032.
- Tomás, José Carlos, Maria Mendes Fernandes, Eduarda Basílio, and Olímpio Sequeira Marques. 2006. "Ensaio de Fertilização Por via Foliar." Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Algarve: Faro.
- United States Environmental Protection Agency, and RTI International. 2010. "Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for Biogenic Emissions from Selected Source Categories: Solid Waste Disposal Wastewater Treatment Ethanol Fermentation." United States Environmental Protection Agency: United States.
- Valente, Florentino Guerreiro, Pedro Damião Henriques, and Maria Leonor da Silva Carvalho. 2013. "Caracterização E Eficiência Técnica de Explorações Citrícolas Da Região Algarvia." In *Alimentar Mentalidades, Vencer a Crise Global Atas Do ESADR 2013*, 905–24. Évora.
- Van der Werf, Hayo M.G., John Tzilivakis, Kathy Lewis, and Claudine Basset-Mens. 2007. "Environmental Impacts of Farm Scenarios according to Five Assessment Methods." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 118 (1-4), 327–38. doi:10.1016/j.agee.2006.06.005.
- Van Haaren, Rob, Nickolas J Themelis, and Morton Barlaz. 2010. "LCA Comparison of Windrow Composting of Yard Wastes with Use as Alternative Daily Cover (ADC)." *Waste Management (New York, N.Y.)* 30 (12). 2649–56. doi:10.1016/j.wasman.2010.06.007.
- Williams, Adrian G., Eric Audsley, and Daniel L. Sandars. 2010. "Environmental Burdens of Producing Bread Wheat, Oilseed Rape and Potatoes in England and Wales Using Simulation and System Modelling." *International Journal of Life Cycle Assessment* 15 (8), 855–68. doi:10.1007/s11367-010-0212-3.

Wolf, Marc-Andree, Rana Pant, Kirana Chomkhamsri, Serenella Sala, and David Pennington. 2012. *The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook (online Version)*. doi:10.2788/85727.

Wood, Sam, and Annette Cowie. 2004. "A Review of Greenhouse Gas Emission Factors for Fertiliser Production". Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting: New South Wales.

Yara International ASA. 2012. "Carbon Footprint - Climate Impact and Mitigation Potential of Plant Nutrition." Oslo, Norway. doi:2010-06-09.

Anexos

Anexo I

Quadro 20 - Principais modos de produção na citricultura algarvia. Fonte: adaptado de Madeira (2007).

Modos de produção	Áreas de citrinos no Algarve / anos					
	2000		2003		2006	
	ha	%	ha	%	ha	%
Produção "Convencional"	16.138	90%	14.450	78%	12.613	78%
Protecção Integrada	1.614	9,0%	3.838	20,8%	3.320	20%
Agricultura Biológica	70	0,4%	101	0,5%	-	-
Produção Integrada	Não existia	-	76	0,4%	290	2%
Total de área de citrinos	17.892	100%	18.486	100%	16.223	100%

*A área de "Agricultura Biológica" refere-se a finais de 2002.

Quadro 21 - Produção comercializável em Kg/ha das cultivares no ano de 2006. Fonte: adaptado de DRAPALG & IIFAPJA, (2008).

Cultivar/Modalidade		Produção comercializável (kg/ha)
		2006
"Valencia Late"	Casca de amêndoa	38500
	Tela	48833
	Sem cobertura	29167
"Navelina"	Casca de amêndoa	34861
	Tela	44294
	Sem cobertura	25158
"Hernandina"	Casca de amêndoa	19081
	Tela	34921
	Sem cobertura	12153

Quadro 22 - Doses anuais médias para a fertilização do solo para os citrinos. Fonte: Guerreiro (s.d.).

Idade das árvores (anos)	Azoto (N) g/árvore	Fósforo (P ₂ O ₅) g/árvore	Potássio (K ₂ O) g/árvore
1-2	40 -80	0 -20	0 - 30
3-4	120-160	30 -40	40 -80
5-6	240 -320	50 -60	100 -120
7-8	410 - 500	80 - 100	160 -200

9-10	550 - 600	120 -150	250 -300
+ 10	400 - 700	150 -200	300 - 400

Quadro 23 – Produtos e doses a aplicar. Fonte: Guerreiro (s.d.).

Adubo	Concentração %				Solubilidade em água g/l - 20° C
	N	P2 O5	K2O	Outros	
Ureia	46	0	0		1000
Nitrato de Cálcio	15,5	0	0		1200
Sulfato de Amónio	21	0	0		730
Nitrato de Amónio	33,5	0	0		1600
Fertigota	28	0	0		-
Nitrato de Magnésio	11,8	-	-	9,5 (Mg)	600
Nitrato de Potássio	13	0	46		310
Sulfato de Potássio	0	0	50		110
Fosfato Monoamónio	12	61	0		220
Fosfato Biamónio	18	46	0		400
Superfosfato Normal	0	18	0		3
Superfosf. Conc.	0	42	0		7
Ácido Nítrico	15,5	0	0		-
Ácido Fosfórico	0	64,5	0		5500
Molibdato de Amónio				54 (Mo)	-
Sulfato de Manganês				32 (Mn)	500
Sulfato de Magnésio				16 (Mg)	710
Sulfato de Zinco				23 (Zn)	750
Sulfato Ferroso				36 (Fe)	260
Borax				11 (B)	50
Quelatos de Ferro					
Fe - EDDHA				6 (Fe)	90