



PEGADA 4.0: REFERENCIAIS DE EMISSÕES DE CO₂-EQ NA ATIVIDADE AGRÍCOLA EM PORTUGAL (VERSÃO 2023)



José Rafael Marques da Silva^{1,9}
 Maria Caldinhas¹, Manuela Correia⁹
 Patrícia Lourenço⁹, Margarida Oliveira²
 Artur José Amaral², Manuel Patanita³
 José Palma³, Alexandra Tomaz³
 Catarina Silva⁴, Gonçalo Rodrigues⁵
 Rita Costa⁶, Maria da Graça Pereira⁶
 Astride Monteiro⁷, José Palha⁷
 Carla Neno⁷, Tiago Pinto⁸

¹ Universidade de Évora

² Escola Superior Agrária de Santarém

³ Escola Superior Agrária de Beja

⁴ Universidade de Coimbra

⁵ Universidade de Lisboa, ISA

⁶ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. (INIAV) ⁷

Associação de Produtores de Proteaginosas, Oleaginosas e Cereais (ANPOC)

⁸ Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo (ANPROMIS)

⁹ Agroinsider Lda.

RESUMO

Os objetivos propostos no Pacto Ecológico Europeu ("European Green Deal"), na estratégia do Prado ao Prato ("Farm to Fork") e na nova Política Agrícola Comum (PAC) visam a integração de um roteiro de políticas, ações, incentivos e medidas de gestão para fomentar a utilização eficiente dos recursos na agricultura, restaurar e preservar a biodiversidade e as paisagens rurais e reduzir a pegada de carbono. São estes os princípios que motivaram a constituição do consórcio PEGADA 4.0, que tem como objetivos centrais a avaliação da pegada climática de explorações agrí-

colas, bem como, a avaliação das soluções tecnológicas que podem apoiar os empresários na minimização da mesma. Pelos resultados preliminares percebemos que: i) pode existir muita variação entre empresas, o que não surpreende pois não existem empresas agrícolas iguais; ii) podem existir muitas diferenças entre atividades culturais, dependendo os cereais mais dos fertilizantes utilizados (com exceção do arroz) e a arboricultura/fruticultura mais dos combustíveis fósseis; e iii) pode existir muita variação na presença/ausência de animais, bem como na sua tipologia, contudo os mesmos observados de forma holística podem também reduzir o risco de outras potenciais fontes emissoras, nomeadamente quando controlam o risco do fogo. Face à variabilidade encontrada e numa situação de falta de informação servem estes resultados do projeto PEGADA 4.0 como referência ao melhor e ao pior cenário encontrados nas explorações e culturas analisadas.

Palavras-chave: pegada de carbono; biodiversidade; horticultura; cereais; agroflorestal.

INTRODUÇÃO

Os objetivos propostos no Pacto Ecológico Europeu ("European Green Deal") e consequentemente na estratégia do Prado ao Prato ("Farm to Fork") e na nova Política Agrícola Comum (PAC) visam a integração de um roteiro de políticas, ações, incentivos e medidas de gestão para fomentar a utilização eficiente dos

recursos na agricultura, restaurar e preservar a biodiversidade e as paisagens rurais e reduzir a pegada de carbono. Estas medidas no seu conjunto almejam promover um sistema mais resiliente e sustentável. São estes os princípios que motivaram a constituição do consórcio PEGADA 4.0, de abrangência e relevância nacional, onde as diferentes entidades aportam competências nucleares técnico-científicas, de investigação, de transferência de conhecimento, de gestão e de negócio suficientemente robustas para assegurar a qualidade dos resultados e objetivos definidos.

«Relativamente à produção de cereais, o milho é a cultura principal, correspondendo a uma área de 1657,67 ha e 64 parcelas analisadas»

Foram assinadas 29 parcerias estratégicas cujas sinergias e complementaridades serão essenciais para o alcance dos objetivos propostos, com um impacto verdadeiramente estruturante: 20 PME agrícolas que funcionarão como experimentadores/tomadores de tecnologia e ao mesmo tempo facilitadores dos dados de gestão agrícola relevantes à tomada de decisão; uma PME AgroTech que funcionará como facilitador/integrador/criador de valor social ao criar/transferir para a sociedade a tecnologia desenvolvida no âmbito do consórcio; cinco Entidades não Empresariais do Sistema de I&I ("ENESII") e um Laboratório de estado, que desenvolverão a investigação aplicada às distintas pegadas associadas à atividade agrícola e duas Associações de produtores (ANPROMIS e ANPOC) que serão os dinamizadores e utilizadores finais dos resultados do PEGADA 4.0.

Um dos objetivos centrais do PEGADA 4.0 passa por avaliar a pegada climática de distintos empresários agrícolas e das respetivas atividades e é focado neste objetivo central que aqui apresentaremos os principais resultados obtidos.

METODOLOGIA

Área de estudo

Foram 22 as explorações agrícolas que participaram neste estudo e estão localizadas em vários distritos (Beja, Évora, Santarém e Portalegre). Destas explorações, em cinco, a principal atividade é a produção de cereais (1361,64 ha), numa é a produção de culturas hortícolas (229,20 ha) e as restantes 16 dedicam-se à produção agro-silvo-pastoril (22 271,34 ha). Das explorações com produção animal, os animais são essencialmente bovinos (em oito das explorações analisadas) e há uma exploração que além dos bovinos também se produzem ovinos, caprinos e suínos.

Relativamente à produção de cereais, o milho é a cultura principal, correspondendo a uma área de 1657,67 ha e 64 parcelas analisadas. O trigo, sendo a 2ª cultura mais representativa, corresponde a 544,96 ha e 36 parcelas analisadas. A 3ª cultura mais produzida, a colza, embora não seja um cereal, é muitas vezes incluída na rotação de culturas das explorações e corresponde a uma área de 81,79 ha, distribuídos por 21 parcelas diferentes. No caso das culturas hortícolas, as que foram integradas neste estudo são a batata, a cebola, a cenoura, a melancia e o melão, correspondendo a um total de 32 parcelas analisadas.

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

Tecnologia de produção

Na maioria das explorações o tipo de produção é o convencional, isto é, uso da mecanização, aplicação de fitofármacos e fertilizantes de síntese, utilização de sementes ou plantas melhoradas e certificadas, monocultura em grande escala, com uma rotação curta.

Cálculo da Pegada de Carbono

Para este estudo, o Ciclo de Vida de cada cultura inicia-se com a mobilização do solo e termina na colheita dos produtos. No caso da produção animal, é considerado até à saída dos animais da exploração. Não foi considerado o transporte dos produtos até ao armazém, nem o seu posterior processamento.

O cálculo da Pegada de Carbono (PC) foi feito segundo a metodologia desenvolvida pelo IPCC (IPCC, 2019; IPCC, 2006) e National Inventory Report (APA, 2023), tendo em conta dois tipos de fonte de GEE (Gases com Efeito de Estufa):

- Fontes diretas: consumo de combustível e energia, aplicação de fertilizantes sintéticos e mudança do uso de solo (quando há supressão de vegetação nativa para uso da área para outros fins);
- Fontes indiretas: volatilização, lixiviação e escoamento de CO₂-eq (tendo em conta os processos bioquímicos e condições climáticas).

Dados recolhidos para avaliação da Pegada de Carbono

Para o cálculo das EGEE foi necessária a recolha de dados entre 2019 e 2022, relativos a cada ciclo produtivo, os quais estão listados na **Tabela 1**.

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Face aos resultados obtidos poderemos observar, pela **Figura 1**, que as empresas com diversas atividades agrícolas, nomeadamente uma atividade agropecuária, apresentam normalmente um perfil de emissões onde a atividade animal é responsável por aproximadamente metade das emissões da exploração. Nas empresas onde não existam animais, o maior peso em termos de emissões será dos combustíveis fósseis quando falamos de atividades como o olival, o amendoal e a vinha. Nas empresas mais focadas nos cereais (milho, trigo, entre outros), especialmente quando

TABELA 1. Dados recolhidos, relativos a cada tipo de produção e/ou fator de produção das explorações agrícolas.

Fator de produção	Dados recolhidos
Produção Animal	espécie produzida; modo de produção; nº de animais e idades; produção anual.
Produção Vegetal	tipos de cultura (temporárias, permanentes, floresta); modo de produção; épocas de produção; operações culturais realizadas.
Gestão do Solo e Fertilização	tipos de fertilizantes aplicados; quantidade aplicada (kg/ha) e forma de aplicação; quantidade (%) de N, P, K em cada fertilizante; pH do solo.
Colheita	data de colheita; produção obtida.
Combustíveis	quantidade abastecida; local de trabalho do veículo e operação cultural.

Emissões de CO₂-eq (%)

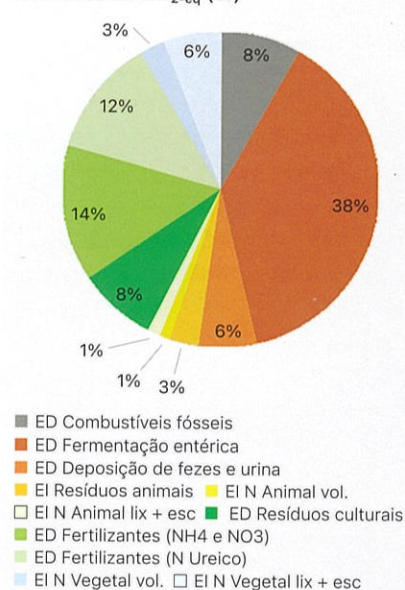


FIGURA 1. Perfil de emissões médio relativo considerando as diferentes explorações.

GWP (Ton CO₂-eq / Ton produto)

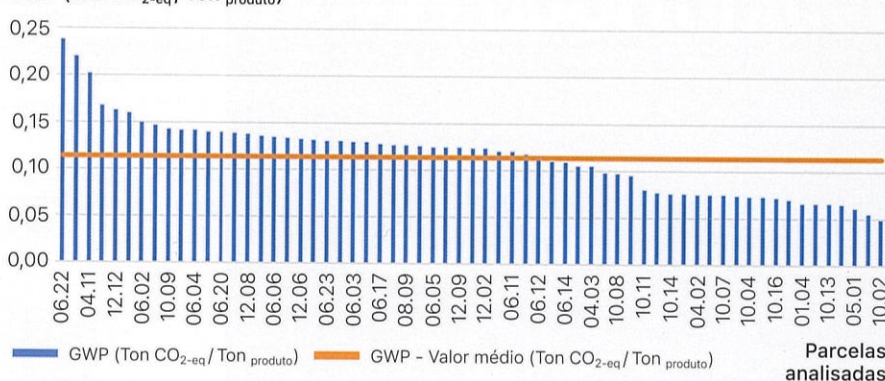


FIGURA 2. Variabilidade da pegada climática de produto (milho) na análise efetuada.



TABELA 2. Emissões médias na produção animal em modo extensivo por tipologia animal e atendendo às características produtivas dos sistemas de produção.

Produtor Id	Espécie	Total de animais (Nº/Produtor)	EGEE (Ton CO ₂ -eq/animal)	EGEE (Ton CO ₂ -eq/ha)
14, 01, 02, 03, 07, 08, 11, 12, FA, T, CA, M, PL, CAN, N, E, R	Bovinos	75, 190, 150, 400, 427, 354, 550, 230, 202, 51, 200, 57, 468, 304, 760, 301, 210	1.67, 1.30, 1.30, 1.66, 1.82, 1.47, 1.74, 1.75, 2.52, 3.17, 1.58, 1.72, 2.00, 2.05, 2.04, 2.05, 1.87	0.51, 0.27, 0.41, 1.19, 1.01, 0.26, 0.85, 0.34, 1.00, 1.21, 2.01, 0.86, 2.77, 1.43, 0.87, 0.77, 1.11
03	Caprinos	620	0.39	0.26
03	Suínos	680	0.32	0.23
05, C, S, E, F	Ovinos	400, 430, 2220, 136, 1792	0.13, 0.23, 0.22, 0.28, 0.19	0.30, 1.11, 0.29, 0.05, 0.58

TABELA 3. Emissões médias na produção vegetal atendendo às características produtivas dos sistemas de produção.

Atividade Cultura	Área total (ha)	Parcelas (N/Cultura)	EGEE (min; med; max) (Ton CO ₂ -eq/ha)	EGEE (min; med; max) (Ton CO ₂ -eq/Ton produto)
Culturas anuais				
Aveia	46.74	2	0.010; 0.043; 0.075	Produtividade desconhecida
Azevém	7.24	1	0.129	Produtividade desconhecida
Cevada	165.67	4	0.101; 0.721; 1.636	0.040; 0.112; 0.190
Chícharo	4.13	2	0.097; 0.102; 0.107	0.129; 0.136; 0.142
Colza	81.79	21	0.387; 0.568; 1.171	0.094; 0.219; 0.412
Erva-do-Sudão	46.35	6	1.318; 1.403; 1.452	0.176; 0.268; 0.548
Ervilha	23.98	2	0.135; 0.861; 1.588	0.227; Produtividade desconhecida numa das parcelas
Ervilhaca	6.00	1	0.545	Produtividade desconhecida
Fava	34.00	1	0.238	0.621
Faveta	14.05	2	0.158; 0.167; 0.176	0.117; 0.124; 0.131
Girassol	166.48	5	0.855; 0.966; 1.268	0.128; 0.368; 0.610
Grão-de-bico	75.42	12	0.117; 0.287; 1.687	0.078; 0.187; 0.777
Milho	1657.56	64	0.669; 1.902; 5.053	0.049; 0.114; 0.220
Sorgo	30.00	1	1.687	Produtividade desconhecida
Trigo Duro	200.37	6	0.128; 1.182; 2.703	0.065; 0.404; 0.965
Trigo Mole	296.41	29	0.150; 0.695; 2.205	0.048; 0.179; 0.882
Triticale	122.05	5	0.748; 1.183; 1.566	0.253; 0.450; 0.585
Horticultura				
Batata	61.00	7	1.765; 1.846; 1.901	0.034; 0.059; 0.135
Cebola	26.20	7	1.640; 1.738; 2.103	0.032; 0.056; 0.102
Cenoura	80.00	7	1.425; 1.516; 1.594	0.030; 0.045; 0.057
Melancia	41.00	6	1.345; 1.433; 1.557	0.030; 0.043; 0.059
Melão	21.00	5	1.425; 1.492; 1.606	0.046; 0.061; 0.090
Arboricultura				
Olival	46.22	3	0.323; 0.505; 0.852	0.173; 0.245; 0.283
Floresta; Montado; Forragens; Pastagens				
Montado	4838.99	14	0.001; 0.011; 0.043	-
Montado com fertilização nas árvores	2111.20	4	0.034; 0.065; 0.090	-
Cereais de sequeiro / Forragens	239.12	5	0.274; 0.466; 0.575	-
Pastagem melhorada	396.89	5	0.008; 0.055; 0.202	-
Prado regadio	21.22	1	0.040	-
Pinhal	629.98	7	0.001; 0.004; 0.012	-
Eucaliptal	209.24	7	0.001; 0.004; 0.011	-

são explorados em regadio, o maior peso em termos de emissões diz respeito aos fertilizantes azotados. As empresas mais focadas na atividade florestal, nomeadamente no montado e na exploração das pastagens pelos animais, são normalmente mais sequestradoras do que emissoras, desempenhando aqui os animais um papel importante no controle da densidade de matos e, conseqüentemente, no controle do risco do fogo na atividade florestal.

Face às características próprias de cada local e de cada sistema produtivo associado a cada empresa, a atividade agrícola por definição é uma atividade altamente variável, como tal, quer os seus fatores de produção, quer os seus resultados, são sempre muito variáveis. É difícil encontrar uma parcela com respostas semelhantes, bem como empresas com resultados semelhantes. Um exemplo concreto dessa variabilidade está representado na **Figura 2**. Apesar de a cultura ser a mesma, o milho, a sua pegada de produto varia enormemente de parcela para parcela, bem como de empresa para empresa.

A atividade agrícola moderna sempre se preocupou com a pegada económica, ou seja, qual o lucro por kg de produto produzido. Muito recentemente, com a difusão de ideias ligadas à sustentabilidade, outros tipos de pegadas começaram a ser equacionadas pelos consumidores finais face à emergência climática, à crise da biodiversidade, à degradação das paisagens e às exigências dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs) proclamadas pela ONU. Para o consumidor final passou a ser decisivo existir total transparência nas distintas pegadas dos alimentos aquando da decisão de compra, pois 78% dos cidadãos afirmaram que as empresas que respeitassem os ODSs estabelecidos pela ONU teriam a sua preferência no momento da compra (PwC, 2019). Quando as empresas registam todos os dados associados aos fatores de produção, bem como o resultado em termos de produções, é de alguma forma fácil calcular a sua pegada climática de empresa e de produto, contudo, quando as mesmas não registam este tipo de informação torna-se mais difícil. Desta forma, foram construídas as **Tabelas 2 e 3**, tendo em atenção todos os dados recolhidos neste estudo, por forma a que numa situação extrema se possa

peso
to aos
s mais
cada-
io das
mente
as, de-
papel
de de
ntrole
stal.
e cada
socio-
grícola
mente
atores
os, são
ontrar
antes,
os se-
dessa
Figu-
esma,
o varia
arcela,
esa.
empre
ômica,
oduto
com a
ilida-
çaram
idores
a crise
s pai-
os de
ODSs)
onsu-
existir
egadas
ão de
firma-
em os
eriam
com-
presas
os aos
o re-
s, é de
egada
con-
gistem
e mais
idas as
dos os
forma
possa

calcular a pegada de uma empresa agrícola conside-
rando os melhores e/ou piores cenários encontrados.

As Tabelas 2 e 3 serão periodicamente atualizadas à medida que surjam mais empresas e culturas com informação fiável disponível. A título de exemplo e por forma a ilustrar o uso das mesmas e tendo em consideração o pior cenário poderemos dizer que uma empresa agroflorestal com as características enumeradas de seguida, teria no seu pior cenário uma emissão de empresa de 330.021 Ton CO_{2-eq}:

- 30 ha de olival (Tabela 3)
(0.283 × 30 = 8.49 Ton CO_{2-eq});
- 40 ha de trigo duro (Tabela 3)
(0.965 × 40 = 38.6 Ton CO_{2-eq});
- 60 ha de forragens (Tabela 3)
(0.5751 × 60 = 34.506 Ton CO_{2-eq});
- 75 bovinos (Tabela 2)
(3.17 × 75 = 237.75 Ton CO_{2-eq});
- 250 ha de montado (Tabela 3)
(0.0427 × 250 = 10.675 Ton CO_{2-eq});

CONCLUSÕES

É muito importante que as explorações agrícolas registem todos os fatores de produção com impacto climático que consomem. Dessa forma, teremos a capacidade de medir e, conseqüentemente, gerir e otimizar. Contudo, na ausência de dados, este relatório apresenta referenciais que podem ajudar as empresas agrícolas a calcular a sua pegada climática de uma maneira muito expedita, calcular o seu imposto ambiental, bem como, rapidamente pensar como estruturar as atividades de compensação no futuro (maior eficiência de processos internos, como por exemplo a mudança do tipo de fertilizantes azotados a utilizar, plantar floresta sequestradora, entre outros), uma vez que todo o "Land use" europeu deverá ser neutro em 2035, conforme os acordos europeus recentemente aprovados. Este trabalho, para além de apresentar os primeiros resultados da análise efetuada às pegadas climáticas das empresas estudadas no âmbito do projeto PEGADA 4.0, pretende posteriormente realizar o estudo, o desenvolvimento e a validação das tecnologias e soluções digitais no âmbito da Agricultura 4.0 mais adequados para reduzir estas pegadas; pretende ainda transferir os conhecimentos adquiridos para o tecido produtivo, capacitando e demonstrando as vantagens e benefícios associados aos mesmos; e, por fim, fomentar a participação cidadã na procura de soluções face aos desafios apresentados.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a todas as empresas agrícolas que participaram neste estudo, pois sem elas nunca teríamos conseguido elaborar o mesmo. ☺

BIBLIOGRAFIA

Aceda à bibliografia do artigo no portal *online* da Agrotec.

