

# Avaliação de cenários comparativos de diferentes locais de produção de castanha utilizando a avaliação do ciclo de vida: caso de estudo na Região da Beira Interior de Portugal

Okta Pringg Pakpahan<sup>1,2,6</sup>, Liliana Moreira<sup>1</sup>, Alexandra Camelo<sup>1</sup>, Detri Karya<sup>3</sup>, Ana Catarina Martins<sup>1</sup>, Pedro Dinis Gaspar<sup>4,5</sup>, Christophe Espírito Santo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar (CATAA) de Castelo Branco, 6000-459 Castelo Branco, Portugal; <sup>2</sup>Centre for Functional Ecology, University of Coimbra, 3000-456 Coimbra, Portugal; <sup>3</sup>Department of Management, University of Islamic Riau, Jl. Kaharuddin Nst No.113, Riau 28284, Indonesia; <sup>4</sup>Department of Electromechanical Engineering, University of Beira Interior, Rua Marquês de D'Ávila e Bolama, 6201-001 Covilhã, Portugal; <sup>5</sup>Center for Mechanical and Aerospace Science and Technologies (C-MAST), Rua Marquês de D'Ávila e Bolama, 6201-001 Covilhã, Portugal; <sup>6</sup>Department of Food Technology, University of Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas No.246, Jawa Timur 65144, Indonesia

Portugal é o **terceiro maior produtor de castanha** (*Castanea sativa* Mill, Figura 1) na Europa, tornando-se em 2020 o sexto produtor mundial de castanha com 27,1 mil toneladas (FAO, 2021). A zona da **Beira Interior é uma das principais zonas de produção** de castanha em Portugal (INIAV, 2019) e, desde 2015, a área dos soutos está a aumentar em 0,3 vezes/ano (INE, 2021). Consequentemente, existe uma crescente exigência de inputs (fertilizantes, pesticidas) e energia (não renovável) nas zonas de produção. Estes aspetos são considerados os principais impulsionadores das emissões ambientais de gases de efeito estufa (Notarnicola *et al.*, 2017). Assim, é necessário antecipar o futuro da **industrialização da castanha em Portugal**, analisando cenários de produção e fornecendo cenários alternativos de baixa emissão de carbono para melhorar a **sustentabilidade da produção de castanha**.



Figura 1. Castanhas.

Em termos de sustentabilidade, existem três dimensões (social, económica e ambiental), porém a **Avaliação do Ciclo de Vida** (ACV) é um método adequado para avaliar e evidenciar a **sustentabilidade ambiental dos sistemas produtivos**. Este método oferece uma análise holística com base em atividades reais de campo (entrada de recursos) e na identificação de impactos ambientais (emissão). Além disso, tem sido utilizado em inúmeros estudos para auxiliar e avaliar as atividades de efeito ambiental em diferentes campos da agricultura.

Até à data, existem apenas dois estudos disponíveis sobre ACV da produção de castanha (Rosa *et al.*, 2017; Beccaro *et al.*, 2014), um dos estudos aborda a análise do impacto ambiental em castanhas frescas e congeladas de dois produtores focado na melhoria ambiental nas fases de pós-colheita e distribuição (Rosa *et al.*, 2017), enquanto o outro apenas avalia a pegada ecológica da fase de produção do viveiro de castanha (Beccaro *et al.*, 2014). Ambos utilizam uma amostra pequena e nenhum deles considera as **características ambientais como aspeto principal para construir um cenário de produção de castanha**.

## OBJETIVOS

Neste trabalho avaliamos os **impactos ambientais da produção de castanha na região da Beira Interior** (Portugal). De forma a preencher esta lacuna de conhecimento, o presente estudo de análise do ciclo de vida (ACV) avaliou a pegada ambiental em cenários de produção de castanha aplicados pelos produtores em zonas de produção com diferentes características (Figura 2). Para desenhar um cenário de produção sustentável através de um modelo de carbono eficiente, é necessário avaliar as várias atividades na cadeia de produção. Em particular: (i) avaliar e comparar a pegada de carbono do cultivo de castanha com vários cenários de produção, (ii) identificar as atividades ou processos críticos que produzem mais impactos no meio ambiente e ineficiência na produção de carbono, e (iii) fornecer um modelo alternativo para reduzir o impacto ambiental do cultivo de castanha.



Figura 2. Souto de castanheiros.

## METODOLOGIA

A avaliação comparativa do ciclo de vida foi realizada com o uso do software OpenLCA, com 16 categorias de impacto da Pegada Ambiental obtidas a partir da base de dados AGRIBALYSE. A fronteira do sistema foi do "pomar ao mercado" e a unidade funcional foi de 1 tonelada de castanha entregue aos consumidores. Os processos de modelagem para a produção de maquinaria agrícola, pesticidas, fertilizantes e materiais foram baseados em pesquisas e literatura existente. Os dados foram recolhidos de quatro áreas de produção diferentes: Serra da Estrela, Malcata, Gardunha e Planalto (Figura 3). Cada local tem dois produtores representativos selecionados dentro de um raio de 250 km<sup>2</sup> do ambiente.

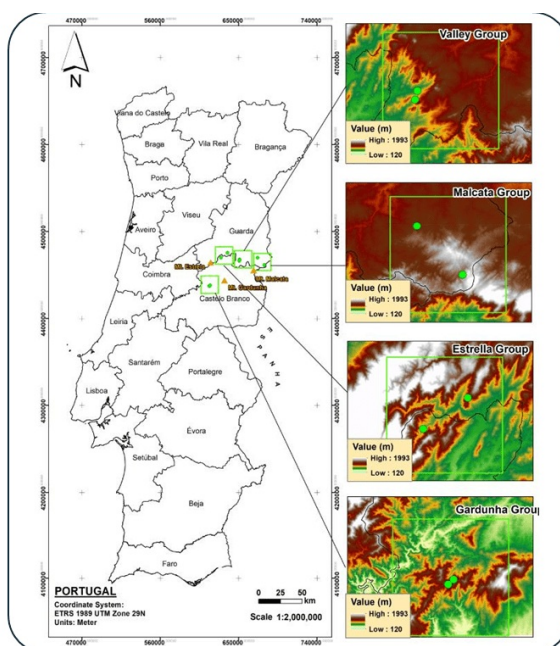


Figura 3. Localização e topografia do local de estudo da produção. (Imagem retirada do artigo Pakpahanet *al.*, 2023).

Os indicadores de impacto para avaliação da produção de castanha utilizados neste estudo estão sumariados na Tabela 1.

Tabela 1. Indicadores de impacto para a avaliação da produção de castanha.

Impacto	Acrónimo	Unidades
Acidificação (Acidification)	AC	g mol H+ eq
Alteração climática (Climatic change)	CC	kg CO <sub>2</sub> eq
Alteração climática – Biogénica (Climatic change – Biogenic)	CH-B	kg CO <sub>2</sub> eq
Alteração climática – Fóssil (Climatic change – Fossil)	CH-F	kg CO <sub>2</sub> eq
Alteração climática – uso do solo e alteração no uso do solo (Climatic change – Land use and LU change)	CH-LL	kg CO <sub>2</sub> eq
Ecotoxicidade, água doce (Ecotoxicity, freshwater)	ECF	CTUe
Eutrofização, água doce (Eutrophication, freshwater)	EUF	kg P eq
Eutrofização, terrestre (Eutrophication, terrestrial)	EUT	Mol N eq
Toxicidade humana, não cancerígena (Human toxicity, non-cancer)	HNC	CTUh
Radiação ionizante (Ionising radiation)	IR	kBq U-235 eq
Uso do solo (Land use)	LU	Pt/m <sup>2</sup> a
Destruição do ozono (Ozone depletion)	OD	kg CFC11 eq
Material particulado (Particulate matter)	PM	Doença incl
Formação fotoquímica de ozono (Photochemical ozone formation)	POF	kg NMVOC eq
Uso do recurso, fósseis (Resource use, fossil)	RUF	MJ
Uso do recurso, minerais e metais (Resource use, minerals e metals)	RUM	kg Sb eq
Uso da água (Water use)	WU	m <sup>3</sup> de

## RESULTADOS

Os resultados mostraram que a emissão média de gases de efeito estufa foram de 2.614 kgCO<sub>2</sub>-eq/ton, sendo a principal fonte de emissões nesses quatro locais o fertilizante (76-83%). Os resultados da análise de sensibilidade indicam que é possível realizar mudanças nos materiais de entrada e nas atividades de cultivo nos sistemas de produção de castanha sem reduzir a produção.

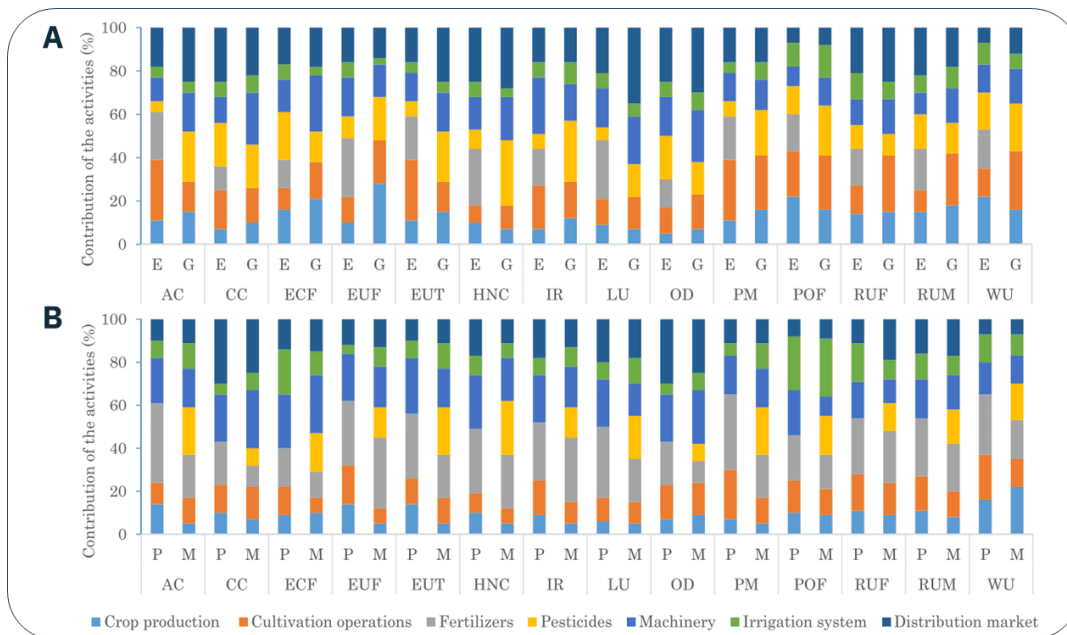


Figura 4. Contribuição de cada processo de produção para cada indicador de impacto em diferentes cenários de produção: A. baixo input, B. input intensivo. Locais: E – Estrela, G – Gardunha, M – Malcata, P – Planalto.

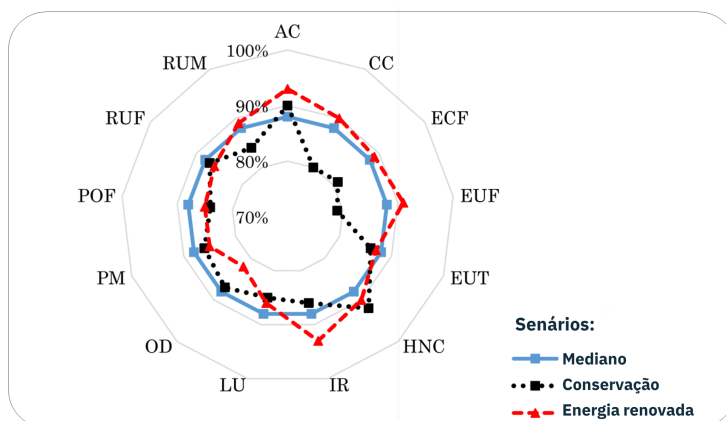


Figura 5. Estimativa da sensibilidade (em percentagem) para cada cenário adotado nos sistemas de produção de castanha.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Os resultados desta análise indicam que os produtores dependem mais da experiência do que de ferramentas de apoio à decisão para compor um cenário de produção. Em específico, o produtor ainda não considera as características ambientais como um aspeto vantajoso para caminhar no sentido de uma produção mais sustentável. Esse aspeto é útil para classificar as atividades ou processos unitários que exigem uma quantidade superior de recursos. Isso pode levar à redução de emissões, uso eficiente de recursos e minimização de custos com resultados semelhantes.

Em geral, os resultados da análise indicam que a **etapa dos fertilizantes** e a **etapa das operações culturais** tiveram o **maior efeito sobre os indicadores de impacto ambiental** com diferentes direções de exposição. A etapa dos fertilizantes está voltada para o índice de alterações climáticas, enquanto a das operações culturais está voltada para o índice de Ozono. As recomendações propostas deste estudo podem **reduzir as emissões em 15% a 20%**, e a possibilidade também para **reduzir os custos** e melhorar para um sistema sustentável de produção de castanha. Os resultados obtidos são transversais e podem ser aplicados a

ambientes semelhantes em noutros locais do território.

As propostas apresentadas neste artigo podem ser utilizadas por agricultores, formuladores de políticas e outros intervenientes para adotar cenários alternativos de produção.

#### **BIBLIOGRAFIA**

Beccaro G, Cerutti A, Vandecasteele I, Bonvegna L, Donno D, Bounous G. Assessing environmental impacts of nursery production: methodological issues and results from a case study in Italy, *J. Clean. Prod.* 80 (2014) 159e169, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.062>.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Production of Chestnut by Countries. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, 2021. (accessed 21.05.21).

INE, Instituto Nacional de Estatística, Estatísticas Agrícolas 2020 (Agricultural Statistics 2020). Lisbon, Available at: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=539491784&DESTAQUESmodo=2)

[xpid=INE&xpgid=ine\\_destaques&DESTAQUESdest\\_boui=539491784&DESTAQUESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_destaques&DESTAQUESdest_boui=539491784&DESTAQUESmodo=2), 2021. (accessed 17.07.20).

INIAV, Instituto Nacional de Investigaç~ao Agr´aria e Veterin´aria, Agricultural Production Report 2019, Oreias, 2019.

Notarnicola B, Tassielli G, Renzulli PA, Castellani V, Sala S. Environmental impacts of food consumption in Europe, *J. Clean. Prod.* 140 (2017) 753–765.

Pakpahan OP, Moreira L, Camelo A, et al. 2023. Evaluation of comparative scenarios from different sites of chestnut production using life cycle assessment (LCA): Case study in the Beira Interior region of Portugal. *Heliyon.* 2023;9(1):e12847. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e12847

Rosa D, Figueiredo F, Castanheira EG, Freire F. Life-cycle assessment of fresh and frozen chestnut, *J. Clean. Prod.* 140 (2017) 742–752, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.064>.