

IMPACTOS LOGÍSTICOS E AMBIENTAIS DA RECONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA CITRICULTURA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

ELOÍSA BATISTA

FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO (FZEA/USP)

FERNANDO VINÍCIUS DA ROCHA

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ" (ESALQ/USP)

Introdução

A citricultura brasileira desempenha papel central na economia global, sendo responsável por mais de 70% do suco de laranja exportado mundialmente. Entretanto, enfrenta o desafio do Huanglongbing (HLB), doença que tem provocado uma reconfiguração espacial da produção, com novos pomares implantados em regiões mais distantes das indústrias processadoras. Essa estratégia fitossanitária garante relativa resiliência produtiva, mas gera novos desafios logísticos e ambientais, ao ampliar as distâncias médias de transporte e os impactos associados ao uso intensivo do modal rodoviário.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O deslocamento territorial da citricultura implica aumento do tempo de viagem, do custo do frete e das emissões de CO₂, afetando a sustentabilidade da cadeia de suprimentos. Estudos anteriores concentram-se nos efeitos fitossanitários do HLB, mas ainda há lacunas na avaliação de seus impactos logísticos e ambientais. Este estudo tem como objetivo mensurar, de forma probabilística, os efeitos da expansão territorial sobre três dimensões críticas da logística inbound da laranja: (i) custos de transporte, (ii) tempo de ciclo dos veículos e (iii) emissões de CO₂.

Fundamentação Teórica

A literatura sobre Gestão da Cadeia de Suprimentos Sustentável (SSCM) e Logística Verde (GSCM) destaca a necessidade de integrar variáveis ambientais às decisões logísticas (Oliveira et al., 2018). No caso da citricultura, a mudança espacial dos pomares intensifica a dependência do transporte rodoviário, ampliando a pegada de carbono da operação (Jia et al., 2018). Além disso, o uso de médias determinísticas tende a ocultar a variabilidade operacional dos sistemas de transporte (Guimarães et al., 2018).

Metodologia

Foi aplicada a Simulação de Monte Carlo para mensurar os impactos logísticos e ambientais da reconfiguração espacial da citricultura. As variáveis críticas do transporte — tempos de fila, carregamento e descarregamento, velocidade média e rendimento de combustível — foram modeladas com distribuições Gama e Normal, parametrizadas por entrevistas em Matão-SP e dados secundários. Os custos foram calculados com a Calculadora de Piso Mínimo da ANTT, enquanto as emissões foram estimadas pelo fator de 2,603 kg CO₂/litro de diesel (GHG Protocol).

Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados indicam crescimento não linear dos impactos logísticos e ambientais. Um acréscimo de 50 km no raio médio eleva em média 5,5% o tempo de viagem, 16,5% os custos e 19,9% as emissões de CO₂. No cenário de +250 km, os aumentos chegam a 27,5%, 82,7% e 100,1%, respectivamente. A análise probabilística evidenciou que o tempo de viagem variou entre 3,4% e 8,9%, enquanto as emissões oscilaram entre 11,6% e 29,4%, demonstrando maior sensibilidade ambiental.

Considerações Finais

A reconfiguração espacial da citricultura, embora eficaz no enfrentamento do HLB, gera impactos econômicos e ambientais significativos sobre a logística inbound. O estudo mostra que a expansão territorial amplia custos, tempo de transporte e emissões, exigindo estratégias de mitigação. Indústrias podem reduzir tais efeitos com otimização de rotas, uso de combustíveis renováveis, logística colaborativa e maior integração modal. Além disso, políticas públicas voltadas à descarbonização do transporte agrícola são essenciais.

Referências

GRAHAM, J. H.; BASSANEZI, R. B.; DAWSON, W. O.; DANTZLER, R. Management of Huanglongbing of Citrus: Lessons from São Paulo and Florida. *Annual Review of Phytopathology*, v. 62, p. 243-262, 2024. GUIMARÃES, V. de A.; LEAL JUNIOR, I. C.; SILVA, M. A. V. da. Evaluating the sustainability of urban passenger transportation by Monte Carlo simulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 93, p. 732-752, 2018.

Palavras Chave

Citricultura brasileira, Huanglongbing, Logística inbound