



VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA CONGELADO CONCENTRADO

Palavras-Chave: Biogás, Biomassa, Sustentabilidade

Autores/as:

JULIANA PORTO [UNICAMP]

BEATRIZ PIERRE SFORÇA [UNICAMP]

Dr.^a LUZ SELENE BULLER [BIOTAR, FEA - DEA, UNICAMP]

Prof.^a Dr.^a TÂNIA FORSTER-CARNEIRO (orientador/a) [BIOTAR, FEA - DEA, UNICAMP]

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores de laranja, com sua produção majoritariamente destinada à indústria cítrica. Estima-se que 85% de participação no comércio mundial de suco de laranja congelado (SLCC) pertença ao país, consolidando-o como o maior e mais importante exportador. Atualmente, o estado de São Paulo detém 53% da produção mundial de suco de laranja, (CITRUSBR, 2017) influenciando diretamente a agropecuária paulista responsável por uma notável atividade econômica.

De acordo com a Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos (CITRUSBR, 2017), 85% da produção total de laranja *in natura* são destinadas à produção de suco de laranja industrializado e apenas 15% ao consumo direto. Dada a expressividade deste setor no país, a geração de resíduos oriundos dessa indústria também é grande, sendo a casca de laranja o principal subproduto, correspondendo a 50% da massa do total do fruto. Tradicionalmente, as cascas de laranja são destinadas para alimentação animal ou não recebem disposição final ambientalmente adequada sem valorização energética.

A demanda energética para a produção de SLCC se divide em 40% do consumo total de energia direcionado ao cultivo e manejo dos pomares e 50% para os processos de refrigeração da indústria (PEREIRA, 2008). Além disso, tanto o cultivo como o processamento industrial são emissores de gases de efeito estufa (GEE), sendo estes originados a partir do uso de fertilizantes minerais, diesel, calor e energia elétrica. .

Uma alternativa tecnológica para a revalorização das cascas de laranja poderia ser a Digestão Anaeróbia (DA), pois além da recuperação energética a partir da combustão do biogás para geração de energia elétrica, também é uma estratégia para a mitigação da emissão de GEE e tratamento de resíduo sólido (JIMÉNEZ-CASTRO et al., 2020).

Sendo assim, este estudo avaliou a DA como alternativa para valorização da casca de laranja proveniente do processamento industrial de SLCC, de modo a estimar o potencial de geração de energia elétrica a partir da combustão do biogás, que poderia suprir as necessidades energéticas da indústria e avaliar o potencial de mitigação de emissões de GEE na cadeia produtiva.

METODOLOGIA

Os dados foram selecionados e reportados de acordo com a literatura. Os detalhes de produção de SLCC no Brasil, consumo energético da cadeia produtiva (do campo ao produto final) e emissões de GEE foram analisados. A **TABELA 1** mostra o consumo energético e emissões na unidade base litro de SLCC.

Tabela 1: Consumo energético e emissões de GEE na produção brasileira de SLCC.

Referência	Observação	Consumo energia elétrica (total)	
		MJ/L suco SLCC	GEE Kg CO ₂ /L SLCC
(<i>KNUDSEN et al., 2011</i>)	Orgânico (Pequena Escala)	4,68	0,42
(<i>KNUDSEN et al., 2011</i>)	Orgânico (Pequena Escala)	5,38	-
(<i>PEREIRA, 2008</i>)	Orgânico	3,82	0,64
(<i>PEREIRA, 2008</i>)	Convencional	4,21	0,73
(<i>TESCO et al., 2009</i>)	Convencional	-	1,04
(<i>JUNGLUTH et al., 2013</i>)	Convencional	-	0,60
(<i>JUNGLUTH et al., 2013</i>)	Orgânico	-	0,71
Média		4,52	0,69

O potencial de geração de energia elétrica e o correspondente potencial de mitigação de GEE a partir da DA de cascas de laranja foram obtidos a partir de estudos realizados por Jiménez-Castro et al. (2020). Este estudo indicou que, para a produção nacional total de laranjas do ano 2019, a DA de cascas poderia gerar $97,51 \times 10^3$ MWh/ano, com potencial de mitigação de $9,05 \times 10^3$ tCO₂/ano.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados apresentados por Jiménez-Castro et al. (2020) e considerando que: (a) 1 litro de SLCC demanda 10,76 kg de laranjas (das quais 50%, i.e., 5,38 kg são resíduos – cascas) e (b) a produção nacional de SLCC para a safra 2021 está estimada em 817.744 litros (CITRUSBR, 2017); obteve-se que a combustão do biogás obtido na DA em motor estacionário pode gerar 61,11 MJ/ton de cascas de laranja e que a substituição da energia elétrica obtida no grid nacional pela energia localmente gerada poderia mitigar 1,37 kgCO₂/ton de cascas. O potencial de mitigação de GEE foi atualizado para o fator de emissão do ano 2020, a saber, 0,0617 tCO₂/MWh (MCTIC, 2021).

A rota tecnológica proposta, DA das cascas de laranja derivadas da produção de SLCC, e os resultados estão apresentados na **FIGURA 1**.

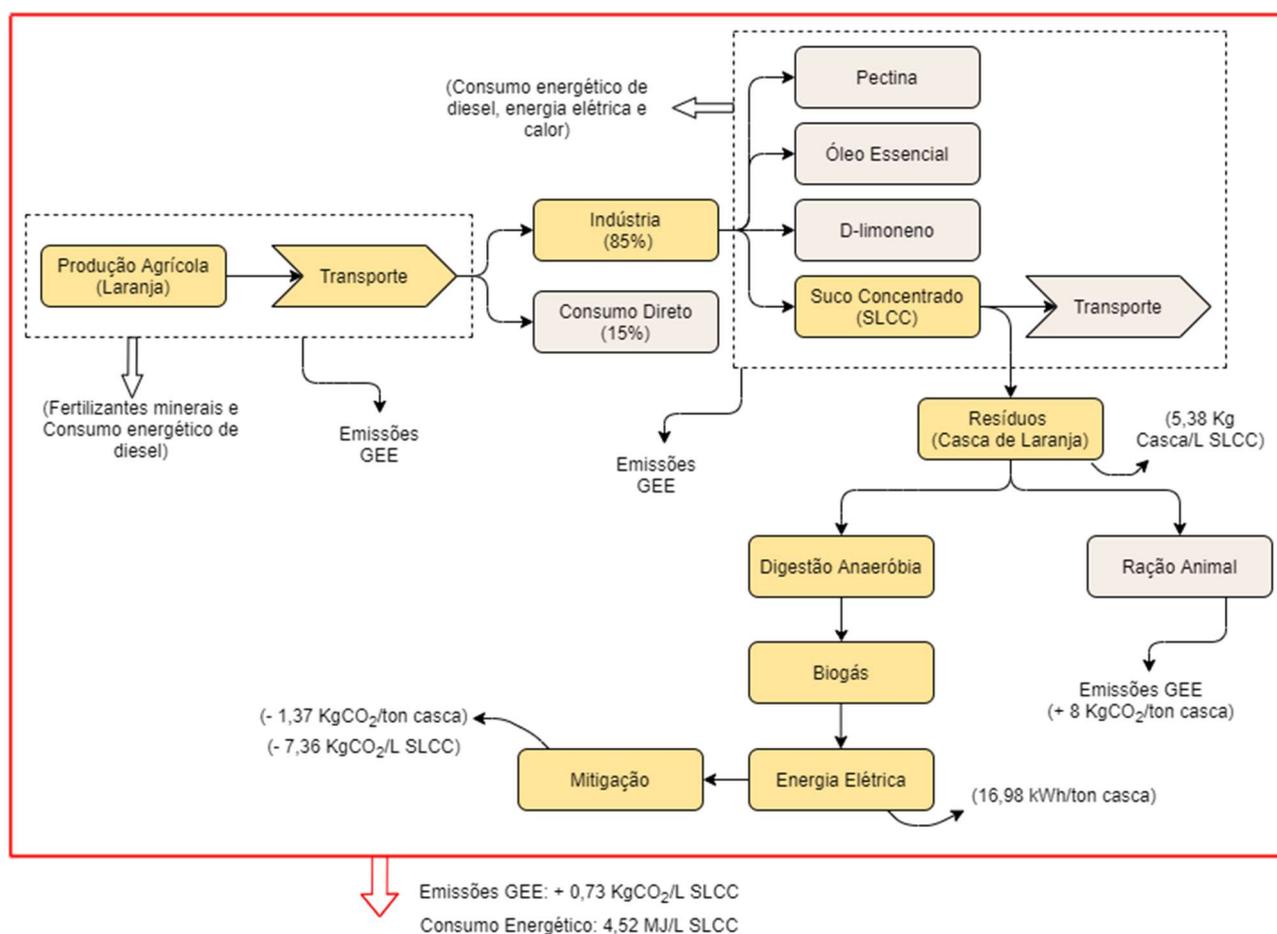


Figura 1. Alternativa tecnológica para revalorização da casca de laranja proveniente da produção de SLCC.

Os resultados evidenciaram que, através da DA das cascas de laranja derivadas da produção de SLCC, seria possível a geração de bioenergia suficiente para suprir de 92% a 129% da energia consumida em todo o processo, desde o cultivo até o processamento industrial, ocorrendo uma substituição energética positiva.

Além disso, é possível observar que a mitigação de 1,37 kgCO₂/ton cascas representa uma redução de 17% nas emissões de GEE em comparação ao destino das cascas para alimentação animal, que corresponde a 8 kgCO₂/ton cascas, de acordo com Roberts (2012).

Ademais, haveria a mitigação de 7,36 kgCO₂/litro de SLCC nas etapas de produção do campo à indústria e, considerando que as emissões médias da produção brasileira de SLCC representam 0,69 kgCO₂/L FCOJ, a recuperação de energia através da revalorização da casca de laranja por DA também compensaria totalmente as emissões da cadeia produtiva do SLCC.

CONCLUSÕES

Este estudo permitiu verificar que a digestão anaeróbia de cascas de laranja configura uma oportunidade de redução de custos de energia da cadeia produtiva, além de ser uma potencial estratégia de descarbonização para a indústria de suco de laranja concentrado congelado. A rota tecnológica apresentada para a revalorização de subprodutos possibilitaria o desenvolvimento de uma economia circular no setor cítrico brasileiro.

AGRADECIMENTOS

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (2018 / 14938-4; 2020 / 10323-5); T. Forster-Carneiro agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade (302473 / 2019-0).

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXPORTADORES DE SUCOS CÍTRICOS. **O Retrato da Citricultura Brasileira**. São Paulo, CITRUSBR, 2017.

JIMÉNEZ-CASTRO, Maria Paula; BULLER, Luz Selene; ZOFFREO, Alexis; TIMKO, Michael T.; FORSTER-CARNEIRO, Tânia. Two-stage anaerobic digestion of orange peel without pre-treatment: Experimental evaluation and application to São Paulo state, **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Campinas, v. 8, 4^a edição, 2020.

JUNGBLUTH, N., FLURY, K., DOUBLET G., LEUENBERGER M., STEINER R., BÜSSER S., STUCKI M., SCHORI S., ITTEN R. **Life cycle inventory database on demand: EcoSpold LCI database of ESU-services**. ESU-services Ltd., Zürich, 2013.

KNUDSEN M., FONSECA DE ALMEIDA G., LANGER V., SANTIAGO DE ABREU L., HALBERG N. **Environmental assessment of organic juice imported to Denmark: a case study on oranges from Brazil**. Organic Agriculture, 2011.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Fatores de Emissão de CO2 para utilizações que necessitam do fator médio de emissão do Sistema Interligado Nacional do Brasil, como, por exemplo, inventários corporativos**. 2021.

PEREIRA, Consuelo de Lima Fernandez. **Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais, estudo de caso: suco de laranja e etanol**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2008.

ROBERTS, G. **Life Cycle Assessment - Renewable and Sustainable Citrus Oils Final Report**. Chicago, 2012.

TESCO. **Tesco Greener living every day: our carbon label findings**. Federal Department of Economic Affairs (FDEA), 2009.