



RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE SUCO DE LARANJA: FUNCIONAMENTO INTERNO E PROPOSTAS DE MELHORIA DO PROCESSO

Vinícius Henrique Romano¹
Míriam Tvrzská de Gouvêa²
Jorge Luiz da Paixão Filho³
Maria Thereza de Moraes Gomes Rosa⁴

Educação Ambiental

Resumo

A laranja representa uma das principais frutas cultivadas no Brasil e no mundo, sendo o Brasil o maior produtor mundial. A indústria de suco de laranja no Estado de São Paulo é enorme e representa um elo muito importante para a economia do Estado e do país. Como em todo processo industrial, a indústria de suco de laranja gera grandes quantidades de resíduos (refugos, sementes, bagaço e cascas), fator que representa prejuízos para a indústria, atrelados ao desperdício de laranja e à logística para descarte de resíduos. O objetivo deste trabalho foi analisar o funcionamento da indústria de suco de laranja do Estado de São Paulo, tanto interna como externamente, a fim de estabelecer um estudo crítico de quais estágios são responsáveis pela geração de resíduos no processo, com a utilização da Técnica SWOT, e estabelecer propostas de melhoria no processo de industrialização de suco de laranja, com a utilização da Técnica 5W2H. Além disso, visou-se avaliar quais seriam os potenciais benefícios da implementação de tais melhorias tanto para indústria em si como para a sociedade. As propostas de melhoria a serem implementadas na indústria de suco de laranja são: (1) utilização de uma nova frota de caminhões para o transporte das laranjas, (2) adoção de um novo ambiente de armazenamento das frutas ou reforma no sistema de armazenamento atual, (3) adoção de extratoras de última geração e (4) inserção de um sistema de digestão anaeróbia para o tratamento dos resíduos gerados no processo de industrialização de suco de laranja.

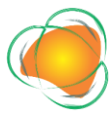
Palavras-chave: indústria; suco de laranja; resíduos; industrialização.

¹Graduado em Engenharia de Produção, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Centro de Ciência e Tecnologia, vini.romano1@hotmail.com

² Profa. Dra. Universidade Presbiteriana Mackenzie, Escola de Engenharia, miriam.gouvea@mackenzie.br

³ Prof. Dr. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Tecnologia, jorgepf@unicamp.br

⁴ Dra. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, gomes.mtms@gmail.com



INTRODUÇÃO

A cadeia de suprimento/abastecimento de alimentos (do inglês “*food supply chain*”), de um modo geral, produz uma grande quantidade de resíduos, desde sua produção até o consumo final. Os resíduos estão presentes em praticamente todos os estágios/processos da cadeia, como fabricação, pós-produção, manuseio e armazenagem, transporte, venda em atacado e varejo e consumo final (RAVINDRAN; JAISWAL, 2016).

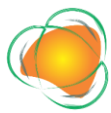
O crescimento dos custos de energia, regulamentações ambientais mais rigorosas e aumento da conscientização pública sobre as mudanças climáticas do mundo fizeram com que as indústrias, de todos os ramos da economia, buscassem fontes renováveis de energia e meios de se reutilizar os resíduos gerados nos processos industriais para a produção de combustíveis renováveis (WOOD; ROELICH, 2019).

O Brasil, país em ascensão econômica e industrial, se caracteriza como o maior exportador de suco de laranja do mundo. Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (*USDA - United States Department of Agriculture*), publicados no “*Citrus: World Markets and Trade*”, a previsão foi de que na safra de 2021/2022, a produção de suco de laranja no Brasil crescesse 16%, atingindo a marca de 1,1 milhão de toneladas. O Brasil é o maior produtor de suco de laranja no mundo, representando cerca de 75% das exportações globais (USDA, 2022).

Uma das consequências do processo de fabricação do suco de laranja é a geração de uma grande quantidade de resíduos sólidos em forma de cascas, sementes e bagaço. O reaproveitamento destes resíduos possibilita a fabricação de subprodutos que possuem benefícios econômicos e ambientais significativos. Atualmente, a maior parte dos resíduos de frutas é destinada à produção de ração animal e como matéria prima para a fabricação de óleos essenciais, fertilizantes, etanol, pectina, enzimas industriais, proteínas, entre outros (MARTÍN, 2010).

Embora esses produtos tenham grande valor econômico, sua produção não é proporcional à quantidade total de resíduos disponibilizados pela indústria de suco de laranja. Em outras palavras, parte dos resíduos ainda não é reaproveitada. A digestão anaeróbica é uma tecnologia promissora para o tratamento dos resíduos gerados no

Realização



processamento da laranja (como cascas da laranja, por exemplo), pois além de contribuir para a redução e gestão da quantidade de material descartado no processo, possui grande potencial de geração de energia renovável que poderá ser consumida pela própria indústria e/ou compartilhada para a sociedade (JIMENEZ-CASTRO, 2020).

O objetivo deste estudo é analisar o processo de industrialização de suco de laranja e compreender em quais estágios do processo são gerados resíduos, a fim de estabelecer um estudo sobre propostas de melhoria a serem implementadas no processo.

METODOLOGIA

A abordagem de estudo deste trabalho foi do tipo documental, descritivo e de natureza qualitativa. O foco do estudo foi o desenvolvimento de propostas de melhoria para o atual processo de industrialização de suco de laranja, incluindo a abordagem da inserção da tecnologia da digestão anaeróbia para tratamento dos resíduos gerados pela indústria de suco de laranja do Estado de São Paulo.

A 1ª etapa deste trabalho foi um levantamento teórico baseado nas pesquisas documental e bibliográfica para consulta de documentos impressos, digitalizados em plataforma on-line e disponibilizados em livros, periódicos, teses, dissertações, documentos e/ou relatórios governamentais e organizacionais, e outros volumes de mesma natureza sobre o tema da pesquisa. As principais palavras-chaves utilizadas para o levantamento teórico foram: “indústria do suco de laranja”, “resíduos da indústria de suco de laranja”, “industrialização do suco de laranja”, “produção de suco de laranja” e “produção de biogás a partir de resíduos orgânicos”.

A 2ª etapa compreendeu a utilização da Técnica SWOT para esmiuçar o funcionamento de uma indústria de suco de laranja, compreendendo suas principais características internas e externas, tanto em aspectos positivos como negativos. Para o levantamento dos aspectos de forças, fraquezas, oportunidades e ameaças das indústrias de suco de laranja foram utilizadas informações e dados de artigos científicos, publicações governamentais, publicações de organizações/associações nacionais e internacionais e informações disponibilizadas em plataformas abertas e acessíveis por brasileiros por empresas/indústrias do ramo de suco de laranja do Estado de São Paulo, entre outros, de

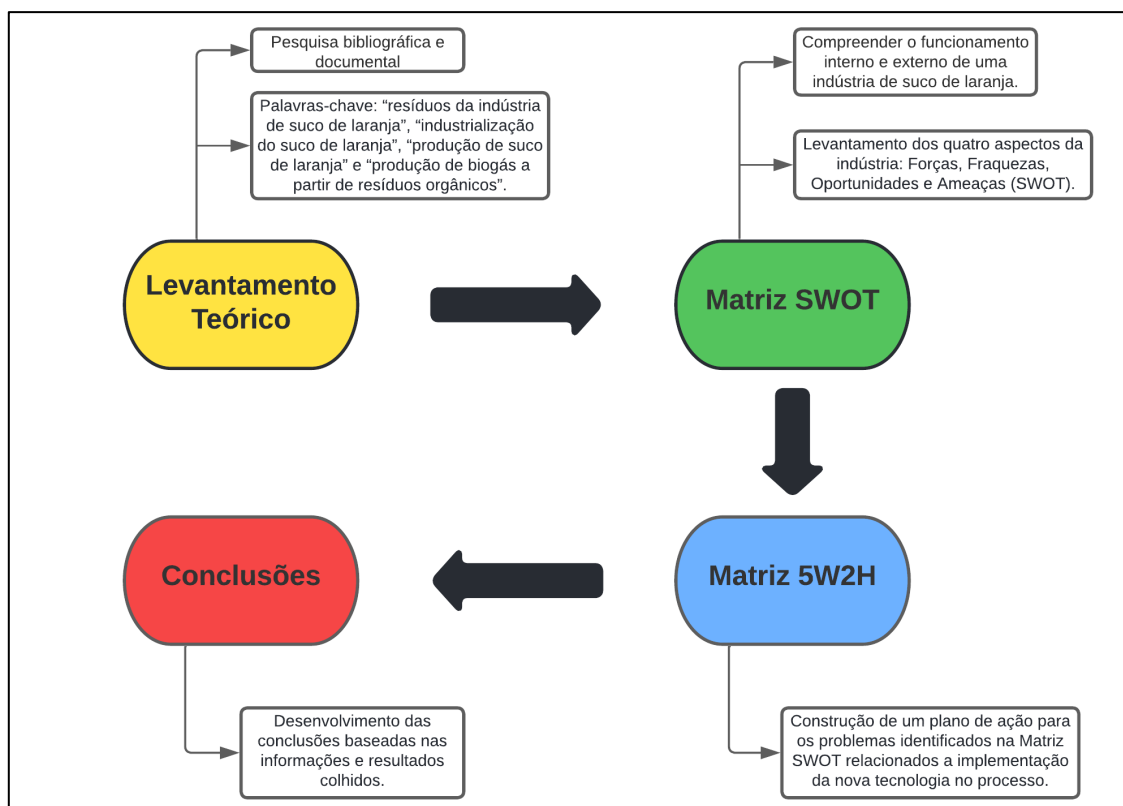
Realização

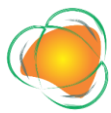
onde foi possível colher informações detalhadas do processo de industrialização do suco de laranja e identificar etapas geradoras de resíduos, permitindo uma análise mais aprofundada sobre o estudo em questão.

A 3ª etapa baseou-se na utilização da Técnica 5W2H para traçar um plano de ação para a organização em relação aos aspectos negativos identificados na Matriz SWOT que impossibilitam e/ou dificultam a inserção de uma nova tecnologia na indústria de suco de laranja.

A Figura 1 representa a sequência das etapas metodológicas realizadas neste trabalho, que inclui inicialmente um levantamento teórico, posteriormente a construção da Matriz SWOT e da Matriz 5W2H e, por fim, a formulação das conclusões baseadas nas informações retiradas das etapas anteriores.

Figura 1: Representação ilustrativa das etapas realizadas neste trabalho.





RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo típico de industrialização de suco laranja, foi possível notar que a geração de resíduos está presente não somente na etapa da extração do suco em si, mas também em outras etapas do processo, tais como em etapas relacionadas ao transporte, manuseio e armazenamento das laranjas.

O primeiro elo da cadeia produtiva se inicia com o transporte das laranjas até a indústria, tipicamente realizado através de caminhões. Nesta etapa, uma parte das laranjas se deterioram devido a impactos durante o transporte, mal posicionamento e armazenamento, excesso de pressurização (cargas externas) nas frutas, entre outros. Soares (2009) diz que cerca de 50% das perdas de frutas e hortaliças ocorrem durante o manuseio e transporte.

Suzuki (2019) afirma que um dos fatores que podem desencadear a perda de qualidade das laranjas, resultando em seu descarte na pré-seleção, são as más condições de transporte entre o local de colheita da laranja e a indústria de suco. Após o transporte, ocorre a descarga das frutas na indústria, iniciando-se, desta forma, o processo de produção do suco de laranja propriamente dito. Com as frutas descarregadas, ocorre a pré-seleção, em que são descartadas as frutas podres ou danificadas, conhecidas como refugos.

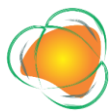
O segundo estágio em que ocorre a geração de resíduos no processo é na seleção final, após a lavagem das laranjas que estavam armazenadas na própria indústria. Neste estágio, ocorre uma nova inspeção visual das frutas pelos operadores e as unidades estragadas, amassadas e/ou cortadas são novamente descartadas e rejeitadas do processo.

Esta degradação das laranjas durante o armazenamento está relacionada, além aos fatores naturais da fruta, às condições em que elas são armazenadas na indústria. Em indústrias de grande porte, como é o caso da Citrosuco, o local de armazenamento segue altos parâmetros de qualidade e possui tecnologia de ponta para que a maior parte das laranjas possam ser preservadas e utilizadas posteriormente para a extração do suco.

Porém, em indústrias de menor expressão, este armazenamento pode ocorrer em locais não totalmente favoráveis para a preservação ideal da laranja, como locais com pouca

Realização





ventilação, carentes de espaço físico, mal higienizados, com incidência de luz solar, entre outros. Esta questão interfere diretamente na quantidade de laranjas que são descartadas e na quantidade de resíduos gerados durante o processo (PEREIRA et al., 2018; SUZUKI, 2019).

O terceiro e último estágio em que há a geração de resíduos sólidos de laranjas durante o processo é na extração do suco propriamente dito (na extratora, equipamento responsável por extrair o suco da fruta). Neste estágio, cerca de 50% do volume total da laranja é descartada, o que está relacionado às sementes, bagaço e cascas (CYPRIANO, 2017).

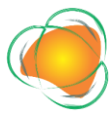
O máximo aproveitamento da fruta durante o processo de extração de suco depende da qualidade do equipamento utilizado para tal: as extratoras. Para que o aproveitamento da fruta ocorra da melhor forma possível, é necessário que a indústria busque utilizar extratoras de alta tecnologia, as quais possuem a característica de extrair a maior quantidade de suco da fruta, sem interferir na qualidade do suco extraído, principalmente relacionado ao sabor.

Extratoras antigas e com mal funcionamento tendem a extrair parte da quantidade total de suco que a fruta possui, eliminando do processo partes da laranja que poderiam ter sido aproveitadas. Além disso, técnicas e equipamentos relativamente antigos e ultrapassados podem interferir na qualidade do suco (TETRA PAK, 2022; PEREIRA et al., 2018).

Como em todo processo industrial, a indústria de suco de laranja gera grandes quantidades de resíduos (refugos, sementes, bagaço e cascas) que se corretamente manipulados e tratados, possuem o potencial de gerar retornos financeiros, ambientais e sociais.

Atualmente, a maior parte dos resíduos gerados pela indústria de suco de laranja é destinada para a produção do farelo de polpa cítrica, produzido com as cascas da laranja, utilizado como ração animal. Uma das alternativas para a destinação dos resíduos seria a digestão anaeróbia, uma tecnologia promissora para o tratamento dos resíduos gerados no processamento da laranja, como as cascas da laranja, e possui grande potencial de geração de energia para a própria indústria e para a sociedade em si (TETRA PAK, 2022;

Realização



CITROSUCO, 2022; JIMENEZ-CASTRO, 2020). Além disso, o digestato do processo anaeróbico pode ser utilizado como matéria orgânica na produção das laranjas.

O tratamento de resíduos através da digestão anaeróbia é uma tecnologia recente na indústria de alimentos e que ainda não está sendo muito utilizada na indústria de uma forma geral, mas que possui inúmeros benefícios, tais como: geração de energia, redução da quantidade de resíduos descartados (menor impacto ambiental), redução da emissão de gases de efeito estufa, redução da contaminação do solo e da água, entre outros (LIN et al., 2018).

Para efeito de estimativa do potencial de geração de energia a partir dos resíduos da laranja, pode-se levar em consideração os estudos de Jimenez-Castro (2020), que realizou um estudo relacionado à implementação da digestão anaeróbia no tratamento de cascas de laranja, descartadas durante o processamento do suco na indústria. Nesta pesquisa, foram analisados dados da produção de biogás experimental para cálculo do potencial de geração de energia elétrica e do potencial de redução da emissão de gases do efeito estufa. O estudo mostrou que o emprego da digestão anaeróbia para a valorização de cascas de laranja possui o potencial de gerar 0,01697 MWh/ton de energia elétrica. Considerando o total de cascas de laranja produzidas anualmente pela indústria de suco de laranja do Estado de São Paulo, de cerca de 5,7 milhões de toneladas (JIMENEZ-CASTRO, 2020), o potencial de geração de energia elétrica seria de 97,51 GWh/ano, valor que representa cerca de 0,2% do total de energia elétrica consumido pelo Estado de São Paulo anualmente. Este estudo mostra que a inserção da tecnologia de digestão anaeróbia no tratamento de resíduos de laranja gerados pela indústria possui o potencial de gerar retornos financeiros, econômicos e sociais tanto para a indústria (com a redução de gastos com energia elétrica e com a logística para descarte de resíduos), tanto para a sociedade (inserção de uma nova fonte renovável de energia, menor dependência de fontes convencionais de energia, menor emissão de gases poluentes, menor contaminação de solo e da água, entre outros).

No Quadro 1 foram identificados os quatro aspectos (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) presentes em uma típica indústria de suco de laranja.

Quadro 1 - Matriz SWOT da indústria de suco de laranja.

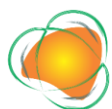
Realização





	Fatores Positivos	Fatores Negativos
Fatores Internos	<p>Forças:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Etapas do processo desenvolvidas, bem definidas e organizadas. 2. Subdivisão de cada etapa necessária para a produção do suco. 3. Pasteurização e armazenamento final adequados, que garantem a qualidade do produto final (NFC e FJOC). 	<p>Fraquezas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descarte de laranjas (pré-seleção) devido a deterioração das laranjas durante o transporte até a fábrica: impactos durante o transporte, mal posicionamento e armazenamento, excesso de pressurização (cargas externas) nas frutas, entre outros. 2. Descarte de laranjas (seleção final) devido ao armazenamento inadequado das laranjas (locais com pouca ventilação, locais providos de pouco espaço físico, locais mal higienizados, com incidência de luz solar, entre outros). 3. Utilização de extratoras de baixa qualidade acarreta o descarte / desperdício de partes da laranja na extração do suco que poderiam estar sendo aproveitadas.
Fatores Externos	<p>Oportunidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O Estado de São Paulo é o principal responsável pela produção, exportação e industrialização de laranja no Brasil e no mundo. 2. O Estado possui inúmeras indústrias (de grande, médio e pequeno portes) neste ramo, sendo a principal delas a Citrosuco, localizada na cidade de Matão. 3. O tratamento de resíduos através da digestão anaeróbia é uma tecnologia recente na indústria de alimentos e que ainda não está sendo muito utilizada na indústria de uma forma geral, mas que possui inúmeros benefícios, tais como: geração de energia, redução da quantidade de resíduos descartados (menor impacto ambiental), redução da emissão de gases poluentes, redução da contaminação do solo e da água, entre outros. 4. A inserção da digestão anaeróbia no processo pode gerar retorno energético, financeiro e social para a indústria e para a sociedade. 	<p>Ameaças:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Investimento inicial requerido para a inserção da tecnologia de digestão anaeróbia no sistema (fator dependente de cada empresa). 2. Tempo mínimo requerido para obter retornos financeiros (fator dependente de cada empresa).

Com base nas informações detalhadas no Quadro 1, foi possível identificar que o processo de industrialização de suco de laranja possui alguns gargalos que podem ser melhorados a fim de obter a redução da quantidade de resíduos gerados durante o processo



e/ou o aproveitamento destes resíduos para a geração de energia, por meio da inserção da tecnologia da digestão anaeróbia. Para o detalhamento de como estas duas alternativas podem ser implementadas na indústria, foi utilizada a Matriz 5W2H, que permite o estabelecimento de um plano de ação para cada uma dessas opções.

No Quadro 2 é possível notar que a indústria de suco de laranja pode apresentar problemas de geração de resíduos em três situações: (1) mal transporte das frutas até a indústria, (2) armazenamento inadequado (na própria indústria) e (3) extração do suco (extratoras com mal funcionamento).

A indústria possui a opção de corrigir diretamente cada um destes problemas (detalhados nos Quadros 3 a 4) e/ou inserir no processo a tecnologia da digestão anaeróbia para o tratamento dos resíduos (Quadro 5).

Quadro 2: Matriz 5W2H – Transporte Inadequado das Frutas.

Transporte Inadequado das Frutas	
What (O que será feito) ?	Utilização de uma nova frota de caminhões para o transporte das laranjas.
Where (Onde) ?	Transporte das laranjas da colheita até a indústria.
Why (Por quê) ?	Laranjas se deterioram devido a impactos durante o transporte, mal posicionamento e armazenamento, excesso de pressurização (cargas externas) nas frutas, entre outros.
Who (Quem) ?	Indústria de suco de laranja.
When (Quando) ?	Fator dependente de cada empresa.
How (Como) ?	Investimento em uma nova frota de caminhões (caso a frota atual pertença à indústria) ou contratação de outra empresa de transporte (caso o transporte seja terceirizado).
How Much (Quanto) ?	Fator dependente de cada empresa.

Quadro 3: Matriz 5W2H – Armazenamento Inadequado das Frutas.

Armazenamento Inadequado das Frutas	
What (O que será feito) ?	Adoção de um novo ambiente de armazenamento das frutas ou reforma no sistema de armazenamento atual.
Where (Onde) ?	Armazenagem das laranjas na própria indústria.

Realização



Why (Por quê) ?	Local de armazenamento com pouca ventilação, provido de pouco espaço físico, mal higienizados, com incidência de luz solar, entre outros.
Who (Quem) ?	Indústria de suco de laranja.
When (Quando) ?	Fator dependente de cada empresa.
How (Como) ?	Investimento em um sistema de armazenamento (novo ou reformado) que siga os requisitos mínimos de higiene, limpeza, ventilação, humidade, etc. para que as laranjas possam ser preservadas da melhor maneira possível.
How Much (Quanto) ?	Fator dependente de cada empresa.

Quadro 4: Matriz 5W2H – Extração Inadequada de Suco.

Extração Inadequada de Suco	
What (O que será feito) ?	Adoção de extratoras de última geração para a extração adequada do suco de laranja.
Where (Onde) ?	Processo de extração de suco das laranjas.
Why (Por quê) ?	Extratoras antigas e com mal funcionamento tendem a extrair parte da quantidade total de suco que a fruta possui, eliminando/rejeitando do processo partes da laranja que poderiam ter sido aproveitadas, além de poder interferir na qualidade do suco.
Who (Quem) ?	Indústria de suco de laranja.
When (Quando) ?	Fator dependente de cada empresa.
How (Como) ?	Investimento em extratoras de última geração.
How Much (Quanto) ?	Fator dependente de cada empresa.

Quadro 5: Matriz 5W2H – Inserção da Tecnologia da Digestão Anaeróbia.

Inserção da Tecnologia da Digestão Anaeróbia
--

Realização



What (O que será feito) ?	Investimento em um sistema de digestão anaeróbia e sistema de geração de energia para o tratamento da grande quantidade de resíduos gerados no processo de industrialização de suco de laranja.
Where (Onde) ?	Indústria de suco de laranja.
Why (Por quê) ?	O tratamento de resíduos através da digestão anaeróbia é uma tecnologia recente e que ainda não está sendo muito utilizada na indústria de uma forma geral, mas que possui inúmeros benefícios, tais como: geração de energia, redução da quantidade de resíduos descartados (menor impacto ambiental), redução da emissão de gases poluentes, redução da contaminação do solo e da água, entre outros. Esta tecnologia possui o potencial de gerar retornos financeiros, econômicos e sociais tanto para a indústria (com a redução de gastos com energia elétrica e com logística para descarte de resíduos), tanto para a sociedade (inserção de uma nova fonte renovável de energia, menor dependência de fontes convencionais de energia, menor emissão de gases poluentes, menor contaminação de solo e da água).
Who (Quem) ?	Indústria de suco de laranja.
When (Quando) ?	Fator dependente de cada empresa.
How (Como) ?	Investimento em um sistema de digestão anaeróbia com geração de energia, seja com capital próprio ou através de capital de terceiros (parcerias).
How Much (Quanto) ?	Fator dependente de cada empresa.

CONCLUSÕES

O processo de industrialização de suco de laranja é responsável por gerar uma grande quantidade de resíduos, principalmente as indústrias de menor expressão, que podem apresentar gargalos / problemas no processo, relacionadas a fatores como transporte, armazenamento e extração, que culminam no mal aproveitamento das laranjas e no aumento da quantidade de resíduos gerados (refugos, cascas, bagaço e sementes).

Nesse trabalho identificaram-se propostas de melhoria para os problemas identificados no processo, sendo elas: (1) utilização de uma nova frota de caminhões para o transporte das laranjas, (2) adoção de um novo ambiente de armazenamento das frutas ou

Realização



reforma no sistema de armazenamento atual, (3) adoção de extratoras de última geração e (4) inserção de um sistema de digestão anaeróbia para o tratamento dos resíduos gerados no processo de industrialização de suco de laranja.

REFERÊNCIAS

CITROSUCO. **A Citrosuco**, 2022. Disponível em: <<https://www.citrosuco.com.br/a-citrosuco/>>. Acesso em: 21 de maio de 2022.

CYPRIANO, D. Z.; DA SILVA, L. L.; MARIÑO, M. A.; TASIC, L. **A Biomassa da Laranja e seus Subprodutos**. Revista Virtual Quimica, v. 9, n. 1, p. 176-191, 2017.

JIMENEZ-CASTRO, Maria Paula et al. **Two-stage anaerobic digestion of orange peel without pre-treatment**: Experimental evaluation and application to São Paulo state. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 8, n. 4, p. 104035, 2020.

LIN, Long et al. **Improving the sustainability of organic waste management practices in the food-energy-water nexus**: A comparative review of anaerobic digestion and composting. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 89, p. 151-167, 2018.

MARTÍN, M. A. et al. **Biomethanization of orange peel waste**. Bioresource technology, v. 101, n. 23, p. 8993-8999, 2010.

PEREIRA, Isabella Bordinhão Torres et al. **Indústria de suco de laranja integral**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

RAVINDRAN, Rajeev; JAISWAL, Amit K. **Exploitation of food industry waste for high-value products**. Trends in Biotechnology, v. 34, n. 1, p. 58-69, 2016.

SOARES, A. G. **Quanto você desperdiça?** Revista do Idec, São Paulo, n.130, 2009.

SUZUKI, Lorryne Lins. **Análise técnico-econômica e ambiental de processos de valorização do resíduo da indústria de suco de laranja**. 2019. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TETRA PAK. **The orange fruit and its products**, 2022. Disponível em: <<https://orangebook.tetrapak.com/chapter/orange-fruit-and-its-products>>. Acesso em: 17 de maio de 2022.

USDA, United States Department of Agriculture. **Citrus: World Markets and Trade**, 2022. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

WOOD, Nathan; ROELICH, Katy. **Tensions, capabilities, and justice in climate change mitigation of fossil fuels**. Energy Research & Social Science, v. 52, p. 114-122, 2019.

Realização

