



REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

REUSING SUGARCANE STRAW AS A SOURCE OF BIOMASS FOR ENERGY COGENERATION: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

REUTILIZACIÓN DE LA PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR COMO FUENTE DE BIOMASA PARA LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Alexandre Marinho Lobão Viana¹, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos¹

e4114351

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i11.4351>

PUBLICADO: 11/2023

RESUMO

O setor sucroalcooleiro no Brasil possui grande destaque na produção de energia elétrica, por complementar o sistema hidrelétrico já que o período de safra da cana-de-açúcar coincide com o período de redução nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Através da crescente busca por fontes limpas e renováveis de energia, a presente Revisão Sistemática da Literatura (RSL) tem por objetivo principal investigar o estado da arte nos anos de 2019 a 2023, sobre sistemas de reaproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar como combustível para cogeração de energia elétrica em uma usina de cana-de-açúcar, através da pesquisa nas bases de dados IEEE, Scopus, Science Direct, Web of Science e Scielo e com a utilização do software StArt (*State of the Art through Systematic Review*), que auxilia diretamente na execução de cada um dos passos da revisão. Com base na *string* de busca, foram obtidas 1832 publicações, e através dos critérios de seleção e classificação foram extraídos 24 documentos que abordam as temáticas de utilização da biomassa da cana-de-açúcar em sistemas de geração de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa. Cana-de-Açúcar. Cogeração de energia. Energia elétrica.

ABSTRACT

The sugar-alcohol sector in Brazil is a major player in the production of electricity, as it complements the hydroelectric system since the sugarcane harvest period coincides with the period of reduction in the reservoirs of hydroelectric plants. Given the growing search for clean and renewable energy sources, the main objective of this Systematic Literature Review (SLR) is to investigate the state of the art from 2019 to 2023 on systems for reusing sugarcane biomass as fuel for electricity cogeneration in a sugarcane mill, by searching the IEEE, Scopus, Science Direct, Web of Science and Scielo databases and using the StArt (State of the Art through Systematic Review) software, which directly assists in carrying out each of the review's steps. Based on the search string, 1,832 publications were obtained, and through the selection and classification criteria, 24 documents were extracted that address the themes of using sugarcane biomass in electricity generation systems.

KEYWORDS: Biomass. Sugarcane. Cogeneration of energy. Electricity.

RESUMEN

El sector sucroalcoholero en Brasil es un actor importante en la producción de energía eléctrica, ya que complementa el sistema hidroeléctrico debido a que el período de cosecha de la caña de azúcar coincide con el período de reducción de los embalses de las centrales hidroeléctricas. Dada la creciente búsqueda de fuentes de energía limpias y renovables, el objetivo principal de esta Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) es investigar el estado del arte de 2019 a 2023 sobre los sistemas de reutilización de la biomasa de la caña de azúcar como combustible para la cogeneración de electricidad en un ingenio azucarero, buscando en las bases de datos IEEE, Scopus, Science Direct, Web of Science y Scielo y utilizando el software StArt (State of the Art through Systematic Review), que asiste directamente en la realización de cada uno de los pasos de la revisión. A partir de la cadena de búsqueda, se obtuvieron 1.832 publicaciones y, mediante los criterios de selección y

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

clasificación, se extrajeron 24 documentos que abordan la temática del aprovechamiento de la biomasa de la caña de azúcar en sistemas de generación eléctrica.

PALABRAS CLAVE: Biomasa. Caña de azúcar. Cogeneración de energía. Electricidad.

INTRODUÇÃO

De acordo com Santos e Ramos (2020), o setor sucroenergético brasileiro possui grande destaque na produção de energia elétrica com a queima da biomassa da cana-de-açúcar, complementando o sistema hidrelétrico já que o período de safra da cana-de-açúcar coincide com a redução nos reservatórios das usinas hidrelétricas.

Um dos focos para a transição energética nas indústrias é o uso de combustíveis sólidos que incluem, entre outros, resíduos agrícolas, resíduos florestais e resíduos agroindustriais (Amezcuá-Allieri *et al.*, 2019).

O Brasil tem uma extensa atividade agrícola, capaz de alimentar mais de 800 milhões de pessoas em todo o mundo com sua produção agrícola. O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro aumentou 24,31% em 2020 e representa 26,6% da produção econômica nacional, um valor extremamente alto que demonstra a relevância dessa atividade para a economia brasileira. Por sua vez, o país também tem uma quantidade significativa de subprodutos de biomassa que pode ser utilizada na geração de bioenergia (Costa *et al.*, 2022).

Com base nessa análise, pode-se apontar o problema principal dessa revisão: como a reutilização da palha da cana-de-açúcar como fonte de biomassa pode promover uma fonte de energia limpa e sustentável? O problema se justifica por meio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável propostos pela Organização das Nações Unidas, que possuem o papel de traçar metas e meios para se obter um mundo próspero e desenvolvido, como por exemplo: ODS 7 (energia limpa e acessível), ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura), ODS 11 (cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (consumo e produção responsáveis) e ODS 13 (combate às alterações climáticas).

Através da crescente busca por fontes de energia limpa e renovável, a presente Revisão Sistemática da Literatura (RSL) tem por objetivo geral investigar o estado da arte nos últimos 5 anos, sobre sistemas de reaproveitamento da biomassa da cana-de-açúcar como fonte energética para cogeração de energia elétrica em uma usina de cana-de-açúcar. Para isso, foram definidos os seguintes objetivos específicos: verificar os principais estudos sobre o tema, compreender quais as principais técnicas aplicadas à cogeração de energia, demonstrar a eficácia energética da queima da biomassa.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

MÉTODO

Conforme Conforto, Amaral e Silva (2011), a Revisão Sistemática da Literatura se caracteriza pelo método científico que é capaz de buscar e analisar o estado da arte em uma determinada área da ciência.

No caso específico de pesquisas avançadas, onde exige-se certo ineditismo e originalidade na contribuição, a revisão bibliográfica desempenha um papel preponderante. Por isso, conduzi-la de forma sistemática e rigorosa, contribui para o desenvolvimento de uma base sólida de conhecimento, facilitando o desenvolvimento da teoria em áreas onde já existem pesquisas, e também, identificando áreas onde há oportunidades para novas pesquisas (Webster; Watson, 2002 *apud* Conforto; Amaral; Silva, 2011).

Para auxílio da presente RSL, foi utilizado o *software* StArt (*State of the Art through Systematic Review*), que auxilia diretamente na execução dos passos descritos ao decorrer da revisão.

O *software* foi desenvolvido pelo Laboratório de Pesquisas em Engenharia de *Software* (LaPES), localizado na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e executa todas as etapas fundamentais da revisão em uma série de passos estabelecidos de acordo com o preenchimento do protocolo, permitindo que o usuário realize todas as etapas de uma RSL de maneira organizada e sistemática.

O método da revisão a ser utilizado foi proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), denominado modelo RSL Roadmap que, por sua vez, possui três etapas fundamentais: entrada, processamento e saída.

Entrada

O Quadro 1 a seguir demonstra os parâmetros de entrada a serem utilizados, que consiste primeiramente no problema principal a ser estudado, juntamente com o objetivo principal da revisão bibliográfica, *string* de busca, bases de dados e os critérios de inclusão e exclusão para próxima etapa da revisão.

Quadro 1 - Parâmetros de entrada da RSL

Pergunta principal	Qual é a viabilidade econômica e técnica da cogeração de energia elétrica através do reaproveitamento da palha da cana-de-açúcar em usinas sucroalcooleiras?
Objetivo	Investigar o estado da arte sobre o reaproveitamento da palha da cana-de-açúcar como fonte de combustível para geração de energia elétrica através da produção de vapor possibilitada pela queima da palha.
String de busca	("energy cogeneration" OR "electrical energy") AND sugarcane
Bases de dados	Scielo Science Direct



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

	Scopus Web Of Science
Critérios de inclusão	(I) Artigos sobre biomassa da cana-de-açúcar. (I) Artigos relacionados ao reaproveitamento da palha da cana-de-açúcar. (I) Artigos relacionados à viabilidade econômica da cogeração de energia.
Critérios de exclusão	(E) Artigos que não usam a cana-de-açúcar como fonte de biomassa. (E) Artigos que não apresentam resultados de forma clara. (E) Artigos que não possuem objetivos bem definidos. (E) Artigos com baixo quadrante.

Fonte: Próprio Autor

Definidos o problema, *string* de busca, bases de dados e critérios para inclusão e exclusão dos artigos, foi feito o preenchimento dos campos de palavras-chave, formulário de qualidade e formulário de extração de dados, que serão utilizados posteriormente ao decorrer da revisão.

Inicialmente, as palavras-chave definidas foram: *cogeneration*, *bioelectricity*, *electricity*, *sugarcane* e *energy*. O formulário de qualidade está evidenciado na Figura 1, enquanto o formulário de extração de dados que contém os seguintes parâmetros: “Quais foram os resultados obtidos?”, “Título”, “Autores”, “Ano de publicação”, “Revista”, “Número de páginas”, “DOE/Link”, “Edição” e “Volume”, estão na Figura 2.

Figura 1 - Formulário de qualidade

Fonte: Próprio Autor

Figura 2 - Formulário de extração de dados

Fonte: Próprio Autor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

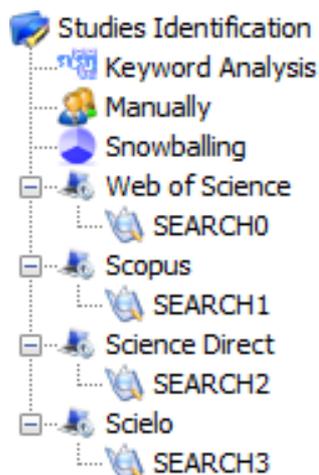
Com essa fase concluída, o próximo passo da RSL Roadmap é a etapa de processamento dos dados obtidos a partir da *string* definida, o que caracteriza uma grande importância da busca booleana nos métodos de revisão sistemática.

Processamento

A partir dos dados da primeira etapa, foram realizadas as buscas pela *string* evidenciada no Quadro 1 em cada uma das bases de dados no dia 8/05/2023, utilizando o VPN (*Virtual Private Network*) disponibilizado pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, que possibilita acesso a periódicos, revistas e artigos exclusivos.

A partir disso, foi feito o download dos resultados alcançados em cada uma das bases de dados, e eles foram exportados para o software StArt em formato .RIS, de acordo com a Figura 3, possibilitando a compatibilidade para realizar os processos de classificação e seleção dos artigos.

Figura 3 - Inserção dos artigos em formato .RIS no *software* StArt



Fonte: Próprio Autor

Com essa etapa concluída, foi feita a análise das palavras-chave a serem utilizadas, assim como o ajuste de critério para se obter uma pontuação de acordo com a incidência dessas palavras-chave em cada artigo.

A análise de palavras-chave é o processo em que o *software* StArt apresenta algumas palavras que possuem certa frequência de exibição nos artigos inseridos e exibindo também a similaridade das mesmas com bases nas cores (verde para palavras iguais, amarelo para palavras semelhantes e laranja para palavras diferentes) evidenciadas pela Figura 4, sendo feita uma nova revisão das palavras-chave inseridas na fase inicial do protocolo (etapa de entrada da RSL).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Figura 4 - Análise e ajuste de palavras-chave

Word	Frequency
BIOMASS	41
BIOGAS	36
BIOENERGY	34
RENEWABLE ENERGY	33
SUSTAINABILITY	31
LIFE CYCLE ASSESSMENT	30
ANAEROBIC DIGESTION	26
ENERGY	18
TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS	17
BIOREFINERY	17
SUGARCANE	17
VINASSE	16
ETHANOL	15
HYDROGEN	14
CIRCULAR ECONOMY	14
BIOFUEL	12
BIOELECTRICITY	12
GASIFICATION	12
COGENERATION	11
SUGARCANE BAGASSE	11
BIODIESEL	11
PYROLYSIS	10
BIOFUELS	10
ELECTRICITY	10
EXERGY	9
BIOCHAR	9
BAGASSE	9
LIGNOCELLULOSIC BIOMASS	8
BIOETHANOL	8

Fonte: Próprio Autor

O ajuste de critério, por sua vez, está relacionado com a incidência de cada uma das palavras-chave selecionadas anteriormente, nos artigos inseridos, pontuando os artigos cada vez que uma palavra-chave for encontrada no título, resumo e palavras-chave, como mostra a Figura 5.

Figura 5 - Ajuste de critério

Adjust quantitative criteria

Method for calculating the Score Value

Keywords in title:	5	points per occurrence
Keywords in abstract:	3	points per occurrence
Keywords in keywords:	2	points per occurrence

Reclassify papers Cancel

Fonte: Próprio Autor

Com a nova classificação, as palavras-chave finais foram: *bioelectricity*, *bioelectricity generation*, *bioenergy*, *biomass*, *circular economy*, *cogeneration*, *economic viability*, *electricity*,



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

energy, energy generation, energy harvesting, energy potential, renewable energy, sugarcane bagasse, sugarcane biomass, sugarcane straw, energy cogeneration, sustainability, techno-economic analysis, electrical energy e sugarcane.

Seguindo o protocolo RSL Roadmap proposto por Conforto, Amaral e Silva (2011), após os devidos ajustes evidenciados anteriormente, foi feita a geração de quadrantes dentro do *software*, que consiste em classificações baseadas em quartis de pontuação, nos quais mostram os artigos que têm forte relação com as palavras-chave estabelecidas no protocolo (Q1 e Q2), assim como artigos que possuem menores relações com as palavras-chave inseridas (Q3 e Q4).

Na presente revisão foram rejeitados por critério de exclusão todos artigos com classificação Q4, restando somente artigos de classificação Q2 (possuem forte, mas não total, relação com as palavras-chave), e através disso foi realizada a extração de dados (etapa de saída da RSL), nos quais foram gerados gráficos e um relatório a partir dos artigos extraídos e selecionados após todas as fases da revisão, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Relatório final de extração de dados

Generate Report

Grouped by: Anyone Year Journal

Select one of the filters: Year Status None

ID SS	ID Paper	Title	Author	Status/Select
0		ALL Papers		
0	858	Supply Chain Optimization for Energy Cogeneration Using S...	Rivera-Cadauid, L ; Manyoma-Velasqu...	Accepted
0	859	INCREASED ENERGY COGENERATION IN THE SUGAR-ENER...	dos Santos, PSB ; Ramos, RAV	Accepted
0	860	Biomass, grain yield, ethanol production, and energy cogen...	de Lira, RB ; Ferreira-Neto, M ; Dias, ...	Rejected
0	861	National potential production of methane and electrical ene...	Nadaleti, WC ; Lourenco, VA ; Belli, P ; ...	Accepted
0	862	Sugarcane Bagasse as Aggregate in Composites for Buildin...	Souza, PPLD ; Eires, R ; Malheiro, R	Rejected
0	863	Growth-Promoting Effects of Thiamethoxam on Sugarcane ...	Silva, DD ; Jacomassi, LM ; Oliveira, J...	Rejected
0	864	Competition between Second-Generation Ethanol and Bioel...	Carpio, LGT ; de Souza, FS	Accepted
0	865	Utilizing sugarcane as green transpiration-driven generato...	Li, HT ; Li, X ; Li, XM ; Wang, H ; Huan...	Accepted
0	866	Characterization of different sugarcane bagasse ashes gen...	Dal Molin, RG ; Colpini, LMS ; Ferrer, M...	Rejected
0	867	Sugarcane Bagasse Ash Micronized Using Air Jet Mills for Gr...	Molin, RGD ; Rosso, JM ; Volinistem, E...	Rejected
0	868	Performance of Yeast Microbial Fuel Cell Integrated with Su...	Christwardana, M ; Joelianingsih, J ; Y...	Duplicated
0	869	SuperPro Designer (R), User-Oriented Software Used for A...	Canizales, L ; Rojas, F ; Pizarro, CA ; ...	Rejected
0	870	Techno-economic analysis and life cycle assessment for en...	Amezcu-Alieri, MA ; Martinez-Hernan...	Accepted
0	871	Photocatalytic removal of AR14 from aqueous solutions un...	Janipoor, R ; Mohagheghian, A ; Shirz...	Rejected
0	872	Numerical modeling of the sugarcane bagasse gasification i...	Medeiros, MRQ ; Cruz, ME ; Leiroz, AJ...	Rejected
0	873	Potential of Renewable Energy in Jamaica's Power Sector: ...	Richards, D ; Yabar, H	Accepted
0	874	Methylene blue as an exogenous electron mediator on bioel...	Zohri, ANA ; Kassim, RMF ; Hassan, SHA	Accepted
0	875	Dimethyl Ether Production from Sugarcane Vinasse: Modelin...	Lopes, GD ; Bonfim-Rocha, L ; Jorge, ...	Rejected
0	876	Thermochemical characterization and assessment of residu...	Rivaldi, JD ; Shin, HH ; Colman, F ; Sa...	Accepted
0	877	Techno-economic analysis of chemically catalysed lignocellu...	Kapanji, KK ; Haigh, KF ; Gorgens, JF	Rejected
0	878	A mathematical, economic and energetic appraisal of biome...	Nadaleti, WC ; Lourenco, VA	Accepted
0	879	Heat transfer characteristics of a thermoelectric power gen...	Punin, W ; Maneewan, S ; Punlek, C	Accepted

Attributes: Title ID Paper ID SS Author Status/Selection Status/Extraction Priority Reading Score Year Journal Keywords Abstract Type Comment Url Volume Pages ISSN/ISBN DOI ImportationDate REF

Buttons: Generate Report, Close

Fonte: Próprio Autor

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base nas etapas descritas na metodologia, na *string* de busca e seguindo o roteiro elaborado por Conforto, Amaral e Silva (2011), o número de artigos encontrados em cada uma das bases de dados está evidenciado na Tabela 1.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Tabela 1 - Registro de buscas nas bases de dados

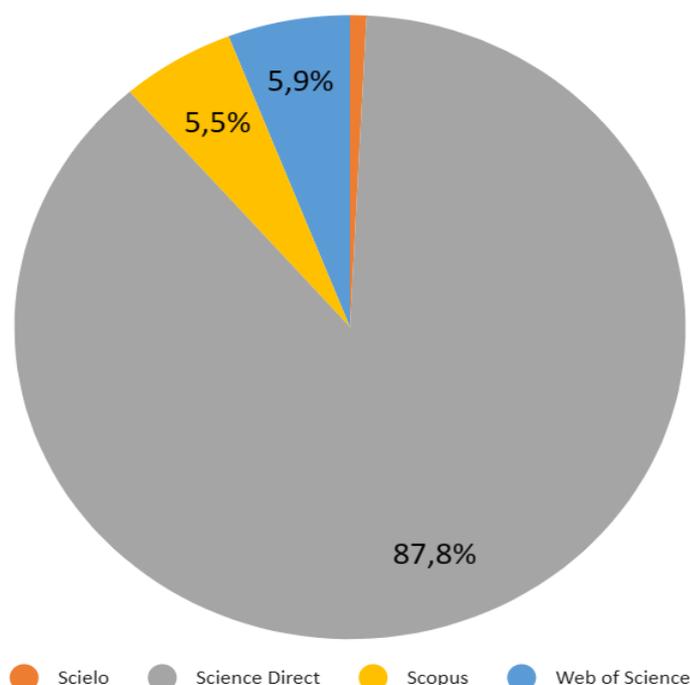
Bases de Dados	Geral	A partir de 2019	Artigos originais
IEEE	3	0	0
Scielo	7	4	4
Science Direct	1679	992	447
Scopus	76	31	28
Web of Science	67	31	30
TOTAL	1832	1058	509

Fonte: Próprio autor

Feita a pesquisa nas bases de dados, foram totalizadas 1832 publicações a respeito da string de busca evidenciada no Quadro 1. Após este primeiro processo, foi feita uma nova filtragem para que as publicações incluídas tenham sido publicadas nos últimos 5 anos (2019 a 2023) a fim de se obter informações mais atualizadas sobre o assunto, resultando em um total de 1058 publicações.

Com essas etapas concluídas, foi realizada uma última filtragem para se extrair apenas artigos científicos dessas publicações, totalizando 509 artigos originais. O Gráfico 1 apresenta a relação percentual entre os resultados obtidos em cada uma das bases de dados após os processos de filtragem, enquanto o Gráfico 2 apresenta a distribuição anual de artigos em relação a cada uma das bases de dados.

Gráfico 1 - Porcentagem de artigos originais de acordo com cada base de dados



Fonte: Próprio autor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

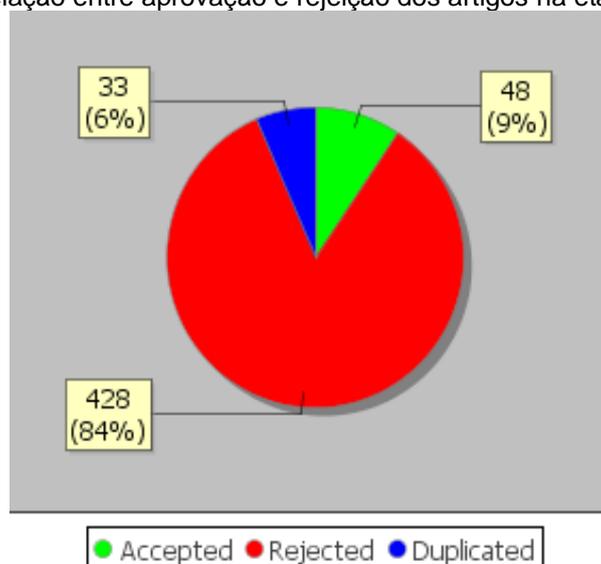
Gráfico 2 - Publicações ao decorrer dos anos



Fonte: Próprio autor

Após realizar as fases de filtragem, os arquivos .BIB foram inseridos no software StArt e foi feita a primeira etapa de classificação dos artigos (seleção), que consiste na leitura de título, palavras-chave e abstract, resultando num total de 33 artigos duplicados, 428 artigos rejeitados e 48 artigos aceitos, dos 509 artigos originais, como mostrado na Figura 7.

Figura 7 - Relação entre aprovação e rejeição dos artigos na etapa de seleção



Fonte: Próprio autor

A partir dos 48 artigos escolhidos na etapa de seleção, o próximo passo foi realizar a segunda etapa de classificação dos artigos (extração), que consiste na leitura completa de introdução, metodologia e conclusão de cada um dos artigos selecionados, juntamente com a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

inserção de alertas de prioridade e elaboração da síntese de cada um dos resultados, representando a etapa de Saída do método RSL Roadmap com um resultado final de 24 artigos aceitos para completa leitura e interpretação. A Figura 8 ilustra a porcentagem final de artigos, enquanto a relação de prioridade de leitura está indicada pela Figura 9.

Figura 8 - Relação entre aprovação e rejeição dos artigos na etapa de extração

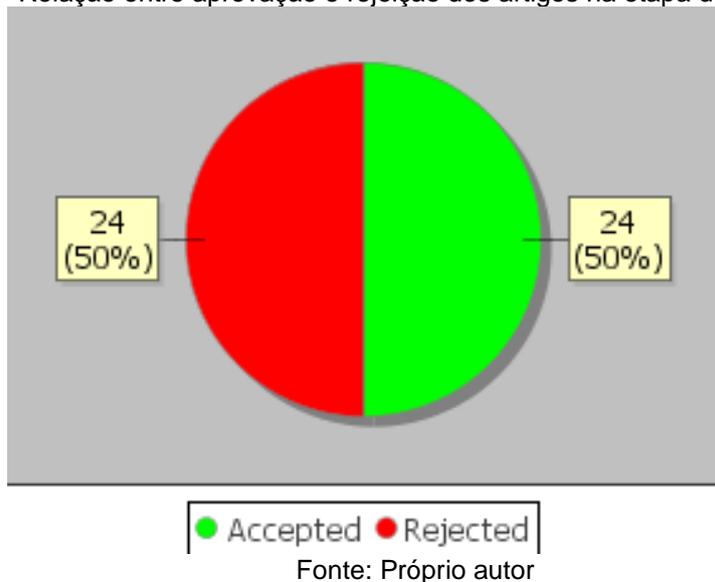
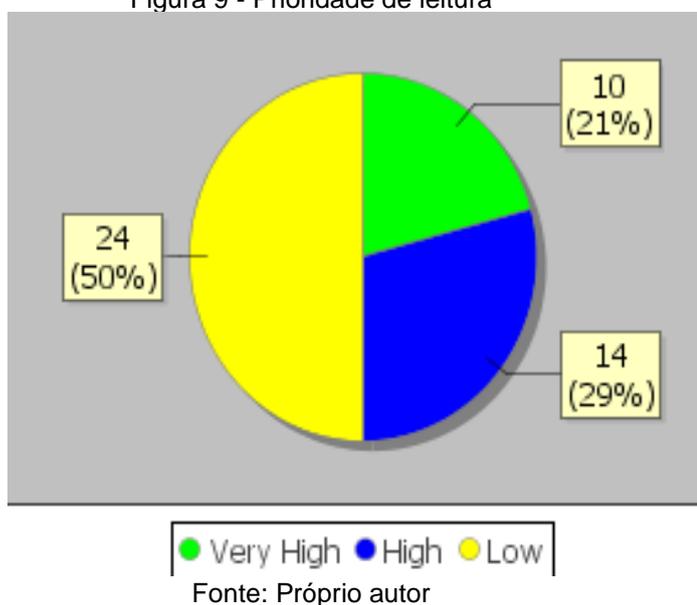


Figura 9 - Prioridade de leitura



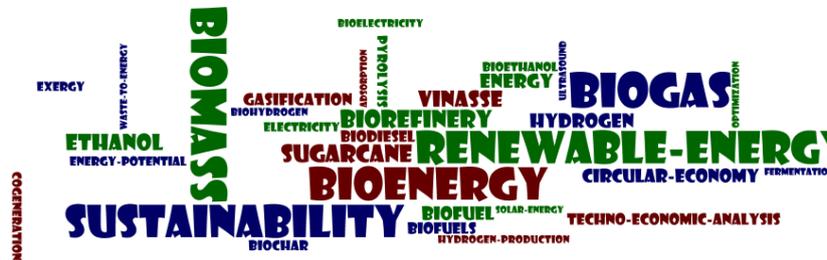
Com base nos 24 artigos obtidos, o software StArt gerou uma nuvem de palavras com os principais termos de maior incidência, como mostra a Figura 10.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Figura 10 - Nuvem de palavras



Fonte: Próprio autor

O Quadro 2 a seguir tem por finalidade demonstrar, por meio de uma síntese, as principais informações contidas em cada um dos 24 artigos selecionados através do método RSL Roadmap e utilização do *software* StArt, assim como seus respectivos autores e ano de publicação.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Quadro 2 - Artigos aceitos para a RSL

Título	Autores	Ano	Síntese
<i>Mapping and energy analysis of Brazilian bioenergy power potential for three agricultural biomass byproducts</i>	da Costa, GG ; dos Santos, IFS ; Barros, RM ; Tiago, GL ; Machado, GD ; Barbedo, MDG	2022	Foi realizado um estudo para avaliar o potencial de geração de energia elétrica a partir de três subprodutos agrícolas gerados em grandes quantidades: palha de arroz, palha de cana-de-açúcar e casca de café. A investigação para a determinação do potencial bioenergético foi realizada considerando a combustão direta de 100% desses materiais em todos os municípios brasileiros que registram culturas de arroz, cana-de-açúcar ou café, e com isso os autores puderam inferir que a biomassa da cana-de-açúcar apresenta o maior potencial de geração de energia elétrica dentre as três culturas e a exploração do potencial da cana pode abastecer cerca de 47% do consumo residencial de energia.
<i>Efficiency Improvement in Sugar Mills through Bagasse Gasification</i>	Kumar, U. ; Arora, P.	2021	O presente trabalho foi realizado a fim de destacar o potencial de melhoria da eficiência da gaseificação do bagaço, podendo aumentar o potencial de geração de energia por meio da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Através do software ASPEN Plus®, foi possível modelar a usina de cana-de-açúcar presente no trabalho, bem como o processo de gaseificação do bagaço. A integração de calor foi realizada para otimizar os fluxogramas do processo, e a energia elétrica gerada pela combustão do bagaço é estimada em 0,57 kWh/kg de bagaço queimado. Em contrapartida, o processo de gaseificação pode aumentar essa geração de energia até 1,16 kWh/kg de bagaço a 10% de teor de umidade (em peso), garantindo uma conscientização a respeito da utilização limpa e eficiente da energia elétrica fornecida por esse resíduo industrial.
<i>Life cycle assessment of sugar and electricity production under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India</i>	Hiloidhari, Moonmoon ; Banerjee, Rangan ; Rao, Anand B.	2021	O presente trabalho realiza uma avaliação do ciclo de vida do açúcar e sua produção de eletricidade com base no cultivo da cana-de-açúcar em diferentes cenários. Essa avaliação se baseia no cultivo em quatro épocas do ano e também em quatro



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			pressões diferentes a serem aplicadas na caldeira, podendo avaliar qual cenário é mais vantajoso para a produção de eletricidade. Foi observado que o período chamado de "adsali" corresponde à estação mais ecológica, e a caldeira com pressão "muito elevada" requer menos quantidade de combustível que as demais caldeiras, podendo concluir que o período "adsali" combinado com a pressão "muito elevada" possui as características mais eficientes para a geração de energia elétrica, assim como resulta em um impacto ambiental mínimo devido à cogeração através do bagaço da cana.
<i>Energy-carbon-water footprint of sugarcane bioenergy: A district-level life cycle assessment in the state of Maharashtra, India</i>	Hiloidhari, Moonmoon ; Vijay, Vandit ; Banerjee, Rangan ; Baruah, D.C. ; Rao, Anand B.	2021	Foram feitas análises acerca do cultivo de cana-de-açúcar e da cogeração no estado de Maharashtra, estimando o potencial de cogeração do bagaço da cana e realizando a avaliação do ciclo de vida (no qual têm grande importância para avaliar e quantificar os impactos ambientais associados a esse processo), incluindo pegada de carbono, energia e água. A disponibilidade anual de bagaço em Maharashtra é estimada em 19,2 mt, equivalente a 8206 GWh de eletricidade. O potencial de bagaço varia acentuadamente em nível distrital, de 4 quilo toneladas (kt) em Amravati a 3502 kt em Kolhapur. Da mesma forma, o potencial de eletricidade do bagaço varia de 2 GWh em Amravati a 1500 GWh no distrito de Kolhapur.
<i>Energy supply design for the integrated production of 1G + 2G ethanol from sugarcane</i>	de Oliveira, Raul Alves; de Barros, Rodrigo da Rocha Olivieri ; Ferreira-Leitão, Viridiana Santana ; Freitas, Suely Pereira ; da Silva Bon, Elba Pinto	2020	Este estudo avaliou a integração energética das operações de etanol de primeira geração (1G) e de segunda geração (2G) e o excedente de energia resultante, através da utilização de dados experimentais e publicados de valores caloríficos mais altos desses resíduos, bem como da lignina, um fluxo de processo sólido. Foi usada uma análise de sensibilidade para avaliar três cenários integrados para a produção de etanol 1G + 2G e energia excedente. No cenário "A", a alocação gradual de até 100% de bagaço para o etanol 2G aumentaria o volume de etanol em 29% e a energia excedente em 10%, por meio da queima de lignina e



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			metano em comparação com a queima total do bagaço. No cenário "B", em que 50% da palha seria alocada para queima, a alocação gradual de até 100% de bagaço para o etanol 2G manteria o mesmo aumento de etanol de 29%, enquanto a energia excedente seria aumentada para 16% da energia esperada com a queima total do bagaço. No cenário "C", em que 50% do bagaço seria alocado para o etanol 2G e a queima da palha seria gradualmente até 60%, o volume de etanol aumentaria em 14%, e o excedente de energia aumentaria em 64% da queima total do bagaço.
<i>Supply Chain Optimization for Energy Cogeneration Using Sugarcane Crop Residues (SCR)</i>	Rivera-Cadavid, L; Manyoma-Velasquez, PC; Manotas-Duque, DF	2019	Através da análise da literatura acerca da otimização da cadeia de suprimentos de bioenergia (Bioenergy Supply Chain Optimization) e posteriormente, com base na literatura, foi realizado um modelo de programação linear para decidir quais parcelas serão colhidas em um determinado dia. O modelo substitui exatamente a energia gerada pelo carvão pela energia do resíduo da colheita. Através desse modelo surgem oportunidades de grande interesse para se obter recursos financeiros adicionais associados à participação no mercado de bônus de carbono a partir da substituição do carvão na caldeira pela cogeração a partir da queima dos resíduos da cana-de-açúcar.
<i>Increased energy cogeneration in the sugar-energy sector with the use of sugarcane straw, electrification of drives, and high-drainage rollers in the extraction</i>	dos Santos, PSB; Ramos, RAV	2020	Foram analisados os dados diante dos resíduos de biomassa (palha + bagaço) da cana-de-açúcar, e então foi realizada uma simulação com 5 casos diferentes através da análise de implementação de diferentes níveis de umidade e POL, a fim de aumentar o LCV (<i>Low Calorific Value</i>). O cenário 2.5 apresentou melhor índice de geração de energia, comprovando a eficiência do equipamento, que aumentou em 11,5% a produção de vapor em relação ao caso de referência, triplicando a potência injetada no sistema de transmissão e distribuição de energia elétrica. As técnicas de análise econômica (Payback, NPV, IRR e ROIC)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			mostraram que os Casos 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5 podem ser economicamente viáveis.
<i>Techno-economic analysis and life cycle assessment for energy generation from sugarcane bagasse: Case study for a sugar mill in Mexico</i>	Amezcuca-Allieri, MA; Martinez-Hernandez, E ; Anaya-Reza, O ; Magdaleno-Molina, M; Melgarejo-Flores, LA; Palmerin-Ruiz, ME ; Eguia-Lis, JAZ; Rosas-Molina, A; Enriquez-Poy, M; Aburto, J	2019	O presente estudo apresenta o processo de geração de energia em uma usina de açúcar a partir da obtenção de vapor gerado através da queima do bagaço da cana-de-açúcar. Os resultados obtidos foram que, a partir da simulação, as turbinas geram 6.757 kW de eletricidade e 10.937 kW de energia mecânica é fornecida ao equipamento, e esses valores foram validados com os dados operacionais. Isso resulta em um total de energia cogenerada de 147.463 kW. A usina é capaz de atender a 100% de sua demanda de vapor (129.769 kW) e eletricidade (4.697 kW) durante o período de colheita da cana-de-açúcar e de produção de açúcar.
<i>Brazilian sugar cane industry – A survey on future improvements in the process energy management</i>	Palacios-Bereche, M.C.; Palacios-Bereche, R. ; Ensinas, A.V. ; Gallego, A. Garrido ; Modesto, Marcelo ; Nebra, S.A.	2022	Foram realizadas diversas abordagens diante de todos os processos que cercam a indústria de cana-de-açúcar, analisando em quais pontos cada processo pode ter um aumento de produção. As novas propostas apresentadas foram, por exemplo, o aumento da cogeração, por meio de sistemas supercríticos, com a produção de 273 kWh/t; a integração térmica do sistema, reduzindo o consumo de vapor até 236,8 kg/t de cana, e a utilização da palha da cana-de-açúcar em uma proporção de 50% do bagaço.
<i>Assessment of the self-sustained energy generation of an integrated first and second generation ethanol production from sugarcane through the characterization of the hydrolysis process residues</i>	Carvalho, Danilo José; Moretti, Ricardo Rochetto ; Colodette, Jorge Luiz ; Bizzo, Waldir Antonio	2020	A energia elétrica necessária para garantir a autossuficiência dos processos 1G e 2G seria obtida com o uso de 17,1% da palha de cana disponível no campo. Esses resultados indicam que o fator limitante é a demanda de energia térmica e que, uma vez atingida essa demanda, há um excedente de eletricidade de no mínimo 62,8 kWh por tonelada de cana. A exportação de eletricidade pode ser aumentada se a quantidade de palha usada também for aumentada.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

<p><i>Thermochemical characterization and assessment of residual biomass energy in Paraguay</i></p>	<p>Rivaldi, JD; Shin, HH ; Colman, F ; Sauer, C ; Gonzalez, J ; Rojas, O ; Smidt, M ; Velazquez, E ; Martinez, K</p>	<p>2022</p>	<p>Observou-se que o bagaço de cana-de-açúcar é uma das biomassas mais utilizadas como fonte de energia no Paraguai. Esse resíduo agroindustrial apresentou HHV (Higher Heating Value) de 6,9 MJ/kg a 52% de umidade e 15,1 MJ/kg a 10% de umidade (Tabela 2). Normalmente, o HHV do bagaço de cana-de-açúcar varia de 15 a 18 MJ/kg para amostras secas.</p>
<p><i>Heat transfer characteristics of a thermoelectric power generator system for low-grade waste heat recovery from the sugar industry</i></p>	<p>Punin, W; Maneewan, S ; Punlek, C</p>	<p>2019</p>	<p>Foi desenvolvido um modelo numérico para simular a condutividade térmica e os processos de transferência de energia elétrica em um gerador termoelétrico (TEG) projetado para a recuperação de calor residual de baixa qualidade na indústria açucareira. Nesse estudo, os pesquisadores selecionaram quatro módulos de resfriamento termoelétrico (TE) TEC1-12706 e TEC1-12710 e módulos de potência TE SP1848-27145 SA e TEG1-127-40-40-250 para testes de calor de baixa qualidade a uma temperatura de 200 °C. Os resultados do teste indicaram que uma placa de alumínio de 10 mm de espessura foi mais eficaz para criar uma troca de calor favorável à instalação em um sistema TEG. O TEC1-12710 pode gerar uma potência máxima de saída de 126,15 W em uma carga correspondente de cerca de 1,65 Ω. O sistema de geração de energia termoelétrica pode converter 11,5% da energia térmica em energia elétrica.</p>
<p><i>Bale quality and baler operational and economic performance as a function of working speeds and windrowed sugarcane trash volumes</i></p>	<p>Correia, T.P.D.S.; Tavares, L.A.F. ; Gomes, A.R.D.A. ; Silva, P.R.A. ; Sousa, S.F.G.D.</p>	<p>2019</p>	<p>O experimento foi realizado em uma área de produção de cana-de-açúcar, utilizando uma enfardadora que produz fardos prismáticos retangulares, acionada por um trator com potência nominal de 161,81 kW. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 2 x 2, consistindo em dois volumes de lixo enfardado (50 e 90%) e duas velocidades de trabalho (3 e 5 km h⁻¹), com seis repetições. O volume dos fardos não foi influenciado pelo volume de lixo enfardado e pela velocidade da enfardadeira. O maior volume de lixo enfardado proporcionou menor custo por fardo e maior índice de impureza mineral e peso seco dos fardos. O consumo de</p>



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			combustível por hora, a capacidade de campo operacional e a produção de fardos aumentaram com o aumento da velocidade. A maior eficiência econômica é obtida com maior velocidade e volume de lixo enfardado.
<i>Optimal equipment arrangement of a total site for cogeneration of thermal and electrical energy by using exergoeconomic approach</i>	Shokri, Yaser; Ghazi, Mehrangiz ; Nikiyan, Mohammad ; Maleki, Akbar ; Rosen, Marc A.	2021	Foram considerados dois estudos de caso com diferentes arranjos de turbina a vapor e, se for necessária uma geração extra de energia, são considerados projetos com um sistema de turbinas a gás e de condensação. Com base nos dados de projeto de um sistema de cogeração no local total, seu potencial de energia elétrica é determinado. Além disso, a taxa de destruição de energia e a eficiência energética são avaliadas, assim como as taxas de custo total de capital e de destruição de energia para todos os arranjos de equipamentos do sistema de cogeração. A importância de considerar a economia neste estudo fica clara, uma vez que o custo de investimento do componente e também o custo do combustível para gerar o vapor necessário no sistema em longos intervalos é significativo.
<i>Thermodynamic, financial and resource assessments of a large-scale sugarcane-biorefinery: Prelude of full bioenergy carbon capture and storage scenario</i>	Milão, Raquel de Freitas Dias; Carminati, Hudson B. ; Araújo, Ofélia de Queiroz F. ; de Medeiros, José Luiz	2019	Foi feita uma avaliação em larga escala para quantificar e demonstrar as perspectivas de um novo sistema de bioenergia à base de cana-de-açúcar com captura e armazenamento de carbono que inclui plantação, biorrefinaria de etanol, geração de eletricidade e captura/armazenamento de CO ₂ da fermentação e pós-combustão. A integração entre a plantação e a biorrefinaria é simulada para avaliar a produção de etanol, a produção de energia por meio da cogeração alimentada por bagaço, a demanda de calor, demanda de calor, demanda de água, consumo de dióxido de carbono, lucratividade e utilização de recursos. Foi verificado que a integração entre a Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono, a plantação e a biorrefinaria apresenta uma enorme capacidade de absorção de CO ₂ da atmosfera de 5,72 MtCO ₂ /ano, gerando emissões negativas palpáveis. Portanto, este trabalho mostra que a



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			biorrefinaria de etanol de primeira geração à base de cana-de-açúcar tem um alto potencial de abatimento de CO ₂ , que ainda é usado de forma incipiente.
<i>Exergoeconomic analysis of lactic acid and power cogeneration from sugarcane residues through a biorefinery approach</i>	Soltanian, Salman; Aghbashlo, Mortaza ; Farzad, Somayeh ; Tabatabaei, Meisam ; Mandegari, Mohsen ; Gorgens, Johann F.	2019	Foi feito um estudo para a investigação econômica de uma biorrefinaria de cana-de-açúcar baseada em lignocelulose à base de cana-de-açúcar desenvolvida para a cogeração de ácido láctico e energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar e da colheita de resíduos, especificamente folhas marrons (lixo). Foram identificados os pontos críticos das perdas de custo na biorrefinaria desenvolvida. Parâmetros exergo econômicos, incluindo taxa de custo relacionada à irreversibilidade, taxa de custo relacionada ao componente, taxa de custo total, diferença de custo relativo e fator exergoeconômico foram determinados para todas as nove subunidades da biorrefinaria. Os custos exergoeconômicos unitários do ácido láctico, da energia, do vapor e do líquido digerido foram de 8,55, 15,61, 15,61, e 17,96 USD/GJ, respectivamente. A maior taxa de custo total foi determinada em US\$ 3.715,86/h para a unidade de geração de vapor, representando 43,73% da taxa de custo total da biorrefinaria. A unidade de síntese de ácido láctico ficou em segundo lugar, contribuindo com 20,49% da taxa de custo total do sistema.
<i>Energy conversion efficiency in sugarcane cultivars as a function of production environments in Brazil</i>	de Moraes Barbosa, Alexandrius; Rebes Zilliani, Rafael ; Tiritan, Carlos Sérgio ; Maia Souza, Gustavo ; de Almeida Silva, Marcelo	2021	Foi realizado um estudo para avaliar a eficiência da conversão de energia solar em biomassa, bem como a energia disponível por hectare e a produtividade dos colmos em função do ambiente de produção em diferentes cultivares. Os experimentos foram realizados em dois ambientes de produção no Brasil, Prado Ferreira, Paraná (Ambiente de Produção A) e Presidente Bernardes, São Paulo (Ambiente de Produção C) e com três cultivares de cana-de-açúcar SP80-3280, RB855156 e RB867515 em dois ciclos de cultivo. A alocação de cultivares de acordo com o ambiente de produção pode aumentar a produtividade do talo



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			em até 75,80%, bem como que a produtividade da biomassa é menos afetada do que a produtividade do talo devido à baixa disponibilidade de água no solo. A variação na energia disponível por hectare ocorre em proporções semelhantes à produtividade da biomassa. A eficiência da conversão de energia solar em biomassa pode ser aumentada em até 51,3% dependendo do ambiente de produção e da alocação de cultivares.
<i>Biomass yield, nutrient removal, and chemical composition of energy cane genotypes in Southeast Brazil</i>	Boschiero, Beatriz Nastaro; Castro, Sérgio Gustavo Quassi de ; da Cruz, Larissa Prado ; Carvalho, João Luis Nunes ; Silva, Sérgio Ricardo ; Bressiani, José Antonio ; Kolln, Oriel Tiago	2023	O presente estudo foi realizado com a finalidade de avaliar a produção de biomassa e a quantidade de nutrientes removidos pelos genótipos de cana-energia em condições de campo no Brasil. O experimento foi montado em um projeto de blocos aleatórios contendo 26 genótipos de cana-energia e duas variedades comerciais de cana-de-açúcar. A necessidade média de nutrientes por unidade de biomassa fresca produzida (em kg por megagrama) para a cana-energia de duas estações de crescimento foi de 1,7 N, 0,35 P, 4,2 K, 0,45 Ca, 0,47 Mg e 0,41 S, enquanto para a cana-de-açúcar foi de 1,3 N, 0,25 P, 3,2 K, 0,28 Ca, 0,30 Mg e 0,44 S, respectivamente. Para os genótipos de cana-energia mais produtivos, essas diferenças nas demandas nutricionais são ainda maiores. Portanto, são necessárias quantidades maiores de fertilizantes para os genótipos de cana energética. Além disso, como os genótipos de cana genótipos de cana energética produzem menos sacarose, seu uso na indústria só será benéfico se seu maior teor de fibra for totalmente convertido em 2 G-etanol ou usado para a cogeração de eletricidade.
<i>Beyond sugar and ethanol: The future of sugarcane biorefineries in Brazil</i>	Vandenberghe, L.P.S.; Valladares-Diestra, K.K. ; Bittencourt, G.A. ; Zevallos Torres, L.A. ; Vieira, S. ; Karp, S.G. ; Sydney, E.B. ; de Carvalho, J.C. ; Thomaz Soccol, V. ;	2022	Foi feita uma revisão que apresenta o status atual e as perspectivas futuras da cana-de-açúcar como uma biofábrica em potencial. O presente e o futuro da biorrefinaria brasileira de cana-de-açúcar são discutidos em termos de exploração da cana-de-açúcar, pesquisa e inovação com a produção integrada de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

	Socol, C.R.		açúcar produção integrada de açúcar, biocombustíveis, bioeletricidade, biopolímeros, ácidos orgânicos, enzimas e outras biomoléculas, bem como bem como o uso de subprodutos e/ou resíduos líquidos e sólidos gerados pelo processo. O futuro das biorrefinarias de cana-de-açúcar traz inúmeras perguntas, e as respostas são complexas em termos de sustentabilidade e dependem de vários fatores externos. Mesmo assim, no Brasil, os produtos tradicionais obtidos da cana-de-açúcar - açúcar, bioetanol e bioeletricidade - permanecem como bens estratégicos produzidos por tecnologias maduras com significativo potencial de expansão, pelo menos nas próximas décadas para atender à alta demanda interna.
<i>Life cycle assessment of electricity generation from combustion and gasification of biomass in Mexico</i>	Parascanu, M.M.; Kaltschmitt, M. ; Rodl, A. ; Soreanu, G. ; Sánchez-Silva, L.	2021	Foi realizado um estudo para avaliar os impactos ambientais associados ao uso de bagaço de cana-de-açúcar e agave do México como matéria-prima para a geração de bioenergia, aplicando uma abordagem de avaliação do ciclo de vida. Quatro cenários foram comparados para determinar a matéria-prima ideal (cana-de-açúcar ou agave) e as rotas de processamento (combustão ou gaseificação) de uma perspectiva ambiental. Foi observado que o cenário com o maior impacto ambiental em quase todas as categorias selecionadas é a bagaço de cana-de-açúcar, seguido pela combustão do bagaço de bagaço de agave, a gaseificação do bagaço de cana-de-açúcar e a gaseificação do bagaço de agave. Esses resultados estão associados às diferentes formas de cultivo e processamento da cana-de-açúcar e do agave, e também porque é necessária menos biomassa para produzir 1 MJ de eletricidade no caso do processo de gaseificação, gerando quantidades menores de emissões.
<i>Risk-conscious optimization model to support bioenergy investments in the Brazilian sugarcane industry</i>	Mutran, Victoria M.; Ribeiro, Celma O. ; Nascimento, Claudio A.O. ; Chachuat, Benoît	2020	Foi realizado um documento que busca desenvolver um novo modelo de otimização para informar decisões de investimento conscientes do risco na capacidade de geração de bioenergia em usinas de cana-de-açúcar. Foi feita uma análise estatística de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			<p>otimização para superestruturas, com base em uma superestrutura genérica do processo de moagem de cana-de-açúcar, levando em conta as interdependências entre a participação do açúcar e do etanol e as quantidades anuais de bagaço e vinhaça excedentes, usando relações lineares por partes derivadas de um simulador de processo detalhado. O estudo sugere que uma faixa de preço acima de US\$ 60-70/MWh pode aumentar o interesse dos produtores em atualizar seu sistema de cogeração para gerar eletricidade excedente. Com um preço de eletricidade preço regulado da eletricidade em torno de US\$ 50/MWh, por outro lado, somente um produtor inclinado ao risco de risco escolheria investir em novos projetos de bioeletricidade vendendo a maior parte da eletricidade excedente para o mercado livre a fim de pagar o retorno.</p>
<p><i>Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050</i></p>	<p>La Picirelli de Souza, Lidiane; Rajabi Hamedani, Sara ; Silva Lora, Electo Eduardo ; Escobar Palacio, José Carlos ; Comodi, Gabriele ; Villarini, Mauro ; Colantoni, Andrea</p>	2021	<p>As tecnologias de conversão para a estimativa do potencial técnico consistem em ciclo de rankine orgânico, combustão com ciclo de rankine convencional e gaseificação com um motor de combustão interna, utilizando biomassa como combustível. Os resultados mostraram que o potencial teórico do Brasil é de 7185,39 PJ e 16.708,12 PJ em 2018 e 2050. O potencial técnico em 2018 é de 1795,16 PJ, gerando 71.236,47 MWe, enquanto o potencial em 2050 é projetado como 5771,49,4 PJ, fornecendo 229.027,31 MWe. A região norte tem o menor potencial de geração de eletricidade, enquanto a região sudeste assume uma posição de destaque na geração de eletricidade, principalmente a partir de resíduos de cana-de-açúcar.</p>
<p><i>Fast pyrolysis of sugarcane straw and its integration into the conventional ethanol production process through Pinch Analysis</i></p>	<p>Salina, Fernando Henriques; Molina, Felipe Braggio ; Gallego, Antonio Garrido ; Palacios-Bereche, Reynaldo</p>	2021	<p>Foi feito um estudo para avaliar a integração da pirólise rápida da palha da cana-de-açúcar no processo convencional de produção de etanol. Entre os vários casos avaliados, aqueles em que a integração de calor foi aplicada mostraram um aumento significativo no excedente de eletricidade (Caso IV 30,6%, Caso VI 34,8% e Caso VIII 46,4%) em comparação com o Caso Base</p>



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

			(Caso I). Assim, a integração de calor promove um aumento na eficiência energética, bem como a diversificação de produtos nas usinas de produção de etanol.
<i>Competition between Second-Generation Ethanol and Bioelectricity using the Residual Biomass of Sugarcane: Effects of Uncertainty on the Production Mix</i>	Carpio, LGT; de Souza, FS	2019	Foi feito um estudo a fim de apresentar um novo modelo com o objetivo de dimensionar o percentual de material lignocelulósico (LM) que deve ser atribuído a cada produto em portfólio formado pela produção de etanol 2G e produção de energia elétrica a ser comercializada no mercado, avaliando se a produção de etanol 2G supera o lucro da produção de energia elétrica, através da criação de um cenário base com equações para definir o retorno financeiro esperado para produção de etanol 2G, e então foram criados outros três cenários com redução de 10%, 20% e 40% no custo de produção do etanol 2G. Os autores concluíram que a alocação da biomassa da cana-de-açúcar é mais vantajosa quando destinada à bioeletricidade, nos cenários base, 2 e 3, enquanto com redução de 40% no custo de produção (cenário 4) conclui-se que há vantagem em destinar essa alocação de biomassa para produção de etanol 2G.

Fonte: Próprio autor



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

Através da extração e leitura dos artigos selecionados, foi observado que é viável o reaproveitamento da palha da cana-de-açúcar como fonte de biomassa para geração de energia elétrica, através da queima de material por meio do Ciclo de Rankine. Evidenciou-se também que, mesmo com a produção do etanol de segunda geração, pode haver viabilidade econômica na produção de energia elétrica com base no preço da energia, assim como há a possibilidade de melhoramento da biomassa para se obter um poder calorífico maior, e consequentemente maior eficiência energética.

REFERÊNCIAS

- AMEZCUA-ALLIERI, M. A.; MARTÍNEZ-HERNANDEZ, E.; ANAYA-REZA, O.; MAGDALENO-MOLINA, M.; MELGAREJO-FLORES, L. A.; PALMERÍN-RUIZ, E.; ZERMENO EGUÍA-LIS, J. A.; ROSAS-MOLINA, A.; ENRÍQUEZ-POY, M.; ABURTO, J. Techno-economic analysis and life cycle assessment for energy generation from sugarcane bagasse: Case study for a sugar mill in Mexico. **Food and Bioproducts Processing**, v. 118, n. 1, p. 12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.09.014>
- BARBOSA, A. M.; ZILLIANI, R. R.; TIRITAN, C. S.; SOUZA, G. M.; SILVA, M. A. Energy conversion efficiency in sugarcane cultivars as a function of production environments in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 150, n. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111500>
- BOSCHIERO, B. N.; DE CASTRO, S. G. Q.; DA CRUZ, L. P.; CARVALHO, J. L. N.; SILVA, S. R.; BRESSIANI, J. A.; KOLLN, O. T. Biomass yield, nutrient removal, and chemical composition of energy cane genotypes in Southeast Brazil. **Industrial Crops and Products**, v. 191, n. 13, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115993>
- CARPIO, L. G. T.; DE SOUZA, F. S. Competition between Second-Generation Ethanol and Bioelectricity using the Residual Biomass of Sugarcane: Effects of Uncertainty on the Production Mix. **Molecules**, v. 24, n. 2, 2019. Doi: 10.3390/molecules24020369
- CARVALHO, D. J.; MORETTI, R. R.; COLODETTE, J. L.; BIZZO, W. A. Assessment of the self-sustained energy generation of an integrated first and second generation ethanol production from sugarcane through the characterization of the hydrolysis process residues. **Energy Conversion and Management**, v. 203, n. 9, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112267>
- CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; DA SILVA, S. L. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. **Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto**, v. 1, n. 1, p. 12, 2011. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf
- CORREIA, T. P. D. S.; TAVARES, L. A. F.; GOMES, A. R. D. A.; SILVA, P. R. A.; SOUSA, S. F. G. D. Bale quality and baler operational and economic performance as a function of working speeds and windrowed sugarcane trash volumes. **Científica**, v. 47, n. 8, 2019. Doi: 10.15361/1984-5529.2019v47n2p156-163
- DA COSTA, G. G.; DOS SANTOS, I. F. S.; BARROS, R. M.; FILHO, G. L. T.; MACHADO, G. D. O.; BARBEDO, M. D. G. Mapping and energy analysis of Brazilian bioenergy power potential for three agricultural biomass byproducts. **Journal of Cleaner Production**, v. 349, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131466>



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

DE OLIVEIRA, R. A.; DE BARROS, R. R. O.; FERREIRA-LEITÃO, V. S.; FREITAS, S. P.; BON, E. P. S. Energy supply design for the integrated production of 1G + 2G ethanol from sugarcane. **Renewable Energy Focus**, v. 35, n. 7, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2020.10.005>

DE SOUZA, L. L. P.; HAMEDANI, S. R.; LORA, E. E. S.; PALACIO, J. C. E.; COMODI, G.; VILLARINI, M.; COLANTONI, A. Theoretical and technical assessment of agroforestry residue potential for electricity generation in Brazil towards 2050. **Energy Reports**, v. 7, n. 14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.eqyr.2021.04.026>

DOS SANTOS, P. S. B.; RAMOS, R. A. V. Increased energy cogeneration in the sugar-energy sector with the use of sugarcane straw, electrification of drives, and high-drainage rollers in the extraction. **Engenharia Agrícola**, v. 40, n. 2, 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p249-257/2020>

HILOIDHARI, M.; VIJAY, V.; BANERJEE, R.; BARUAH, D. C.; RAO, A. B. Energy-carbon-water footprint of sugarcane bioenergy: A district-level life cycle assessment in the state of Maharashtra, India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 151, n. 19, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111583>

HILOIDHARI, M.; BANERJEE, R.; RAO, A. B. Life cycle assessment of sugar and electricity production under different sugarcane cultivation and cogeneration scenarios in India. **Journal of Cleaner Production**, v. 290, n. 13, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125170>

KUMAR, U.; ARORA, P. Efficiency Improvement in Sugar Mills through Bagasse Gasification. **CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS**, v. 88, n. 6, 2021. 10.3303/CET2188166

MILÃO, R. F. D.; CARMINATI, H. B.; ARAÚJO, O. Q. F.; DE MEDEIROS, J. L. Thermodynamic, financial and resource assessments of a large-scale sugarcane-biorefinery: Prelude of full bioenergy carbon capture and storage scenario. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 113, n. 14, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109251>

MUTRAN, M. V.; RIBEIRO, C. O.; NASCIMENTO, C. A. O.; CHACHUAT, B. Risk-conscious optimization model to support bioenergy investments in the Brazilian sugarcane industry. **Applied energy**, v. 258, n. 15, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113978>

PALACIOS-BERECHE, M. C.; PALACIOS-BERECHE, R.; ENSINAS, A. V.; GALLEGO, A. G.; MODESTO, M.; NEBRA, S. A. Brazilian sugar cane industry – A survey on future improvements in the process energy management. **Energy**, v. 259, n. 19, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124903>

PARASCANU, M. M.; KALTSCHMITT, M.; RODL, A.; SOREANU, G.; SÁNCHEZ-SILVA, L. Life cycle assessment of electricity generation from combustion and gasification of biomass in Mexico. **Sustainable Production and Consumption**, v. 27, n. 14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.021>

PUNIN, W.; MANEEWAN, S.; PUNLEK, C. Heat transfer characteristics of a thermoelectric power generator system for low-grade waste heat recovery from the sugar industry. **Heat and Mass Transfer**, v. 55, n. 13, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00231-018-2481-5>

RIVALDI, J. D.; SHIN, H. H.; COLMÁN, F.; SAUER, C.; GONZALES, J.; ROJAS, O.; SMIDT, M.; VELÁZQUEZ, E.; MARTÍNEZ, K. Thermochemical characterization and assessment of residual biomass energy in Paraguay. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 1, n. 1, 2022. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03155-z>



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

REUTILIZAÇÃO DA PALHA DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO FONTE DE BIOMASSA PARA
 COGERAÇÃO DE ENERGIA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA
 Alexandre Marinho Lobão Viana, Paulo Sérgio Barbosa dos Santos

RIVERA, L.; MANYOMA-VELASQUEZ, P. C.; MANOTAS-DUQUE, D. F. Supply Chain Optimization for Energy Cogeneration Using Sugarcane Crop Residues (SCR). **Sustainability**, v. 11, n. 23, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11236565>

SALINA, F. H.; MOLINA, F. B.; GALLEGO, A. G.; PALACIOS-BERECHE, R. Fast pyrolysis of sugarcane straw and its integration into the conventional ethanol production process through Pinch Analysis. **Energy**, v. 215, n. 14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119066>

SHOKRI, Y.; GHAZI, M.; NIKIYAN, M.; MALEKI, A.; ROSEN, M. A. Optimal equipment arrangement of a total site for cogeneration of thermal and electrical energy by using exergoeconomic approach. **Energy reports**, v. 7, n. 14, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.08.074>

SOLTANIAN, S.; AGHBASHLO, M.; FARZAD, S.; TABATABAEI, M.; MANDEGARI, M.; GORGENS, J. F. Exergoeconomic analysis of lactic acid and power cogeneration from sugarcane residues through a biorefinery approach. **Renewable energy**, v. 143, n. 18, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.016>

VANDENBERGHE, L. P. S.; VALLADARES-DIESTRA, K. K.; BITTENCOURT, A. A.; TORRES, L. A. Z.; VIEIRA, S.; KARP, S. G.; SYDNEY, E. B.; DE CARVALHO, J. C.; SOCCOL, V. T.; SOCCOL, C. R. Beyond sugar and ethanol: The future of sugarcane biorefineries in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 167, n. 18, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112721>