

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)



AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota
(Organizadores)



Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Agenda da sustentabilidade no Brasil: conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadores: Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A265 Agenda da sustentabilidade no Brasil: conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos / Organizadores Clécio Danilo Dias da Silva, Milson dos Santos Barbosa, Danyelle Andrade Mota, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-425-9
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.259212308>

1. Sustentabilidade. I. Silva, Clécio Danilo Dias da (Organizador). II. Barbosa, Milson dos Santos (Organizador). III. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). IV. Título.
CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

Em um mundo ameaçado por problemas ambientais, impulsionar uma economia mais respeitosa com o meio ambiente não é uma opção e sim uma necessidade. Assim, perante das inúmeras consequências ambientais, as organizações, governos e comunidades científicas estão em constante busca de uma solução adequada. Isso faz com que as temáticas Meio Ambiente e Sustentabilidade tornem-se global. Diante disto, a Organização das Nações Unidas (ONU) em 1972 realizou a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, conhecida como Conferência de Estocolmo, na capital da Suécia. Em consequência disto, em 1983 foi criada a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, com propostas mundiais na área ambiental para a sobrevivência da espécie humana e a biodiversidade.

No ano de 2000, por meio da Declaração do Milênio das Nações Unidas, surgiram os “Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)”, os quais foram adotados pelos 191 estados membros, inclusive o Brasil. Os ODM tinham como objetivo dar continuidade as ações em prol do desenvolvimento sustentável. A partir do legado dos ODM, em 2015 os países signatários da ONU, assumiram o compromisso com os novos objetivos do milênio para o Desenvolvimento Sustentável, estabelecendo 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas a serem atingidos até o ano de 2030. Tratam-se de objetivos e metas claras, para que todos os países adotem de acordo com suas próprias prioridades uma parceria global que orienta as escolhas necessárias para melhorar a vida das pessoas, no presente e no futuro.

Nesse contexto, têm-se fomentado em diversos países, inclusive no Brasil, a proposição de aparatos legislativos ambientais e investimentos em ações e pesquisas em empresas e instituições de ensino em prol da Agenda da Sustentabilidade. Até o momento, o Brasil apresentou avanços consideráveis e cumpriu grande parte das metas estabelecidas, por exemplo, a melhorias nas matrizes energéticas e busca de alternativas aos combustíveis fósseis, o que pode facilitar o cumprimento desses objetivos até 2030.

Diante deste cenário, este e-book “Agenda da Sustentabilidade no Brasil: Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos” foi produzido como um esforço para impulsionar as ações em direção à agenda da Sustentabilidade 2030, especialmente no Brasil que ainda carece de conhecimento e experiências com soluções práticas de Sustentabilidade para os desafios globais. O e-book contém um conjunto de com 17 artigos que agrupam estudos/pesquisas de cunho nacional envolvendo questões relacionadas ao desenvolvimento sustentável sob diferentes perspectivas e para diversos públicos. Portanto, são apresentados projetos práticos, experiências de pesquisas empíricas e métodos de ensino implementados no Brasil, que certamente contribuirão para o fomento da Sustentabilidade.

Por fim, agradecemos aos diversos pesquisadores por todo comprometimento para atender demandas acadêmicas de estudantes, professores e da sociedade em geral, bem como, destacamos o papel da Atena Editora, na divulgação científica dos estudos produzidos, os quais são de acesso livre e gratuito, contribuindo assim com a difusão do conhecimento.

Desejamos a todos uma boa leitura!

Clécio Danilo Dias da Silva
Milson dos Santos Barbosa
Danyelle Andrade Mota

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ECONOMIA CIRCULAR: PRIMÓRDIOS E DESAFIOS NOS PAÍSES DESENVOLVIDOS E EM DESENVOLVIMENTO

Omar Ouro-Salim

Patrícia Guarnieri

Ayawovi Djidjogbe Fanho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123081>

CAPÍTULO 2..... 20

SUSTENTABILIDADE DE EVENTOS E O ENVOLVIMENTO DOS STAKEHOLDERS – CASO DE ESTUDO FEIRA DE LEIRIA

Sílvia Maria Carriço dos Santos Monteiro

Didier Rosa

Maria Lizete Lopes Heleno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123082>

CAPÍTULO 3..... 33

ELECTROMAGNETIC SOLAR RADIATION CONVERSION USING RECTIFYING ANTENNAS RECTENNA: A CRITERION FOR TYPOLOGY OPTIMIZATION OF BOW-TIE, DIPOLE, SPIRAL, LOG-PERIODIC AND MEANDER

Nelmo Cyriaco da Silva

Luiz Carlos Kretly

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123083>

CAPÍTULO 4..... 40

AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PARA APLICAÇÃO DE CÉLULAS MULTIJUNÇÃO

Thiago Antonio Paiva da Silva

Patrícia Romeiro da Silva Jota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123084>

CAPÍTULO 5..... 52

ESTUDO DA VIABILIDADE DE CONVERSÃO DE ENERGIA MECÂNICA CORPORAL EM ENERGIA ELÉTRICA: NANOGERADORES

Pedro da Silva Farias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123085>

CAPÍTULO 6..... 62

AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DA INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA DISTRIBUÍDA DENTRO DAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO

Gabriel Delian Silva Valadares

Milthon Serna Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123086>


CAPÍTULO 7..... 72

ANÁLISE DE DADOS DE UMA USINA SOLAR DE GRANDE PORTE COM TRACKER DE UM EIXO

Gracilene Mendes Mota

Marcelo Medeiros

Patrícia Romeiro da Silva Jota

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123087>


CAPÍTULO 8..... 81

AVALIAÇÃO DO EFEITO DO PLASMA FRIO NA REMOÇÃO DE PESTICIDA EM ÁGUAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO

João Pedro Silvestri Ferreira

Rodrigo Menezes Wheeler

Elisa Helena Siegel Moecke

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123088>

CAPÍTULO 9..... 92

CAPIM JARAGUÁ COMO LIGANTE EM BRIQUETES DE FINOS DE CARVÃO


Emanoel Zinza Junior

Andrea Cressoni de Conti

Gabriel Toledo Machado

Fábio Minouru Yamaji

Felipe Gomes Machado Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2592123089>

CAPÍTULO 10..... 101

POTENCIAIS APLICAÇÕES DA VINHAÇA DA CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO A PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Rodrigo Menezes Wheeler


Jéssica Mendonça Ribeiro Carginin

Ana Regina de Aguiar Dutra

Anelise Leal Vieira Cubas

Elisa Helena Siegel Moecke

Jair Juarez João

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230810>


CAPÍTULO 11..... 114

CAVITAÇÃO HIDRODINÂMICA COMO PRÉ-TRATAMENTO DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Thiago Averaldo Bimestre

Eliana Vieira Canettieri

Celso Eduardo Tuna


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230811>

CAPÍTULO 12..... 128

POTENCIAL INSETICIDA DAS SEMENTES COMO ALTERNATIVA AO CONTROLE SUSTENTÁVEL DO *Aedes aegypti* L. (DIPTERA: CULICIDAE)

Francisco Bernardo de Barros

Francisco Roberto de Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230812>

CAPÍTULO 13..... 141

DESENVOLVIMENTO DE OFICINAS PARA CONFECÇÃO DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS UTILIZANDO LONA DE *BANNER* DURANTE A PANDEMIA DA COVID-19


Marilda Colares Jardimina dos Santos

Sheilla Costa dos Santos

José Sérgio Filgueiras Costa

Carlos Gomes da Silva Júnior

Luiz Felipe Bispo Viana


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230813>

CAPÍTULO 14..... 149

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO PRODUTIVO PARA A FABRICAÇÃO DE PLACAS TÁTEIS

Amanda da Mota Bernar

Carmen Iara Walter Calcagno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230814>

CAPÍTULO 15..... 162

RESERVATÓRIO DE ÁGUA INTELIGENTE PARA DEFICIENTES AUDITIVOS RIBEIRINHOS

Márcio Valério de Oliveira Favacho

Vivian da Silva Lobato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230815>

CAPÍTULO 16..... 173

METHODOLOGY FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN MUNICIPALITIES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

Rildo Vieira de Araújo

Robert Armando Espejo

Michel Constantino

Paula Martin de Moraes

Romildo Camargo Martins

Ana Cristina de Almeida Ribeiro

Gabriel Paes Herrera

Francisco Sousa Lira

Micaella Lima Nogueira

Karoline Borges

Sheyla Thays Vieira Barcelos

Reginaldo B. Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230816>

CAPÍTULO 17..... 193

**ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO AOS IMPACTOS
PROVENIENTES DE AÇÕES ANTRÓPICAS E MUDANÇAS CLIMÁTICAS: O COMPLEXO
PORTUÁRIO DE ITAJAÍ NA FOZ DO RIO ITAJAÍ-AÇU**

Carlos Andrés Hernández Arriagada

Paula von Zeska de Toledo

Mariana Ragazzi Mendes

Glaucia Cristina Garcia do Santos

Raquel Ferraz Zamboni

Paulo Roberto Correa

Eduardo Riffo Durán

Nicolas Urbina

Catalina Garcia Arteaga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.25921230817>

SOBRE OS ORGANIZADORES 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

POTENCIAIS APLICAÇÕES DA VINHAÇA DA CANA-DE-AÇÚCAR VISANDO A PRODUÇÃO MAIS LIMPA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Data de aceite: 20/08/2021

Data da submissão: 05/07/2021

Rodrigo Menezes Wheeler

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1648150147219351>

Jéssica Mendonça Ribeiro Carginin

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1917221902184447>

Ana Regina de Aguiar Dutra

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/3147098935379439>

Anelise Leal Vieira Cubas

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/1344283676317407>

Elisa Helena Siegel Moecke

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/9016477587974309>

Jair Juarez João

UNISUL, Programa de Pós-graduação em
Ciências Ambientais
Palhoça, Santa Catarina
<http://lattes.cnpq.br/8051652579140368>

RESUMO: O consumo de recursos fósseis visando a geração de energia intensifica a emissão de gases de efeito estufa (GEE), que por sua vez pressionam negativamente as mudanças climáticas globais. Diante da urgente necessidade de redução de emissões de GEE, utilizar combustíveis de fontes renováveis e menos poluentes é uma alternativa viável sob os pontos de vista ambiental, econômico e energético. No Brasil, o principal biocombustível produzido é o etanol de cana-de-açúcar. Contudo, neste processo é gerada a vinhaça, um subproduto que devido à alta carga orgânica, concentração de nutrientes e acidez tem grande potencial poluidor. Com o objetivo de elencar as possibilidades de uso da vinhaça foi feita uma revisão bibliográfica integrativa, considerando, após pré-seleção, 19 achados primários voltados à aplicação da vinhaça como insumo. Como conclusão foram elencados a digestão anaeróbia visando a obtenção de biogás, a utilização como fonte de nutrientes para o desenvolvimento de organismos e posterior extração de biomassa, ácidos orgânicos, álcoois e enzimas, assim como a tradicional aplicação *in natura* como fertilizante e suas variantes.

PALAVRAS - CHAVE: produção mais limpa, sustentabilidade, produção eficiente.

POTENTIAL APPLICATIONS OF SUGARCANE VINASSE CATEGORIES TO CLEANER PRODUCTION: AN INTEGRATIVE REVIEW

ABSTRACT: The usage of fossil resources aiming energy generation intensifies the emission

of greenhouse gases (GHG) which negatively impact the global climate changes. Considering the urgent need to reduce the emission of GHG it is a viable alternative to use renewable and less polluting fuels according to the environmental, economic, and energy perspectives. Sugarcane ethanol is the main biofuel produced in Brazil, but its process generates a subproduct called vinasse which has a great polluting potential due to its high organic load, nutrients concentration, and acidity. Aiming to list the possibilities of vinasse usage, after a pre-selection of 19 documents, an integrative bibliographic review was made considering the vinasse application as a production input. Anaerobic digestion to obtain biogas was listed, the usage of a nutrients source to the development of the organisms and subsequent biomass extraction, organic acids, alcohols, and enzymes, and the traditional application *in natura* as fertilizer and its variations.

KEYWORDS: cleaner production, sustainability, efficient production.

1 | INTRODUÇÃO

Há mais de dois séculos a sociedade explora com arrojo recursos fósseis não renováveis como carvão, petróleo e gás natural visando a geração de energia. Contudo, somente nas últimas três décadas a agenda climática e ambiental tem permeado as discussões globais. Durante esse período diversos cientistas e agências internacionais têm alertado sobre as consequências de médio e longo prazo vinculadas à utilização de combustíveis dessa natureza e sua capacidade de impactar negativamente nas mudanças climáticas mundiais. Os processos industriais, e, sobretudo, o alto consumo de combustíveis fósseis foram apontados como principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE). Aliados aos problemas climáticos, o esgotamento das fontes tradicionais não renováveis de energia e a instabilidade no preço do petróleo preocupa os mercados globais e impulsiona buscas constantes por fontes alternativas e renováveis de energia que atendam a demanda mundial (CASTAÑEDA-AYARZA; GODOI, 2021; DIAS *et al.*, 2018; RAJESH BANU *et al.*, 2021; VIEIRA *et al.*, 2020).

Diante da necessidade de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as emissões dos GEE, os biocombustíveis têm-se destacado como fontes renováveis promissoras para substituição dos derivados de petróleo, sendo produzidos no mundo todo (MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015). Embora existam diversas maneiras de gerar energia limpa a partir de fontes renováveis como vento, sol e água, o uso de biomassa torna-se apropriado devido o fornecimento de combustíveis líquidos, como o bioetanol e biodiesel, utilizados em transportes (ALALWAN; ALMINSHID; ALJAAFARI, 2019). A produção de bioetanol apresenta diversas vantagens, podendo ser obtido por meio do uso de inúmeras biomassas vegetais, encontradas em abundância na natureza, dentre elas: beterraba, sacarina, melão, milho, arroz, laticínios, cana de açúcar e materiais celulósicos. Além disso, é considerada uma fonte renovável e apresentam impactos ambientais inferiores quando comparados aos causados pela gasolina fóssil (HOARAU *et al.*, 2018).

Na América do Norte, o etanol é produzido a partir de biomassa de milho, enquanto países como Brasil, Índia e Tailândia produzem etanol a partir da cana de açúcar (HOARAU et al., 2018; SYDNEY et al., 2020). Atualmente no mercado mundial, Brasil e Estados Unidos ocupam posições de destaque no campo da produção de biocombustíveis, em 2017 produziram 60 e 27 milhões de m³ de etanol representando 85% da produção mundial e 75% do consumo de etanol. Em 2019, foram produzidos mundialmente aproximadamente 125 milhões de m³ de etanol e estima-se que em 2024 a produção chegará a 134 milhões de m³ (CASTAÑEDA-AYARZA; GODOI, 2021; HOARAU et al., 2018).

A cana-de-açúcar é uma das biomassas mais promissoras para obtenção de bioenergia e biocombustíveis no Brasil. Segundo estudos, a cana é a matéria prima mais eficiente para obtenção de etanol em termos de emissões de GEE quando comparada ao etanol proveniente de outras biomassas. A substituição da gasolina por etanol proveniente da cana reduz em 90% a emissão de GEE, enquanto o etanol proveniente do milho a taxa de redução varia entre 15% e 65%. Com o uso do etanol, entre os anos 2008 e 2018, foi possível evitar a emissão de 0,5 bilhões de toneladas de dióxido de carbono e estima-se que até 2030 sejam evitados a emissão de mais de 1,29 bilhões de toneladas de CO₂ (SYDNEY et al., 2020).

O processamento da cana-de-açúcar para obtenção de etanol, gerou resultados positivos econômicos, energéticos e ambientais para o Brasil. No entanto, a produção de etanol gera grandes volumes de vinhaça, principal subproduto da etapa de destilação do mosto alcoólico (BERNAL et al., 2017; ENG SÁNCHEZ et al., 2021). Segundo Hoarau *et al.*, (2018), as indústrias sucroalcooleiras produzem com uma tonelada de biomassa 12 L de etanol, 94 kg de açúcar e geram como resíduos 156 L de vinhaça e 250 kg de bagaço, representando a geração de 13 L de vinhaça por litro de álcool produzido. Estima-se ainda que, com o aumento da produção de etanol, sejam produzidos 1742 milhões de m³ de vinhaça em 2024.

A vinhaça é considerada um dos resíduos mais poluentes provenientes da produção de etanol. É um resíduo líquido, de cor escura e odor desagradável, seu potencial poluidor é 100 vezes maior quando comparados ao esgoto sanitário devido principalmente à sua alta carga orgânica, alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO), baixo pH (3,5 – 5,0). Além disso, a vinhaça possui em sua composição nutrientes como potássio, fósforo e nitrogênio, podendo variar conforme biomassa utilizada no processo de obtenção de etanol (HOARAU et al., 2018). Devido ao grande volume e da presença de nutrientes em sua composição, no Brasil, grande parte da vinhaça é utilizada como fertilizantes e para irrigar o próprio cultivo de cana, com objetivo de aproveitar seus nutrientes e diminuir o consumo de água. Contudo, essa prática pode ocasionar uma série de impactos ambientais como salinização e acidificação do solo, contaminação de águas subterrâneas, proliferação de insetos, liberação de odores desagradáveis, eutrofização de corpos hídricos, redução de oxigênio dissolvido e inibição de germinação (BERNAL et al., 2017; ENG SÁNCHEZ et al.,

2021; MARAFON et al., 2019). Em relação ao grande volume produzido de vinhaça, tem-se ainda o problema de transporte desse resíduo. A grande quantidade produzida torna inviável seu transporte por tubulações e bombas, sendo necessário fazê-lo por canais escavados abertos, ocasionando desta forma a emissão de GEE, podendo emitir 455 g de CO₂ por L de etanol (BERNAL et al., 2017).

Sendo assim, diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo elaborar uma revisão integrativa que apresente as formas de utilização da vinhaça, buscando tornar a produção de etanol da cana de açúcar um processo produtivo mais sustentável.

2 | METODOLOGIA

Esta revisão foi elaborada considerando seis etapas principais: identificação do tema e seleção da questão da pesquisa, estabelecimentos de critérios de inclusão e exclusão de artigos, identificação dos estudos pré-selecionados, categorização dos estudos, análise e interpretação dos dados e síntese das informações. Para tal, as informações foram extraídas da base de dados *Science Direct*, utilizando as palavras-chave: “sugarcane vinasse”, “cleaner production”, “GHG reduction” e “ethanol production”. Não foram definidos intervalos temporais, idioma de publicação ou critérios quanto à originalidade dos dados.

Após a seleção primária dos artigos, que indexou 74 publicações, foram realizadas a leitura do título, palavras-chave e resumo dos 74 documentos, sendo excluídos os artigos que não mencionaram possíveis métodos de utilização da vinhaça de cana-de-açúcar, resultando em um conjunto de 19 referências publicadas entre os anos de 2014 e 2021.

Para a análise das possíveis aplicações da vinhaça bem como as palavras mais citadas nos artigos estudados, foi utilizado o software VOSviewer, que é capaz de gerar mapas de similaridades após considerar os dados bibliométricos dos artigos selecionados.

Para a análise e posterior síntese dos artigos que atenderam aos critérios de inclusão foi utilizado um quadro sinóptico com título da pesquisa, nome dos autores, intervenção proposta, resultados e recomendações/conclusões.

3 | REVISÃO INTEGRATIVA

Dentre os 19 artigos selecionados, 14 foram publicados por instituições brasileiras, 2 por instituições indianas, 2 por instituições tailandesas e 1 por instituição francesa (figura 1).

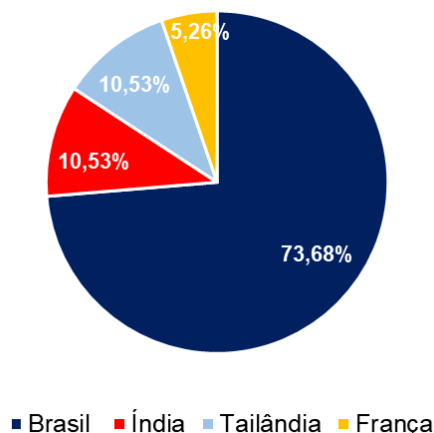


Figura 1 – Localização das instituições dos artigos selecionados.

Fonte: Autores, (2021).

Considerando que o Brasil detém aproximadamente 18% da produção e 36% do comércio mundial de açúcar do globo, justifica-se a maior produção de estudos e pesquisas que envolvam esta cadeia produtiva em detrimento de outras nações (VIDAL, 2020).

As palavras mais citadas nos artigos são apresentadas na figura 2, que representa a quantidade de ocorrências através do tamanho dos círculos e o ano da ocorrência através de sua cor.

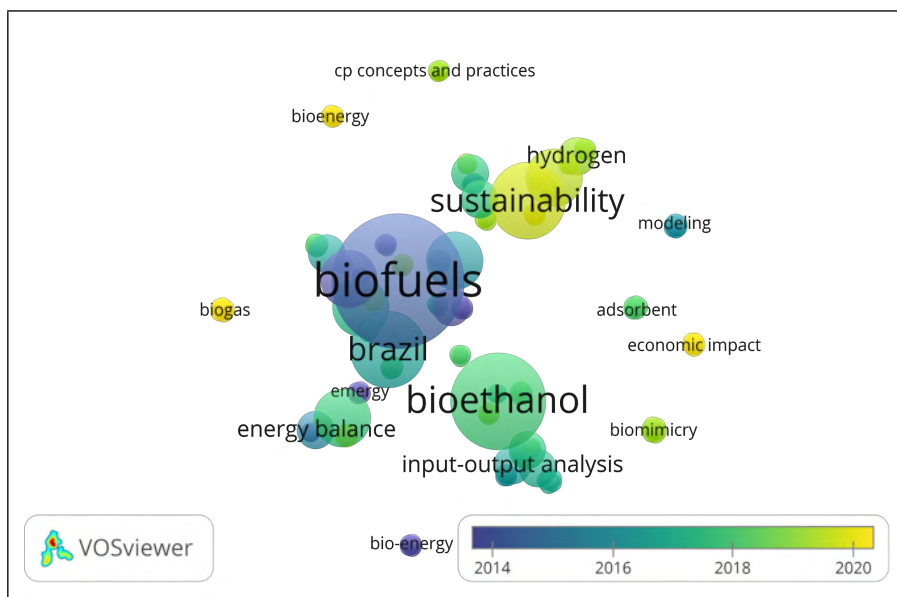


Figura 2 – Análise de ocorrência de palavras.

Fonte: Autores, (2021).

Considerando o resultado na análise de ocorrências, entre as palavras mais citadas nas publicações estão biocombustíveis, energia, bioetanol, sustentabilidade, hidrogênio, biogás e Brasil.

Dentre os 19 artigos selecionados, 11 artigos mencionam a produção de biogás (energia, hidrogênio e metano) como aplicação da vinhaça, 8 mencionam o seu uso como fertilizantes, 3 mencionam a produção de biomassa e 3 a produção de ácidos orgânicos.

Os artigos que mencionaram a utilização da vinhaça para a obtenção de biogás e posterior geração de energia foram majoritariamente publicados por instituições e pesquisadores brasileiros, 63,64%, contudo, foram selecionados artigos de instituições indianas, 18,18%, de instituições tailandesas, 9,09% e francesas, 9,09%. A maioria das obras, ou seja, 54,55% foram publicadas recentemente, entre 2020 e 2021, enquanto o restante foi publicado entre 2015 e 2019.

Considerando as publicações que reportaram a possibilidade de empregar a vinhaça como fertilizante, 3 foram publicados por instituições nacionais, 2 por instituições indianas, 2 por instituições tailandesas e um deles publicado por instituição francesa. Esta heterogeneidade demonstra que esta aplicação é difundida e dominada mundialmente. As obras foram publicadas com regularidade entre os anos de 2015 e 2021, com exceção de 2017.

Os três artigos que citaram o emprego da vinhaça como fonte de nutrientes para a produção de biomassa foram publicados por instituições de três países distintos, Brasil, Índia e França nos anos de 2020, 2021 e 2018 respectivamente. Os três artigos são bem fundamentados, especialmente a obra de Sydney et al., (2020) que apresenta conclusões de ensaios onde a vinhaça foi utilizada, diluída ou não, como meio de desenvolvimento de microrganismos distintos.

Considerando as publicações que reportaram a possibilidade de empregar a vinhaça como fertilizante, 3 foram publicados por instituições nacionais, 2 por instituições indianas, 2 por instituições tailandesas e um deles publicado por instituição francesa. Esta heterogeneidade demonstra que esta aplicação é difundida e dominada mundialmente. As obras foram publicadas com regularidade entre os anos de 2015 e 2021, com exceção de 2017.

Analisando os artigos que apresentavam a utilização da vinhaça de cana-de-açúcar na produção de ácidos orgânicos, 2 são recentes, publicados em 2020 e 2021 e outro publicado em 2018. Os três artigos foram publicados por instituições de países distintos, a publicação de 2021 é de instituição nacional, a obra de 2020 é de instituição indiana e o artigo de 2018 é francês.

4 | RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 Fertilizantes

Atualmente, a principal aplicação da vinhaça é como fertilizante. Segundo Eng Sánchez *et al.*, (2021) 97% da vinhaça produzida nos engenhos brasileiros são voltadas para a fertirrigação do próprio cultivo de cana-de-açúcar a fim de reciclar os seus nutrientes. A vinhaça é um resíduo rico em nutrientes como potássio, fósforo, nitrogênio e sulfatos, possui alta carga de materiais orgânicos biodegradáveis e baixo pH. No entanto, essa prática comum pode causar alguns impactos negativos, como afetar a estrutura do solo, contaminar corpos d'água próximos e reduzir o rendimento das culturas (BERNAL *et al.*, 2017).

Uma alternativa para essa problemática seria a biodigestão da vinhaça, o qual reduziria a matéria orgânica do resíduo, mantendo suas propriedades para ser utilizado como biofertilizante. Segundo Marafon *et al.*, (2019), no processo de digestão a matéria orgânica presente na vinhaça é degradada em compostos mais simples. A redução da relação carbono/nitrogênio ocasionada pela biodigestão favorece a aplicação da biomassa digerida como biofertilizante e corretivo do solo. As vantagens de aplicar a vinhaça no próprio cultivo incluem o aumento na produção de cana-de-açúcar, a otimização de recursos hídricos, uma vez que a vinhaça possui em sua composição 93% de água e a redução do uso de fertilizantes químicos (SYDNEY *et al.*, 2020).

Segundo Hoarau *et al.*, (2018) o pré tratamento anaeróbio é capaz de reduzir a toxicidade da vinhaça, possibilitando sua aplicação em concentrações de até 10% para irrigação de outros cultivos, como milho e hortaliças, gerando maior crescimento de raiz, número de folhas, biomassa, proteína e amido. Algumas plantas mostraram-se mais resistentes, sendo possível aplicar concentrações de vinhaça de até 50% sem efeitos inibitórios.

4.2 Biogás

Outro método de aplicação da vinhaça tem atraído a atenção de pesquisadores e industriais por seus resultados: a digestão anaeróbia. Moraes, Zaiat e Bonomi, (2015) descrevem a digestão anaeróbica como um conjunto de processos metabólicos vinculados à atividade de ao menos três grupos de microrganismos, bactérias acidogênicas, bactérias acetogênicas e arqueas metanogênicas, que ocorrem na ausência de oxigênio molecular e na presença de matéria orgânica (WIRTH *et al.*, 2012).

Durante o processo, gases com grande potencial energético, como hidrogênio e metano, são formados. Enquanto o hidrogênio é gerado pelos microrganismos acidogênicos durante a acidificação da vinhaça, o metano, constituinte principal do biogás, é produzido pelos microrganismos metanogênicos, que utilizam o hidrogênio gerado na etapa anterior como substrato (SYDNEY *et al.*, 2020).

O hidrogênio é um gás combustível de queima ambientalmente limpa e possui grande potencial calorífico, 122 MJ/Kg. Esse potencial supera o poder calorífico de diversos combustíveis, como o gás natural, com 47 MJ/Kg, o diesel, com 43 MJ/Kg, e o carvão mineral, com 25 MJ/Kg (KAPDAN; KARGI, 2006). Diante das vantagens proporcionadas por este combustível, o hidrogênio é considerado uma alternativa promissora para geração de energia e aplicações industriais (SHARMA; GHOSHAL, 2015).

O biogás é outro combustível com grande potencial de uso e por isso também é considerado uma alternativa promissora ao uso de combustíveis fósseis. Após ser submetido a processos de purificação, obtém-se valor calorífico semelhante ao observado no gás natural, 47 MJ/Kg, com a vantagem de ser obtido a partir de matriz renovável com grande disponibilidade (SZYMANSKI; BALBINOT; SCHIRMER, 2010).

Atualmente o processo de biodigestão anaeróbia é considerado a principal e mais vantajosa alternativa para a gestão da vinhaça produzida nas biorrefinarias de açúcar e álcool. A técnica de biodigestão anaeróbia supera a fertirrigação da vinhaça *in natura* pois apresenta algumas vantagens incluindo a grande redução da carga orgânica presente e os gases produzidos têm grande potencial para utilização na geração de energia, que em excesso é descarregada na rede, gerando receita (MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015).

A tabela 1 apresenta a caracterização da vinhaça antes e depois do processo de digestão anaeróbia. Fica evidente que a remoção de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da lavoura como nitrogênio, fósforo e potássio em sistemas de biodigestão anaeróbia é desprezível, o que significa que o potencial fertilizante da vinhaça é mantido no efluente digerido. Além de manter esta característica, o pH da vinhaça é corrigido no processo, o que é benéfico para a lavoura e o desenvolvimento de microrganismos essenciais à saúde do solo (MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015).

Características	Vinhaça (antes da digestão)	Vinhaça (depois da digestão)
pH	4	6,9
DQO (g/L)	29	9
N total (g/L N)	0,55	0,6
N amoniacal (g/L)	0,04	0,22
Potássio (g/L O)	1,4	1,4
Fósforo (g/L)	0,017	0,032
Sulfato (g/L)	0,45	0,032

Tabela 1 - Caracterização da vinhaça antes e após processo de digestão anaeróbia.

Fonte: Adaptado de Marafon *et al.*(2019).

4.3 Obtenção de ácidos orgânicos

Poucos são os estudos que relatam a obtenção de ácidos orgânicos através da digestão anaeróbica da vinhaça, a maioria das pesquisas é voltada para a produção de biocombustíveis como biohidrogênio e metano. Segundo Eng Sánchez *et al.*, (2021) a digestão anaeróbica da vinhaça é capaz de gerar intermediários de fase solúvel, os quais possuem valor agregado e diversas aplicações.

A digestão anaeróbica pode ser dividida em quatro fases: hidrólise, acetogênese, acidogênese e metanogênese, onde ao final das quatro etapas, tem-se biogás rico em metano que pode ser convertido posteriormente em eletricidade, combustíveis entre outras aplicações. Os ácidos orgânicos são formados na etapa acidogênica e consumidos na etapa metanogênica, sendo assim para obtenção de ácidos é necessária uma atenção maior no processo acidogênico. Através do processo de acidogênese é possível obter uma extensa variedade de ácidos orgânicos como ácido acético, propiônico, butírico e láctico e álcoois como etanol e butanol (ENG SÁNCHEZ *et al.*, 2021; MORAES; ZAIAT; BONOMI, 2015).

Segundo Hoarau *et al.*, (2018) o ácido láctico é o mais estudado por ser um produto químico versátil, podendo ser utilizado em diversos processos industriais como aromatizante, acidificante, amaciante de couro, antimicrobiano e como conservante. O ácido propiônico, é comumente utilizado na produção de aromatizantes artificiais, emulsificantes, perfumes, fungicidas e herbicidas, sendo muito utilizados em indústrias alimentícias e farmacêuticas. O ácido butírico, por sua vez, pode ser utilizado em indústrias alimentícias, na produção de emulsificantes e plastificantes.

Os ácidos orgânicos, atualmente, são obtidos através de processos químicos utilizando recursos fósseis. No entanto, estes também podem ser obtidos através do processo de digestão de efluentes ricos em matéria orgânica, assim como a vinhaça. Desta forma, a biodigestão da vinhaça para obtenção de ácidos orgânicos, pode ser um caminho alternativo para seu uso, apresentando vantagens quando comparado aos processos químicos e condizendo com o desenvolvimento de fontes de energia sustentáveis, uso de matérias-primas de baixo custo e reaproveitamento dos resíduos (ENG SÁNCHEZ *et al.*, 2021).

4.4 Produção de biomassa

Considerando as características principais da vinhaça, como fonte de nutrientes e relação DQO/DBO média, situação que indica a biodegradabilidade, e por existirem limitações ambientais que restringem seu uso *in natura* como fertilizante, outra alternativa é utilizá-la como fonte de nutrientes para a produção de biomassa microbiana e metabólitos (NASPOLINI *et al.*, 2017).

A produção de biomassa demanda pouca adaptação nos processos já existentes nas biorefinarias e tem grande potencial para gerar receita a partir de resíduo que diversas

vezes é descartado. A vinhaça excedente, que não é aproveitada para fertirrigação, é disposta em locais chamados de “áreas de sacrifício”, locais que devido às características da vinhaça e volume descartado, tornam-se impróprios para o cultivo. O descarte da vinhaça, além de tornar o solo improdutivo, também pode ocasionar processos de erosão do solo, eutrofização de cursos d’água, contaminação subaquática devido à lixiviação de ânions e desertificação - condições já observadas no Brasil (SYDNEY et al., 2020).

Os fungos, além de adaptarem-se às características da vinhaça, são organismos capazes de degradar compostos complexos presentes, como meloidinas e compostos fenólicos (PARNAUDEAU et al., 2008). Estes organismos são conhecidos por produzir enzimas, que tem uma vasta aplicação industrial, e possuem alto teor de proteína, o que os torna uma opção para a indústria de nutrição animal. Este processo alia o alto valor agregado da biomassa gerada à redução considerável do potencial poluidor da vinhaça, o que é valioso sob a ótica da produção mais limpa (SYDNEY et al., 2020).

Devido às características da vinhaça como seu alto teor de potássio, fósforo e magnésio, este substrato é bastante explorado para a produção de microalgas. A produção de microalgas tem inúmeras vantagens, pois esses organismos são boas fontes de lipídios, que podem ser utilizados para a produção de biodiesel, e carboidratos e proteínas, que tem grande aplicação na indústria de nutrição animal, além de serem excelentes fixadores de dióxido de carbono, e possuem taxa de crescimento e fotossíntese maiores do que culturas terrestres (BHOLA et al., 2014).

A tabela 2 apresenta estudos que descrevem o crescimento de fungos e microalgas em meio à base de vinhaça de cana de açúcar.

Microorganismo	Condições da cultura	Interesse	Aplicação	Vantagens ambientais	Referência
<i>Rhizopus oligosporus</i>	75% de vinhaça + nitrogênio + fósforo	Proteína	Alimentação	80% de redução de DQO	(NITAYAVARDHANA; KHANAL, 2010)
<i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Neurospora intermedia</i> , <i>Rizhopus oryzae</i> , <i>Monascus purpureus</i> e <i>Fusarium venenatum</i>	≤ 50% de vinhaça	Proteína	Alimentação de peixes	33-46% de redução de DQO	(KARIMI et al., 2019)
<i>Trametes versicolor</i>	10% de vinhaça	Lacase	Tratamento biológico	60% de redução de DQO, 80% de redução de fenol, 20% de redução de cor	(ESPAÑA-GAMBOA et al., 2015)

<i>Pleurotus sajorcaju</i> , <i>Pleurotus ostreatus</i> and <i>Trichoderma reesei</i>	Bagaço alcalino tratado + vinhaça	Enzimas celulolíticas e lignolíticas	Produção de enzimas	-	(AGUIAR; FERREIRA; MONTEIRO, 2010)
<i>Pleurotus sajorcaju</i> , <i>P. ostreatus</i> , <i>P. albidus</i> and <i>P. flabellatus</i>	Vinhaça <i>in natura</i>	Biomassa	Alimentação de peixes	-	(SARTORI et al., 2015)
<i>Scenedesmus sp.</i>	<i>Guillard</i> adaptado + 40% de vinhaça	-	Avaliação de vinhaça como fonte de nutrientes	-	(RAMIREZ; FARENZENA; TRIERWEILER, 2014)
<i>Micractinium sp.</i> e <i>Chlamydomonas biconvexa</i>	Vinhaça clarificada e 50% diluída	Biomassa	Produção de biomassa	67% de redução de açúcares redutores	(SANTANA et al., 2017)

Tabela 2 – Exemplos de estudos que cultivaram algas e fungos em meio à base de vinhaça.

Fonte: Adaptado de Sydney et al., (2020).

5 | CONCLUSÕES

As biorefinarias de cana-de-açúcar são referências em produção de combustíveis de fontes renováveis, contudo geram diversos resíduos em suas operações, dentre eles a vinhaça, que por suas características, têm grande potencial poluidor e precisa ser gerenciada de forma ambientalmente correta.

Com o avanço das pesquisas e com a tecnologia mais acessível sob o ponto de vista econômico, diversas aplicações têm sido propostas à vinhaça, gerando resultados ambientalmente e economicamente benéficos à gestão da indústria de processamento de cana-de-açúcar.

Como a vinhaça é rica em diversos nutrientes, como fósforo, potássio e magnésio e possui grande carga orgânica, é possível utilizá-la em processos de fertirrigação, que une a fertilização e irrigação, nos canaviais da própria indústria, na geração de biogás e hidrogênio através da digestão anaeróbica, que além de agregar mais valor à indústria, mantém o potencial fertilizante do meio e como base para produção de microrganismos, como fungos e microalgas, visando a produção de biomassa, que é utilizada na indústria de nutrição, e metabólitos como enzimas e ácidos orgânicos, que possuem diversas aplicações industriais.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. M.; FERREIRA, L. F. R.; MONTEIRO, R. T. R. Use of vinasse and sugarcane bagasse for the production of enzymes by lignocellulolytic fungi. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 5, p. 1245–1254, 2010.

ALALWAN, H. A.; ALMINSHID, A. H.; ALJAAFARI, H. A. S. Promising evolution of biofuel generations. Subject review. **Renewable Energy Focus**, v. 28, n. 00, p. 127–139, 2019.

BERNAL, A. P. et al. Vinasse biogas for energy generation in Brazil: An assessment of economic feasibility, energy potential and avoided CO₂ emissions. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 260–271, 2017.

BHOLA, V. et al. Overview of the potential of microalgae for CO₂ sequestration. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 7, p. 2103–2118, 2014.

CASTAÑEDA-AYARZA, J. A.; GODOI, B. A. Macro-environmental influence on the development of Brazilian fuel ethanol between 1975 and 2019. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 137, n. October, p. 110457, 2021.

ENG SÁNCHEZ, F. et al. Value-added soluble metabolite production from sugarcane vinasse within the carboxylate platform: An application of the anaerobic biorefinery beyond biogas production. **Fuel**, v. 286, n. September 2020, 2021.

ESPAÑA-GAMBOA, E. et al. Phenol and color removal in hydrous ethanol vinasse in an air-pulsed bioreactor using *Trametes versicolor*. **Journal of Biochemical Technology**, v. 6, n. 3, p. 982–986, 2015.

HOARAU, J. et al. Sugarcane vinasse processing: Toward a status shift from waste to valuable resource. A review. **Journal of Water Process Engineering**, v. 24, n. May, p. 11–25, 2018.

KAPDAN, I. K.; KARGI, F. Bio-hydrogen production from waste materials. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 38, n. 5, p. 569–582, 2006.

KARIMI, S. et al. Evaluation of filamentous fungal biomass cultivated on vinasse as an alternative nutrient source of fish feed: Protein, lipid, and mineral composition. **Fermentation**, v. 5, n. 4, p. 1–19, 2019.

MARAFON, A. C. et al. **Use of sugarcane vinasse to biogas, bioenergy, and biofertilizer production**. [s.l.] Elsevier Inc., 2019.

MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 888–903, 2015.

NASPOLINI, B. F. et al. Bioconversion of sugarcane vinasse into high-Added value products and energy. **BioMed Research International**, v. 2017, 2017.

NITAYAVARDHANA, S.; KHANAL, S. K. Innovative biorefinery concept for sugar-based ethanol industries: Production of protein-rich fungal biomass on vinasse as an aquaculture feed ingredient. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 23, p. 9078–9085, 2010.

PARNAUDEAU, V. et al. Vinasse organic matter quality and mineralization potential, as influenced by raw material, fermentation and concentration processes. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 6, p. 1553–1562, 2008.

RAJESH BANU, J. et al. Integrated biorefinery routes of biohydrogen: Possible utilization of acidogenic fermentative effluent. **Bioresource Technology**, v. 319, n. August 2020, p. 124241, 2021.

RAMIREZ, N. N. V.; FARENZENA, M.; TRIERWEILER, J. O. Growth of microalgae *Scenedesmus* sp in ethanol vinasse. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 630–635, 2014.

SANTANA, H. et al. Microalgae cultivation in sugarcane vinasse: Selection, growth and biochemical characterization. **Bioresource Technology**, v. 228, p. 133–140, 2017.

SARTORI, S. B. et al. Pleurotus biomass production on vinasse and its potential use for aquaculture feed. **Mycology**, v. 6, n. 1, p. 28–34, 2015.

SHARMA, S.; GHOSHAL, S. K. Hydrogen the future transportation fuel: From production to applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 1151–1158, 2015.

SYDNEY, E. B. et al. Current developments and challenges of green technologies for the valorization of liquid, solid, and gaseous wastes from sugarcane ethanol production. **Journal of Hazardous Materials**, 2020.

SZYMANSKI, M. S. E.; BALBINOT, R.; SCHIRMER, W. N. Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso Anaerobic digestion of vinasse: energetic application of biogas and acquisition of credits of carbon – a case. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 4, p. 901–912, 2010.

VIDAL, F. Produção e mercado de açúcar. **Caderno Setorial ETENE**, p. 1–9, 2020.

VIEIRA, S. et al. Journal Pre-proofs. 2019.

WIRTH, R. et al. Characterization of a biogas-producing microbial community by short-read next generation DNA sequencing. **Biotechnology for Biofuels**, v. 5, p. 1–16, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acessibilidade 22, 26, 27, 29, 30, 149, 150, 158, 159, 160, 161

Agricultura 8, 82, 200, 209

Agrotóxicos 81, 82, 90, 137

Arboviroses 128, 129, 131, 132, 136, 137, 139

Arduíno 162, 167

Atividade metabólica 52

Avaliação de perdas elétricas 62

B

Balanço Energético Nacional 115

Banners 142, 143, 144, 147, 148

Biocombustíveis 102, 103, 106, 109, 115

Bioenergia 92, 96, 103

Bioinseticidas 128

Biomassa 11, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124

Biorefinaria 114, 124

C

Cana-de-açúcar 101, 103, 104, 106, 107, 111, 114, 115, 116, 117, 122, 123, 125, 126

Capim Jaraguá 92, 94, 95, 96, 97, 98, 99

Carvão Vegetal 93, 94, 95, 100

CARVÃO VEGETAL 99

Cavitação Hidrodinâmica 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124

Células Multijunção 40

Combustíveis Fósseis 9, 11, 93, 102, 108, 115

D

Densificação 92, 93, 94

Desenvolvimento de produtos 149, 150, 151, 160

Desenvolvimento Sustentável 9, 2, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 23, 25, 26, 28, 31, 61, 139, 141, 143, 149, 151, 158, 189, 191, 194, 198, 205, 206

Doenças Virais 129

E

Economia circular 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

Energia Elétrica 26, 40, 52, 53, 54, 60, 61, 63, 64, 65, 70, 71, 93, 117

Energia Solar Fotovoltaica 62, 73

Energias Renováveis 54, 72

Espectro Solar 40, 44, 45, 50, 51

F

Fontes Energéticas Renováveis 115

G

Gases de efeito estufa 2, 101, 102

Geração de energia 40, 52, 55, 63, 73, 75, 77, 93, 100, 101, 102, 106, 108

Geração Distribuída 62, 63, 64, 67, 70, 71, 73

Gestão Sustentável de Eventos 20

I

Inseticidas Sintéticos 128, 129, 133

Inseto Vetor 132, 133, 136

M

Meio Ambiente 9, 2, 5, 12, 14, 53, 54, 81, 82, 83, 93, 115, 129, 136, 141, 142, 145, 147, 148, 160, 194, 197, 203, 205, 210, 211, 213

Método LiderA 20, 29

Moléculas Bioativas 130

Mudanças Climáticas 2, 101, 102, 125, 193, 195, 197, 198, 205, 206, 210, 211

N

Nanoantena 33, 34

Nanogeradores Triboelétricos 53

Natureza 9, 23, 102, 142, 143, 147, 150

P

País Desenvolvido 7

País em desenvolvimento 7

Pandemia 141, 144, 146

Plasma não térmico 81, 83

Poluição 3, 50, 82, 141, 142, 147, 169

Problemas Ambientais 9, 2, 5, 6, 16, 141, 142

Processo de Briquetagem 96

Produção Eficiente 101

Produtos Sustentáveis 141, 143, 144, 147, 148

R

Radiação Ultravioleta 40, 44, 45, 48, 49, 50

Rastreamento Solar 72

Reservatório de Água Inteligente 162

Reutilização 8, 10, 16, 94, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

S

Saúde Humana 12, 82

Sinalização Tátil 149, 150, 151, 152, 153

Sistemas Fotovoltaicos 72

Software OpenDSS 62, 63

Stakeholders 10, 20, 21, 22, 25, 26, 27, 29, 30, 31

Sustentabilidade 2, 9, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 54, 101, 106, 145, 148, 149, 151, 156, 169, 173, 198, 206, 213

T

Tecnologia Assistiva 170


Triboeletricidade 52, 61

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE





NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

AGENDA DA SUSTENTABILIDADE



NO BRASIL:

Conhecimentos teóricos, metodológicos e empíricos

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

