

Atena
Editora
Ano 2021



*Carlos Augusto Zilli
(Organizador)*

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***

Atena
Editora

Ano 2021

*Carlos Augusto Zilli
(Organizador)*

*A visão sistêmica e integrada
das engenharias
e sua integração com a sociedade*

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 Cremona

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 Gonçalves 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 Miraniilde 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

A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua integração com a
sociedade

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V822 A visão sistêmica e integrada das engenharias e sua
integração com a sociedade / Organizador Carlos
Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-404-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.044212508>

1. Engenharia. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador). II.
Título.

CDD 620

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

Esta obra, intitulada “A Visão Sistêmica e Integrada das Engenharias e sua Integração com a Sociedade”, em seu primeiro volume, apresenta 22 capítulos que abordam pesquisas relevantes que fazem emergir esta visão completa e abrangente típica das engenharias, revelando de que forma ela pode se integrar à sociedade para solucionar os desafios que surgem mundo afora, trazendo pesquisas relacionados à COVID, controle de segurança, saneamento básico, sismologia, interações socioespaciais, purificação de biogás, análise de vigas compósitas, pressão em estruturas, entre outros.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas às engenharias em suas mais diversas instâncias.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

COVID-19 (SARS-COV-2): ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE TESTES DE DETECÇÃO DO CORONAVÍRUS EM HUMANOS

Paulo Cesar dos Santos Teixeira

Fábio dos Santos Teixeira

Carlos Alberto Machado da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125081>

CAPÍTULO 2..... 11

DIFERENTES SUBSTRATOS E ADUBAÇÕES NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE

Carolina Rafaela Barroco Soares


Alaide de Oliveira Carvalho

Deborah Regina Alexandre

Jairo Rafael Machado Dias

Laysa Teles Vollbrecht

Micheli Leite Zanchetta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125082>

CAPÍTULO 3..... 18

ESTUDO DA PRESSÃO EFETIVA EM COBERTURAS COM PLATIBANDA CONFORME A NBR 6123 – FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES

Gean Henrique Sabino Freitas

Luiz Henrique Moreira de Carvalho

Nélison Ferreira Corrêa

Wilson Espindola Passos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125083>

CAPÍTULO 4..... 31

METODOLOGIA PARA ENSINO DA CONCORRÊNCIA ENTRE PROCESSOS COM EMPREGO DE SEMÁFOROS EM SISTEMAS OPERACIONAIS PREEMPTIVOS

Marco Aurélio de Souza Birchal


Viviane Santos Birchal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125084>

CAPÍTULO 5..... 41

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO: INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO PARTICIPATIVO, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL

Luiz Roberto Santos Moraes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125085>

CAPÍTULO 6..... 58

APLICAÇÃO COMPUTACIONAL PARA O PLANEJAMENTO DE FLUXO DE POTÊNCIA

REATIVA


Polianna Schneider Durigon
Carlos Roberto Mendonça da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125086>

CAPÍTULO 7..... 69

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO LATERAL DE UM VEÍCULO EM UM SIMULADOR COM 9 GDL


Elyton Elias Prado Naves
Jánes Landre Júnior
José Tomich Bosco Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125087>

CAPÍTULO 8..... 79

ADEQUAÇÃO DE TRELIÇA EM AÇO FRENTE A UMA NOVA FINALIDADE


Gustavo de Oliveira Dumas
José Geraldo de Araújo Silva
Lucas Teixeira Araújo
Antônio Maria Claret de Gouveia
Hisashi Inoue
André Luiz Candian

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125088>

CAPÍTULO 9..... 86

PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ, BRASIL


Juan Carlos Alvarado Alcócer
Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto
Ciro de Miranda Pinto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0442125089>

CAPÍTULO 10..... 100

ANÁLISE DE VIGAS COMPÓSITAS LAMINADAS DE TIMOSHENKO ATRAVÉS DO MÉTODO DE GREEN


Leonardo Fellipe Prado Leite
Fabio Carlos da Rocha

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250810>

CAPÍTULO 11..... 114

ESTRATÉGIAS INOVADORAS PARA PESQUISAS DE EVAPORAÇÃO DE ÁGUA EM RESERVATÓRIOS SUPERFICIAIS NO NORDESTE BRASILEIRO

Bárbara Hillary de Almeida Pinto
Cecília Roberta Barbosa da Silva
Maria Eduarda Medeiros Monteiro
Heloysa Helena Nunes de Oliveira
Efrain Pantaleón Matamoros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250811>

CAPÍTULO 12..... 124

AMBIÊNCIA E ENTORNO: INTERAÇÕES SOCIOESPACIAIS ENTRE IDOSOS MORADORES DE UM CONDOMÍNIO E A VIZINHANÇA


Luzia Cristina Antoniossi Monteiro

Vania Aparecida Gurian Varoto

Lucas Bueno de Campos

Ingrid Bernardinelli

Gabriely Grezele

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250812>


CAPÍTULO 13..... 136

METODOLOGIA DE COMPOSIÇÃO DE CUSTO PARA ENCARGOS COMPLEMENTARES: EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Guilherme Martins Pereira

Regina Maria Germânio

Tiago Silveira Gontijo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250813>


CAPÍTULO 14..... 155

AVALIAÇÃO DE RISCOS E CONTROLE DE SEGURANÇA EM PEDREIRA

Michael José Batista dos Santos

Suzi Cardoso de Carvalho

Irineu Antônio Schadach de Brum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250814>

CAPÍTULO 15..... 174

POTENCIAL INOVADOR DAS PESQUISAS DE SISMOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DA INTERFEROMETRIA SÍSMICA PARA IMAGEAMENTO 4D


Julia Alanne Silvino dos Santos

Marcelo dos Santos Vieira

Lenise Souza Cardoso de Andrade

Heloysa Helena Nunes de Oliveira

Zulmara Virgínia de Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250815>

CAPÍTULO 16..... 184

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DO FOSFATO DE CÁLCIO MONETITA PELA ROTA ÚMIDA DE NEUTRALIZAÇÃO RATHJE – HAYEK E NEWSELY

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Carlos Pérez Bergmann


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250816>

CAPÍTULO 17..... 196

ESTUDOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO MONOFÁSICAS

Emiliane Advincula Malheiros

Roberto Paulo Barbosa Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250817>

CAPÍTULO 18.....203

**INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CALCINAÇÃO NA FASE DA HIDROXIAPATITA
OBTIDA PELO MÉTODO SOL-GEL**


Marilza Aguiar

José Brant de Campos

Bruno Cavalcante Di Lello

Nataly Cristiane de Campos Amador Garcias

Vitor Ramos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250818>

CAPÍTULO 19.....209

**REDISTRIBUIÇÃO DA VAZÃO AR EM MINA SUBTERRÂNEA PARA AUMENTO DE
HORAS DISPONÍVEIS EM OPERAÇÃO DE LAVRA**

Alisson Brasil

Renan Collantes Candia


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250819>

CAPÍTULO 20.....225

**ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS LIMITES DA CAVA FINAL ÓTIMA COM BASE NA
VARIAÇÃO DO PREÇO DE MERCADO DA ROCHA FOSFÁTICA**

João Antônio da Silva Neto

Marcélio Prado Fontes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250820>

CAPÍTULO 21.....238

**USO DA TECNOLOGIA DE MANUFATURA ADITIVA NA INDÚSTRIA AEROESPACIAL:
UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Allisson Régis dos Santos Maia

Maria Elizete Kunkel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250821>

CAPÍTULO 22.....253

A IMPORTÂNCIA DOS INDICADORES NA MANUTENÇÃO

Alexandre Fernandes Santos

Heraldo José Lopes de Souza

Marcia Cristina de Oliveira

Sariah Torno


Darlo Torno

Sandro Adriano Zandoná

Tiago Rodrigues Carvalho

Natalia Tinti Ramos

Eliandro Barbosa de Aguiar

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.04421250822>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	260
ÍNDICE REMISSIVO.....	261

PURIFICAÇÃO DE BIOGÁS EM PEQUENAS PROPRIEDADES RURAIS NA REGIÃO DO MACIÇO DE BATURITÉ, CEARÁ, BRASIL

Data de aceite: 02/08/2021

Data de submissão: 04/06/2021

Juan Carlos Alvarado Alcócer

Professor, Doutor do Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro Brasileira (UNILAB) Redenção, Ceará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8172187725052094>

Olienaide Ribeiro de Oliveira Pinto

Doutora, Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorados (PNPD) /CAPES, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) Redenção, Ceará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8216617581480616>

Ciro de Miranda Pinto

Professor, Doutor do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) Redenção, Ceará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9951861341852271>

RESUMO: O trabalho aborda a importância do biogás e verifica a eficiência de filtros para o H₂S em pequenas propriedades rurais na região do Maciço de Baturité, Ceará, Brasil. O biogás é um biocombustível cuja utilização vem crescendo

nas últimas décadas como alternativa sustentável que contribui para mitigação dos problemas ambientais. O biogás é formado por metano (CH₄), sulfeto de hidrogênio (H₂S), oxigênio (O₂), amônia (NH₃) e dióxido de carbono (CO₂). O metano é o principal componente responsável pela combustão do gás, contudo, a presença dos demais gases pode prejudicar a ação do mesmo, reduzindo seu potencial energético e ainda danificar os equipamentos, reduzindo assim a vida útil dos mesmos. Nesse sentido, se faz necessária a purificação do biogás, a qual consiste na retirada das substâncias contaminantes do composto gasoso, tais como água, dióxido de carbono, sulfeto de hidrogênio, dentre outros. Existem diversos métodos de purificação do biogás tais como: sistema de filtros de adsorção e absorção, com utilização de sílica gel, palha de aço, carvão ativado, dentre outros. A purificação do biogás é de extrema relevância contribuindo para evitar danos nos equipamentos de queima, elevar o poder calorífico e o rendimento do biogás, além de diminuir os impactos ambientais pela liberação desses gases à atmosfera.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração. Biocombustível. Metano. Biodigestor.

ABSTRACT: The work addresses the importance of biogas and verifies the efficiency of filters for H₂S in small rural properties in the Maciço de Baturité region, Ceará, Brazil. Biogas is a biofuel whose use has been growing in recent decades as a sustainable alternative that contributes to the mitigation of environmental problems. Biogas is formed by methane (CH₄), hydrogen sulfide (H₂S), oxygen (O₂), ammonia (NH₃) and carbon

dioxide (CO₂). Methane is the main component responsible for gas combustion, however, the presence of other gases can impair its action, reducing its energy potential and even damage equipment, thus reducing their useful life. In this sense, it is necessary to purify the biogas, which consists in the removal of contaminating substances from the gaseous compound, such as water, carbon dioxide, hydrogen sulfide, among others. There are several methods of biogas purification, such as: adsorption and absorption filter system, using silica gel, steel wool, activated carbon, among others. The purification of biogas is extremely important, contributing to prevent damage to burning equipment, increase the calorific value and yield of biogas, in addition to reducing the environmental impacts caused by the release of these gases into the atmosphere.

KEYWORDS: Filtration. Biofuel. Methane. Biodigester.

1 | INTRODUÇÃO

As energias renováveis são fontes de energia que são geradas a partir de processos e recursos naturais que são continuamente reabastecidos em uma escala de tempo. Isso inclui a energia solar, calor geotérmica, energia eólica, energia das marés, energia hídrica (água), e várias formas de bioenergia (biomassa). A biomassa pode ser usada para produzir eletricidade ou como combustível para o transporte e para fabricar produtos que normalmente exigiriam o uso de combustíveis fósseis não renováveis (SOLAR, 2021).

As fontes alternativas de energias tem se intensificado em todo planeta, a busca constante de alternativas para diminuir a poluição ambiental utilizando-se de fontes poluidoras tais como: os dejetos de animais e vegetais que são fartos nas propriedades rurais têm se tornado um norte para as pesquisas no intuito proteger o meio ambiente das poluições e melhorar a qualidade de vida dos camponeses com os benefícios obtidos pelo o beneficiamento dos dejetos (GONÇALVES et al., 2009).

A produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de diferentes tipos de esterco dos animais de produção e dos vegetais, já foi propósito de diversas pesquisas científicas, cujos resultados positivos são inegáveis. Em escala regional, no Maciço do Baturité, tem-se conhecimento de biodigestores instalados nos municípios de Barreira, Redenção e Ocara (OLIVEIRA et al., 2016). Entretanto, o biogás gerado na fermentação anaeróbia dos dejetos contém alguns contaminantes, sendo que o enxofre na forma de sulfeto de hidrogênio (H₂S) é considerado o mais prejudicial (MACHADO et al., 2015) por limitar o uso do biogás (OLIVEIRA, 2004).

A utilização do biogás como tecnologia da biodigestão anaeróbia tem sido comprovada como uma das mais eficientes no tratamento dos dejetos de animais. Os dejetos que os animais deixam nas pequenas e médias propriedades rurais são extremamente prejudiciais ao meio ambiente, lançam um gás que provoca o efeito estufa que afeta a ozônio e o solo, através de infiltração no lençol freático, por meio das chuvas que chegam aos igarapés contaminando também as águas (GONÇALVES et al., 2009).

Nesse contexto, o capítulo teve como objetivo abordar a importância do biogás e

verificar a eficiência de filtros para o H_2S em pequenas propriedades rurais na região do Maciço de Baturité, Ceará, Brasil.

2 | BIODIGESTOR

O biodigestor é formado de uma câmara fechada onde a biomassa é fermentada anaerobicamente, e o biogás resultante é canalizado para ser empregado nos mais diversos fins. Esse equipamento, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola e gera fertilizante, é considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizante e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento. Ele trabalha com qualquer tipo de material que se decomponha biologicamente através da ação das bactérias anaeróbias. Praticamente todo resto de animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Os dejetos dos animais são o melhor alimento para o biodigestor, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbias (BARREIRA, 2011).

Existem vários tipos de biodigestores, que visam basicamente criar condição anaeróbia, na ausência de oxigênio na biomassa a ser digerida. A escolha de um tipo ou de outro vai depender das condições locais, disponibilidade de substrato, experiência e conhecimento do construtor, investimento envolvido, etc.

Os biodigestores são classificados quanto a sua forma de abastecimento em: batelada e contínuos. Biodigestores em batelada; possui uma característica que consiste na adição de todo o resíduo orgânico de uma só vez na câmara digestora. Posteriormente, fecha-se hermeticamente o biodigestor, favorecendo a digestão anaeróbia. O gás produzido é armazenado na câmara digestora ou em um gasômetro acoplado a esta. Após ter completado todo o processo de biodigestão, retira-se o biofertilizante gerado e adiciona-se uma nova carga de resíduos (ALVES et al., 2010).

O biodigestor indiano tem sua cúpula geralmente feita de ferro ou fibra, no qual, o processo de fermentação acontece mais rápido, pois aproveita à temperatura do solo que é pouco variável, favorecendo a ação das bactérias, a construção, por ser subterrânea, dispensa o uso de reforços. No biodigestor Chinês possui uma peça única, construído em alvenaria e enterrado no solo, para ocupar menos espaço. Este modelo possui um custo mais barato em relação aos outros, pois sua cúpula é feita em alvenaria Outro modelo de equipamento atualmente muito difundido é o biodigestor modelo canadense. É um modelo tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, possuindo, portanto, uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita uma grande produção de biogás (BARICHELLO, 2010).

3 | DIGESTÃO ANAERÓBIA

A digestão anaeróbia é o processo de degradação biológica da matéria orgânica em condições de ausência de oxigênio que, dentre outros subprodutos, gera o biogás. A digestão anaeróbia ocorre em etapas sequenciais, sendo cada uma delas caracterizadas pela atividade de grupos específicos de microrganismos. Somente na última etapa, chamada metanogênese, é formado o biogás. O processo de digestão anaeróbia é subdividido em cinco etapas: Hidrólise, acidogênese, acetogênese, metanogênese e sulfetogênese. A hidrólise e acidogênese são realizadas pelas mesmas bactérias e consideradas como uma fase. A sulfetogênese ocorre somente na presença dos sulfatos, e, nessa situação, compete com a metanogênese, diminuindo a produção do metano (SILVEIRA et al., 2015).

A conversão de substrato em biogás ocorre com a participação de três grupos principais de microrganismos: (i) bactérias fermentativas, acidogênicas; (ii) bactérias sintróficas, acetogênicas; e (iii) arqueias metanogênicas. Há, ainda, um grupo opcional de bactérias e arqueias sulforeductoras. Conforme será explicado em seguida, cada grupo tem comportamento fisiológico diferente e funções específicas na cadeia da degradação.

Na fase de hidrólise, ocorre a solubilização da matéria orgânica, ou seja, a quebra de bio-polímeros, que são os compostos orgânicos complexos presentes nos substratos. Para a hidrólise, as bactérias liberam enzimas que convertem os carboidratos complexos em monômeros e açúcares; e as proteínas em aminoácidos e os lipídeos (gorduras), depois de sua emulsificação, em ácidos graxos. Em paralelo, as mesmas bactérias atuam na fermentação, ou seja, na acidogênese dos produtos obtidos, formando moléculas menores.

As bactérias fermentativas ocorrem em ambiente natural em grande quantidade e são as primeiras a atuar na etapa sequencial da degradação do substrato e, conseqüentemente, podem se beneficiar energeticamente mais que os microrganismos nas etapas seguintes. O processo da acidificação pode começar já na rede coletora ou quando o lodo com alto teor de material orgânico permanece certo tempo em condições anaeróbias. Como todos os processos biológicos, o processo de acidificação é acelerado em temperaturas elevadas (SILVEIRA et al., 2015).

Na fase da hidrólise, as bactérias liberam enzimas extracelulares, que transformam as moléculas maiores (polissacarídeos) em compostos orgânicos simples (monômeros). Durante a fase metanogênese, as bactérias atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono e os transforma em metano. Durante a fase da acidogênese, as bactérias que produzem os ácidos transformam as substâncias resultantes da hidrólise. As moléculas de proteínas, gorduras e carboidratos são convertidas em moléculas de ácidos orgânicos, etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono, dentre outros compostos. Para a realização do processo de fermentação, é necessário dispor de condições adequadas, especialmente de hidrogênio, pois este poderá afetar negativamente a eficiência do processo (RIZZONI et al., 2012).

Na fase da acetogênese depende da atividade de dois grupos de bactérias acetogênicas: os produtores de hidrogênio, que convertem os compostos orgânicos anteriormente gerados em acetato, liberando hidrogênio (H_2) e dióxido de carbono (CO_2); e os consumidores de hidrogênio que produzem o acetato a partir de H_2 e CO_2 . Segundo Chernicharo (2007), a coexistência de bactérias produtoras e consumidoras de hidrogênio exige a manutenção de baixas concentrações de hidrogênio e, além disso, sua produção poderá ser inibida pelo acúmulo do produto acetato.

A fase acetogênese caracteriza-se por transformar o material resultante da acidogênese em ácido etanóico, hidrogênio e gás carbônico. Essa fase exige que a quantidade de hidrogênio gerado seja consumida pelas bactérias, mantendo o equilíbrio interno do biodigestor (RIZZONI et al., 2012). Nessa as bactérias acetogênicas, quando comparadas às outras na cadeia, têm uma taxa de crescimento muito baixa e pouco rendimento celular. Segundo Bischofsberger et al. (2005), sua recuperação em reatores de lodo, em condições mesofílicas, demora mais que 5 dias.

A etapa da metanogênese consome o hidrogênio e o acetato, porém o excesso de acidez também inibe este processo. Assim como a produção de metano normalmente indica o bom funcionamento da acetogênese, a diminuição na produção (causada, por exemplo, pela competição com as bactérias sulforetodoras) tem como resultado, necessariamente, o acúmulo elevado de hidrogênio (talvez também de acetato) e a inibição da acetogênese.

No final da cadeia de degradação anaeróbia nos reatores, desenvolvem-se duas funções primordiais: a produção do biogás, possibilitando, assim, a remoção do carbono orgânico da fase líquida; e, ao mesmo tempo, a manutenção das condições necessárias para a produção dos próprios substratos, promovendo baixa pressão parcial do hidrogênio e acetato no meio líquido, e resultando em metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2). Esses microrganismos são altamente sensíveis a inibições (SILVEIRA et al., 2015).

Durante a fase metanogênese, as bactérias atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono e os transforma em metano (biogás). Durante as reações químicas ocorre a formação de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno das bactérias metanogênicas, isolando-a de um contato direto com a mistura, sendo aconselhável uma agitação no biodigestor (RIZZONI et al., 2012). O tempo que o biodigestor pode levar produzindo biogás varia de 18 a 40 dias, sendo que o biofertilizante só poderá ser retirado no final do processo, ou seja, após 40 a 55 dias.

4 | BIOGÁS

O biogás ocorre que grande parte de energia armazenada na biomassa é simplesmente perdida, lançada na atmosfera, na forma de gases ou calor, através do processo de decomposição. Toda matéria viva, após a morte, é decomposta por bactérias microscópicas. Durante esse processo, as bactérias retiram da biomassa parte das

substâncias de que necessitam para continuarem vivas, e lançam na atmosfera gases e calor. Este é o chamado biogás, uma fonte abundante, não poluidora e barata de energia. Sua utilização permitiria que a humanidade reduzisse, drasticamente, o consumo de petróleo.

O biogás é uma mistura de metano, do carbônico e de outros gases em menor quantidade. O metano, principal componente do biogás (65%), não tem cheiro, cor ou sabor. Mas outros gases presentes têm um cheiro semelhante ao ovo podre. Como sua participação é pequena, esse odor é muito discreto e quase sempre imperceptível. Na queima, ou seja, após ser o gás utilizado, o cheiro desaparece de modo que ele nunca será sentido pelo usuário (BARREIRA, 2011).

O biogás é um produto em estado gasoso, pois é constituída principalmente por uma mistura de hidrocarbonetos (compostos químicos formados por Carbono e Hidrogênio) como o Dióxido de Carbono (CO_2) e o gás Metano (CH_4) Royá et al. (2011). A proporção teórica dos componentes do biogás se apresenta na Tabela 1.

É a porcentagem de metano que confere ao biogás um alto poder calorífico, que varia de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico. Esta variação decorre de sua maior ou menor pureza, ou seja, maior ou menor quantidade de metano. O biogás altamente purificado pode alcançar até 12.000 kcal por metro cúbico (BARREIRA, 2011).

Componentes	(%)
Metano (CH_4)	55 – 70
Dióxido de Carbono (CO_2)	25 – 45
Nitrogênio (N_2)	<3
Hidrogênio (H_2)	<2
Oxigênio (O_2)	0 – 0,1
Sulfeto de Hidrogênio (H_2S)	<1

Tabela 1. Componentes do biogás.

Fonte: Royá et al. (2011).

O biogás é um combustível renovável e limpo, é um substituinte do gás de cozinha, a sua queima não desprende fumaça e não deixa resíduos nas panelas facilitando a vida da agricultora dona de casa. A sua utilização sistemática reduz os custos do gás, incluindo o produto, transporte e armazenagem. O biogás pode ser utilizado, por exemplo, em: Fogões, Lâmpioes, Campânulas, Chocadeiras, Secadores diversos, Motores de combustão interna, Conjuntos moto-bomba, Geradores de energia elétrica (ALVES et al., 2010).

5 I SULFETO DE HIDROGÊNIO (H₂S)

O sulfeto de hidrogênio é um gás extremamente tóxico de cheiro desagradável e mais denso que o ar. Esse gás condensa em forma líquida a temperatura de -62°C e é parcialmente solúvel em água e em compostos orgânicos. Esse composto pode ter origem na natureza, jazidas de petróleo, por exemplo, ou em seguimentos industriais, como processos de remoção química (MAINIER; VIOLA, 2005). Este composto não é responsável somente por causar problemas relacionados a saúde, também é nocivo as instalações de produção de biogás e ao meio ambiente. Durante a combustão do H₂S é formado o dióxido de enxofre (SO₂), esse composto combinado com vapor d'água produz o gás sulfídrico que é responsável pela corrosão dos equipamentos; reduzindo assim a vida útil de motores e compressores, por exemplo, (ABATZOGLOU; BOINVIN, 2009).

A formação de sulfeto de hidrogênio no biogás acontece durante a digestão anaeróbia, a concentração de enxofre presente na biomassa utilizada influencia diretamente a quantidade de H₂S que estará presente no biogás (CARVALHO, 2016). A formação do sulfeto de hidrogênio ocorre pela ação das bactérias sulfato-redutoras. Em condições anaeróbias o sulfato é um acceptor de elétron e por isso se reduz a sulfeto (MANIER; VIOLA, 2007). Essas bactérias utilizam acetato e hidrogênio e competem com as metanogênicas pelos mesmos substratos (CRISTIANO, 2015).

A remoção do H₂S pode acontecer de diversas maneiras, por via biológica ou química e, em diferentes etapas do processo de produção do biogás. Um dos métodos que tem elevada eficiência e baixo custo é a remoção por óxidos de ferro, realizada após a digestão anaeróbia (CRISTIANO, 2015). O princípio da adsorção por óxidos de ferro é um dos métodos mais antigos utilizados para remoção do sulfeto de hidrogênio. Esponjas de aço podem ser empregadas como preenchimento de filtros em que, o biogás passa e as reações de remoção de H₂S ocorrem (ZICARI, 2003). O H₂S reage com óxidos de ferro formando sulfetos insolúveis, o material adsorvente é regenerado com contato com ar (CRISTIANO, 2015; LAURENT et al., 2008).

A eficiência de remoção do H₂S do biogás da fermentação anaeróbica de dejetos de bovinos, por meio de processo químico biológico ocorrem em concentração média de 3542 ppm de H₂S na entrada do filtro o tempo de retenção do biogás foi de 288 segundos e a eficiência de remoção foi de 95% (LIN et al., 2013). A avaliação econômica do uso de biogás para produção de eletricidade com e sem sistema de remoção de H₂S, por meio de carvão ativado impregnado com 2% de iodeto de potássio, em pequenas explorações suinícolas na Tailândia, foi eficiência na remoção de H₂S que pode chegar a 100% com adsorção de 0,062 kg de H₂S kg⁻¹ do adsorvente (PIPATMANOMAI et al., 2009).

O sulfeto de hidrogênio é um gás extremamente tóxico, com cheiro característico, altamente inflamável e mais denso que o ar. Esse composto é gerado no biogás pela ação das bactérias redutoras de sulfato. Quando em contato com os seres humanos o

sulfeto de hidrogênio causa irritação nos olhos, atua no sistema nervoso e, dependendo da concentração pode levar a morte (MAINIER; VIOLA, 2005).

Esse composto não causa problemas apenas para os seres humanos, também é altamente danoso as instalações produtoras de biogás. O H_2S é um gás solúvel e causa corrosão nos equipamentos, além disso, quando entra em combustão esse composto forma o dióxido de enxofre (SO_2) que combinado com vapor d'água forma o ácido sulfúrico, responsável por corroer tubos de escape dos queimadores, lâmpadas de gás e motores (CRISTIANO, 2015). Com a finalidade de ampliar e popularizar o uso do biogás, os processos para purificação do mesmo vêm sendo desenvolvidos. Dentre os gases que fazem parte da composição do biogás, a principal preocupação se dá para remoção do H_2S , por esse ser o mais perigoso dos contaminantes (MAINIER; VIOLA, 2005).

Na filtragem do biogás para remoção do H_2S , são poucas as alternativas de baixo custo disponível no mercado. O desenvolvimento de tecnologias e, ou processos para prover o seu aproveitamento podem contribuir com a disseminação de seu uso, além de ser uma alternativa interessante para empresas que queiram produzir e difundir sistemas de filtragem de biogás (O'FLAHERTY; COLLERAN, 2000; MACHADO et al., 2015).

6 | BIODIGESTOR ARTESANAL DE BATELADA E FILTRAGEM DE H_2S

O trabalho foi realizado na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) no Campus das Auroras, no laboratório de Biomassa, com a idealização de biodigestor desenvolvido em escala artesanal a fim de viabilizar seu uso, principalmente nas áreas rurais na região do Maciço de Baturité, Ceará. Construíram-se dois biodigestores artesanais em bateladas de garrafão Pet de 20 litros, sendo que, num biodigestor colocou-se filtro de palha de aço para filtrar o H_2S e em outro biodigestor foi sem filtro e a biomassa utilizada foi de bovino para alimentar os biodigestores.

O biodigestor artesanal de batelada com filtro de palha de aço começou a produzir biogás aos 14 dias, ou seja, duas semanas após alimentação. Duas semanas depois, o biodigestor sem filtro começou a produzir biogás, isso ocorreu, por que teve um vazamento na câmara de ar de carro que foi usada para armazenar o biogás. Caso isso não tivesse ocorrido, provavelmente os dois biodigestores teriam produzido o biogás no mesmo período de tempo, já que o esterco utilizado foi igual para os dois.

Após 21 dias de fermentação da biomassa nos dois biodigestores, verificou-se que as câmaras de ar de ambos ficaram completamente cheias (Figura 1 – A e B), por isso, que foi liberado o biogás através da queima (Figura 1 – C e D) para esvaziar e evitar explosão. Esse processo foi realizado durante três semanas, totalizando 36 dias de avaliação. Isso mostrou que cada biodigestor produziu bastante volume de biogás. Após esse período, não ocorreu mais a produção de biogás, pois, à biomassa nos biodigestores foram totalmente degradadas pela a biodigestão.

Pereira et al. (2018) estudaram a produção de biogás em dois biodigestores do tipo batelada (artesanal), abastecidos com esterco caprino e cama avícola, e analisaram qual das biomassas residuais apresenta melhores vantagens quando submetidas a processo de biodigestão anaeróbia a partir da concentração de NH_4 , CO_2 , NH_3 e H_2S . Os autores verificaram que a produção de biogás utilizando esterco de caprino e cama avícola em ambos os biodigestores iniciaram a produção de biogás na primeira semana após alimentação. Alcócer et al. (2014) verificaram que a produção inicial de biogás ocorreu no segundo dia após alimentação de biodigestor tipo batelada utilizando resíduos de frutas como a matéria prima. Comparando com o biodigestor tipo batelada abastecido com esterco de bovino, observou-se que a produção inicial de biogás é mais lenta, pois só foi verificada a produção de biogás a partir da segunda semana após alimentação dos mesmos.



Figura 1. A produção de biogás, quando a câmaras de ar ficaram cheias e a queima do biogás produzido. A) biodigestor com filtro; B) biodigestor sem filtro; c) é a queima do biogás com filtro e D) é a queima do biogás sem filtro.

Fonte: Autores (2021).

Na Tabela 2, têm-se a comparação do biogás dos dois biodigestores com esterco de bovino, sendo, um biodigestor com filtro e outro sem filtro. Na avaliação dos gases do biodigestor com filtro observou-se 60,8% de CH_4 , 24% de CO_2 , 2,1% de O_2 , 17 ppm de CO e 8 ppm de H_2S . Já, o biodigestor sem filtro, mostrou 50,5% de CH_4 , 24,3% de CO_2 , 2,1% de O_2 , 19 ppm de CO e 4 ppm de H_2S .

A quantidade de gás carbônico observada nos biodigestores foram 24% (filtro) e 24,3% (sem filtro) mostrando que são inferiores ao do metano produzido. Segundo Oliveira e Domingues (2011) relatam que o valor desse parâmetro significa que o metano é 20 vezes mais nocivo ao meio ambiente comparado ao CO₂ no que se atribui ao agravamento do efeito estufa e o Potencial de Aquecimento Global (GWG) do CO₂ é apenas 1 e as estimativas relacionadas às emissões equivalentes de CO₂ correspondente às emissões de CH₄ pode-se considerar que o GWG refere-se a 21.

Gases	Concentração	
	Biodigestor com filtro	Biodigestor sem filtro
Metano (CH ₄)	60,8%	50,5%
Dióxido de carbono (CO ₂)	24,0%	24,3%
Oxigênio (O ₂)	2,1%	2,1%
Monóxido de carbono (CO)	17ppm	19ppm
Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S)	8ppm	4ppm

Tabela 2. Comparação dos gases do biogás de biodigestores instalados em laboratório de biomassa nos campos das Auroras.

Fonte: Autor (2018).

Portanto, o CH₄ produzido pela biodigestão no interior dos biodigestores instalados proporciona redução da emissão direto dos gases do efeito estufa na atmosfera. Conforme Marques et al. (2014) a utilização da tecnologia do biodigestor favorece uma destinação adequada aos dejetos de animais e promove a conscientização das comunidades rurais sobre os impactos ambientais e da emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, bem como o seu possível agravante no aquecimento global.

O biodigestor com filtro apresentou maior quantidade de H₂S em relação ao biodigestor sem filtro. O biodigestor com filtro de palha de aço foi utilizado para remoção de enxofre, já que a palha de aço é um material barato, fácil de adquirir e também facilidade na montagem no biodigestor. O resultado mostrou que o uso do filtro não foi eficiente, já que o objetivo do uso foi para a redução da quantidade de H₂S (Tabela 6), visto que, o H₂S é prejudicial ao biogás influenciando na queima e na vida útil do material de armazenagem podendo ocasionar a corrosão.

Abatzoglou e Boinvin (2009) afirmam que o H₂S não é responsável somente por causar problemas relacionados à saúde, também é nocivo as instalações de produção de biogás e ao meio ambiente. Durante a combustão do H₂S é formado o dióxido de enxofre (SO₂), esse composto combinado com vapor d'água produz o gás sulfídrico que é responsável pela corrosão dos equipamentos; reduzindo assim a vida útil de motores e compressores, por exemplo. Muche e Zimmerman (1985) reportam que a presença de H₂S no biogás o torna corrosivo para as peças de metal e galvanizadas que são igualmente

sujeitas à corrosão da superfície. Afirma ainda, que o efeito do H_2S sobre metais não ferrosos em componentes de equipamentos, tais como reguladores de pressão, medidores de gás e válvulas, é muito mais grave, pois eles são muito rapidamente corroídos também em motores a gás (selos e válvulas).

O biodigestor com filtro apresentou H_2S de 8ppm e o sem filtro 4ppm, verificou-se que foram inferiores ao padrão estabelecido que é 1%, no qual CCE (2000) relata que o H_2S está presente normalmente numa quantidade inferior a 1% (10.000 ppm) do volume de biogás devido ser um gás altamente tóxico, mesmo quando presente em níveis reduzidos (inferiores a 1.000 ppm). De acordo com Matinc et al. (2013) dependendo da concentração de H_2S pode tornar o uso do biogás limitante, pois, é um gás com propriedades corrosivas. Carvalho (2016) informa que a formação de H_2S no biogás acontece durante a digestão anaeróbia, a concentração de enxofre presente na biomassa utilizada influencia diretamente a quantidade de H_2S que estará presente no biogás. Mainier e Viola (2005) relata que o sulfeto de hidrogênio é um gás extremamente tóxico de cheiro desagradável e mais denso que o ar. Esse gás condensa em forma líquida a temperatura de $-62^\circ C$ são parcialmente solúveis em água e em compostos orgânicos.

No estudo com biodigestor de batelada, observou-se que não foi eficiente. Poderia ter sido testado outros tipos de filtros ou a realização da troca do filtro de palha de aço a cada semana, talvez o resultado obtido fosse satisfatório na remoção do H_2S no biogás. Anerousis e Whitman (1985) afirmam que o processo de palha de aço resulta ser um método muito eficaz e econômico, para a remoção de H_2S do biogás, desde que o equipamento esteja devidamente projetado e operado. Zicari (2003) relata esponjas de aço podem serem empregadas como preenchimento de filtros em que, o biogás passa e as reações de remoção de H_2S ocorrem.

Considera-se viável a construção e instalação de biodigestores artesanais feitos com materiais recicláveis, pois, são baratos e de fácil acesso para pequenas áreas rurais para a produção de biogás. Nesses locais, o biogás produzido pode ser utilizado na geração de energia térmica, energia elétrica com o uso de um gerador e pode substituir a lenha e o gás de cozinha GLP (Gás liquefeito de petróleo). Já o biofertilizante, é empregado na fertilização das plantações em geral da propriedade rural proporcionando a ciclagem de nutrientes no solo sendo de suma importância para o desenvolvimento das plantas.

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biogás produzido no biodigestor com filtro detém de maior qualidade em comparação ao biodigestor sem filtro. Entretanto, a biodigestão com filtro, produz uma maior quantidade de gás CH_4 que é o principal gás de produção de biogás comparando ao biodigestor sem filtro, estando apto para utilização energética a partir da terceira semana de biodigestão.

Os dois biodigestores produzem biogás e biofertilizante, mesmo em pequena escala, montados com material reciclável, isso mostra que qualquer pessoa, principalmente pessoas de áreas rurais estão apta a adquirir materiais para construir e instalar essa tecnologia de biodigestor artesanal em batelada.

O biogás produzido com material coletado da região do Maciço do Baturité a partir do excremento animal mostra-se eficaz em suas propriedades de combustão e se encontra dentro da faixa recomendada para produtividade da formação de biogás. O CH₄ teve um rendimento relativamente bom, propondo que este processo possa ser utilizado em áreas rurais para geração de energia.

REFERÊNCIAS

ABATZOGLOU, N.; BOIVIN, S. A review of biogas purification processes. **Biofuels Bioproducts & Biorefining-Biofpr**, v.3, p. 42–71. 2009.

ALCÓCER, J. C. A.; DUARTE., J. B. F.; CAJAZEIRAS.; M. L. M.; OLIVEIRA, R. G.; ROCHA, Y. M. G.; PONTES, B. C. M.; J.; DUARTE.; I.; QUEIROZ, D. M. B.; RAMOS, K. M.; DIOGO; G, J. O.; DANTAS, G. N. Produzindo Biogás a partir de Resíduos de Frutas para Gerar Energia Elétrica. **Revista Sodebras**, v. 9, p. 113-116, 2014.

ALVES, E. E. N.; INOUE, K. R. A.; BORGES, A. C. Biodigestores: construção, operação e usos do biogás e do biofertilizante visando a sustentabilidade das propriedades rurais. **II Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável**, Universidade Federal de Viçosa – Viçosa/mg, p.6-6, 25 set. 2010.

ANEROUSIS, J. P.; S. K. WHITMAN. **Iron Sponge: Still a Top Option for Sour Gas Sweetening**. Oil and Gas Journal February,1985. 18: 71-76.1985.

BARICHELLO, R. **O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso da região noroeste do Rio Grande do Sul**. 2010. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Centro de Tecnologia, Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2010.

BARREIRA, P. **Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento para a Zona Rural**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 2011.

CARVALHO, C. G. **Desenvolvimento de nano filtro para remoção de sulfeto de hidrogênio do biogás**. 2016. 103 f. Monografia (Curso de graduação em Engenharia de Energia) Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2016.

BISCHOFBERGER, W.; DICHTL, N.; ROSENWINKEL, K. H.; SEYFRIED, C. F.; BOHNKE, B. **Anaerob technik**. Berlin. Heidelberg: Springer-Verlag, 2005.

CARVALHO, C. G. **Desenvolvimento de nano filtro para remoção de sulfeto de hidrogênio do biogás**. 2016. 103 f. Monografia (Curso de graduação em Engenharia de Energia) Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2016.

CRISTIANO, D. M. **Remoção de H₂S com óxido de ferro nano estruturado para fins de purificação de biogás**. 2015. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, (Princípios do tratamento biológico de águas residuais), 2. ed. v.5, 2007.

CCE – Centro para conservação de energia. **Guia Técnico de Biogás**. Amadora – Portugal. 117p. 2000.

GONÇALVES, H. F. E.; HÉRIKA F. E.; LIMA, R. D. S.; WEISS, V. A. B.; MENEZES, V. D. S. **O biodigestor como princípio de sustentabilidade de uma propriedade rural**. 2009. Disponível em: <http://www.catolica_to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2_09_1/1_periodo/O_biodigestor_como_principio_de_sustentabilidade_de_uma_propriedade_rural.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2021.

LAURENT, S.; FORGE, D.; PORT, M.; ROCH, A.; ROBIC, C.; ELST, L. V.; MULLER, R. N. **Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis, stabilization, vectorization, physicochemical characterizations, and biological applications**. *Chem. Ver.*, v. 108, P. 2064-2110, 2008.

LIN, W. C.; CHEN, Y. P.; TSENG, C. P. Pilot scale chemical–biological system for efficient H₂S removal from biogás. *Bioresource Technology*, v.135, p283-291, 2013.

MAINIER, F. B.; VIOLA, E. D. M. O Sulfeto de Hidrogênio (H₂S) e o Meio Ambiente. Universidade Federal Fluminense e INMETRO/LATEC (UFF). **II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGET**, 2005.

MATINC, C.; LINS, L. P.; BONA, E. M.; SOMER, J. G.; MILANI, L. M.; TANIA MENEGOL, T.; BLEY JÚNIOR, C. **Comparação da composição do biogás gerado entre granja produtora de leitões e uma granja terminação de suínos**. In: III Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 12 a 14 de março, São Pedro, SP, p. 1-4, 2013.

MACHADO, N. S.; SILVA, J. N.; OLIVEIRA, M. V. M.; COSTA, J. M.; BORGES, A. C. Remoção do sulfeto de hidrogênio do biogás da fermentação anaeróbica de dejetos de suínos utilizando óxido de ferro, hidróxido de cálcio e carvão vegetal. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 30, n.4, p.344-356, 2015.

MARQUES; S. M. A. A.; SILVA JÚNIOR, F. J.; MONTEIRO, M. K. M. D.; VIEIRA, A. S.; VENTURA, F. A.; VENTURA JÚNIOR, R. Produção de biofertilizante, adubo orgânico e biogás para agricultura familiar. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.18, n. 3, p. 990-999, 2014.

MUCHE, H. ZIMMERMAN, H. **“Purification of biogás”**. A Publication of the Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien – GATE, pág. 25, 1985.

O’FLAHERTY, V.; E. COLLERAN. Sulfur problems in anaerobic digestion. econdary Sulfur problems in anaerobic digestion. London: **International Water Association**. P. 467-489, 2000.

OLIVEIRA, J.; ALCÓCER, J. C. A.; XAVIER, A. R. **Produção de biogás a partir de biodigestores: estratégias sustentáveis para a macrorregião do Maciço de Baturité - CE**. In: XAVIER, A. R.; ALCÓCER, J. C. A.; OLIVEIRA, J. Educação, ciência, tecnologia e Inovação. Fortaleza: Impreco, 2016. p. 146-162.

OLIVEIRA, W. R.; DOMINGUES, E. G. Energia Elétrica e Créditos de Carbono: uma Proposta de Aproveitamento Energético do biogás Gerado em Estações de Tratamento de Esgoto: Estudo de Caso, **Revista Unopar Científica Exatas Tecnologia**, Londrina, v. 10, n. 1, p. 61-67, 2011.

OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas**. Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2004.

PIPATMANOMAI, S.; KAEWLUAN, S.; VITIDSANT, T. Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H₂S removal by activated carbon in small pig farm. **Applied Energy**, v.86, p.669 - 674, 2009.

PEREIRA, L. C.; BALBINO, M. V.; VIANA, L. S.; FARIAS, N. S. N.; XAVIER, M. R. R.; RAMOS, W. Q.; CORREIO, J. A. C. Estudo comparativo de biogás produzido com resíduos animais. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Pará, p.1-17, 2018.

RIZZONI, L. B.; TOBIAS, A. C. T.; DEL BIANCHI, M.; GARCIA, J. A. D. Biodigestão anaeróbia no tratamento de dejetos de suínos. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v.9, n.18, 2012.

ROYA, B.; FREITAS, E.; BARROS, E.; ANDRADE, F.; PRAGANA, M.; SILVA, D. J. A. **Biogás –uma energia limpa**. Revista Eletrônica Novo Enfoque, ano 2011, v. 13, n. 13, p. 142 –149.

SILVEIRA, B. et al. **Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto / Probiogás**; organizadores, Ministério das Cidades, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ) ; Brasília, DF : Ministério das Cidades, 2015.

SOLAR, Portal. **Energia renovável**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>>. Acesso em: 03 jul. 2021.

ZICARI, S. M. **Removal of hydrogen sulfide from biogas using cow- manure compost**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência). Department of biological and Environmental Engineering, Cornell, Ithaca. 2003.

ÍNDICE REMISSIVO

9GDL 70

A

Algoritmos 31, 35, 36, 58, 226, 237

Ambiência 124, 126, 127, 129, 132, 133, 134, 135

Análise de sensibilidade 153, 225, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

B

Biocombustível 86

Biodigestor 86, 88, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98

Biomaterial 184, 185, 194

Bowtie 155, 162, 166, 168, 169, 172

C

Casca de ovos de galinha 184

Cava final 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 236

Confiabilidade 147, 240, 247, 249, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259

Coronavírus 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10

Covid-19 1, 2, 4, 9, 10, 256

D

Data centers 253

Descarga atmosférica e ATPDraw 196

Dinâmica 20, 22, 24, 25, 26, 35, 69, 70, 71, 72, 74, 120, 133

Disponibilidade 39, 88, 115, 116, 120, 212, 222, 223, 239, 246, 249, 253, 255, 256, 258

E

Encargos complementares 136, 137, 151

Engenharia de custo 136, 140

Equipamentos de proteção individual-(EPI) 136, 141, 146, 151, 152

Escalonamento 31, 32, 33, 39

Essências florestais 11, 12

Evaporação 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123

F

FCA 69, 70, 71, 72

Filtração 86

Física do solo 11

G

Gestão de processos 209

I

Idoso 132, 134

Índice de qualidade de Dickson 11, 13, 14

Indústria aeroespacial 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Integrado e sustentável 41, 47, 55

L

Laminados 100, 102

Linhas de transmissão 196, 197, 199, 201

M

Manufatura aditiva 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 251

Melhoria continua 209

Metano 86, 89, 90, 91, 95

Método das funções de Green 100

Monetita 184, 185, 189, 190, 191, 192

Moradia adequada 124, 126, 127, 133, 135

Motion cueing 70, 72, 73, 75, 77

N

Nordeste 23, 114, 115, 116, 121, 123, 172, 214, 215, 217, 218

O

Orçamento de obra 136

Otimização 58, 59, 183, 209, 226, 230, 235

P

Pandemia 1, 4, 9, 10, 256, 259

Pedreira 155, 156, 157, 159, 161, 162, 168, 169, 172

Planejamento de lavra 225, 228

Planejamento participativo 41, 46, 47, 55

Plano municipal de saneamento básico 41, 47, 49, 50, 52, 54, 55, 56

Platibandas 18, 20, 25, 26

Políticas públicas 41, 42, 43, 45, 46, 54, 57, 132

Potência reativa 58, 59, 63, 64, 67

Preço da rocha fosfática 225, 228, 229, 233

Pressão efetiva 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27

Processos 8, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 79, 87, 89, 92, 93, 121, 128, 141, 151, 163, 164, 175, 193, 204, 209, 211, 223, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 245, 246, 247, 248, 249

Projeto de cobertura 18

Prospecção 1, 3, 8, 116, 117, 174, 177, 178, 179, 182

Q

Qualidade de mudas 11, 12, 15, 16

R

Regiões críticas 31

Relações socioespaciais 124, 132, 133

Reservatórios superficiais 114, 116, 117, 119, 121, 122

Revisão sistemática da literatura 238, 240

Rota úmida 184, 187, 188

S

Segurança de mina 155, 172

Semáforos 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

Simulador 31, 36, 37, 38, 39, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 77

Síntese 134, 140, 184, 185, 186, 187, 194, 203, 204, 205, 206, 208

Sísmica 174, 175, 176, 177, 180, 181, 182, 183

Sistemas de potência 58

Substrato 11, 13, 14, 15, 88, 89

T

Timoshenko 100, 101, 102, 103, 106, 107, 112, 113

V

Ventilação de mina 209, 210, 213, 215, 222

Vigas 100, 101, 102, 103, 104, 106, 112

W

WRAC 155, 156, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 172

Atena
Editora

Ano 2021




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

***A visão sistêmica e integrada
das engenharias
e sua integração com a sociedade***


Atena
Editora


Ano 2021



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

*A visão sistêmica e integrada
das **engenharias**
e sua **integração com a sociedade***
