

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 2



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 2



Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

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

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. Carlos Antonio de Souza Moraes – 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
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
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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 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 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 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 Federaci 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 Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
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
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. 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
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

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

R436 Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-456-6

DOI 10.22533/at.ed.566200510

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais e os conceitos ambientais, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Assim em um cenário cada vez mais competitivo, desenvolver novas maneiras de melhoria nos processos industriais, bem como para o próprio dia a dia da população é uma das buscas constantes das áreas de engenharia.

Nesse livro conceitos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e aproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Ainda traz assuntos voltados ao desenvolvimento de materiais, buscando melhorias no processo e no produto final, sendo uma busca constante a redução e reutilização dos resíduos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela con iança e espírito de parceria.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

RESÍDUOS SÓLIDOS NO IFSP – CAMPUS SÃO CARLOS

Adriana Antunes Lopes

José Henrique de Andrade

DOI 10.22533/at.ed.5662005101

CAPÍTULO 2..... 8

OPORTUNIDADES DA VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA COLHEITA, PROCESSAMENTO E TORREFAÇÃO DO GRÃO DE CAFÉ NO BRASIL

Mauro Donizeti Berni

Paulo Cesar Manduca

DOI 10.22533/at.ed.5662005102

CAPÍTULO 3..... 22

ANÁLISE DA VIABILIDADE DO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS ADVINDOS DA MINERAÇÃO DE COBRE E OURO PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE TERRA COMPACTADA

Jéssica Azevedo Coelho

Aline Rodrigues da Silva Lira

Aryágilla Phaôla Ferreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.5662005103

CAPÍTULO 4..... 34

CARACTERIZAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DOS RESÍDUOS GERADOS EM UM SHOPPING CENTER EM BALNEÁRIO CAMBORIÚ (SC)

Bruna Emanuele Napoli Simioni

Rafaela Picoletto

DOI 10.22533/at.ed.5662005104

CAPÍTULO 5..... 42

DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTOR ANAERÓBIO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ALIMENTÍCIOS

Tatiane Akemi Ramalho Yamashita

Isabel Cristina de Barros Trannin

Teófilo Miguel de Souza

DOI 10.22533/at.ed.5662005105

CAPÍTULO 6..... 56

ESTUDO DO CONFORTO ACÚSTICO EM AMBIENTE ESCOLAR

Otávio Akira Sakai

Grasielle Cristina dos Santos Lembi Gorla

Rodrigo de Oliveira

Gustavo Silva Veloso de Menezes

Joyce Ronquim Wedekind

DOI 10.22533/at.ed.5662005106

CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE TÉRMICA E ACÚSTICA DE PLACAS DE VEDAÇÃO EM COMPÓSITO CIMENTO-MADEIRA	
Bruna de Oliveira Criado	
Fernando Sérgio Okimoto	
DOI 10.22533/at.ed.5662005107	
CAPÍTULO 8	80
COMPARATIVE ANALYSIS OF A TRANSIENT HEAT FLOW AND THERMAL STRESSES BY ANALYTICAL AND NUMERICAL METHODS	
Gisele Vilela Almeida	
Nailde de Amorim Coelho	
Nasser Samir Alkmim	
DOI 10.22533/at.ed.5662005108	
CAPÍTULO 9	93
PRODUÇÃO DE NANOFIBRAS POLIMÉRICAS ELETROFIADAS PARA MATERIAIS INTELIGENTES	
Giovana Miti Aibara Paschoal	
Bruno Henrique de Santana Gois	
André Antunes da Silva	
Pedro Leonardo Silva	
Wilson Silva do Nascimento	
Jessyka Carolina Bittencourt	
Beatriz Marques Carvalho	
Roger Clive Hiorns	
Clarissa de Almeida Olivati	
Deuber Lincon da Silva Agostini	
DOI 10.22533/at.ed.5662005109	
CAPÍTULO 10	102
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE TRANSISTORES DE FILME FINO DE ÓXIDOS METÁLICOS PROCESSADOS POR SOLUÇÃO	
João Mendes	
João Paulo Braga	
Giovani Gozzi	
Lucas Fugikawa-Santos	
DOI 10.22533/at.ed.56620051010	
CAPÍTULO 11	120
SISTEMA DE MEDIÇÃO PARA CALIBRAÇÃO DE INSTRUMENTOS ATÉ 9 MN	
Frank Omena de Moura	
Carlos Alberto Fabricio Junior	
DOI 10.22533/at.ed.56620051011	
CAPÍTULO 12	124
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DE JUNTAS SOLDADAS	

APLICANDO A TÉCNICA DE CORRELAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS

Ycaro Jorge Maia da Costa
José Máspoli Ferreira Pereira
Rodrigo Nogueira de Codes

DOI 10.22533/at.ed.56620051012

CAPÍTULO 13..... 137

CARACTERIZAÇÃO METALOGRÁFICA DE AÇOS MULTIFÁSICOS

Rafael Morel Martins
Bárbara Silva Sales Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.56620051013

CAPÍTULO 14..... 148

APLICAÇÃO DA SINERGIA ENTRE CORANTE SINTÉTICO N719 E NATURAIS DO GÊNERO *OENOCARPUS* EM CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES

Rafael Becker Maciel
Everson do Prado Banczek
Guilherme José Turcatel Alves
Paulo Rogério Pinto Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.56620051014

CAPÍTULO 15..... 154

PRODUÇÃO DE LIPASES FÚNGICAS DE *Penicillium sumatrense* POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO UTILIZANDO SEMENTE DE BARU (*Dipteryx alata*)

Tayrine Mainko Hoblos Pozzobon
Aline Danielly Awadallak
Pedro Oswaldo Morell
Gustavo de Castilho Baldus
Leonardo Pedranjo Silva
Ruana Barbosa Benitez
Edson Antônio da Silva
Marcia Regina Fagundes-Klen
Francisco de Assis Marques
Maria Luiza Fernandes Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.56620051015

CAPÍTULO 16..... 166

PRODUÇÃO DE MANGANÊS PEROXIDASE A PARTIR DO *CERIPORIOPSIS SUBVERMISPORA*

Gabriela Mundim Maciel
Sandra de Cássia Dias

DOI 10.22533/at.ed.56620051016

CAPÍTULO 17..... 177

EXTRATO DE CASCAS DO *Allium sativum* L. COMO ANTIOXIDANTE PARA

BIODIESEL DE CANOLA

Débora Yumi Pelegrini
Nayara Lais Boschen
Cynthia Beatriz Furstenberger
Everson do Prado Banczek
Marilei de Fatima Oliveira
Paulo Rogério Pinto Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.56620051017

CAPÍTULO 18..... 188

USO DA TERRA DE MUCUGÊ E IBICOARA-BA MEDIANTE AVANÇO DA AGRICULTURA COM SENSORIAMENTO REMOTO

Luana Nascimento da Silva
Vanessa Santos da Palma
Luana da Silva Guedes
Everton Luiz Polkeing

DOI 10.22533/at.ed.56620051018

CAPÍTULO 19..... 193

DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPFs) EM AGROINDÚSTRIAS FAMILIARES

Rosângela Oliveira Soares
Fátima Regina Zan
Manuel Luís Tibério
Artur Fernando Arede Correia Cristovão
Paulino Varela Tavares
Dieter Rugard Siedenberg

DOI 10.22533/at.ed.56620051019

CAPÍTULO 20..... 205

O RECORTE DA TRAJETÓRIA TECNOLÓGICA AGRIBIOTECNOLÓGICA NO BRASIL E NO MUNDO NOS ÚLTIMOS 30 ANOS

Djeimella Ferreira de Souza
Anna Flavia Moreira Martins de Almeida Pereira
Rubén Dario Sinisterra Millán

DOI 10.22533/at.ed.56620051020

CAPÍTULO 21..... 218

AJUSTE DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS A PARTIR DO DIÂMETRO DO TOCO E DAP PARA A ESPÉCIE DE CEDRO AMAZONENSE (*Cedrelinga catenaeformis*)

Carla Alessandra dos Santos
Murielli Garcia Caetano
Pedro Paulo Gomes de Oliveira
Vinícius Augusto Morais
Jociane Rosseto de Oliveira Silva
Ivan Cleiton de Oliveira Silva

DOI 10.22533/at.ed.56620051021

CAPÍTULO 22.....	225
ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PROCESSO CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCO CERÂMICO	
Anderson Pereira Cardoso	
Mágna Lima da Cruz	
Weverton Gabriel do Nascimento Mendonça	
Ana Paula de Santana Bomfim	
DOI 10.22533/at.ed.56620051022	
CAPÍTULO 23.....	234
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA: EMPRESA BAJA ESPINHAÇO	
Rafaela Ribeiro Reis	
Juliani Ramos Belício	
Marcelino Serretti Leonel	
Antonio Genilton Sant´Anna	
DOI 10.22533/at.ed.56620051023	
CAPÍTULO 24.....	248
GUIDEAPP: FERRAMENTA DE AUXÍLIO À MOBILIDADE DE DEFICIENTES VISUAIS	
Brenno Duarte de Lima	
Hugo Silva Nascimento	
Jacó Alves Graça	
Jonathan Costa Matos	
Natan Silva Ferreira	
Joab Bezerra de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.56620051024	
CAPÍTULO 25.....	257
O TRANSPORTE COLETIVO E A OPÇÃO SOB DEMANDA: O ESTUDO DE CASO DE GOIÂNIA	
Mauro Cesar Loyola Branco	
Giovani Manso Ávila	
DOI 10.22533/at.ed.56620051025	
CAPÍTULO 26.....	269
UMA INVESTIGAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE DISPOSITIVOS DA ENGENHARIA DE TRÁFEGO NO SISTEMA VIÁRIO: INTERVENÇÃO NA RUA PADRE AGOSTINHO	
Marcia de Andrade Pereira Bernardinis	
Luziane Machado Pavelski	
Bruna Marcelli Claudino Buher Kureke	
Alana Tamara Gonçalves Molinari	
DOI 10.22533/at.ed.56620051026	
CAPÍTULO 27.....	276
A PARTICIPAÇÃO DA MULHER NOS CURSOS DE ENGENHARIA DA UFERSA:	

UM ESTUDO DE CASO NO CAMPUS MOSSORÓ

Camila Gabrielly Fernandes de Souza

Maria Aridenise Macena Fontenelle

DOI 10.22533/at.ed.56620051027

CAPÍTULO 28..... 292

INVESTIGATION OF THE MILLING EFFICIENCY OF THE X22CrMoV12-1 STEEL WITH VC AFTER 80 AND 100 HOURS

Roberta Alves Gomes Matos

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

DOI 10.22533/at.ed.56620051028

SOBRE OS ORGANIZADORES 298

ÍNDICE REMISSIVO..... 299

DIMENSIONAMENTO DE BIODIGESTOR ANAERÓBIO PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE RESÍDUOS ALIMENTÍCIOS

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 05/07/2020

Tatiane Akemi Ramalho Yamashita

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Guaratinguetá – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/2258479026512900>

Isabel Cristina de Barros Trannin

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Guaratinguetá – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/3320433498067620>

Teófilo Miguel de Souza

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Guaratinguetá – São Paulo
<http://lattes.cnpq.br/0329227262346932>

RESUMO: No Brasil, o grande percentual de matéria orgânica contido nos resíduos sólidos urbanos é desperdiçado pela disposição inadequada em aterros e lixões. Para que ocorram avanços na gestão de resíduos serão necessárias mudanças conceituais e adoção de medidas de aproveitamento, que minimizem seus impactos ao ambiente e à saúde pública. Este estudo teve como objetivo dimensionar um biodigestor anaeróbico, baseado no modelo chinês, visando a metanização da matéria orgânica dos resíduos alimentícios provenientes da cantina da Faculdade de Engenharia da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, para o aproveitamento do biogás

pelo próprio estabelecimento. O biodigestor foi construído com materiais disponíveis no mercado, de baixo custo e de fácil execução e manutenção. Com a quantificação e a pesagem dos resíduos, verificou-se uma perda de cerca de 21% dos alimentos servidos no sistema de *self service* e prato feito, desconsiderando as perdas geradas na cozinha da cantina. A orientação dos funcionários para a segregação dos resíduos foi necessária para permitir o tratamento adequado da fração orgânica. Os resíduos alimentícios apresentaram grande potencial de produção de biogás, principalmente quando foram triturados previamente, mas foi identificada a necessidade da aplicação de co-digestão para melhorar a eficiência do processo. A biodigestão também produz o digestato que, após estabilizado, pode ser utilizado como biofertilizante e deve ser analisado quanto às aplicações e necessidade de pós tratamento. Também devem ser analisados os custos de construção e operação do biodigestor, considerando que o dimensionamento é realizado em função dos diferentes tipos de substratos e suas particularidades. A técnica da biodigestão contribui para a redução do volume de matéria orgânica enviada aos aterros e para a gestão adequada e descentralizada dos resíduos sólidos urbanos, além de permitir o uso do digestato como biofertilizante e do biogás como alternativa aos combustíveis fósseis.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento. Gestão de Resíduos. Biomassa. Energia Renovável. Sustentabilidade.

DIMENSIONING OF ANAEROBIC BIODIGESTER FOR BIOGAS PRODUCTION FROM FOOD WASTE

ABSTRACT: In Brazil, the large percentage of organic matter contained in urban solid waste is improperly disposed in landfills and dumps. For advances in waste management to occur, conceptual changes and the adoption of recovery measures will be necessary to minimize their impacts on the environment and public health. This study aimed to dimension an anaerobic biodigester, based on the Chinese model for the organic matter methanization from food waste generated in the canteen of the Faculty of Engineering – UNESP, Guaratinguetá campus, for the biogas use by the establishment itself. The biodigester was built with low-cost materials, available on the market, easy to perform and maintain. With the quantification and weighing of the residues, the loss of about 21% of the food served in the self-service and done dishes system was identified, disregarding the losses generated in the canteen kitchen. The employees orientation for segregation of the residues was necessary to allow the proper treatment of the organic fraction. Food waste showed great potential for biogas production, especially when previously crushed, but the need for the application of co-digestion to improve the process efficiency was identified. Biodigestion also produces the digestate which, once stabilized, can be used as a biofertilizer, but must be analyzed for applications and the need for post-treatment. The costs of the biodigester implementation and operation must also be analyzed, considering that the dimensioning is performed according to the different types of substrates and their particularities. The biodigestion technique contributes to reducing the volume of organic matter sent to landfills and to the proper and decentralized management of urban solid waste, in addition to allowing the use of digestate as biofertilizer and biogas as alternative to fossil fuels.

KEYWORDS: Sanitation. Waste Management. Biomass. Renewable Energy. Sustainability.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, o panorama dos resíduos sólidos em 2017 relatou que os resíduos orgânicos corresponderam a 51% dos resíduos sólidos urbanos coletados e totalizaram 36,5 milhões de toneladas (ABRELPE, 2018).

Embora os resíduos orgânicos sejam biodegradáveis e promovam a ciclagem de nutrientes no solo, quando dispostos de maneira inadequada, podem representar riscos ambientais e à saúde pública, devido à geração de chorume, que pode contaminar águas e solo, à emissão de gases tóxicos e agravantes do efeito estufa, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças.

A biodigestão anaeróbia é uma alternativa de tratamento de resíduos sólidos e líquidos, que permite a reciclagem e recuperação da fração orgânica, produzindo o digestato e o biogás, constituído em sua maior parte por metano (CH_4) e outros gases em menores proporções (SILVA, 2014). A presença do CH_4 confere ao biogás

elevado poder calorífero, permitindo seu aproveitamento como fonte de energia.

Este estudo desenvolveu um sistema de biodigestão anaeróbio, fundamentado no modelo chinês, para a produção de biogás a partir de resíduos alimentares provenientes da cantina da Faculdade de Engenharia da UNESP, *campus* de Guaratinguetá, visando o aproveitamento desta fonte de energia pelo próprio empreendimento.

Em lugar da construção em alvenaria foram utilizados materiais disponíveis no mercado a baixos custos, com facilidade de execução e manutenção, para que o modelo de biodigestor possa ser replicado em residências e outros empreendimentos de pequeno porte, incentivando o aproveitamento energético e o tratamento de resíduos orgânicos alimentícios.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A geração de resíduos é algo inerente a qualquer atividade e está diretamente relacionada à urbanização, ao desenvolvimento econômico e ao crescimento populacional. De acordo com Kaza *et al.* (2018), em 2016 foram produzidos cerca de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos no mundo, dos quais 44% corresponderam à fração orgânica e 33% a materiais recicláveis secos, como plástico, papel e papelão, metal e vidro.

No Brasil, estima-se que geração per capita média de resíduos sólidos seja de 0,95 kg habitante⁻¹ dia⁻¹, com um total de 74,8 milhões de toneladas ao ano (BRASIL, 2019). Deste montante, cerca de 51% correspondem a materiais orgânicos e 32% a materiais recicláveis secos que, somados, totalizam 83% de resíduos com potencial de tratamento (IPEA, 2012).

O tratamento da matéria orgânica contida em resíduos pode ser feito por meio de processos como compostagem, incineração e digestão anaeróbia, sendo esta última, uma alternativa mais atraente e sustentável devido ao aproveitamento energético do biogás (MERSONI; REICHERT, 2017).

Os biodigestores são instalações que permitem a decomposição da matéria orgânica em meio anaeróbio, de forma controlada, em condições favoráveis e otimizadas, visando o aproveitamento dos produtos gerados pelo processo (SILVA, 2014). O processo de bioestabilização dos resíduos sólidos ocorre em estágios sucessivos, iniciando com o consumo do oxigênio presente no sistema até o estabelecimento do meio anaeróbio, em que ocorrem hidrólise, acidogênese e metanogênese, responsáveis pela transformação de compostos complexos em simples (PROSAB, 2003). Na metanogênese, o CH₄ é produzido pela redução do ácido acético em metano e dióxido de carbono ou pela redução do dióxido de carbono em metano e água (SOUZA; PERES, 2019).

Existem diversos modelos de biodigestores, a Figura 1 ilustra o modelo chinês, no qual a biomassa é conduzida até a câmara de fermentação cilíndrica, de teto abobadado e impermeabilizado, construído em alvenaria, operando com base no princípio de prensa hidráulica, de modo que o aumento da pressão interna, resultante da degradação da matéria orgânica, provoca o deslocamento do efluente para a caixa de descarga (DEGANUTTI *et al.*, 2002).

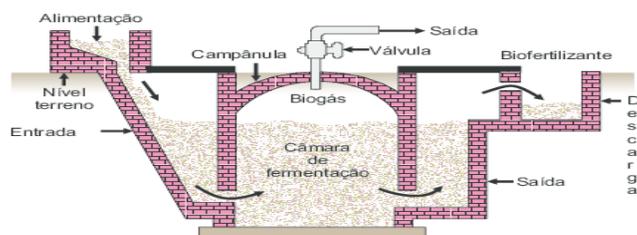


Figura 1 – Componentes e esquema de funcionamento do biodigestor no modelo chinês.

Fonte: Cassini *et al.* (2014).

Em termos gerais, o biogás é composto majoritariamente por CH_4 e, em menores proporções, de dióxido de carbono (CO_2), hidrogênio (H_2), sulfeto de hidrogênio (H_2S), amônia (NH_3), entre outros gases e água (SILVA, 2014). Por ser pouco solúvel, o CH_4 fica em estado gasoso, conferindo elevado poder calorífico ao biogás, em função das ligações químicas entre os átomos de hidrogênio e carbono (GARCILASSO *et al.*, 2010). A Tabela 1 apresenta a equivalência do biogás com outros combustíveis.

Elemento	Equivalente a 1 m ³ de biogás
Gasolina	0,321 – 0,613 L
Óleo diesel	0,358 – 0,533 L
Gás de cozinha (GLP)	0,454 L
Lenha	1,450 – 1,536 kg
Eletricidade	1,428 kW

Tabela 1 – Equivalência do biogás com outros combustíveis.

Fonte: Adaptado de Gaspar (2003).

Dependendo da aplicação, o biogás precisa passar por filtragem e refino, para eliminar as impurezas e remover substâncias que reduzem seu poder calorífico e conferem características corrosivas, podendo desgastar e danificar equipamentos, tubulações e peças metálicas (RORATTO *et al.*, 2014). Para a remoção de H₂S, umidade, siloxanos e CO₂, recomenda-se o uso de filtro de carvão ativado, que adsorve compostos de forças moleculares fracas, sendo amplamente adotado no tratamento do biogás (SOUZA; PERES, 2019).

Quanto ao digestato, a necessidade de pós-tratamento e a viabilidade de seu uso como biofertilizante após estabilização, têm sido estudadas. No Brasil, a produção, a comercialização e a utilização de biofertilizantes devem seguir as regulamentações do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

3 | MATERIAL E MÉTODOS

Os resíduos alimentícios estudados foram gerados pela cantina da Faculdade de Engenharia da UNESP, *campus* de Guaratinguetá (FEG/UNESP) e, segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), são classificados como resíduos Classe II A – não perigosos e não inertes, com possibilidade de tratamento. Este estabelecimento funciona de segunda à sexta das 7h às 22h e aos sábados das 7h às 13h, servindo itens de café da manhã, almoço, lanches e jantar.

Inicialmente estes resíduos foram segregados pelos funcionários da cantina e acondicionados em um balde com tampa para impedir possíveis contaminações. Para o dimensionamento do sistema, foi realizada a pesagem dos resíduos em balança digital, durante o período de maior consumo, referente às avaliações semestrais dos alunos da faculdade e do colégio técnico, somando-se ao consumo de docentes e funcionários.

A metodologia de tratamento adotada foi a biodigestão anaeróbia, com a montagem de um sistema baseado no modelo chinês, onde os gases produzidos pelos processos bioquímicos ficam retidos na câmara de fermentação, com gasômetro fixo. A Figura 2 apresenta um esquema, contendo os componentes do biodigestor, identificados numericamente e descritos a seguir.

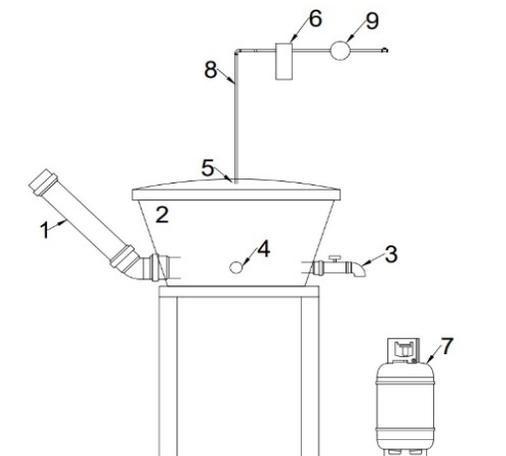


Figura 2 – Representação esquemática dos componentes do biodigestor, fundamentado no modelo chinês.

A alimentação do sistema é feita por uma tubulação de PVC de 100 mm (1), que conduz o resíduo até a caixa d'água de PVC de 150 L (2), onde ocorre a degradação anaeróbia. Foram instaladas saídas para a fase sólida e líquida do digestato, controlada por um registro esfera de 50 mm (4) e uma torneira esfera 3/4 (3), ambos em PVC. A saída do biogás (5), regulada por válvulas e registros em cobre (8), conduz os gases ao tratamento por um filtro de carvão ativado (6), podendo ser armazenado em botijão (7) por meio de um compressor. Para verificar a pressão de saída do gás, foi instalado um manômetro (9).

A caixa d'água substituiu a câmara de biodigestão, normalmente construída em alvenaria. Para garantir a vedação do sistema e gerar condições anaeróbias, foi aplicado em toda a borda superior da caixa d'água um adesivo selante de poliuretano, "PU para-brisas", utilizado no setor automotivo para fixação de vidros em para-brisas (Figura 3). Após a secagem este selante se converte em uma borracha semi flexível que, além de vedar, permitiria a abertura da tampa do biodigestor para eventuais limpezas e manutenções. Na conexão do tubo de alimentação do biodigestor foi aplicado, interna e externamente, silicone acético de uso geral, com propriedades antifungo e antimfo (Figura 3).

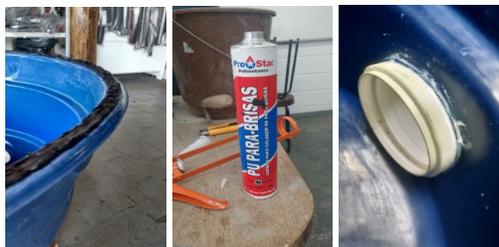


Figura 3 – Borda da caixa d'água contendo adesivo selante (esquerda e centro) e silicone acético na conexão do tubo de alimentação do biodigestor (direita).

Para a coleta da fase sólida do digestato foi conectado à caixa d'água, um registro esfera de PVC 50 mm, por meio de uma flange de PVC 50 mm. Para a coleta da fase líquida foi conectada à caixa d'água, uma torneira PVC 3/4, com a saída protegida por um filtro de *nylon* (Figura 4).



Figura 4 – Saídas para digestato (esquerda) e filtro de nylon na saída da fase líquida (direita).

Para analisar a composição do biogás, foi adaptada uma saída no sistema de coleta de gás (Figura 5), que em sistema comercial, não seria necessária, e o biogás seria conduzido ao filtro de carvão ativado para retirada de impurezas.



Figura 5 – Conexão do sistema de coleta do biogás à caixa d'água (esquerda) e saída adaptada para a coleta de gases antes de passar pelo filtro de carvão ativado (direita).

Os resíduos alimentícios foram introduzidos no biodigestor continuamente e, a princípio, colocados inteiros, causando obstruções durante a passagem do material pela curva do sistema de alimentação devido, principalmente, à presença de cascas de laranja. A alimentação sem pré-tratamento foi avaliada, considerando que para que os empreendimentos adotem essa prática, a operação deve ser facilitada. No entanto, para aumentar a eficiência da biodigestão e da alimentação do sistema, os resíduos foram previamente triturados, sendo utilizado um equipamento fabricado pela Trapp, no modelo TR 200, que é indicado para a trituração de galhos e podas em geral. O tamanho das partículas pode influenciar significativamente a biodigestão de resíduos alimentícios, sendo indicado algum tipo de pré-tratamento para acelerar a hidrólise, considerada a etapa limitante do processo (ZHANG *et al.*, 2019).

No início do experimento, além das pesagens, para quantificar os resíduos alimentícios adicionados no biodigestor, foi monitorada a variação do pH do efluente, por ser um parâmetro indicativo do desenvolvimento de determinados microrganismos (ROCHA, 2016). As amostras foram analisadas em um pHmetro da marca Digimed, modelo DM 20, disponível no laboratório de Química do *campus*.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de biodigestão adotado neste estudo foi fundamentado no modelo chinês, por ser mundialmente conhecido, amplamente utilizado em pequenas propriedades e por ocupar pouco espaço (Figura 6).



Figura 6 – Biodigestor construído com caixa d'água de 150 L e materiais disponíveis no mercado.

Os materiais utilizados no biodigestor foram adquiridos em lojas de materiais de construção da cidade de Guaratinguetá (SP), totalizando um custo de R\$716,80. Deste valor R\$495,16 foram aplicados no sistema de alimentação, câmara de

biodigestão e saídas do digestato e R\$221,64 em componentes do sistema de captação e tratamento do biogás.

Estes materiais também podem ser obtidos em depósitos de materiais, excedentes de obra, ferro velho, entre outros meios acessíveis à população, permitindo a redução de custos do sistema. Neste sentido, foi feita uma adaptação na conexão do tubo de alimentação à caixa d'água, com a substituição da flange de 100 mm (R\$260,00), por luvas de 100 mm (R\$10,00) cortadas, o que gerou uma economia de R\$250,00 (Figura 7).



Figura 7 – Luvas de PVC de 100 mm cortadas para conexão do tubo de alimentação à caixa d'água (esquerda) e detalhe da vedação com silicone (direita).

Os principais resíduos alimentícios coletados na cantina para abastecer o biodigestor, foram as sobras das refeições servidas e, em maior proporção, cascas de laranja utilizadas no preparo de suco. Em algumas coletas foi observada entre os resíduos alimentícios, a presença de materiais plásticos e guardanapos de papel, que foram retirados e descartados. Neste aspecto, é preciso destacar que, inicialmente, houve certa resistência dos funcionários da cantina quanto à segregação dos resíduos, por impor uma mudança de hábito no ambiente de trabalho, considerando que os resíduos alimentícios sempre foram coletados e descartados junto com diferentes resíduos sólidos. De fato, o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2010), reconhece que a implantação da coleta seletiva implica em uma profunda transformação na forma de compreender e gerenciar os resíduos, sendo necessária uma mobilização social e educação ambiental, para a sua implementação e operacionalização.

A proprietária da cantina informou que registrava, normalmente, cerca de 60 kg de refeições servidas diariamente, sendo em média 45 kg em sistema de *self service* e 15kg em prato feito, além de sanduíches, salgados, entre outros itens oferecidos. Na coleta e pesagem realizadas no período de maior consumo da cantina, referente à última semana de junho e primeira semana de julho de 2019, obteve-se uma média diária de 9,148 kg de resíduos alimentícios. Com base nesta quantidade de resíduos, optou-se por utilizar uma caixa d'água de PVC de 150 L, como câmara de biodigestão.

A alimentação do sistema foi iniciada conforme sua capacidade, dando

continuidade ao processo de segregação na fonte, coleta e pesagem, visando o controle da quantidade de material inserido e da relação de biogás gerado pelo sistema, sendo a massa total de resíduos alimentícios introduzida no biodigestor de 39,877 kg.

A partir da segunda semana de alimentação do sistema, notou-se a geração de líquidos que se condensaram e acumularam na tampa da caixa d'água, indicando que a vedação adotada não foi suficiente para gerar ambiente anaeróbio. Neste caso, é importante ressaltar que o sistema deve garantir a impermeabilidade ao ar, pois na presença de oxigênio a degradação produz CO_2 e dificulta o desenvolvimento dos microrganismos metanogênicos (PROSAB, 2003). Além disso, pode atrair e favorecer o desenvolvimento de insetos e larvas.

Embora o sistema tenha apresentado troca de gases com o ambiente externo, o pH do efluente permaneceu em torno de 4,0 por oito semanas, até o biodigestor ser desativado, valor coerente com o relatado pela literatura para lixiviados gerados pela biodigestão de resíduos orgânicos (PROSAB, 2003).

Na desativação do biodigestor, observou-se que os resíduos degradados permaneceram na superfície da câmara, apresentando um aspecto mais viscoso, enquanto os materiais que se acumularam no fundo, por diferença de densidade, apresentavam partículas não degradadas de alimento, indicando diferentes níveis de biodegradabilidade (Figura 8).



Figura 8 – Aspecto dos resíduos alimentícios após oito semanas no biodigestor.

O uso dos resíduos alimentícios como substrato para biodigestão tem se mostrado viável, apresentando valores de produção específica de metano, superiores aos da maioria dos resíduos orgânicos (Tabela 2). No entanto, a biodegradação destes resíduos é complexa, considerando que carboidratos, proteínas e lipídios são digeridos simultaneamente (ZHANG *et al.*, 2014).

Resíduos	Potencial Metanogênico (m ³ CH ₄ .kgSV ⁻¹)
Frutas	0,180 - 0,732
Vegetais	0,190 - 0,400
Alimentícios	0,410 - 0,525
Esterco de suíno	0,323 - 0,568
Esterco de bovino leiteiro	0,204
Esterco de frango	0,259

Tabela 2 – Potencial metanogênico de diferentes resíduos orgânicos.

Fonte: Dados compilados da literatura.

Estudos recentes relatam que a co-digestão é uma estratégia promissora para a melhoria do desempenho da biodigestão, por aumentar a capacidade tampão, promover o equilíbrio de nutrientes e elevar os rendimentos de biogás/metano. A co-digestão consiste do uso de outras matrizes no substrato, visando reduzir o tempo de retenção dos resíduos e aumentar a eficiência do sistema (CHAN *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2019). Além disso, uma estratégia eficaz para aumentar a eficiência da metanização de resíduos alimentares é o uso de inoculantes e a suplementação com micronutrientes (CHAN *et al.*, 2019).

Para que a caixa d'água possa ser utilizada como câmara de biodigestão de forma bem-sucedida, recomenda-se a fixação da tampa com a caixa, sem a opção de ser destampada periodicamente para limpeza, assegurando assim, a completa vedação. Além disso, aconselha-se o aterramento do sistema, para garantir que não haja variações bruscas de temperatura, fator que interfere no desenvolvimento e na atividade microbiana, afetando diretamente a produção de CH₄. Neste caso, a retirada do digestato e as eventuais manutenções deverão ser realizadas pelos sistemas de entrada e saída acoplados à caixa d'água.

Em alternativa à caixa d'água, utilizada como câmara de biodigestão, também podem ser empregadas bombonas, que permitem condicionar o substrato em meio anaeróbio, sem a necessidade de vedação complementar. Para avaliar essa opção de câmara de biodigestão, foi implementado um sistema experimental em menor escala com uma bombona de PEAD de 50 L (Figura 9).



Figura 9 – Triturador de resíduos orgânicos (esquerda) e bombona utilizada como câmara de biodigestão (direita).

No período de execução deste experimento (novembro de 2019) verificou-se a disponibilidade de bombonas de 200 L pelo valor de R\$90,00 em depósitos de materiais de Guaratinguetá (SP), possibilitando a implementação de um sistema biodigestor, com volume superior ao da caixa d'água e com custo total de R\$600,00. Esse valor foi inferior ao do biodigestor dimensionado no presente estudo e à média dos biodigestores comercializados para uso doméstico e de pequenos geradores, com preços em torno de R\$2.500,00.

5 | CONCLUSÕES

A cantina da FEG/UNESP gerou em média 9 kg dia⁻¹ de resíduos alimentícios em semanas de alto consumo, que correspondeu a cerca de 21% dos alimentos servidos no sistema de *self service* e prato feito, desconsiderando as perdas no preparo das refeições e as sobras.

Os resíduos alimentícios apresentaram maior degradabilidade quando foram triturados previamente, indicando potencial de produção de biogás, mas para melhorar a eficiência e o tempo de retenção no processo, recomenda-se a utilização de co-substratos.

O custo de R\$716,80 do biodigestor dimensionado neste estudo foi inferior aos dos biodigestores comercializados para uso doméstico e de pequenos geradores, mas para a replicação do modelo proposto devem ser observadas as recomendações e sugestões apresentadas neste estudo, principalmente, quanto à necessidade de completa vedação do sistema.

O tratamento dos resíduos alimentícios da cantina por meio da biodigestão anaeróbia evitou a disposição em aterro sanitário, caracterizando-se como uma alternativa importante para a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq-PIBITI-ISB/2019. Aos proprietários e funcionários da cantina e demais servidores da FEG/UNESP, em especial, ao Sr. Teodoro Correa Neto, pelo espírito colaborativo.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. 15. ed. São Paulo: ABRELPE. 2018. 73p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004/2004: resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 77p.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2017**. Brasília: MDR/SNIS, 2019. 194p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Manual para implantação de compostagem e de coleta seletiva no âmbito de consórcios públicos**. Brasília: MMA, 2010. 75p.
- CASSINI, S.T. *et al.* **Biogás: biocombustíveis**. In: PERLINGEIRO, C.A.G. (org.) *Biocombustíveis no Brasil: fundamentos, aplicações e perspectivas*. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2014. p.136-167.
- CHAN, P.C. *et al.* **Improved anaerobic co-digestion of food waste and domestic wastewater by copper supplementation: microbial community change and enhanced effluent quality**. *Science of The Total Environment*, v.670, p.337-344, 2019.
- DEGANUTTI, R. *et al.* **Biodigestores rurais: modelo indiano, chinês e batelada**. *Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural*, 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n4v1/031.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2020.
- GARCILASSO V.P.; VELÁZQUEZ S.M.S.G.; COELHO S.T. **Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Proveniente de Aterro Sanitário – Estudo de Caso**. XIII Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2010.
- GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestores em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo – PR**. 2003. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf. Acesso em: 12 out. 2019.
- KAZA, S. *et al.* **What a Waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050**. World Bank Group. Washington, DC. 2018, 272p.

KIM, J.; KIM, J.; LEE, C. **Anaerobic co-digestion of food waste, human feces, and toilet paper: Methane potential and synergistic effect.** *Fuel*, v.248, p.189-195, 2019.

MERSONI, C.; REICHERT, G.A. **Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de avaliação do ciclo de vida: o caso do município de Garibaldi, RS.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v.22, n.5, p.863-875, 2017.

PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás.** CASSINI, S.T. (coord.). Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 210p.

ROCHA, C.M. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares.** 2016. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

RORATTO, L. *et al.* **Análise e construção de um biodigestor para pequenas propriedades rurais.** 2014. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Horizontina, Horizontina, 2014.

SILVA, M.C.P. **Avaliação de lodo anaeróbio e dejetos bovinos como potenciais inóculos para partida de digestores anaeróbios de resíduos alimentares.** 2014. 115f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SOUZA, A.; PERES, S. **Análise de viabilidade técnica e econômica da utilização do biogás produzido em uma estação de tratamento de esgoto do Recife como combustível para veículos leves.** *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v.4, n.2, p.1-9, 2019.

ZHANG, C.; SU, H.; BAEYENS, J.; TAN, T. **Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.38, p.383-392, 2014.

ZHANG, L. *et al.* **Three-stage anaerobic co-digestion of food waste and waste activated sludge: Identifying bacterial and methanogenic archaeal communities and their correlations with performance parameters.** *Bioresource Technology*. v.285, p. 121333, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção de água 22, 27, 29, 31, 32
Acessibilidade 193, 248, 249, 253, 254, 255, 256
Aço inoxidável AISI 304 124
Agroindústrias familiares 193, 197, 199, 201
Agronegócio 203, 205, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 215, 216, 217
AHSS 137, 138, 139, 144, 146
Alimentos 19, 42, 53, 156, 165, 168, 193, 194, 195, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 204, 206, 208
Alvenaria estrutural 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 233
Amazônia 218, 219, 224
Análise de deformação 124
Aplicativo 252, 253, 257, 262, 263, 264, 268
Ataques químicos 137, 142, 143, 144, 146

B

Bacaba 148, 149
Baja 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 242, 245, 246, 247
Barragem 23, 92, 188, 189, 190, 191, 192
Biocombustível 177, 178
Bioenergia 10, 11, 149, 168
Biomassa 10, 11, 15, 16, 19, 21, 42, 45, 69
Biotecnologia 19, 186, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 215, 216
Bloco ecológico 22, 26

C

Café 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 46, 278
Calibração 120, 122, 123
Caracterização 2, 24, 27, 28, 29, 34, 36, 37, 38, 78, 102, 104, 113, 115, 116, 123, 135, 137, 142, 143, 145, 146, 152, 153, 174, 185, 189, 227, 272, 298
Células solares 94, 96, 148, 149, 150, 151, 152, 153
Coleta seletiva 1, 2, 3, 4, 5, 6, 50, 54
Comportamento mecânico 124, 125, 126, 140
Conforto 26, 56, 59, 64, 77, 78, 257, 259, 264, 269, 274

Correlação digital de imagens 12, 124, 126, 127, 128, 132, 135

CSSC 148, 150, 151, 152, 153

D

Deficiência visual 248, 249, 250, 252, 254, 255

Diâmetro da cepa 218, 224

E

Eletrofiação 93, 94, 97, 98, 100

Energia renovável 10, 42

Engenharia 20, 21, 25, 41, 42, 44, 46, 54, 55, 80, 94, 95, 125, 146, 156, 175, 192, 224, 225, 232, 234, 235, 238, 240, 245, 246, 254, 269, 270, 271, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 298

Ensino superior 234, 235, 248, 249, 252, 254, 276, 281, 283

Enzimas ligninolíticas 166, 167, 168, 173

Estabilidade oxidativa 177, 181

Estacionamento 269, 270, 271, 272, 273, 274

Extrato natural 177

F

Fiscalização 218, 219, 223, 224, 225, 232

Fluxo de caixa 234, 236, 237, 243, 244, 246

Fonte de energia 8, 10, 11, 44, 149

Força 23, 98, 120, 121, 122, 123, 132, 278, 285, 286

Fungos 19, 156, 166, 167, 168, 169, 173, 180

G

Gestão 3, 23, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 53, 192, 202, 203, 204, 208, 217, 227, 236, 243, 279, 298

Gestão de resíduos 41, 42

I

Irrigação 188, 189, 190, 192

L

Laboratórios de informática 56, 59, 60, 61, 62, 63

Largura de faixa 269

Lipases 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 164

M

Madeira 16, 22, 66, 67, 68, 69, 70, 78, 79, 166, 167, 175, 224

Manifestações patológicas 225, 227, 228, 232

Método das diferenças finitas 80, 92

Método dos elementos finitos 80

Microestrutura 124, 126, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146

Mineração 22, 23, 24, 25, 32, 33

Miniônibus 257, 262, 263, 264

Mitigação ambiental 8

Mobilidade 102, 108, 110, 116, 117, 235, 248, 249, 253, 254, 257, 262, 264, 265, 267, 268, 270, 271, 274, 275

Mulheres 276, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291

O

Óleo de baru 155, 165

Óxidos metálicos 102, 103, 104, 113, 117

P

Paratransit 257

Patauá 148

Patentes 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

Placas cimentícias 66

Planejamento experimental 155, 158, 159, 160, 166, 169, 170, 171, 172

Plano de negócio 235, 236, 242, 243, 245, 247

Processamento 8, 9, 10, 13, 14, 20, 21, 25, 67, 68, 93, 97, 98, 102, 103, 104, 111, 117, 126, 127, 130, 140, 156, 195, 197, 206, 240, 292

Produção de Taninos 8

R

Rastreabilidade 120, 123

Resíduo 14, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 40, 47, 151, 152, 157, 177, 179, 180, 181, 183, 184, 185

Resistência à compressão 22, 27, 29, 31

Ruído 56, 57, 58, 59, 64, 65

S

Salas de aula 3, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 288

Saneamento 41, 42, 54, 55, 278
Segurança alimentar 193, 197, 202, 203, 205, 209, 215
Semicondutores 95, 102, 104, 150
Sensores 94, 95, 98, 103
Shopping Center 34, 35, 36, 41
Sistema de medição 120, 121, 122, 123
Smart materials 93, 94, 96, 100
Soldagem MIG 124
Sustentabilidade 1, 2, 9, 11, 42, 66, 153, 216, 237, 265, 267, 271

T

Tecnologias 10, 16, 18, 64, 66, 205, 211, 214, 215, 216, 248, 255, 264, 278, 279
Temperatura 13, 18, 25, 52, 67, 69, 70, 71, 74, 75, 77, 80, 94, 95, 97, 102, 111, 112, 114, 115, 117, 128, 140, 141, 158, 159, 166, 168, 173, 174, 177, 178, 180, 220, 228, 232, 240
Tensões térmicas 80, 128
Termomecânicos 80, 92
Transistores 102, 104, 105, 108, 111, 116, 117
Transporte coletivo sob demanda 257, 258, 259, 262, 264, 266
Tratamento de efluente 166

V

Vegetação 188, 189, 190, 221
Veículos off-road 235, 236, 237, 238
Velocidade 69, 130, 166, 173, 240, 269, 270, 273, 274
Viabilidade econômica 234, 236, 245, 246

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Resultados das Pesquisas e Inovações na Área das Engenharias 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 