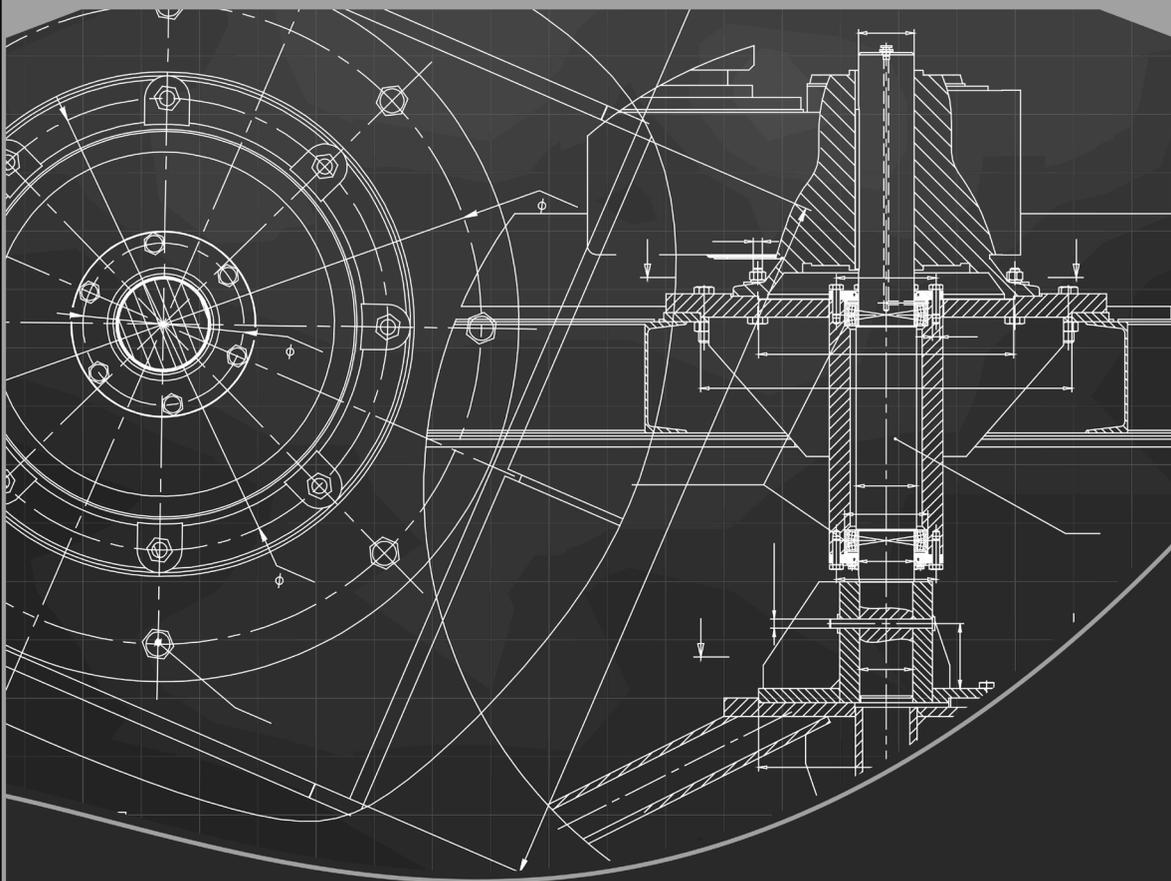


Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas
e motores no cotidiano do homem

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

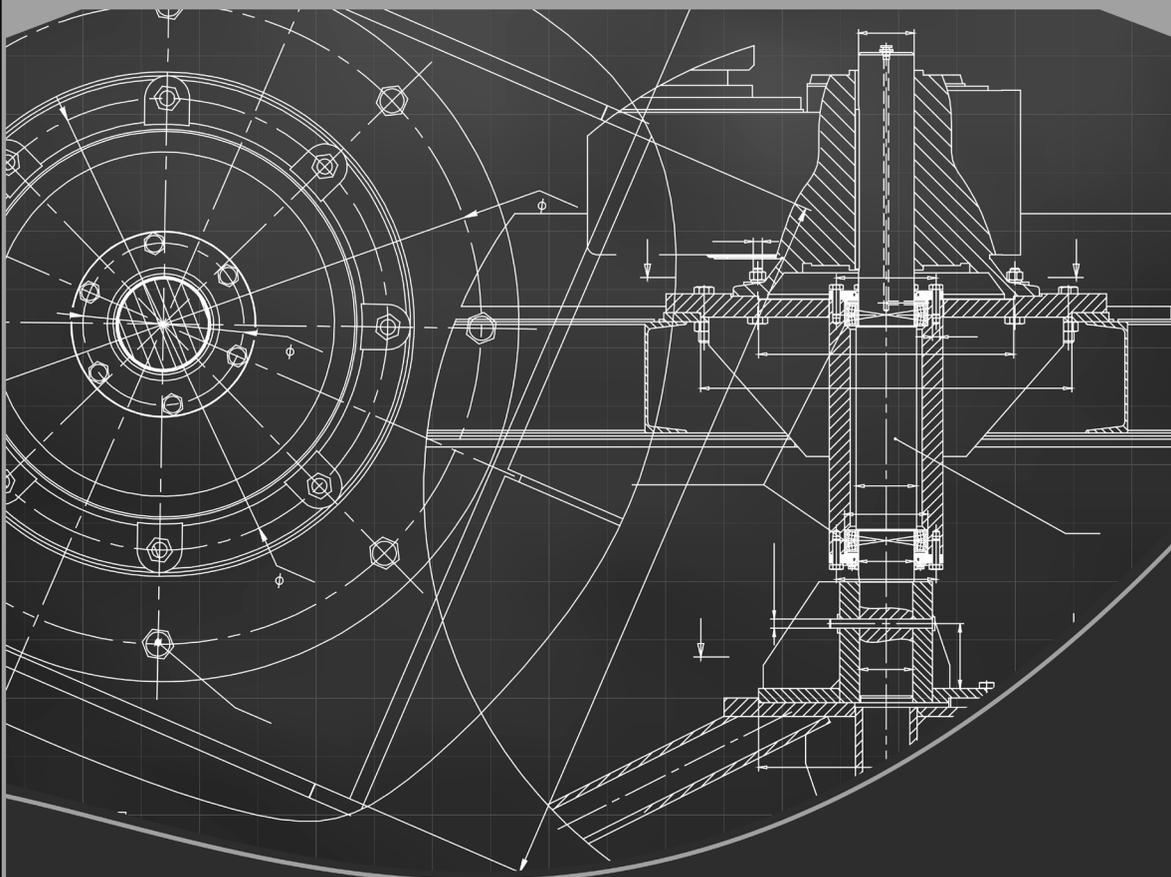
Ano 2021

Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas
e motores no cotidiano do homem

2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

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.



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

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
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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
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 Federacl 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
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 Miraniide 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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
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 Albornoz – 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/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 2

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia mecânica: a influência de máquinas, ferramentas e motores no cotidiano do homem 2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-117-3

DOI 10.22533/at.ed.173211806

1. Engenharia mecânica. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 621

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.

APRESENTAÇÃO

A Engenharia Mecânica pode ser definida como o ramo da engenharia que aplica os princípios de física e ciência dos materiais para a concepção, análise, fabricação e manutenção de sistemas mecânicos. O aumento no interesse por essa área 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.

Nos dias atuais a busca pela redução de custos, aliado a qualidade final dos produtos é um marco na sobrevivência das empresas, reduzindo o tempo de execução e a utilização de materiais.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de mecânica e materiais, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas técnicas e econômicas.

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. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA DE UTILIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA COM RESINA SINTÉTICA EM COMPÓSITOS

Rúi Carlos de Sousa Mota

José Ubiragi de Lima Mendes

DOI 10.22533/at.ed.1732118061

CAPÍTULO 2..... 18

CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE PIAÇAVA (*ATTALEA FUNIFERA*) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES

Alexandre Silva de Moraes

Vitor da Silva Lacerda

Alberto Matheus Freitas Oliveira

Ana Claudia Rangel da Conceição

Carlos Alberto França Junior

Victor Antunes Silva Barbosa

Mirtânia Antunes Leão

DOI 10.22533/at.ed.1732118062

CAPÍTULO 3..... 34

STRUCTURAL OPTIMIZATION OF A NOSE LANDING GEAR FOR CESSNA 172 AIRPLANE

Raphael Basilio Pires Nonato

Alexander Dias Lopes

DOI 10.22533/at.ed.1732118063

CAPÍTULO 4..... 49

AVALIAÇÃO DO GRAU DE SENSITIZAÇÃO E O APARECIMENTO DE FASES INTERMETÁLICAS EM TRECHO DE TUBULAÇÃO DE FORNO DE COQUEAMENTO RETARDADO

Thiago Batista David

Erike Wilker Arruda Figueredo

Fillipe Stephany de Souza Virgolino

Luiz Adeildo da Silva Junior

Moisés Euclides da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.1732118064

CAPÍTULO 5..... 60

FABRICAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7013 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ

Enéas Carlos de Oliveira Silva

Eduardo José Silva

Thiago Batista David

Moisés Euclides da Silva Junior

Oscar Olimpio de Araujo Filho

DOI 10.22533/at.ed.1732118065

CAPÍTULO 6..... 78

FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA7009 ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ

Enéas Carlos de Oliveira Silva
Eduardo José Silva
Thiago Batista David
Moisés Euclides da Silva Junior
Oscar Olimpio de Araujo Filho

DOI 10.22533/at.ed.1732118066

CAPÍTULO 7..... 96

FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA LIGA DE ALUMÍNIO AA8011 ATRAVÉS DAS TÉCNICAS DE METALURGIA DO PÓ

Sandra Torres Zarzar
Diogo Monteiro do Nascimento
José Endreo Baracho da Costa
Moisés Euclides da Silva Junior
Oscar Olimpio de Araujo Filho

DOI 10.22533/at.ed.1732118067

CAPÍTULO 8..... 111

METODOLOGIA PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS ASSOCIADOS À APLICAÇÃO DE SOLDAGEM EM TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

Wagner Gutemberg Cavalcanti da Silva
Felipe Leandro dos Santos
Helen Rodrigues Araújo
Marcio Rolemberg Freire
Moisés Euclides da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.1732118068

CAPÍTULO 9..... 126

APLICAÇÃO DE MQL NO TORNEAMENTO DO AÇO SAE 4340 COM INSERTO DE METAL DURO TEXTURIZADO A LASER E REVESTIDO DE TiAIN

Rhander Viana
Milton Sérgio Fernandes de Lima
Paulo Vinícius da Silva Resende

DOI 10.22533/at.ed.1732118069

CAPÍTULO 10..... 142

ESTUDO DO GRADIENTE DE TEMPERATURA DURANTE O FRESAMENTO DO AÇO AISI 4340 UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Nicollas Vivaldini
Rodrigo Henriques Lopes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.17321180610

CAPÍTULO 11 150

IDENTIFICAÇÃO DO MOMENTO IDEAL DE TROCA DE FERRAMENTAS DE CORTE ATRAVÉS DO MONITORAMENTO DO DESGASTE POR SINAL DE VIBRAÇÃO E

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Lucas Costa Brito

Márcio Bacci da Silva

Marcus Antonio Viana Duarte

DOI 10.22533/at.ed.17321180611

CAPÍTULO 12..... 165

METROLOGIA PARA ENGENHARIAS: CONSTRUÇÃO DE UM PROJETO METROLÓGICO PARA APLICAÇÃO DE CONCEITOS

Lisiane Trevisan

Daniel Antonio Kapper Fabricio

DOI 10.22533/at.ed.17321180612

CAPÍTULO 13..... 175

POTENCIAL ECONÔMICO E ENERGÉTICO DO APROVEITAMENTO DO CALOR REJEITADO POR CONDICIONADORES DE AR

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Felipe Perissé Duarte Lopes

Carlos Maurício Fontes Vieira

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.17321180613

CAPÍTULO 14..... 184

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO REGIME DE TRABALHO DE REFRIGERADOR DE GRÃOS INTEGRADO A TUBOS CANADIANOS

Eduarda Silva Costa

Matheus Júnio Souza da Silva

Ramiro de Matos Bertolina

Thiago Ferreira Gomes

DOI 10.22533/at.ed.17321180614

CAPÍTULO 15..... 193

DIMENSIONAMENTO DE CARGA TÉRMICA DE CONDICIONARES DE AR NO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO ENTRE A NR 17 E NBR 16401

David Coverdale Rangel Velasco

José Alexandre Tostes Linhares Júnior

Márcio Paulo Bonifácio das Neves

André Luiz Vicente de Carvalho

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.17321180615

CAPÍTULO 16..... 205

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NO INTERIOR DE UM VEÍCULO AUTOMOTOR PERTENCENTE À FROTA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO NO MUNICÍPIO DE CUIABÁ-MT

Roberta Daniela de Souza

Marcelo Dias de Souza

Jonathan Willian Zangeski Novais

DOI 10.22533/at.ed.17321180616

CAPÍTULO 17..... 211

AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DE UM VEÍCULO BAJA

Arthur Barroso Costa

João Lucas Moura Ferreira

Igor Antunes Ferreira

Luiz Gustavo Monteiro Guimarães

DOI 10.22533/at.ed.17321180617

CAPÍTULO 18..... 234

UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DO USO DA AUTOMAÇÃO NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Igor Moreno Mamedes

Andrea Teresa Riccio Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.17321180618

CAPÍTULO 19..... 245

PRINCIPAIS PARÂMETROS DE DESEMPENHO EMPREGADOS PELAS EMBARCAÇÕES DE PEQUENO PORTE MOVIDAS A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO DESAFIO SOLAR BRASIL

David Coverdale Rangel Velasco

Valter Luís Fernandes de Sales

DOI 10.22533/at.ed.17321180619

CAPÍTULO 20..... 255

VIABILIDADE ECONÔMICA DA ENERGIA FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL

David Coverdale Rangel Velasco

Elivandro Tavares Lôbo

Welder Azevedo Santos

Wagner Vianna Bretas

Rodrigo Martins Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.17321180620

CAPÍTULO 21..... 268

SINTONIA DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA COM REDES NEURAIS

Tiago Luís Andrade Pereira

Anderson Daleffe

DOI 10.22533/at.ed.17321180621

CAPÍTULO 22..... 284

COMPARISON OF STRAIN AND LOAD OBTAINED VIA STRAIN GAGE BY WIRE AND WIRELESS TRANSMISSIONS

Raphael Basilio Pires Nonato

Luiz Carlos Gomes Sacramento Júnior

Leonardo Ferreira Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.17321180622

CAPÍTULO 23.....	300
SISTEMA AUTOMATIZADO DESTINADO À ALIMENTAÇÃO DE ANIMAIS DE PEQUENO PORTE	
Eliezer Silva Bonfim de Jesus	
Guilherme de Souza Carneiro Meireles	
Josedacson Barbosa de Lacerda	
Kevin Ruan dos Reis Oliveira	
Rúi Carlos de Sousa Mota	
DOI 10.22533/at.ed.17321180623	
SOBRE OS ORGANIZADORES	307
ÍNDICE REMISSIVO.....	308

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO DA BORRA DE PIAÇAVA (*ATTALEA FUNIFERA*) PARA PRODUÇÃO DE BRIQUETES

Data de aceite: 01/06/2021

Data de submissão: 26/02/2021

Alexandre Silva de Moraes

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-2420-6631>

Vitor da Silva Lacerda

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0001-8482-5680>

Alberto Matheus Freitas Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0003-3593-6231>

Ana Claudia Rangel da Conceição

Universidade Federal da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0001-9351-2491>

Carlos Alberto França Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia
Salvador – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6290668163271793>

Victor Antunes Silva Barbosa

Universidade Federal da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0001-5191-448>

Mirtânia Antunes Leão

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Bahia
Salvador – Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-4431-4816>

RESUMO: Com a demanda e custos cada vez maiores dos combustíveis fósseis, tem-se buscado fontes alternativas de energia, resultando em menores emissões de gases nocivos à saúde humana e ao meio ambiente. A biomassa é uma opção promissora. Em sua forma compactada, pode-se melhorar seu manuseio, estocagem e eficiência energética. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a borra de piaçava e avaliar as propriedades físicas e mecânicas dos briquetes produzidos com a borra da piaçava. A borra da piaçava foi caracterizada mediante análise química imediata e determinação do poder calorífico superior (PCS). Foram produzidos briquetes com três configurações granulométricas: B1 (0,841 a 0,297 mm), B2 (0,297 a 0,149 mm) e B3 (0,841 a 0,149 mm). A briquetagem foi realizada em uma prensa hidráulica, sem aquecimento e sem adição de aglutinante. Os briquetes foram avaliados por ensaios de expansão longitudinal, densidade aparente, tração por compressão diametral e friabilidade e os resultados obtidos foram discutidos de acordo com normas internacionais para briquetes. Os resultados demonstraram que as configurações B2 e B3 obtiveram estabilidade dimensional aceitável e ótimas condições para empilhamento devido ao bom desempenho mecânico. No entanto, todos

os briquetes foram classificadas como muito friáveis, sendo necessário estudos adicionais para otimizar a durabilidade dos briquetes.

PALAVRAS-CHAVE: Briquetes, piaçava, resíduo, biomassa, bioenergia.

CHARACTERIZATION OF PIASSAVA LEES (*ATTALEA FUNIFERA*) FOR BRIQUETTE PRODUCTION

ABSTRACT: With the increasing demand and costs of fossil fuels, alternative energy sources have been sought, resulting in lower emissions of gases harmful to human health and the environment. In this sense, the present work aimed to characterize the piassava lees and to evaluate the physical and mechanical properties of the briquettes produced with the piassava lees. Briquettes were produced with three granulometric configurations: B1 (0.841 to 0.297 mm), B2 (0.297 to 0.149 mm) and B3 (0.841 to 0.149 mm). The briquetting process was carried out in a hydraulic press, without heating and without binder addition. The briquettes were evaluated by tests of longitudinal expansion, apparent density, tensile by diametrical compression and friability and the results obtained were discussed according to international standards for briquettes. The results showed that configurations B2 and B3 obtained acceptable dimensional stability and excellent conditions for stacking due to good mechanical performance. However, all briquettes were classified as very friable, requiring additional studies to optimize the durability of the briquettes.

KEYWORDS: Briquettes, piassava, residue, biomass, bioenergy.

1 | INTRODUÇÃO

O setor de energia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico global, de modo que o consumo mundial energético cresce 2,3% ao ano (JAIGANESH *et al.*, 2014). Dessa maneira, buscam-se fontes alternativas de energia capazes de substituir os combustíveis fósseis, que estão associados a problemas ambientais (SRIVASTAVA *et al.*, 2014).

Os biocombustíveis são uma alternativa de fonte energética aos combustíveis fósseis pois sua utilização não contribui para o acúmulo de gases de efeito estufa, devido a fixação de carbono durante a fotossíntese de planta. Com isso, aumentou-se a demanda e volume de estudos de biomassas (VIRMOND *et al.*, 2012). Na Tabela 1, pode-se ver a análise química imediata de agro-resíduos e de outros materiais combustíveis.

Material	Tu (%)	tv (%)	TC (%)	CF (%)	PCS (MJ.kg ⁻¹)	Referência
Serragem	9,1	81,8	0,20	18,0	18,0	FELFLI <i>et al.</i> (2010)
Casca de arroz	11,4	65,9	17,0	17,1	14,0	FELFLI <i>et al.</i> (2010)
Bagagaço de cana	53,4	77,3	8,7	14,0	16,0	ALMEIDA <i>et al.</i> (2017)
Carvão Colombiano	–	36,2	5,8	55,3	31,1	GÓMEZ <i>et al.</i> (2015)
Eucalipto	54,0	83,8	0,4	16,3	18,5	PIRRAGLIA <i>et al.</i> (2011)

Tabela 1 – Teores de umidade (TU), voláteis (TV), cinzas (TC), carbono fixo (CF) e poder calorífico superior (PCS) de alguns materiais combustíveis.

As propriedades da Tabela 1 são relevantes para a conversão termoquímica das biomassas. O alto teor de umidade traz problemas de ignição e combustão, afetando as propriedades físicas dos briquetes. O teor de voláteis determina a facilidade de ignição e queima. A relação carbono fixo/voláteis é relevante para a estabilidade da chama durante a combustão (VIRMOND *et al.*, 2012). As cinzas são negativas à combustão, pois produzem escória e incrustação, que causam perda de eficiência por resistência térmica, corrosão, geração de fumos e emissões de aerossóis (GARCÍA *et al.*, 2015).

No Brasil, cerca de 330 milhões de toneladas de resíduos de biomassa são gerados anualmente, porém, não são aproveitados como fonte de energia. Os agro-resíduos possuem baixa densidade e alto teor de umidade, resultando em elevados custos de transporte, manuseio e estocagem. Entretanto, a melhoria da eficiência da combustão dos agro-resíduos pode ocorrer através da densificação da biomassa por compactação, possibilitando um fornecimento maior de energia por unidade de volume (FELFLI *et al.*, 2010; KUHE *et al.*, 2013).

Este processo é conhecido como briquetagem, onde a biomassa em pequenas partículas é concentrada por equipamentos hidráulicos ou prensas mecânicas, em briquetes. Desta forma, pode-se reduzir o consumo e a dependência do carvão e da lenha, pois os briquetes são bons substitutos desses combustíveis para fins domésticos e industriais, auxiliando na redução de desmatamentos e do acúmulo de resíduos (PANWAR *et al.*, 2011).

As fibras da piaçava são utilizadas na produção de vassouras, isolantes térmicos e escovas. A borra da piaçava é um subproduto da extração das fibras geralmente utilizado como cobertura de quiosques. Além disso, cerca de 20% das fibras sejam eliminadas durante a produção, sendo incineradas. Neste sentido, a borra de piaçava pode ser considerada como matéria-prima para briquetes, pois, a palmeira *Attalea funifera Mart.*, de onde é obtida a fibra, é uma espécie endêmica da Bahia (PAMPONET *et al.*, 2013).

A qualidade dos briquetes são afetadas pelo tamanho das partículas, umidade e pela lignina. A força de adesão entre as partículas do briquete tende a ser maior, quanto maior for o teor de lignina. A calor gerado durante a compactação eleva a temperatura do

material, devido ao atrito entre as próprias partículas e delas com a prensa, e quebra a lignina, melhorando a adesão entre as partículas (ALARU *et al.*, 2011). Na Tabela 2, nota-se que a piaçava possui elevado teor de lignina em comparação com fibras tradicionais.

Fibra	Lignina (%)	Celulose (%)	Hemicelulose (%)
Piaçava	48,4	31,6	–
Juta	13,0	61,0	20,4
Sisal	8,0	78,0	10,0
Coco	45,0	43,0	0,3

Tabela 2 – Composição química (% em peso) da piaçava e outras fibras vegetais.

Fonte: D'ALMEIDA *et al.* (2006)

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a borra de piaçava visando seu uso em briquetes e avaliar a qualidade dos briquetes produzidos com diferentes configurações granulométricas. Com isso, visa-se o desenvolvimento de um biocombustível sustentável, avaliando-se mais uma alternativa de aplicação da borra de piaçava.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O material utilizado foi a borra de piaçava (Figura 1a) O material foi doado por uma fábrica de vassouras do município de Saubara/Bahia.

2.2 Preparação e caracterização do material

2.2.1 Classificação granulométrica

Iniciou-se o processamento da biomassa com o corte da borra de piaçava (Figura 1b), para facilitar a moagem. Foi utilizado um moinho de facas tipo *Willey* (marca Marconi, modelo MA340) para a redução da granulometria, resultando no material da Figura 1c.

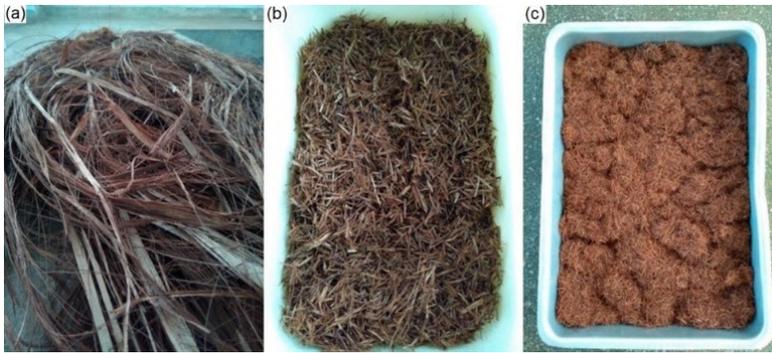


Figura 1 – Borra de piçava (a) in natura, (b) cortada (a) e moída.

A classificação das partículas foi realizada pelo método de análise por peneiras, padronizada pela norma NBR NM 248/2003 (ABNT, 2003), utilizando um agitador eletromagnético para peneiras (marca Bertel, modelo BT-001) e um conjunto de peneiras de 20, 30, 40, 50, 80 e 100 Mesh com aberturas de malha de 0,841 mm; 0,595 mm; 0,420 mm; 0,297 mm; 0,177 mm e 0,149 mm, respectivamente. O ensaio foi realizado utilizando 100 gramas do material em um tempo de vibração de 3 minutos.

2.2.2 Teor de umidade, Análise química imediata e Densidade a granel

Para a determinação dos teores de voláteis, cinzas, carbono fixo, poder calorífico superior e da densidade a granel da borra de piçava, conforme a norma E870-13 (ASTM, 2013), foi necessário corrigir o teor de umidade da biomassa para um teor entre 10 e 15%, ideal para produção de briquetes (KALIYAN E MOREY, 2008; TRIPATHI *et al.*, 1998). Para tanto, três amostras de 50 g cada foram secas a 100 °C em estufa (marca Marconi, modelo MA035/1) juntamente com a biomassa para a produção dos briquetes e pesadas a cada 2 horas até atingirem massa constante. O teor de umidade da biomassa (TU, em %) foi calculado pela Equação 1, onde MU_i é a massa da amostra antes da secagem (em g) e MU_f é a massa da amostra depois da secagem (em g).

$$TU = \frac{MU_i - MU_f}{MU_f} \times 100\% \quad (1)$$

Para a determinação do teor de voláteis, foram utilizadas três amostras de 1 grama colocadas em cadinhos de porcelana com tampa. As amostras foram levadas a um forno mufla (marca Brasimet, modelo EGH 20/30) a 900 °C durante 3 minutos com a porta aberta, e mais 7 minutos com a porta fechada. Em seguida, foram resfriadas em um dessecador e pesadas. O teor de voláteis (TV, em %) foi calculado conforme a Equação 3, onde MV_i é a massa da amostra antes da queima (em g) e MV_f é a massa da amostra após a queima (em g).

$$TV = \frac{MV_i - MV_f}{MV_f} \times 100\% \quad (3)$$

O teor de cinzas foi determinado para três amostras de 1 grama, colocadas em cadinhos sem tampa. As amostras passaram por uma pré-queima em um bico de *Bünsen* até levantar chama e colocadas no forno mufla a 600 °C por 4 horas. A seguir, o cadinho foi resfriado em um dessecador até a temperatura ambiente, depois pesados. O teor de cinzas (TC, em %) foi calculado conforme a Equação 4, onde MC_i é a massa da amostra antes da pré-queima (em g) e MC_f é a massa da amostra depois do forno mufla (em g).

$$TC = \frac{MC_i - MC_f}{MC_f} \times 100\% \quad (4)$$

O teor de carbono fixo (CF, em %) foi determinado a partir dos teores de voláteis (TV, em %) e cinzas (TC, em %), conforme a Equação 5.

$$CF = 100\% - (TV + TC) \quad (5)$$

A densidade a granel da biomassa (D_g , em $g \cdot cm^{-3}$) foi determinada em triplicata pela Equação 2, conforme a NBR 6922/81 (ABNT, 1981), onde, M_s é a massa da biomassa seca (em g) e V_r é o volume ocupado no béquer (em cm^3).

$$D_g = \frac{M_s}{V_r} \quad (2)$$

2.2.3 Determinação do poder calorífico superior

Para a determinação do PCS, foi realizado o método de calorimetria diferencial de varredura (DSC), conforme adaptação de JOHANN *et al.* (2018). Para isso, utilizou-se um calorímetro diferencial de varredura (marca Shimadzu, modelo DSC-60). A análise foi realizada com cadinho de alumínio e com nitrogênio como gás de arraste, no intervalo de 30 °C a 160 °C, sob uma taxa de aquecimento de 10 °C/min e período isotérmico de 5 minutos. Para obtenção do calor específico da borra de piaçava foi utilizado o método da amplitude, conforme a Equação 6, onde cp_A é o calor específico da biomassa (em J/kg.K), m_s é a massa do material de referência (utilizado $2,00 \cdot 10^{-6}$ kg de safira sintética), m_A é a massa da amostra (utilizado $1,99 \cdot 10^{-6}$ kg de borra de piaçava), A_A é a amplitude entre a curva da linha base do DSC e a curva da amostra (mW), A_s é a amplitude entre a curva da linha base do DSC e a curva do material de referência (mW) e cp_s é calor específico do material de referência (em J/kg.K). Para a determinação das amplitudes das amostras e da safira, A_A e A_s , respectivamente, foi utilizado o *software* OriginPro 8.0.

$$cp_A = \frac{m_S}{m_A} \times \frac{A_A}{A_S} \times cp_S \quad (6)$$

2.3 Produção e ensaio dos briquetes

Para a avaliação da qualidade da briquetagem em diferentes granulometrias, foram definidas três configurações: B1 (0,841 a 0,297 mm), B2 (0,297 a 0,149 mm) e B3 (0,841 a 0,149 mm), sendo 7 amostras para cada configuração. Para determinar a resistência do briquete, foi realizado os ensaios de tração por compressão diametral e abrasão.

2.3.1 Briquetagem

A compactação da borra de piaçava foi realizada em uma prensa hidráulica manual (marca Somar, capacidade de 15 toneladas), utilizando uma matriz de aço cilíndrica de 38 mm de diâmetro interno. Para a prensagem de cada briquete (Figura 2), foi utilizada 20 gramas da biomassa e uma carga de 12,9 toneladas (111,6 MPa) durante 30 segundos para a acomodação das partículas, sem aquecimento e adição de aglutinante, conforme HANSTED *et al.* (2016).



Figura 2 – Briquetes produzidos.

2.3.2 Ensaio de expansão longitudinal e densidade aparente do briquete

O ensaio de expansão longitudinal define o tempo mínimo de espera, após a briquetagem, para a realização dos ensaios de tração por compressão diametral e abrasão. Para isso, as amostras foram medidas com um paquímetro em seu diâmetro e altura em intervalos de 1, 2, 4, 6, 12, 24, 48 e 72 horas, conforme HANSTED *et al.* (2016), a fim de acompanhar a expansão longitudinal dos briquetes. Os briquetes foram armazenados em um dessecador para que não houvesse alteração do teor de umidade devido a fatores externos.

Após sete dias, os briquetes foram medidos e pesados para determinar a densidade aparente média (D_b , em $g.cm^{-3}$) de cada configuração, conforme a Equação 7, onde M_b é a massa do briquete (em g) e V_b é o volume do briquete após sete dias de expansão (cm^3).

$$cp_A = \frac{M_b}{V_b} \times 100\% \quad (7)$$

2.3.3 Ensaio de tração por compressão diametral

O ensaio de tração por compressão diametral simula o estresse compressivo devido ao peso dos briquetes superiores nos briquetes inferiores durante a estocagem. O ensaio foi realizado conforme adaptação da norma NBR 7222 (ABNT, 2011). O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios (EMIC DL-30000) com célula de carga de capacidade de 300 kN a uma velocidade de 3 mm/min. Com os resultados obtidos de força máxima, foi calculada a altura máxima de empilhamento para cada configuração, conforme as Equações 8 e 9 sugeridas por SILVA *et al.* (2015). A Equação 8 determina o número de briquetes empilhados verticalmente (N_{emp}), onde FM_{rup} é a força máxima de ruptura do briquete (em kgf); f_s é o fator de segurança (adotou-se 300%) e M_b é a massa do briquete (adotou-se a média de 0,020 kg).

$$N_{emp} = \frac{FM_{rup}}{f_s \times M_b} \quad (8)$$

A Equação 9 determina a altura de empilhamento dos briquetes (H_{emp} , em m), onde N_{emp} é o número de briquetes empilhados verticalmente e \emptyset é o d diâmetro do briquete (adotou-se 3,8 cm).

$$H_{emp} = \frac{N_{emp}}{100} \quad (9)$$

2.3.4 Ensaio de abrasão

A resistência à abrasão foi determinada utilizando o método de tamboramento, estimando-se o índice de friabilidade. Para o ensaio de abrasão, foram utilizados três briquetes de cada configuração (B1, B2 e B3) após sete dias de produção. Os briquetes de mesma configuração foram colocados juntos em um friabilômetro (marca Ética, modelo 300) a uma rotação de 25 rpm por 20 minutos, conforme adaptação da norma NBR 8740 (ABNT, 1985). Em seguida, separou-se com uma peneira de 20 Mesh as partículas que se desprenderam dos briquetes, calculando-se o índice de friabilidade (F, em %) pela Equação 10, onde MB_i é o somatório das massas dos briquetes antes do ensaio (em g) e MB_f é a massa dos aglomerados dos briquetes retidos na peneira (em g).

$$cp_A = \frac{MB_i - MB_f}{MB_f} \times 100\% \quad (10)$$

Os resultados de caracterização da borra de piaçava e dos ensaios mecânicos dos briquetes produzidos foram comparados com as normas internacionais ISO 17225-

6 (ISO, 2014) para briquetes de materiais não lenhosos, e EN 14961-1 (ISO, 2010) para biocombustíveis sólidos (Tabela 3).

Especificação	ISO 17225-6	EN 14961-1
Densidade (kg.m-3)	≥ 600	≥ 600
Umidade (%)	≤ 12	≤ 10
PCS (MJ.kg-1)	≥ 14,5	≥ 16,5
Cinzas (%)	≤ 6	≤ 1,0
Friabilidade (%)	≤ 2	≤ 1,0

Tabela 3 – Padrões internacionais para briquetes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Classificação granulométrica

O resultado da classificação granulométrica do material (Figura 3) mostram que 19,75% do material moído (em vermelho) não se adequou ao tamanho de partícula favorável para a produção de briquetes. Além disso, 50,68% da borra de piaçava (63,15% do material aproveitado) apresentou granulometria maior que 0,297 mm (50 Mesh), com maior concentração de partículas retidas na peneira de 50 Mesh. A menor concentração de partículas inferiores a 100 Mesh pode estar associada ao tempo de moagem.

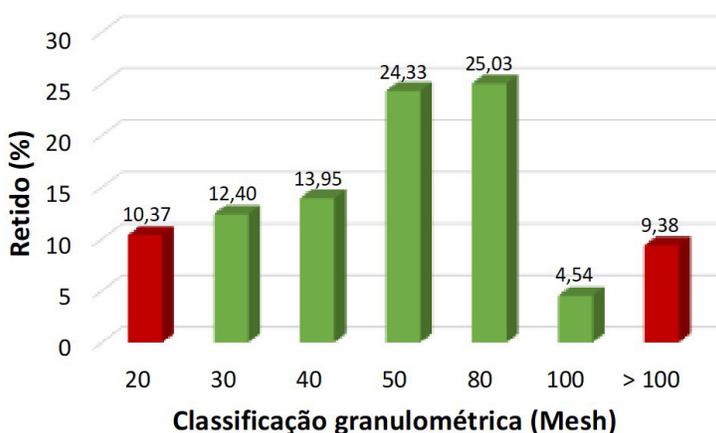


Figura 3 – Classificação granulométrica da borra de piaçava

Gonçalves *et al.* (2013) produziu briquetes com diferentes granulometrias e obteve melhor resistência à compressão para partículas de entre 0,84 e 0,15 mm. A granulometria

das partículas influencia diretamente na densidade dos briquetes, pois, quanto menor as partículas, maior a densidade do briquete, que lidará melhor com forças externas (PANWAR, *et al.*, 2011). Uma maior densificação traz maior resistência mecânica, que pode ser aumentada com o uso de diferentes tamanhos de partículas, o que aumenta a ligação entre elas (TRIPATHI *et al.*, 1998).

3.2 Teor de umidade, Análise química imediata e Poder calorífico superior

Os resultados do teor de umidade, análise química imediata e PCS da borra de piaçava são apresentados na Tabela 4. O teor de umidade (TU) atingido após a secagem foi de 10,08% e está de acordo com o padrão da ISO 17225-6, norma específica para briquetes de materiais não-lenhosos (menor que 12%).

Panwal *et al.* (2011) ao caracterizar de briquetes de serragem, observou que quando a umidade era superior a 13%, os briquetes apresentavam baixa densidade e se desintegravam com facilidade quando submetidos a pequenas forças de manuseio. Para teores menores que 4%, os briquetes perdiam qualidade, pois tendem a absorver a umidade do ar e se expandir, tornando-se frágeis. No percentual ideal, a água atua como agente aglutinante e lubrificante, devido à forças de Van der Waals geradas pela água e fibras, que aumentam a resistência e a durabilidade do briquete (KALIYAN E MOREY, 2008).

TU (%)	tV (%)	tc (%)	cf (%)	pcs (MJ.kg ⁻¹)
10,08 ± 0,78	75,75 ± 0,63	1,33 ± 0,35	22,92 ± 0,59	18,73 ± 1,00

Tabela 4 – Teores de umidade (TU), voláteis (TV), cinzas (TC) e carbono fixo (CF) em base seca, e poder calorífico superior (PCS) da borra de piaçava.

Observa-se que o teor de voláteis representou a maior fração dos constituintes da borra de piaçava, como é esperado de biomassas (DEMIRBAS, 2003). O teor de cinzas encontrado foi satisfatório, pois recomenda-se para briquetes um TC menor que 4%, a fim de evitar corrosão em equipamentos (TRIPATHI *et al.*, 1998), além de atender o padrão da ISO 17225-6 (menor que 6%). A relação CF/TV indica que a borra de piaçava tem boa estabilidade à chama durante a combustão, segundo VIRMOND *et al.* (2012). O PCS da borra de piaçava superou o de todos os resíduos lignocelulósicos listados na Tabela 1 e está de acordo com os padrões internacionais (maior que 16,5 MJ.kg⁻¹).

3.3 Densidade a granel e densidade do briquete

A densidade dos briquetes (Tabela 5) chegou a atingir 3,6 vezes a densidade a granel média de 0,198 g.cm⁻³ encontrada para a borra de piaçava, o que corresponde a um grau de densificação de 255%. ALMEIDA *et al.* (2017) ao estudar briquetes de bagaço de cana, obteve densificação de 247%. Considerando os padrões internacionais (maior que 600 kg.cm⁻³), a configuração B2 apresentou o melhor resultado de densidade, com um valor de 690 kg.m⁻³.

Configuração	B1	B2	B3
Densidade (kg.cm ⁻³)	580 ± 20	690 ± 30	630 ± 20

Tabela 5 – Densidade dos briquetes de borra de piaçava.

3.4 Ensaio de expansão longitudinal

A curva de expansão longitudinal dos briquetes em função do tempo (Figura 4) mostra que todos os briquetes expandiram rapidamente logo após a liberação da pressão e atingiram estabilidade após 72h. Além disso, nota-se que a expansão dos briquetes segue um padrão logarítmico por um período de até 2 horas após a briquetagem.

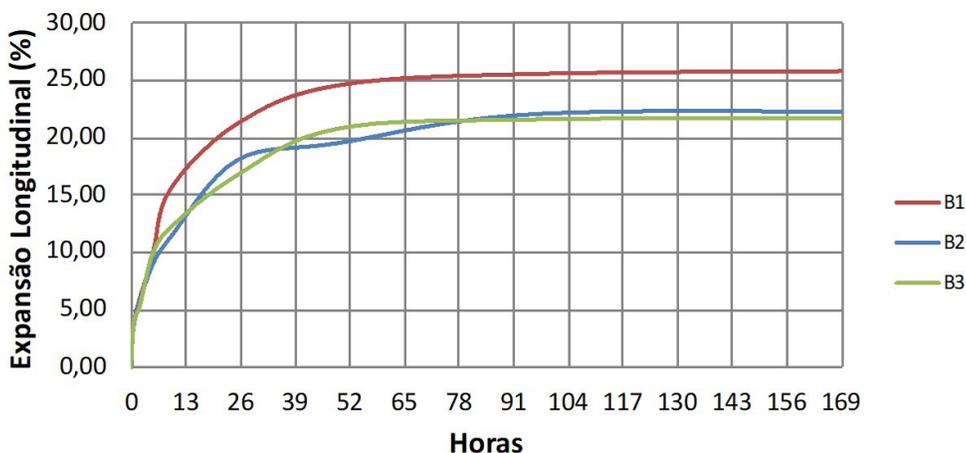


Figura 4 – Expansão longitudinal média dos briquetes.

Observa-se que a configuração B1 obteve a maior expansão, atingindo 25,93%, enquanto B2 e B3 obtiveram expansão final de 22,37% e 21,70%, respectivamente. Dessa forma, percebe-se uma relação direta entre a variabilidade do tamanho das partículas e a estabilidade dimensional do briquete. Antwi-Boasiako e Acheampong (2016) indicam que em 21 dias a 20 °C 95% de umidade relativa, uma expansão inferior a 30% é aceitável, e ideal quando inferior a 20%. Logo, todos os briquetes apresentaram uma expansão aceitável e a configuração B3 foi o mais estável.

3.5 Ensaio de tração por compressão diametral

Os resultados do ensaio de tração por compressão diametral (Tabela 6) mostram que a configuração B2 apresentou a maior resistência mecânica, 4,6 vezes superior a B1 e 1,9 vezes superior a B3. Este resultado está em consonância com o ensaio de densidade, visto que B2 obteve a maior densidade. O resultado também ratifica aquele obtido no ensaio

de expansão longitudinal, onde a configuração B1, que apresentou a menor estabilidade dimensional, demonstrou a menor resistência mecânica.

Configuração	B1	B2	B3
Força máxima (N)	84,69 ± 22,76	349,00 ± 41,06	184,77 ± 37,01
Resistência máxima (MPa)	0,05 ± 0,01	0,23 ± 0,04	0,12 ± 0,02
Altura máxima de empilhamento (m)	5,47	22,53	11,93

Tabela 6 – Força máxima, resistência máxima e altura máxima de empilhamento dos briquetes de borra de piaçava.

Quanto ao empilhamento dos briquetes, considera-se um empilhamento máximo de 10 metros, visto que os galpões de armazenamento não excedem esse valor (ABNT, 2011). Com isso, a altura máxima de empilhamento, considera-se que B2 e B3 apresentam ótimas condições para empilhamento.

3.6 Ensaio de abrasão

O resultado do ensaio de abrasão (Figura 5) mostra que todas as configurações apresentaram elevada friabilidade, não atendendo aos padrões internacionais, sendo classificadas como muito friáveis, segundo OLIVEIRA *et al.* (1982). Os valores encontrados são muito superiores ao índice que classifica o briquete como muito pouco friável (menor que 10%).

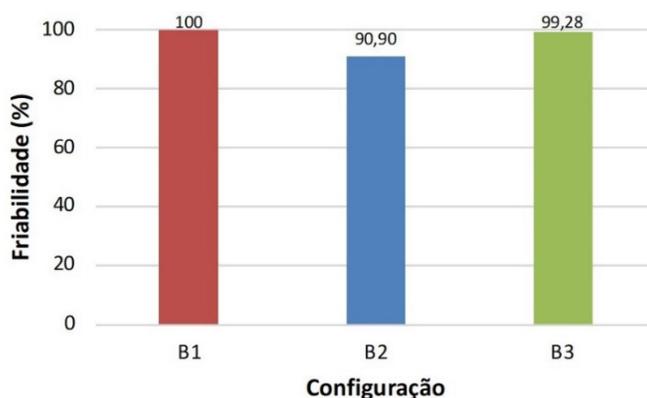


Figura 5 – Índice de friabilidade dos briquetes.

Esse resultado se deve processo de briquetagem utilizado, visto que durante a compactação da borra de piaçava, a lignina pode não ter atingido a temperatura de degradação da lignina na piaçava (cerca de 375 °C), que melhora a adesão entre as partículas (ALARU

et al., 2011; D'ALMEIDA *et al.*, 2006). Em alguns processos produtivos, é realizada a briquetagem com pré-aquecimento, ativando os ligantes inerentes da biomassa ou aditivos. A elevação da temperatura promove a deformação plástica de partículas termoplásticas e as liga permanentemente, sendo limitada a 300 °C para evitar a decomposição da biomassa (GROVER E MISHRA, 1996).

Outra estratégia adotada é o tratamento de fibras resilientes com agentes químicos, como NaOH, CaO ou uréia, degradando a estrutura da parede celular e separando a lignina da celulose (THOMAS *et al.*, 1998). Entretanto, a seleção de aditivos e aglutinantes depende principalmente do custo e da compatibilidade ambiental (KALIYAN, N., MOREY, 2008). Em alguns países europeus, por exemplo, a adição de aglutinantes é proibida (OBERNBERGER E THEK, 2004).

4 | CONCLUSÕES

O presente trabalho revelou que a borra da piaçava é um resíduo promissor para ser utilizado como matéria-prima em briquetagem esse material, pois possui propriedades termoquímicas em consonância com os padrões internacionais, sendo superior a outros resíduos lignocelulósicos.

A configuração B2 obteve o melhor desempenho mecânico, o que implica em melhores condições de estocagem e manuseio, respectivamente. Ela também apresentou uma boa estabilidade dimensional. A configuração B1 obteve o pior desempenho nos ensaios, visto a influência do tamanho das partículas no desempenho mecânico dos briquetes.

Propriedades físicas, como densidade do briquete e teor de umidade, também estiveram em conformidade com os padrões internacionais. A correção da umidade da borra de piaçava se revelou prática, devido ao menor tempo necessário à correção em relação a outras fibras devido a sua inerente resistência à água, atingindo o teor de umidade requerido para briquetes após secagem em estufa por 2 horas à 100 °C.

O briquete de borra de piaçava pode ser otimizado em termos de durabilidade. Devido ao elevado índice de friabilidade de todas as configurações de briquetes produzidos, sugere-se, em estudos adicionais, avaliar a viabilidade da briquetagem com pré-aquecimento, tratamentos nas fibras ou uso de ligantes, a fim de melhorar a friabilidade dos briquetes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia para a pesquisa e publicação.

REFERÊNCIAS

ALARU, M., KUKK, L., OLT, J., MENIND, A., LAUK, R., VOLLMER, E., ASTOVER, A. **Lignin content and briquette quality of different fibre hemp plant types and energy sunflower.** Field Crops Research, v. 124, n. 3, p. 332-339, 2011.

ALMEIDA, L.F.P., SOLA, A.V.H., BEHAINNE, J.J.R. **Sugarcane bagasse pellets: characterization and comparative analysis.** Acta Scientiarum, v. 39, n. 4, p. 461-468, 2017.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E870-82: Standard Test Methods for Analysis of Wood Fuels.** West Conshohocken: ASTM, 2013.

ANTWI-BOASIAKO, C., ACHEAMPONG, B.B. **Strength properties and calorific values of sawdust-briquettes as wood-residue energy generation source from tropical hardwoods of different densities.** Biomass and Bioenergy, v. 85, p. 144-152, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6922: Carvão vegetal – ensaios físicos – determinação da massa específica (densidade a granel).** Rio de Janeiro: ABNT, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8740: Carvão vegetal – Determinação do índice de quebra e abrasão.** Rio de Janeiro: ABNT, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7222: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

D'ALMEIDA, J.R.M., AQUINO, R.C.M.P., MONTEIRO, S.N. **Tensile mechanical properties, morphological aspects and chemical characterization of piassava (*Attalea funifera*) fibers.** Composites Part A, v. 37, n. 9, p. 1473-1479, 2006.

DEMIRBAS, A. **Combustion characteristics of different biomass fuels.** Progress in Energy and Combustion Science, v. 30, n. 2, p. 219-230, 2004.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 14961-1: Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 1 – General requirements.** London: CEN, 2010.

FELFLI, F.F., MESA, J.M., ROCHA, J.D., FILIPPETTO, D., LUENGO, C.A., PIPPO, W.A. **Biomass briquetting and its perspectives in Brazil.** Biomass and Bioenergy, v. 35, n. 1, p. 236-242, 2011.

GARCÍA, R., PIZARRO, C., ÁLVAREZ, A., LAVÍN, A.G., BUENO, J.L. **Study of biomass combustion wastes.** Fuel, v. 148, p. 152-159, 2015.

GONÇALVES, F.B., YAMAJI, F.M., FERNANDEZ, B.O., RÓZ, A.L., FLORIANO, F.S. **Caracterização e comparação entre diferentes granulometrias de serragem de *Eucalyptus grandis* para confecção de briquetes.** Revista do Instituto Florestal, v. 25, n. 2, p. 205-213, 2013.

GÓMEZ, Y.R., HERNÁNDEZ, R.C., GUERRERO, J.E., MEJÍA-OSPINO, E. **FTIR-PAS coupled to partial least squares for prediction of ash content, volatile matter, fixed carbon and calorific value of coal.** *Fuel*, v. 226, p. 536-544, 2018.

GROVER, P.D., MISHRA, S.K. **Biomass briquetting: technology and practice.** *In: Report RWEDP - Regional Wood Energy Development Programme in Asia*, 46, 1995, Bangkok. *Proceedings [...]*. Bangkok: Indian Institute of Technology - Delhi, 1995. p. 1-48.

HANSTED, A.L.S., NAKASHIMA, G.T., MARTINS, M.P., YAMAMOTO, H., YAMAJI, F.M. **Comparative analyses of fast growing species in different moisture content for high quality solid fuel production.** *Fuel*, v. 184, p. 180-184, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 17225-6: Solid biofuels – Fuel specifications and classes – Part 6: Graded non-woody pellets.** Geneva: ISO, 2014.

JAIGANESH, V., NAGARAJAN, P.K., GEETHA, A. **Solid state bio methane production from vegetable wastes Current state and perception.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 40, p. 432-437, 2014

JOHANN, G., SANTOS, K.A., SILVA, E.A. **Determinação Experimental do Calor Específico das Folhas de Erva-Mate.** *In: Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Química*, 21., 2016, Fortaleza. *Anais [...]*. Campinas: Galoá, 2018.

KALIYAN, N., MOREY, R.V. **Factors affecting strength and durability of densified biomass products.** *Biomass and Bioenergy*, v. 33, n. 3, p. 337-359, 2009

KUHE, A., IBIANG, F.A., IGBONG, D.I. **Potential of low pressure agricultural waste briquettes: An alternative energy source for cooking in Nigeria.** *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 5, n. 1, 2013.

OBERNBERGER, I., THEK, G. **Physical characterisation and chemical composition of densified biomass fuels with regard to their combustion behavior.** *Biomass and Bioenergy*, v. 27, n. 6, p. 653–669, 2004.

OLIVEIRA, J.B., FILHO, A.V., GOMES, P.A. **Produção de carvão vegetal: aspectos técnicos. Produção e utilização de carvão vegetal,** v. 8, Belo Horizonte: Editora CETEC, 1982.

PAMPONET, T.C., GOMES, F.P., ALMEIDA, A.F., MIELKE, M.S., GOMES, L.M.C., PEDROSA, A.M. **Photosynthetic characteristics and fibre production following defoliation in *attalea funifera* mart., *arecaceae*, growing under full sun and forest understorey.** *Experimental Agriculture*, v. 49, n. 3, p. 435-447, 2013.

PANWAR, V., PRASAD, B., WASEWAR, K.L. **Biomass Residue Briquetting and Characterization.** *Journal of Energy Engineering*, v. 137, n. 2, p. 108-114, 2010.

PIRRAGLIA, A., GONZALEZ, R., SALONI, D., WRIGHT, J., DENIG, J. **Fuel properties and suitability of *eucalyptus benthamii* and *eucalyptus macarthurii* for torrefied wood and pellets.** *BioResources*, v. 7, n. 1, p. 217-235, 2011.

SILVA, D.A., YAMAJI, F.M., BARROS, J.L., RÓZ, A.L., NAKASHIMA, G.T. **Caracterização de biomassas para a briquetagem.** Floresta, v. 45, n. 4, p. 713-722, 2015.

SRIVASTAVA, N.S.L., NARNAWARE, S.L., MAKWANA, J.P., SINGH, S.N., VAHORA, S. **Investigating the energy use of vegetable market waste by briquetting.** Renewable Energy, v. 68, p. 270-275, 2014.

THOMAS, M., VLIET, T., POEL A.F.B. **Physical quality of pelleted animal feed. 3. Contribution of feedstuff components.** Animal Feed Science Technology, v. 1-2, p. 59-78, 1998.

TRIPATHI, A.K., IYER, P.V.R., KANDPAL, T.C.A. **A techno-economic evaluation of biomass briquetting in India.** Biomass and Bioenergy, v. 14, n. 5, p. 479-488, 1998.

VIRMOND, E., DE SENA, R.F., ALBRECHT, W., ALTHOFF, C.A., MOREIRA, R.F.P.M., JOSÉ, H.J. **Characterisation of agroindustrial solid residues as biofuels and potential application in thermochemical processes.** Waste Management, v. 32, n. 10, p. 1952-1961, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

AA8011 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 108
Aço Inoxidável 49, 50, 53, 54, 58, 59
Aeração 184, 185, 186, 187, 190, 192
Alimentação 115, 120, 122, 249, 251, 300, 301, 302, 303
Análise de Investimento 255
Animais 300, 301, 306
Ar Condicionado 175, 178, 181, 202, 203, 204, 238
Automação e Controle 234
Automação Industrial 234, 243, 268
Automação Residencial 238, 241, 243, 300, 306

B

Bananeira 1, 2, 3, 15, 16
Bioenergia 19
Biomassa 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 30, 238
Briquetes 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

C

Carga Térmica 54, 175, 177, 178, 193, 195, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 282
Catia V5 211, 212, 220, 222, 224
Climatização 187, 193, 194, 238, 239, 242, 244
Compósito 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 249
Conforto 209, 300
Conforto Térmico 193, 194, 195, 199, 201, 202, 204, 205, 206, 209, 210
Controle 6, 13, 112, 128, 166, 171, 173, 188, 207, 210, 234, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 243, 244, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 282, 283, 302, 303
Corrosão Intergranular 49, 50, 51, 54, 55, 58, 59
Custos 2, 18, 20, 61, 97, 111, 112, 113, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 151, 176, 234, 255, 256, 257, 262, 263

E

Educação 1, 18, 30, 165, 166, 173, 174, 204, 245, 247, 253, 255, 300
Eficiência 114, 116, 178, 180, 181, 190, 196, 234, 235, 236, 237, 238, 242, 243, 244

Eficiência Energética 18, 175, 177, 178, 181, 182, 183, 184, 196, 204, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244

Elementos Finitos 142, 143, 144, 148, 149

Energia 61, 76, 94, 98, 100, 120, 155, 178, 183, 189, 235, 236, 243, 245, 254, 257, 266, 267, 306

Energia Solar Fotovoltaica 245, 246, 254

Engenharia Mecânica 17, 49, 77, 95, 96, 111, 148, 150, 165, 166, 174, 182, 184, 192, 307

Ergonomia 193, 204, 211, 212, 213, 215, 220, 232

Extrusão 96, 97, 98, 100, 105, 107, 108, 109

F

Fase Sigma 49, 50, 51, 53, 56

Fibra Natural 1

Fibra Vegetal 1, 2

I

Índice de Calor 205, 206, 207, 208

Inteligência Artificial 150, 152, 154, 159, 237, 268, 283

L

Laser 60, 61, 78, 79, 96, 97, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

Liga AA7009 78

Liga AA7013 60

M

Metalurgia do Pó 60, 61, 62, 71, 76, 77, 78, 79, 90, 94, 95, 96, 97, 98, 103

Metrologia 165, 166, 169, 170, 173, 174, 177, 183

Moagem de Alta Energia 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 70, 71, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 83, 84, 86, 89, 91, 92, 94, 96, 98, 100

O

Ônibus 205, 206

P

Piaçava 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

Propulsão de Embarcações 245, 246

R

Redes Neurais 150, 152, 237, 240, 243, 244, 268, 269, 272, 276, 282, 283

Refrigerador de Grãos 184, 186

Resíduo 19, 30, 54

S

Sistemas Fotovoltaicos 255, 265, 266, 267

Soldagem 61, 62, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 307

Sustentabilidade 175, 234, 245, 253

T

Temperatura de Corte 142, 148, 152

Temperatura do Ar 184, 189, 199, 200, 205, 206, 207, 208

Texturização 126, 128, 129, 130, 139

Torneamento 126, 130, 133, 135, 136, 139, 148, 150, 152, 156, 161

Tubos Canadianos 184, 186, 192

Tubulações Industriais 111, 112, 119

U

Umidade Relativa do Ar 6, 195, 205, 206, 207, 208

Usinagem 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 150, 151, 154, 156, 161

Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas
e motores no cotidiano do homem

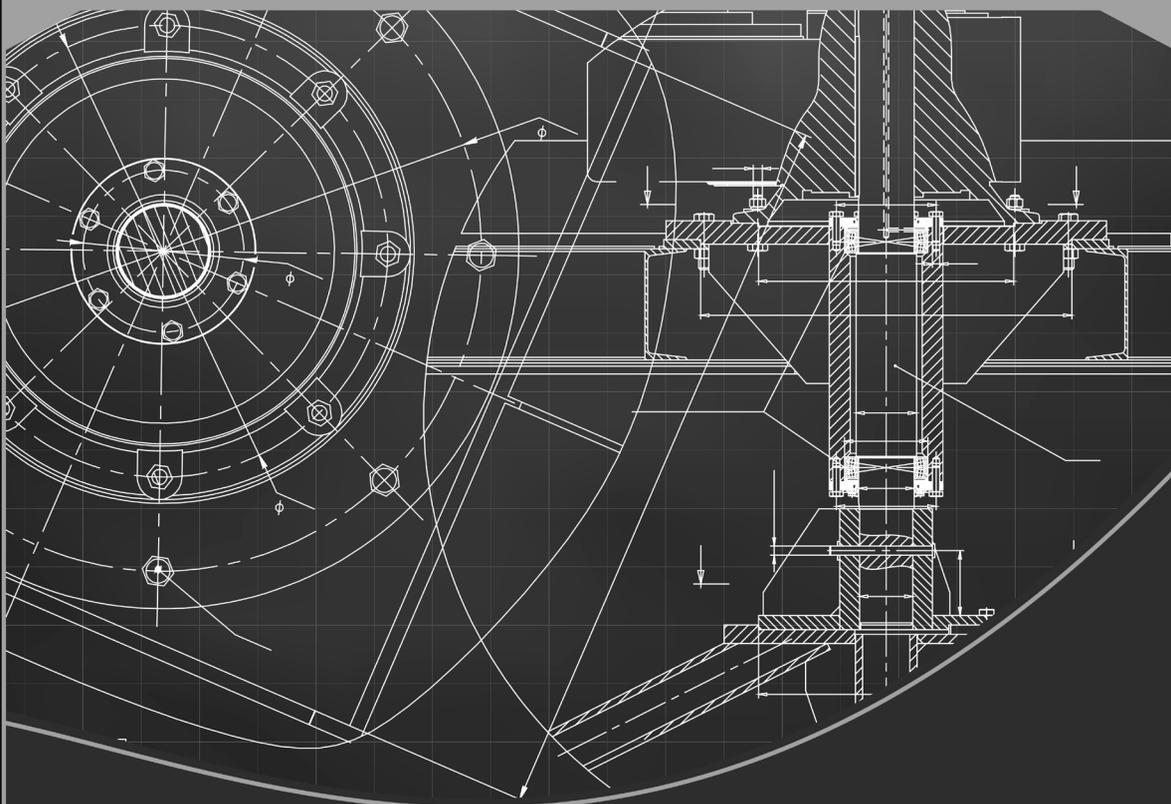
2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora

Ano 2021

Engenharia mecânica:

A influência de máquinas, ferramentas
e motores no cotidiano do homem

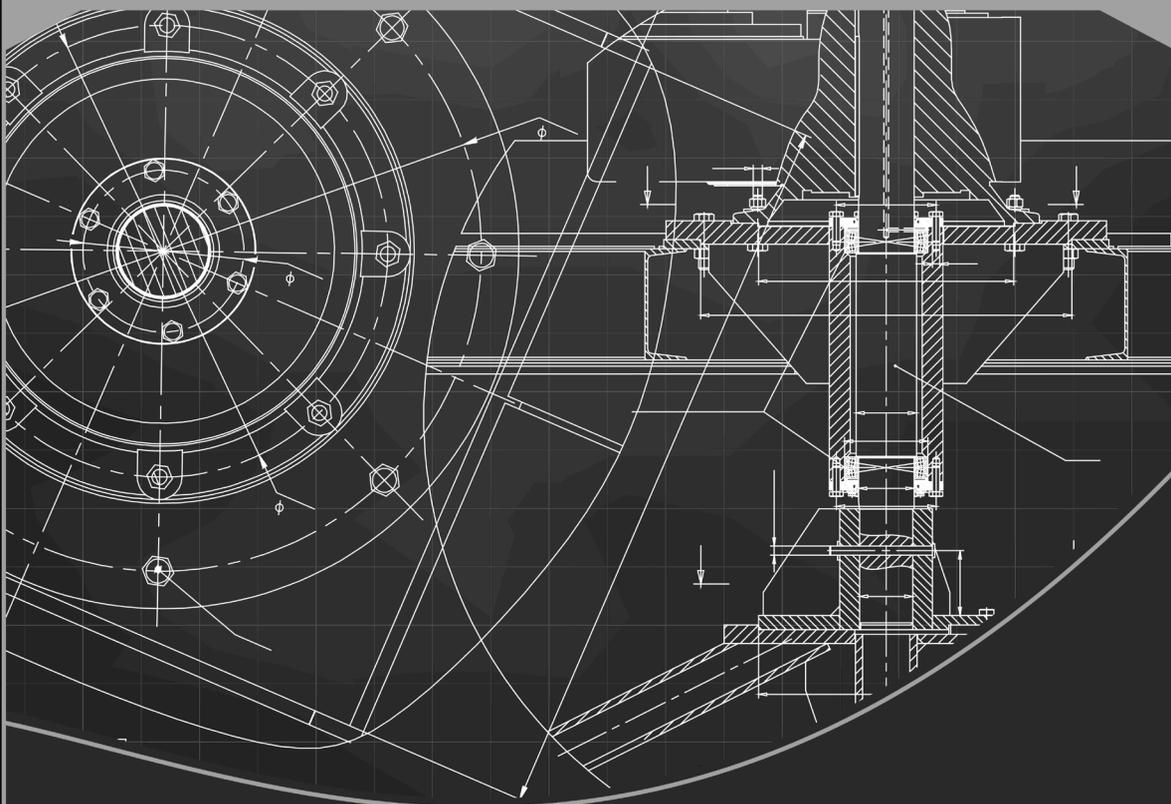
2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

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

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora

Ano 2021