

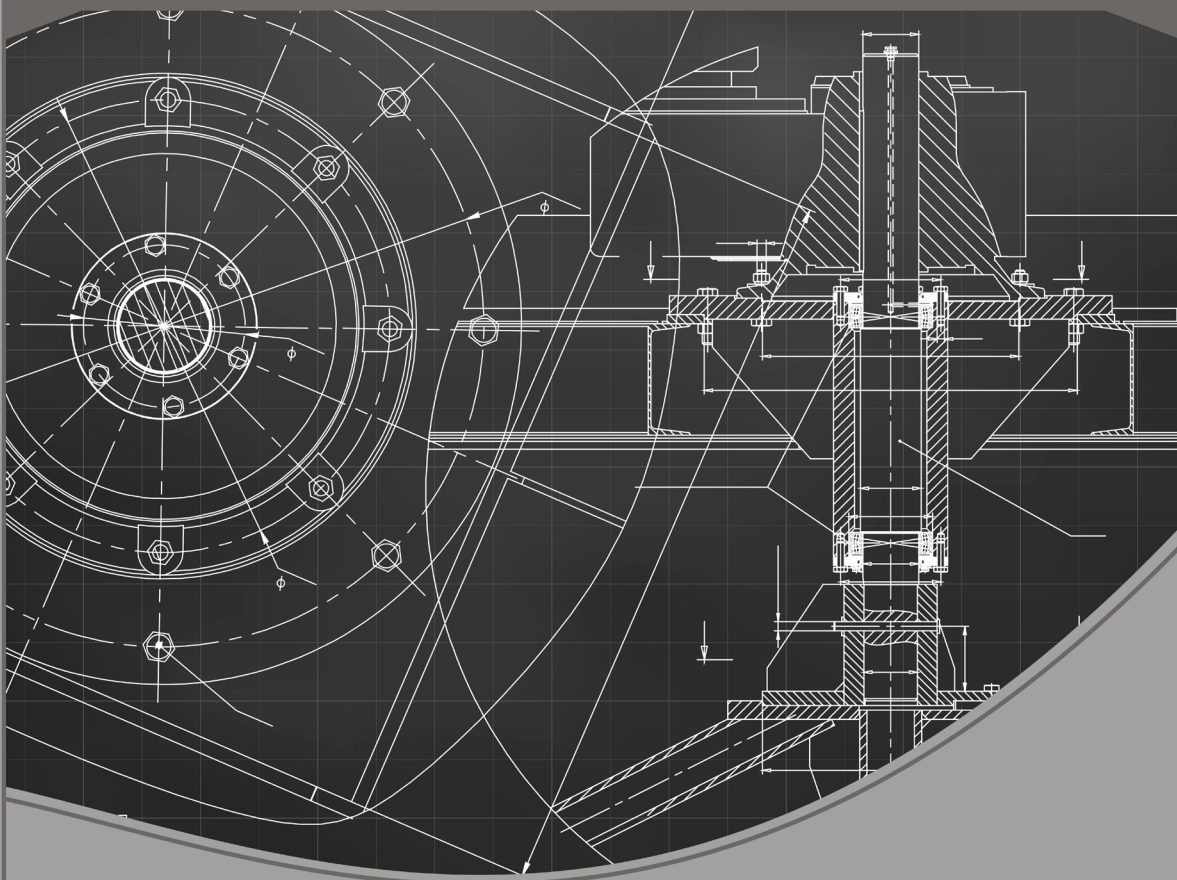
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

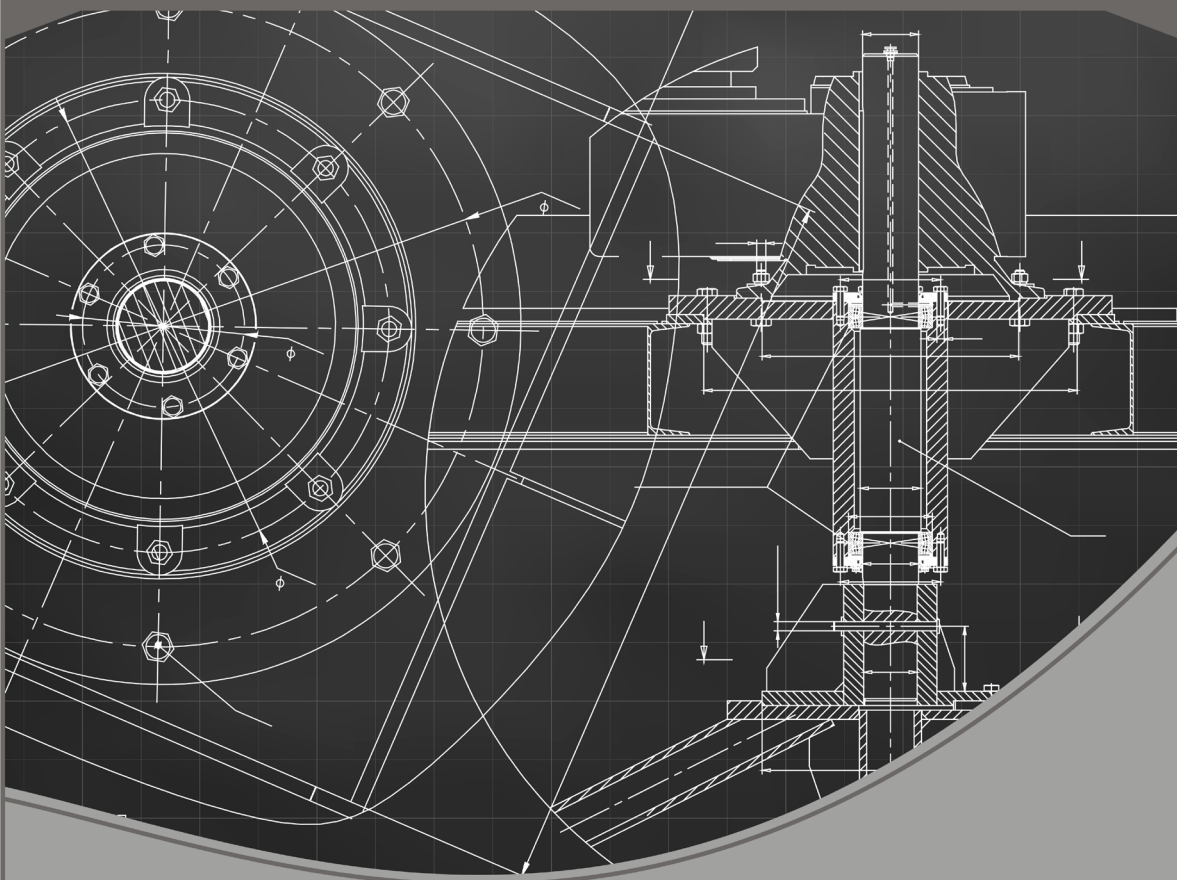
Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

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 Cremo

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto 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
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
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
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/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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
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 / 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 978-65-5706-882-3

DOI 10.22533/at.ed.823211703

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

PROPRIEDADES FÍSICAS E QUALIDADE DE COLAGEM DE PAINEL COMPENSADO
PRODUZIDO COM LÂMINAS TERMORRETIFICADAS E RESINA POLIURETANA

Danilo Soares Galdino

Cristiane Inácio de Campos

Ricardo Marques Barreiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117031

CAPÍTULO 2..... 9

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE LIGAS DE MEMÓRIA DE FORMA EM AERONAVES NÃO
TRIPULADAS

João Gabriel Benedito Duarte

Mayara Auxiliadora Castilho Benites

Victor Leone Rabito Chaves

Edson Godoy

Vanessa Motta Chad

Márcia Moreira Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.8232117032

CAPÍTULO 3..... 22

APLICAÇÃO DE UM MECANISMO BALANCE BAR A UM SISTEMA DE FREIO DE UM
VEÍCULO *OFF ROAD* DO TIPO BAJA

Gustavo da Rosa Fanfa

Bruno Almeida Nunes

Antonio Domingues Brasil

DOI 10.22533/at.ed.8232117033

CAPÍTULO 4..... 34

DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO ALTERNATIVO PARA
APROVECHAR LA ENERGÍA POTENCIAL DEL AGUA

Diógenes Manuel de Jesús Bustan Jaramillo

José Leonardo Benavides Maldonado

Andrea del Pilar Narváez Ochoa

DOI 10.22533/at.ed.8232117034

CAPÍTULO 5..... 48

AVALIAÇÃO TÉRMICA DE VEICULOS COM E SEM PELICULA TÉRMICA

Weverson Carlos Fortes

Maribel Valverde Ramirez

DOI 10.22533/at.ed.8232117035

CAPÍTULO 6..... 57

COMPARISON OF EXPERIMENTAL DATA AND PREDICTION MODELS OF MINIMUM
FLUIDIZATION VELOCITY FOR A RICE HUSK AND SAND MIXTURE IN FLUIDIZED BED

Fernando Manente Perrella Balestieri

Carlos Manuel Romero Luna

Ivonete Ávila

DOI 10.22533/at.ed.8232117036

CAPÍTULO 7..... 65

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DOS ATUAIS PROCESSOS DE SECAGEM DE GRÃOS

José Roberto Rasi

Mario Mollo Neto

Roberto Bernardo

DOI 10.22533/at.ed.8232117037

CAPÍTULO 8..... 81

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA INTERFACE HÁPTICA PARA TESTES DE CONTROLE MOTOR. DESIGN E VALIDAÇÃO DE UMA NOVA INTERFACE MECÂNICA

Adriano Augusto Antongiovanni

Arturo Forner Cordero

DOI 10.22533/at.ed.8232117038

CAPÍTULO 9..... 100

BRAÇO ROBÓTICO UTILIZANDO SENSOR DE COR PARA SEPARAÇÃO DE OBJETOS

Airam Toscano Lobato Almeida

Gefté Alcantara de Almeida

Eduardo Garcia Medeiros

Douglas Pires Pereira Junior

Samuel Vasconcelos de Oliveira

Carlos Henrique Cruz Salgado

DOI 10.22533/at.ed.8232117039

CAPÍTULO 10..... 106

LEVANTAMENTO DE DADOS DA LITERATURA SOBRE CÁLCULO DO FATOR DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Kiala Muana Mfumu

Ivonete Ávila

Tatiane Tobias da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.82321170310

CAPÍTULO 11..... 114

BENEFICIAMENTO DO MINÉRIO DE NIÓBIO ATRAVÉS DA CONCENTRAÇÃO POR PROCESSOS MECÂNICOS E SOLUÇÕES QUÍMICAS: ESTUDO TEÓRICO APROFUNDADO

Luiz Eduardo Ortigara

Mario Wolfart Júnior

Carlos Wolz

DOI 10.22533/at.ed.82321170311

CAPÍTULO 12..... 128

ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE ECLUSAS

PARA OS COMBOIOS PADRÃO TIETÊ

Antonio Eduardo Assis Amorim

DOI 10.22533/at.ed.82321170312

CAPÍTULO 13..... 139

DESENVOLVIMENTO DE UM CÓDIGO COMPUTACIONAL PARA ANÁLISE DE
VIBRAÇÃO POR CAPTURA DE IMAGEM

Giovanni Luiz Fredo

Paulo Rogério Novak

DOI 10.22533/at.ed.82321170313

SOBRE OS ORGANIZADORES 150

ÍNDICE REMISSIVO..... 151

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA PARA AVALIAÇÃO DOS ATUAIS PROCESSOS DE SECAGEM DE GRÃOS

Data de aceite: 01/03/2021

José Roberto Rasi

Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Mario Mollo Neto

Universidade Estadual de Campinas -
UNICAMP

Roberto Bernardo

Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

RESUMO: O acréscimo da produção de grãos causa aumento significativo na demanda por locais adequados para receber e armazenar esses produtos por um período de tempo maior e conservar as propriedades dos grãos colhidos. O sistema de secagem nas unidades armazenadoras tem se tornado o gargalo da recepção de grão. Uma das soluções para diminuir os gargalos na recepção das unidades armazenadoras de grãos é a adoção da operação de seca-aeração. O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão bibliográfica de secagem de grãos e do sistema de secagem denominado seca aeração, baseado em uma prospecção em bases dados textuais e referenciais de bom fator e impacto. A utilização do sistema seca aeração permite aumentar o fluxo na recepção das unidades armazenadoras que comparado com os métodos convencionais de secagem, gera aumento acima de 50% na capacidade do secador, reduz o consumo de energia em até 30%, retirada de até 2 % de umidade adicional do grão e proporciona grãos menos susceptíveis

à quebra e rachaduras.

PALAVRAS-CHAVE: Métodos de secagens, secadores, seca aeração.

ABSTRACT: The increase in grain production causes a significant increase in the demand for suitable places to receive and store these products for a more extended time and preserve the harvested grains' properties. The drying system in the storage units has become the bottleneck for grain reception. One solution to reduce bottlenecks in the reception of grain storage units is the adoption of the dry-aeration operation. This work aims to present a bibliographic review of grain drying and the drying system called dryeration, based on prospecting in textual and referential databases of good factors and impact. The use of the dryeration system allows to increase the flow in the reception of the storage units, which, compared with conventional drying methods, generates an increase of over 50% in the capacity of the dryer, reduces energy consumption by up to 30%, removing up to 2% additional grain moisture and provides grains less susceptible to cracking and cracking.

KEYWORDS: Drying methods, dryer, dryeration.

1 | INTRODUÇÃO

As modificações advindas do processo de modernização com inserção de inovações tecnológicas resultaram na melhoria da produtividade da agricultura no Brasil gerando um grande aumento da produção de alguns tipos de grãos como a soja e o milho, tornando

o país em um dos maiores produtores mundiais dos agronegócios, batendo recordes consecutivos de produção, safra a safra (RASI *et al*, 2020 a).

A nova safra 2020/2021 deve superar em 4,2% o recorde obtido na temporada recém finalizada. A produção de grãos está estimada em 268,7 milhões de toneladas, superando em cerca de 11 milhões de toneladas o recorde de 257, 7 milhões de toneladas da última safra. A produção de soja é estimada em 133,7 milhões de toneladas e mantém o Brasil como maior produtor mundial da oleaginosa e a produção de milho deve atingir 105,2 milhões de toneladas, considerada a maior safra destes grãos, com aumento de 2,6% sobre a safra anterior (CONAB, 2020).

O acréscimo da produção de grãos causa aumento significativo na demanda por locais adequados para receber e armazenar esses produtos por um período de tempo maior e conservar as propriedades dos grãos colhidos (BARONI *et al*, 2017). Os grãos costumam ser colhidos com um teor de umidade muito alto para um armazenamento seguro e a secagem é o processo pós-colheita mais comum realizado para a preservação de grãos a longo prazo (BUCKLING *et al*, 2013).

O aumento na produção acarreta a secagem desses grãos em níveis mais altos que a recomendada para armazenamento seguro nas unidades armazenadoras coletoras próxima as unidades de produção de grãos (fazendas), uma vez que devido ao grande volume recebidos, o sistema de secagem existente de grãos se mostra subdimensionado (CORADI *et al*, 2016).

Elias *et al* (2017) afirma que a operação de secagem de grãos costuma ser o gargalo que limita a capacidade de recebimento de uma unidade armazenadora.

O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão do sistema de secagem denominado “seca aeração” (relatado na literatura ou em outras fontes documentais) e discutir suas principais características, os quais permite aumentar o fluxo na recepção das unidades armazenadoras, que comparado com os métodos convencionais de secagem, gera aumento acima de 50% na capacidade do secador, reduzem o consumo de energia em até 30%, provem a retirada de até 2 % de umidade adicional do grão e proporciona grãos menos susceptíveis à quebra e rachaduras.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Com a finalidade de fazer um levantamento nos trabalhos realizados sobre secagem de grãos, apresenta-se uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa (Ludke e Andre, 1986) das produções acadêmico científico de bom fator de impacto, publicados nas bases de dados textuais e referenciais disponível na Internet. Em nosso país existem poucos trabalhos que abordam o tema e a grande maioria é publicada em periódicos internacionais. As buscas foram executadas pelos títulos dos artigos, dissertações e teses, com leitura inicial dos resumos e nos casos específicos, leitura integral do documento.

Após análise gradativa, constrói-se o quadro de referência teórica que sustenta as conclusões deste trabalho (KÖCHE, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Secagem de grãos

Dentre os métodos utilizados para conservação de grãos, a secagem é o mais econômico não só sob o ponto de vista de processamento, mas, também por permitir a preservação do produto em ambiente natural durante um longo período de tempo (SOUZA *et al*, 2002). A microflora e os insetos normalmente só desenvolvem nos grãos em umidades relativas de equilíbrio acima de 65% (Christensen e Kaufmann, 1974). De acordo com Navarro e Noyes (2002), os grãos com alto teor de umidade deve ser secos artificialmente até um teor de umidade em que resultará em uma umidade relativa de equilíbrio dentro da massa de grãos armazenada inferior a 65 %.

A Tabela 1 resume o teor de umidade de equilíbrio em três níveis de umidade relativa de equilíbrio e uma temperatura de 25° C.

Tipo de grão	Teor de umidade de equilíbrio (%)		
	60	65	70
Milho	12,4	13,2	14,0
Soja	10,5	11,5	12,5
Arroz em casca	12,0	12,6	13,2
Trigo (duro)	12,9	13,6	14,4
Trigo (mole)	11,8	12,3	13,0

Tabela 1 - Teor de umidade de equilíbrio (base úmida) de vario grãos

Fonte: Buckling *et al*, 2013

O principal objetivo em uma operação de secagem é o fornecimento do calor necessário de uma maneira ideal, a fim de produzir a melhor qualidade do produto com mínimo gasto total de energia (LUTFY *et al*, 2008). A remoção da umidade ocorre, geralmente pela evaporação da mesma por transferência de massa e calor entre as fases sólidas e gasosas (RASI *et al*, 2020 b).

Segundo Park *et al* (2007), a evolução dessas transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos descritos a seguir. Na Figura 1 são apresentadas as curvas de evolução do teor de água do produto (X), de sua temperatura (T) e da sua

velocidade de secagem (dX/dt), denominada taxa de secagem.

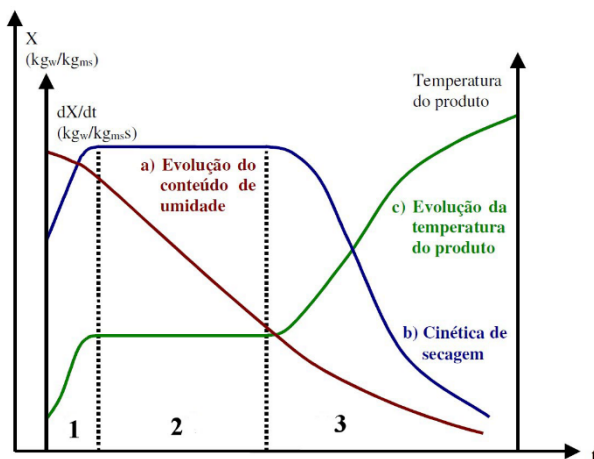


Figura 1 – Curva de secagem

Fonte: Park *et al*, 2007

Segundo os autores, nesta Figura1, a curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem; a curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto e a curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem. Descrevem, então, Park *et al* (2007) os três períodos:

- Período 1

Em fase inicial de secagem onde, inicialmente, os grãos estão mais frios que o ar, a pressão parcial de vapor de água na superfície do produto é baixa e, a transferência de massa e velocidade de secagem também são baixas. O calor eleva a temperatura do produto ocorrendo um aumento da pressão e da velocidade de secagem. Esse fenômeno continua até que a transferência de calor compense exatamente a transferência de massa. Se a temperatura do ar for inferior a temperatura do produto, esta diminuirá até atingir o mesmo estado de equilíbrio. A duração deste período é muito pequena em relação ao período total de secagem, mudando-se gradativamente para o período 2.

- Período 2

É o período onde a taxa (velocidade) de secagem é constante. Durante este período, a quantidade de água disponível dentro dos grãos é muito grande. A água evapora como água livre. A pressão de vapor de água na superfície é constante e é igual a pressão de vapor de água pura à temperatura do produto.

A temperatura do produto também é constante e é igual à temperatura do bulbo úmido, característica do fato de que a transferência de calor e de massa se compensam

exatamente. Esse período dura enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para suprir a perda por evaporação de água na superfície.

- Período 3

É o período de velocidade (taxa) decrescente de secagem. A partir do momento que a água começa a ser escassa na superfície do grão e a velocidade de secagem decresce. Durante este período, a troca de calor não é mais compensada, aumentando a temperatura dos grãos e tende assintoticamente à temperatura do ar. No final deste período a velocidade (taxa) de secagem é nula.

De acordo com Tunnermann (2018), O calor é a energia que flui devido à diferença de temperatura, que no nosso trabalho, ocorre entre o ar de secagem e os grãos. O calor específico é uma característica de cada material ou fluido. Quanto maior o calor específico de uma substância, maior é a energia necessária para variar a sua temperatura.

O mesmo autor destaca ainda que o calor sensível é aquele que adicionado ou removido de uma substância, ocasiona mudança de temperatura sem causar mudança de fase, ou seja, apenas modifica a temperatura da substância. O calor sensível está relacionado com o conceito de capacidade térmica, que corresponde a quantidade de calor necessário que a massa total de um corpo precisa receber ou perder para que a sua temperatura se altere em um grau centígrado. Já o calor latente é a quantidade de calor fornecido ou retirado de um corpo, não altera a sua temperatura, mas causa mudança em seu estado de agregação.

Quando um produto está sendo submetido ao processo de secagem, a água é extraída no formato de vapor pela ação do calor. Este vapor cede uma determinada quantidade de calor, chamada calor latente de vaporização (TRINDADE, 2013).

De maneira simples, Silva *et al* (2010) afirmam que o calor sensível fornecido pelo ar é igual ao calor latente de vaporização necessário para evaporar a água contida nos grãos até a umidade final desejada. Deste modo, calor sensível é convertido em calor latente, e esta conversão pode ser representada pela equação 1:

$$60 \cdot \left(\frac{Q}{V_e}\right) \cdot C_a \cdot (T_a - T_e) \cdot t = h_v \cdot MS \cdot (U_o - U_e) \quad \text{Eq (1)}$$

Onde:

Q: vazão de ar de secagem (m³/min);

V_e: volume específico do ar de secagem (m³/kg ar seco);

C_a: calor específico do ar (kcal/kg °C);

T_a: temperatura do ar de secagem (°C);

T_e: temperatura de equilíbrio (°C);

t: tempo de secagem (h);

h_v: calor latente de vaporização (kcal/kg água);

MS: matéria seca existente no produto (kg);

U_o : umidade inicial (decimal, b.s.);

U_e : umidade de equilíbrio (decimal, b.s.).

De acordo com Silva (2005), os grãos são produtos hidrocópicos e podem ceder ou receber vapor de água do ar que os envolve. Segundo o autor, em sua superfície é formada uma fina camada de ar que constitui um micro clima, cujas condições de estado são reguladas pela temperatura e teor de umidade do produto. Destaca ainda que o ar que circunvizinha os grãos, também possui a sua umidade relativa que está relacionada à quantidade de vapor diluída no ar.

O sentido e a intensidade do fluxo de vapor de água entre os grãos e o ar, de acordo com indicações de Silva 2005, dependem da diferença dos valores de unidades relativa do microclima do grão (UR_g) e do ar circunvizinho ao grão (UR_{ac}).

Assim tem-se as seguintes situações:

- $UR_g > UR_{ac}$ Ocorre secagem dos grãos;
- $UR_g < UR_{ac}$ Ocorre umedecimento dos grãos, e
- $UR_g = UR_{ac}$ Ocorre equilíbrio hidrocópico, não há fluxo de vapor

O sentido do fluxo de vapor de água será sempre do lugar de maior valor de umidade relativa para o de menor valor (Figura 2).

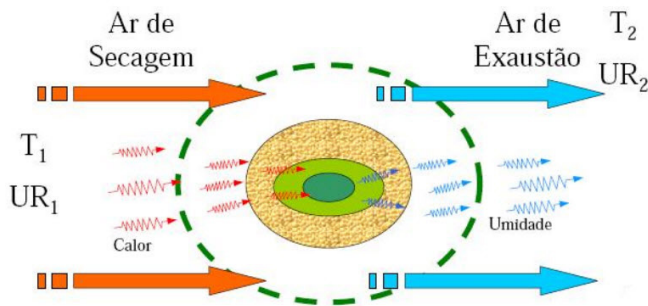


Figura 2 – Demonstração do processo de secagem em grão.

Fonte: Sulzbacker, 2013

O calor é normalmente fornecido durante a secagem pelo aquecimento do ar, quer artificialmente ou por meios naturais, e a pressão de vapor ou gradiente de concentração assim criado causa o movimento da umidade de dentro do *kernel* (núcleo do grão) para a superfície. A velocidade e a eficiência da secagem dependem da temperatura e umidade do ar de secagem (PARDE *et al*, 2003).

Segundo Montross e Maier (2000), a eficiência energética e a capacidade aumentam

conforme aumenta a temperatura do ar de secagem. Segundo os autores, a forma mais correta de diminuir a umidade relativa do ar de secagem é pelo aquecimento, que pode ser de forma natural por meio da radiação solar ou de forma artificial utilizando fornalhas a lenha ou biomassa, queimadores a gás ou radiadores a vapor. Destacam ainda que aumentando muito a temperatura do ar de secagem leva a uma diminuição na qualidade do grão devido ao aparecimento de trincas.

3.2 Sistemas de secagem

De acordo com Garcia et al (2004), os métodos de secagem são classificados quanto ao uso de equipamentos (natural ou artificial), à periodicidade no fornecimento de calor (contínuo ou intermitente) e à movimentação da massa de sementes (estacionário ou contínuo). Já Silva *et al* (2010) classificaram os sistemas de secagem de produtos agrícolas por questão didática, devido à inexistência de uma classificação oficial, conforme o Quadro 1:

Sistema de secagem	Natural - no campo, na própria planta				
	Artificial	Ventilação natural	Terreiros e palóis		
			Secagem Solar		
			Outros		
		Ventilação forçada	Altas Temperaturas	Ar natural	
				Quanto ao fluxo	Camada fixa
					Cruzados
					Concorrentes
					Contra corrente
					Cascata
					Rotativo
					Fluidizado
					Solar híbrido
Quanto à operação	Intermitentes				
Contínuos					
Baixas Temperaturas					
Sistemas Combinados					
Seca aeração					
Convecção					

Quadro 1 – Sistemas de secagem

Fonte: Silva *et al*, 2010

De acordo com Reykdal (2018), a classificação mais simples dos métodos de secagem de grãos é baseada na temperatura do ar usado para a secagem e podem ser classificados em:

- Secagem ao ar natural
- Secagem artificial com baixas temperaturas
- Secagem artificial com altas temperaturas

Silva (2008) afirma que a secagem artificial com altas temperaturas é uma técnica

muito utilizada em fazendas, indústrias de transformação, unidades armazenadoras coletoras e intermediárias do mundo inteiro. Este tipo de secagem é a mais rápida e independe das condições climáticas do local.

Segundo Oliveira (2014), para médias e grandes quantidades de grãos são recomendáveis os sistemas tecnificados de secagem (sistema de secagem artificial com ventilação forçada), os quais podem ser classificados em estacionários (de fluxo de ar axial ou radial), convencionais (contínuos ou intermitentes) e mistos (seca aeração). Dentre estes, o secador mais utilizado no Brasil é o convencional de fluxo contínuo ou tipo cascata (SILVA, 2005).

3.2.1 Secador convencional de fluxo contínuo

Para Santana (2020), os secadores convencionais de fluxo contínuo, também denominado de secador tipo cascata, são os mais populares porque contribuem para uma melhor uniformidade de secagem em toda a coluna de grãos, uma vez que toda a largura é submetida ao mesmo ar e o grão é misturado à medida que passa pelo secador. Weber (2005) afirma que no secador convencional contínuo, o ar de secagem é distribuído na parte superior da coluna de secagem, com 2/3 da altura da coluna e o ar frio (ar ambiente) é distribuído na parte inferior da coluna de secagem, cujo objetivo é retirar calor da massa do grão (Figura 3).

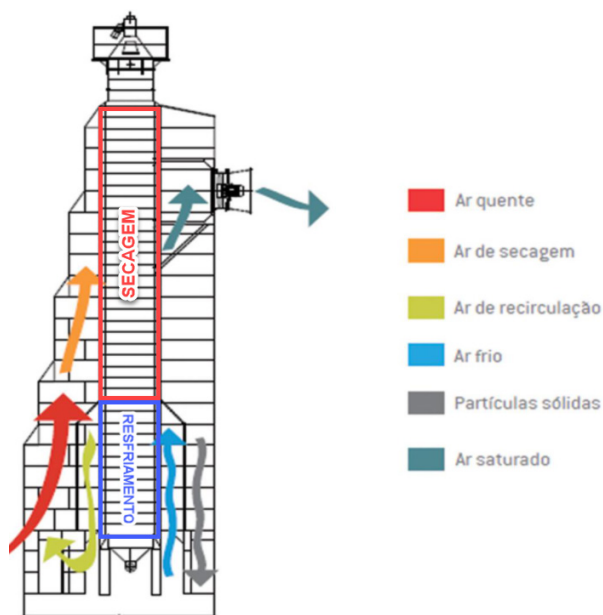


Figura 3 – Secador de grãos convencional de fluxo contínuo.

Fonte: SMA Metalúrgica Ltda, 2020

O resfriamento rápido dentro do secador de fluxo contínuo resulta em um aumento significativo nas fissuras por estresse e suscetibilidade à quebra (Foster e Thompson, 1961), gerando problemas ambientais devido a emissão de grande quantidade de particulados na forma de cascas e pequenos pedaços de grãos, contaminando o entorno do setor de recepção e secagem (RASI, 2009; SILVA 2015).

3.2.2 Sistemas de secagem seca aeração

A seca aeração foi introduzida como um método para aumentar a capacidade do secador (utiliza toda a coluna como câmara de secagem), melhorar a eficiência energética e aumentar a qualidade dos grãos (FOSTER, 1964).

Segundo Rocha (2010), o método de seca-aeração de grãos foi criado nos Estados Unidos na década de 60 por George Foster, professor do Departamento de Engenharia Agrícola na Universidade de Purdue, Indiana. As pesquisas com o novo processo de secagem denominado seca aeração (*Dryeration*) começou em 1962 sendo a primeira informação foi relatada na pesquisa da revista *Purdue Farm Science Days*, em janeiro de 1964 (MCKENZIE et al., 1967).

A seca aeração consiste a secagem com um secador convencional contínuo de alta capacidade, acumulados em um silo metálico vertical para equalização de temperatura, seguido de resfriamento no mesmo silo antes da transferência para o armazenamento final (Figura 4).

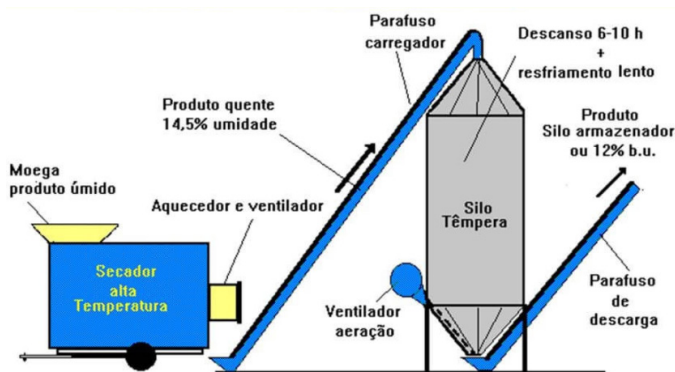


Figura 4 – Sistema de seca aeração

Fonte: Agromove, 2020

Segundo Montross e Maier (2000), esse sistema aumenta a capacidade de secagem em 50 a 75% devido a uma série de fatores: eliminando o resfriamento dentro do secador, onde toda a coluna é usada como câmara de secagem, removendo menos umidade, e um significativo aumento na quantidade de ar aquecido usado no secador.

Weber (2005) a grande importância do sistema seca aeração está no aumento da

capacidade real dos secadores, fazendo que diminuam os problemas de recebimento no pico da safra, as filas junto às moegas de descarga de grãos. O mesmo autor afirma ainda que o sistema representa os seguintes ganhos:

- Significativo aumento de capacidade do secador pois é muito mais rápido secar uma carga de grãos de uma umidade inicial qualquer até 16% (b.u.) do que até 13%. Esses 3% de umidade a menos que o secador deixa de remover, pode significar pouca água retirada, mas representa muito tempo de secagem por se tratar de umidade que terá de migrar do centro do grão para a sua periferia.
- Ganho de capacidade uma vez que o secador não resfria os grãos na câmara de resfriamento que se tornou câmara de secagem, aumentando assim em 33% (ou 1/3) a capacidade de secagem.

Pelo fato que ventilação forçada para resfriamento dos grãos ocorrerem após de tempo razoável e em camada grande de grãos, praticamente não há desprendimentos de cascas e outros resíduos sólidos, contribuindo para a melhoria ambiental do entorno.

A Figura 5 mostra secador convencional de fluxo contínuo, adaptado para o sistema de seca aeração, ao lado de um secador convencional, funcionando com câmara de secagem no corpo inteiro do secador, sem a câmara de resfriamento. Essa adaptação consiste apenas na retirada das chapas direcionadoras de ar ambiente, junto à câmara de resfriamento e o fechamento de entrada de ar ambiente para o secador, com custos insignificante frente ao custo de aquisição do secado. Deste modo, a câmara de resfriamento passa a receber ar de secagem, transformando-a também em câmara de secagem.

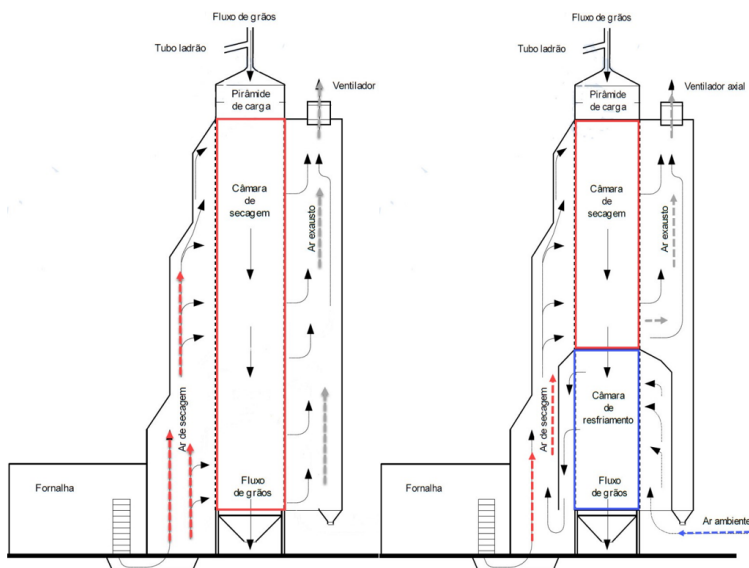


Figura 5 – Secador de grãos convencional de fluxo contínuo adaptado para seca aeração ao lado de secador convencional com câmara de resfriamento.

Fonte: Adaptado de Silva, 2005

O grão é descarregado quente entre 43 e 54 ° C do secador para um silo vertical metálico separado sem resfriamento inicial e com umidade com dois ou três pontos percentuais acima do desejado. Após repouso de equalização por 8 a 12 h, o grão é resfriado com ar ambiente a uma taxa de fluxo de ar de 0,5 a 1,0 m³ / min x ton. O resfriamento retardado permite que uma grande porcentagem do calor sensível do milho seja usada para evaporar parte do restante umidade existente.

3.2.2.1 Consumo de energia

Comparada com os métodos convencionais, a seca-aeração reduz de 15 a 30 % o consumo de energia, aumentando acima de 50 % a capacidade do secador (SAUER, 1992). No caso específico de secagem de milho, em um sistema de seca aeração, corretamente projetado, Silva *et al* (2010) afirmam que para redução de 25% para 15% (b.u.) no teor de umidade, resulta em um aumento em torno de 50% na capacidade dos secadores comerciais e, conseqüentemente em uma redução de 20 a 30% no consumo de combustíveis gasto por tonelada de produto seco. A Tabela 2 as temperaturas do ar de secagem para cada sistema de secagem, demonstrando a menor temperatura utilizado no sistema seca aeração (ELIAS *et al*, 2017).

Grão	Sistema de secagem		
	Intermitente	Contínuo	Seca aeração
Arroz	70-115		60-80
Trigo	70-110	70-120	70-90
Milho	80-120	90-130	79-90
Soja	80-120	90-130	79-90
Feijão	80-100	80-110	60-80

Tabela 2 – Temperatura (°C) do ar de secagem na entrada do secador em diferentes sistemas

Fonte: Elias *et al*, 2017

McKenzie et al., (1967) verificaram que o método de seca-aeração proporcionava um aumento na cadência operacional do secador, melhorava o aproveitamento das instalações e proporcionava redução nos custos com energia na secagem.

3.2.2.2 Qualidade de secagem

Segundo Villela (1991), os grãos sofrem mudanças físicas, provocadas por gradiente de temperatura e umidade, que ocasionam expansão, contração, alteração na densidade e na porosidade, durante o processo de secagem convencional (contínua). O processo de secagem convencional aumenta significativamente o percentual de grãos quebrados, e pode provocar fissuras internas ou superficiais, tornando-as mais suscetíveis à quebra

durante a limpeza e armazenamento.

McKenzie *et al* (1972) destacam que o índice de grãos quebrados na secagem convencional foi de 43,6% enquanto que na seca aeração foi de 7,60%, com redução significativa dos danos nos grãos.

Gustafson e Morey (1979) analisaram as variáveis que podem contribuir para mudanças na qualidade do grão durante a secagem. Eles verificaram que o resfriamento retardado dos grãos, no processo de seca aeração, reduz efetivamente a possível suscetibilidade à quebra comparado com a secagem e resfriamento convencionais, em um secador contínuo.

3.2.2.3 Considerações ambientais

De acordo com Marques (2006), o principal fator que pode influenciar a sustentabilidade energo-ambiental da agroindústria brasileira é a alta dependência por energia térmica no pré processamento de grãos, principalmente na secagem. Segundo Errera *et al* (2002), estudos realizados no Estado do Paraná apontam a lenha como principal combustível utilizado na secagem dos grãos, podendo atingir cerca de 85% do total demandado.

Marques (2006) afirma ainda que o uso da lenha em grande escala como fonte energética requer atenção para as formas de obtenção deste energético uma vez que seria necessário a implantação de grandes áreas de reflorestamento em monocultura que levam a outros problemas ambientais de ordem ecológica, como a diminuição da biodiversidade.

3.2.2.4 Desvantagens do sistema seca aeração

As desvantagens da seca aeração são o aumento de manuseio de grãos e de equipamento adicional necessário para têmpera (equalização). Os silos precisam ser equipados com ventiladores maiores para forneça fluxos de ar de pelo menos 0,5 m³ / min x ton. A tabela 3 mostra a comparação de valores de fluxo de ar indicados por tipo de instalação de secagem (SILVA, 2016).

Tipo de instalação	Fluxo de ar (m ³ / min.ton de produto)
Aeração - Armazem plano	0,10 a 0,20
Aeração - Silo	0,03 a 0,10
Aeração - Silo pulmão	0,30 a 0,50
Seca aeração	0,50 a 1,00
Resfriamento	mínimo 0,12

Tabela 3 – Recomendação de fluxo de ar para aeração.

Fonte: Silva, 2016

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A secagem desempenha um papel importante na melhoria da qualidade dos produtos agrícolas, melhorando as condições de armazenamento e aumentando o tempo de armazenamento.

Devem-se buscar métodos de secagem que minimizem o consumo de combustíveis com aumento de rendimento térmico e tenha baixa degradação ambiental, visando reduzir o custo de secagem, aumento do fluxo de secagem e preservação dos recursos do meio ambiente.

O sistema de seca aeração tem apresentado, ganhos significativos em capacidade de secagem, aumento da eficiência energética com diminuição de consumo de combustível, melhoria qualidade do produto com diminuição significativa do percentual de quebra de grãos e redução do impacto ambiental devido à secagem.

REFERÊNCIAS

Agromove, 2020. Disponível em: <https://blog.agromove.com.br/pos-colheita-da-soja-a-importancia-desta-etapa-na-cultura-mais-produzida-do-brasil/>

Baroni, G. D., Benedeti, P. H., Seidel, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. Revista Thema - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), vol. 14, nº. 4, Pelotas, 2017 <http://dx.doi.org/10.15536/thema.14.2017.55-64.452>

Buckling, R., Thompson, S., Montross, M., Abdel-Hadi, A. Grain Storage Systems Design, Handbook of Farm (Second Edition), Chapter 7. Dairy and Food Machinery Engineering, ScienceDirect, 2013. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385881-8.00007-0>

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/3652-producao-de-graos-deve-superar-268-milhoes-de-toneladas-na-safra-2020-21>

Coradi, P. C., Milane, L. V., Andrade, M. G. O, Camilo, L. G, Souza, A. H. S. Secagem de grãos de milho do cerrado em um secador comercial de fluxos mistos. Brazilian Journal of Biosystems Engineering vol. 10, nº 1, Chapadão do Sul, 2016.

Cristiansen, C. M., Kaufmann, H. H. Microflora. In: Storage of Cereal Grains and Their Products, second ed. Amer. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul, 1974.

Elias, M. C., Oliveira, M., Vanier, N. L. Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos. Lab de Pós Colheita – UFPel, 2017. Disponível em: <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/material---prova-1.pdf>

Errera, M.R., Stanesco G. and Filipini, F.A. Relatório parcial em tecnologia de processamento de soja e o potencial de integração de cogeração para o gás natural, Projeto FINEP/CETPETRO #0660/01, UFPR, Curitiba, 2002.

Foster, G. H. e Thompson, R. A. Stress cracks in artificially dried corn. United State Department of Agriculture – Purdue University, 1961. <https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/30200525/9%20Stress%20Cracks%20in%20Artificially%20Dried%20Corn.pdf>

Foster, G. H. Dryeration - A corn drying process. U.S. Dept. of Agriculture Marketing Service Bull. No. 583. Washington, 1964.

Friesen, O. H. Hated-air grain dryer. Publication 1700 – Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, 1980. Disponível em: <file:///C:/Users/1513%20IRON/Downloads/Aula06-2-grain-dryers.pdf>

Garcia, D. C., Barros, A. C. S. A., Peske, S. T., Menezes, N. L. A secagem de sementes. *Ciência Rural*, Santa Maria, vol. 34, n° 2, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782004000200045>

Gustafson, R. J., Morey, R. V. Study of Factors Affecting Quality Changes During High-Temperature Drying. *Transactions of the ASAE* 0001 -2351/79, 1979. <https://doi.org/10.13031/2013.35128>

Köche, J. C. Fundamentos da metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 2011.

Ludke, M. & Andre, M. E. D. A. Pesquisas em educação: uma abordagem qualitativa. Editora E. P. U. F. São Paulo, 2013.

Lutly, O. F., Mohd Noor, S. B., Abaas, K. A., Marhaban, M. H. Some control strategies in agricultural grain driers: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, vol. 6, n° 2, Finland, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/2527201/Some_control_strategies_in_agricultural_grain_driers_A_rview

Marques, B. A. Considerações ambientais e exegérticas na fase de pós-colheita de grãos: estudo de caso do Paraná. Dissertação de mestrado UFPR, 2006.

McKenzie, B. A., Foster, G. H., DeForest, S. S. Dryeration and bin cooling systems for grain. AE-107, Ind.: Cooperative Extension Service, Purdue University, 1967. Disponível em: <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/AE/AE-107.html>

Mckenzie, B. A., Foster, G. H., Noyes, R. T., Thompson, R. A. Dryeration – better corn quality with high speed drying. *Cooperative Extension Service Bulletin*, Purdue University, 1972. Disponível em: <https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1046&context=agext>

Montross, M. D., Maier, D. E. Simulated performance of conventional high-temperature drying, dryeration, and combination drying of shelled corn with automatic conditioning. *Transactions of the ASAE* 0001-2351/00, 2000. <https://doi.org/10.13031/2013.2751>

Navarro, S., Noyes, R. *The Mechanics and Physics of Modern Grain Aeration Management*. CRC Press, Boca Raton, 2002.

Oliveira, V. Avaliação energética e econômica da secagem de grãos utilizando secador de coluna com caldeira aquatubular. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2014.

Parde, S. R., Jayas, D. S., White, N. D. G. Grain drying: A review. *Sciences Des Aliments*, n° 23, Editora Lavoisier, 2003. Disponível em: https://sda.revuesonline.com/gratuit/SDA23_5-6_589-622.pdf

Park, K. J; Antonio, G. C; Oliveira, R. A. Park, K. J. B. Conceitos de processo e equipamentos de secagem. Desenvolvimento de material didático – FEAGRI, Unicamp, 2007. Disponível em: http://www.feagri.unicamp.br/ctea/manuais/concproceqsec_07.pdfprojpesq.html

- Rasi, J. R. Proposta de programa de gestão ambiental para agroindústria. Monografia de especialização em Saneamento Ambiental. Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, 2009. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10409.21603>
- Rasi, J. R., Bernardo, Roberto., Mazer, Wellington., Serafim, J. A., Bachega, L. A. Proposal for Modular Precast Bulk Warehouse for Brazilian Agricultural. International Journal for Innovation Education and Research (IJIER), vol. 8, nº.11, 2020. <https://doi.org/10.31686/ijier.vol8.iss11.2758>
- Rasi, J. R., Bernardo, Roberto., Peloso, J. A. C. Avaliação de um secador de bagaço de cana com dois estágios de secagem que utiliza o calor residual de um gerador de vapor: um estudo de caso. Brazilian Journal of Development, vol. 6, nº 8, Curitiba, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-155>
- Reykdal, O., Drying and storing of harvested grain – A review of methods. Skýrsla Matís 05-18, Iceland, 2018. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14530.89286>
- Rocha, J. C. Da, Parâmetros industriais e tecnológicos do arroz na seca-aeração e no armazenamento. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 2010.
- Santana, P. A., Lopes, D. C., Steidle Neto, A. J. High-temperature grain drying: an economic analysis applied to Brazilian conditions. Open Access Journal of Science, vol. 4, nº 1, 2020. Disponível em: <https://medcraveonline.com/OAJS/OAJS-04-00146.pdf>
- SAUER, D.B. Storage of cereal grains and their products. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, 1992.
- SMA Metalúrgica Ltda. Disponível em: <http://www.smasilos.com.br/>
- Silva, L. C. Unidades armazenadoras – Secagem de grãos. Boletim Técnico AG: 04/05, Universidade Federal do Espírito Santo, 2005. Disponível em: www.agais.com
- Silva, L. C. Unidades armazenadoras – Impactos ambientais. Boletim Técnico AG: 09/05, Universidade Federal do Espírito Santo, 2015. Disponível em: www.agais.com
- Silva, L. C. Unidades armazenadoras – Aeração de grãos armazenados. Boletim Técnico AG: 01/11, Universidade Federal do Espírito Santo, 2014. Disponível em: www.agais.com
- Silva, L. C. Unidades armazenadoras – Impactos ambientais. Boletim Técnico AG: 01/11, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016. Disponível em: www.agais.com
- Silva, J. S. Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, 2008.
- Silva, J. S., Afonso, A. D. L., Donzelles, S. M. L. Pós colheita de produtos agrícolas: curso básico – Cap. 5 – Universidade Federal de Lavras, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/1513%20IRON/Downloads/Cap%C3%ADtulo%205.pdf>
- Silva, J. S., Afonso, A. D. L., Donzelles, S. M. L. Estudo da secagem em camada espessa: curso básico – Cap. 6 – Universidade Federal de Lavras, 2010. Disponível em: [file:///C:/Users/1513%20IRON/Downloads/cap6%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/1513%20IRON/Downloads/cap6%20(1).pdf)

Silva, J. S., Lacerda Filho, A. F., Devilla, I. A., Lopes, D. C. Aeração de grãos – Cap. 11 – Secagem e armazenamento de produtos agrícola. Editora Aprenda Fácil, Viçosa, 2008/. Disponível em: https://issuu.com/juarezufv/docs/cap_tulo_14_2013

Souza, C. M. A., Queiroz, D. M., Lacerda Filho, A. F. Simulação do processo de secagem de sementes de milho em camada fixa. Revista Scientia Agricola, v.59, n.4, p.653-660, 2002. Disponível em: <file:///C:/Users/1513%20IRON/Downloads/21780-Article%20Text-25412-1-10-20120528.pdf>

Sulzbacher, A. L. Monitoramento da secagem de milho em secador intermitente de coluna e cavalete. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pelotas, 2013.

Trindade, M. S. Secagem de soja em camada espessa: modelagem matemática e simulação numérica. Dissertação de mestrado. Universidade Regional Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2013.

Turnermann, H. Metodologia para dimensionamento de um equipamento para secagem da vagem verde de soja e seus resíduos. Dissertação de mestrado. Universidade de Passo Fundo, 2018.

Villela, F. A. Efeitos da secagem intermitente sobre a qualidade do milho. Tese de doutorado. ESALQ/USP, 1991. <https://doi.org/10.11606/T.11.20191220-122957>

Weber, E. A. Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos. Editora Salles, Canoas. 2005.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acelerômetro 130, 135, 139, 140, 142, 144

Aquecimento 9, 10, 11, 35, 48, 49, 56, 70, 71

B

Baja 22, 23, 24, 26, 32, 33

Balance 22, 23, 27, 28, 29, 30, 99

Beneficiamento 80, 114, 116, 117, 118, 124, 125

Bombas 13, 34, 37, 39, 43, 47

Braço robótico 100, 101, 104, 105

C

Características físicas 1

Carro 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 56

Casca de arroz 57, 58

Ciclo de vida 95, 106, 108, 109, 110, 113

Colagem 1, 2, 4, 5, 7, 8, 92, 93

D

Deslamagem 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 126

Deslocamentos 139

E

Efeito estufa 49, 57, 106, 107, 112, 113

Energia elétrica 34, 36, 37, 40, 106, 110, 113

Energia mecânica 34, 36, 37, 38, 40

Energia potencial 34, 36, 37

F

Fator de emissão 106, 107, 110, 111, 113

Flotação 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

Fotogrametria 139

Freios 22, 23, 24, 25, 27

Frequência natural 139, 140, 142, 144, 145, 147, 149

H

Hidrovia 128, 129, 132, 137

I

Interface háptica 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 97, 98

L

Leito fluidizado 57, 58

M

Matriz elétrica 106, 107, 110, 111

Métodos de secagens 65

Mistura 57, 58, 124

Moagem 114, 116, 117, 118, 119, 120, 125, 126, 127

N

Nióbio 114, 115, 116, 117, 118, 121, 123, 126, 127

O

Off road 22, 23

P

Painel compensado 1, 2

Película térmica 48, 49, 55

R

Resina poliuretana 1, 2, 3, 7

S

Secadores 65, 72, 74, 75

Segurança da navegação 128, 137, 138

Sensor de cor 100, 101, 102, 104

Separação 100, 104, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 126

T

Temperatura 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11, 14, 17, 19, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 75, 115

Termorretificação 1, 2, 4, 5, 7, 8

Teste controle 81

Turbinas 14, 34, 38

U

Umidade 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 74, 75

V

Variação 22, 23, 26, 27, 68, 104, 110

Velocidade 18, 35, 38, 39, 45, 50, 57, 58, 64, 68, 69, 70, 85, 89, 103, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 144

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Engenharia Mecânica:

A Influência de Máquinas, Ferramentas
e Motores no Cotidiano do Homem

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021