



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020



JOÃO DALLAMUTA
HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
RENNAN OTAVIO KANASHIRO
(ORGANIZADORES)

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2

 **Atena**
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

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

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

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
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 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^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 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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
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

Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

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

Conselho Técnico Científico

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

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. 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
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Luiza Alves Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

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

A526 Ampliação e aprofundamento de conhecimentos nas áreas das engenharias 2 [recurso eletrônico] / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-388-0

DOI 10.22533/at.ed.880202209

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas. I. Dallamuta, João. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Kanashiro, Rennan Otavio.

CDD 620

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro(a) leitor(a)

Como definir a engenharia? Por uma ótica puramente etimológica, ela é derivada do latim *ingenium*, cujo significado é “inteligência” e *ingeniare*, que significa “inventar, conceber”.

A inteligência de conceber define o engenheiro. Fácil perceber que aqueles cujo ofício está associado a inteligência de conceber, dependem umbilicalmente da tecnologia e a multidisciplinaridade.

Nela reunimos várias contribuições de trabalhos em áreas variadas da engenharia e tecnologia. Ligados sobretudo a indústria petroquímica com potencial de impacto nas engenharias. Aos autores dos diversos trabalhos que compõe esta obra, expressamos o nosso agradecimento pela submissão de suas pesquisas junto a Atena Editora. Aos leitores, desejamos que esta obra possa colaborar no constante aprendizado que a profissão nos impõe.

Boa leitura!

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MUDANÇA NA CULTURA DE PREVENÇÃO A INCÊNDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS

Myrna da Cunha

Alexandre Martinez dos Santos

João Terêncio Dias

Maryêva Paulino Vieira

Bernardo Manhães Cantuaria Moura

DOI 10.22533/at.ed.8802022091

CAPÍTULO 2..... 15

COMPARAÇÃO DOS MODELOS DE RECEPTORES GNSS DE CÓDIGO C/A PARA LEVANTAMENTOS GEODÉSICOS

Marco Ivan Rodrigues Sampaio

Fernando Luis Hillebrand

Alan Diniz Bernardi

Aldemir Eduardo Martins Ulrich

João Fernando Zamberlan

Cristiano Niederauer da Rosa

Janisson Batista de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.8802022092

CAPÍTULO 3..... 24

ESTUDO DOS PARÂMETROS NA SOLDAGEM POR RESISTÊNCIA ELÉTRICA DE COMPÓSITO PEI/FIBRA DE VIDRO POR PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Ana Beatriz Ramos Moreira Abrahão

Edson Cocchieri Botelho

Michelle Leali Costa

Jonas Frank Reis

Luis Felipe Barbosa Marques

Tuane Stefania Reis dos Santos

Rafael Rezende Lucas

Marcos Paulo Souza Ribeiro

Isabela Luiza Rodrigues Cintra

Rodolfo de Oliveira Rodrigues

Joana Toledo Guimarães

Natali Oliveira Martins da Silva

Vinícius David Franco Barboza

DOI 10.22533/at.ed.8802022093

CAPÍTULO 4..... 38

REDESENHO/MELHORIA DE PROCESSOS: ANÁLISE E COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS

João Francisco da Fontoura Vieira

Danhuri Ritter Jelinek

DOI 10.22533/at.ed.8802022094

CAPÍTULO 5.....	44
ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE COM ÁGUA EM BOMBAS CENTRÍFUGAS	
Miriam Ribeiro Cabreira	
Durval João de Barba Júnior	
DOI 10.22533/at.ed.8802022095	
CAPÍTULO 6.....	59
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE CITRONELA UTILIZANDO CO₂ SUPERCRÍTICO E MODELO DE SOVOVÁ	
Wesley de Souza Rodrigues	
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka	
Ana Beatriz Neves Brito	
DOI 10.22533/at.ed.8802022096	
CAPÍTULO 7.....	70
COMPARTILHANDO CONHECIMENTOS: A BIOCLIMATOLOGIA E A PRODUÇÃO ANIMAL	
Diego Gomes de Sousa	
Tiago Gonçalves Pereira Araújo	
Levi Wallace Sousa de Lima	
José Walber Farias Gouveia	
Marthynna Diniz Arruda	
Brendo Júnior Pereira Farias	
Agenor Correia de Lima Junior	
Rômulo Augusto Ventura da Silva	
Ely Félix de Sá Carneiro	
João Victor Inácio dos Santos	
Ana Cristina Chacon Lisboa	
José Lucas Jácome de Moura	
DOI 10.22533/at.ed.8802022097	
CAPÍTULO 8.....	80
TRANSFERÊNCIA DE CALOR ATRAVÉS DE PAINÉIS AGLOMERADOS DE BAGAÇO DE CANA, PINUS E EUCALIPTO	
Roberto Luiz de Azevedo	
Edson Rubens da Silva Leite	
Rafael Sidney Orfão	
Rafael Farinassi Mendes	
Renato Alexandre Oliveira Cândido	
DOI 10.22533/at.ed.8802022098	
CAPÍTULO 9.....	87
FLUIDOS DE PERFURAÇÃO A BASE DE RESÍDUO DE AÇÁI E GOMA XANTANA	
Alex da Silva Sirqueira	
Mônica Cristina Celestino dos Santos	
Aline Muniz Lima	

Patricia Reis Pinto
Hugo Cavalcante Peixoto
DOI 10.22533/at.ed.8802022099

CAPÍTULO 10..... 94

LICOR PIROLENHOSO DE EUCALIPTO NA PRODUÇÃO DE RÚCULA

Diana de Oliveira Simionato
Josi Carla Martins Fernandes
Ana Luisa Granado Potinatti Alves
Marcelo Rodrigo Alves
Janardelly Gomes De Souza

DOI 10.22533/at.ed.88020220910

CAPÍTULO 11 105

CLIMATIZADORES EVAPORATIVOS INDIRETOS ECOLÓGICOS E POPULARES PARA REDUÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO EM ORDENHADEIRAS PARA HUMANOS E ANIMAIS

Alexandre Fernandes Santos
Marcelo Luiz Hoffmann
Heraldo José Lopes de Souza
Pedro Dinis Gaspar

DOI 10.22533/at.ed.88020220911

CAPÍTULO 12..... 118

UM ESTUDO DOS EFEITOS DA GEOMETRIA SOBRE OS PARÂMETROS TERMO-FÍSICOS EM PROCESSOS DE SECAGEM DE GENGIBRE

André Macedo Costa
Aluizio Freire da Silva Júnior
Thamires Mabel Queiroz de Oliveira
Geovane Tavares Nogueira
Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de lima
Isaac Ferreira de Lima
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Helymarckson Batista de Azevedo
Marcos Sérgio Florêncio Júnior
Marcos Wagner da Silva Araújo
Raquel Alves de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.88020220912

CAPÍTULO 13..... 131

COMPORTAMENTO DA SECAGEM DE CENOURA (*Daucus carota L.*) EM CAMADA FINA: MODELOS EMPÍRICOS E ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Geovane Tavares Nogueira
Raquel Alves de Medeiros
Francisco Carlos de Medeiros Filho
Maria Tereza Lucena Pereira
Amélia Ruth Nascimento Lima

Vera Solange de Oliveira Farias
Jucimeri Ismael de Lima
Célia Maria Rufino Franco
Aluizio Freire da Silva Júnior
André Macedo Costa
Jair Stefanini Pereira de Ataíde
Ivo Dantas de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.88020220913

CAPÍTULO 14..... 145

**ANÁLISE DO POTENCIAL SUSTENTÁVEL DA MADEIRA EMPREGADA NO SISTEMA
WOOD FRAME**

Vinício da Cunha Dóro
Luiz Carlos Souza Guimarães Júnior

DOI 10.22533/at.ed.88020220914

CAPÍTULO 15..... 155

**ENSAIO DE COAGULAÇÃO À pH NATURAL: SEMENTES DE MORINGA OLEÍFERA LAM
E CLORETO FÉRRICO**

Luís Gustavo Marcolan
Mirely Ferreira dos Santos
Bárbara Dani Marques Machado Caetano

DOI 10.22533/at.ed.88020220915

CAPÍTULO 16..... 160

**UTILIZAÇÃO DO BAGAÇO DE MALTE NA ALIMENTAÇÃO HUMANA: REVISÃO
SISTEMÁTICA DA LITERATURA**

Caroline Tombini
Janayne Sander Godoy
Aline Patrícia Ullmann
Gabriel Fante
Josiane Maria Muneron de Mello
Francieli Dalcanton

DOI 10.22533/at.ed.88020220916

CAPÍTULO 17..... 173

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS

Carolina Lipparelli Morelli
Yanka dos Reis Soares de Moura
Bárbara Carolini Oliveira Ferreira
Francielle Crispim Araújo
Kevinny Chaves Florencio
Lucas Lima Batista
Lizandra Lopes Carrara
Tércio José Lage Ferreira
Kelvin Willie de Carvalho
Aislan Lúcio Valério

DOI 10.22533/at.ed.88020220917

SOBRE OS ORGANIZADORES	189
ÍNDICE REMISSIVO.....	190

ESTUDO DO NÍVEL DE CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO LUBRIFICANTE COM ÁGUA EM BOMBAS CENTRÍFUGAS

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 05/06/2020

Miriam Ribeiro Cabreira

Instituto Federal Sul Rio-grandense
Sapucaia do Sul – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/1950260975690498>

Durval João de Barba Júnior

Instituto Federal Sul Rio-grandense
Sapucaia do Sul – Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0024924230288390>

RESUMO: As bombas centrífugas são equipamentos essenciais para o funcionamento de determinadas indústrias. Para garantir a disponibilidade de operação, os setores de produção e de manutenção realizam o rodízio de operação. Nas bombas centrífugas, com a lubrificação dos mancais em banho de óleo e selagem da caixa feita por labirintos, o rodízio é praticado semanalmente, uma vez que os labirintos não vedam totalmente a caixa de mancal, permitindo a entrada de umidade quando as bombas estão paradas. Aumentar o período de rodízio é de interesse deste estudo. Para isto é necessário verificar a real contaminação do óleo com água, pois a contaminação com água pode, dependendo da concentração, reduzir drasticamente a vida útil do rolamento, ou ainda, causar falha abrupta deste, propagando falhas em outros componentes com consequências graves, como abertura do selo mecânico. O estudo foi realizado por amostragem, seguindo

critérios de seleção relacionados à construção da bomba centrífuga, disponibilidade operacional, dentre outros. O óleo lubrificante foi amostrado e encaminhado para análise quanto ao teor de umidade. Os resultados obtidos apresentaram diferenças bastante relevantes quanto ao tipo de bombas. As bombas com rotor em balanço, que possuem uma caixa de mancal, apresentaram um padrão de contaminação ficando abaixo do limite de 100 ppm, garantindo a durabilidade do rolamento. Já as bombas biapoiadas, que possuem duas caixas de mancal, apresentaram um padrão de contaminação aleatório que, em alguns casos, foi muito elevado. O estudo concluiu que é possível estender o rodízio para as bombas com apenas uma caixa de mancal, com a recomendação de, a longo prazo, efetuar a troca da vedação de labirintos por selos visando reduzir ainda mais a possibilidade de contaminação. Já para as bombas biapoiadas, a extensão do rodízio só poderá ocorrer após a troca da vedação das caixas seguida de avaliação para certificar que a contaminação foi reduzida.

PALAVRAS-CHAVE: Bombas Centrífugas, Lubrificação, Contaminação.

A STUDY OF THE CONTAMINATION LEVEL OF LUBRICANT OIL WITH WATER IN CENTRIFUGAL PUMPS

ABSTRACT: Centrifugal pumps are essential equipment for the operation of certain industries. In order to ensure the operation availability, production and maintenance sectors perform an operation rotation. On centrifugal pumps, by lubricating bearings in an oil bath and bearing house sealing by labyrinths, this rotation is

practiced weekly, once the labyrinths do not completely seal the housing bearings, allowing moisture entering when the pumps stop. Increasing the rotation period is this company's interest. In order to do this, it is necessary to check for actual contamination of water in oil, once contamination with water might, depending on its concentration, reduce the bearing life dramatically, or yet, cause an abrupt equipment failure, which would propagate failures in other components with serious consequences, such as the opening of the mechanical seal. The study was performed by sampling, following selection criteria related to the centrifugal pump construction, operational availability, among others. Lubricating oil was sampled and sent for analysis for moisture content. The results obtained showed a significant difference related to the type of the pump. Rocker-rotor pumps, with a single bearing housing, showed a contamination pattern below the 100-ppm limit, ensuring bearing durability. In the other way, double support pumps, with two bearing housings, presented a random pattern contamination that, in some cases, was very high. The study concluded that it is possible to extend the operation rotation for pumps with a single housing bearing, recommending a long-term changing of the seal labyrinth by seal in order to reduce the possibility of contamination. For double support pumps, this rotation could only occur after changing the carton seal, followed by an evaluation in order to certify the contamination reduction.

KEYWORDS: Centrifugal Pumps, Lubrication, Moisture.

1 | INTRODUÇÃO

A manutenção preditiva é uma área da manutenção que visa aumentar a disponibilidade dos equipamentos industriais e antecipar falhas que possam ter consequências catastróficas. Desta forma, além de reduzir custos com manutenção, aumenta o rendimento do parque industrial.

As bombas hidráulicas são equipamentos destinados à promover transferência de fluido, sendo muito utilizadas em diversas áreas. Em certas indústrias, quando o uso de bombas é fundamental para o setor de produção, utiliza-se esses equipamentos em redundância, onde mais de um equipamento executa a mesma função. Manter a disponibilidade máxima destes equipamentos é responsabilidade dos setores de manutenção e produção que, em conjunto, mantém rotinas que visam reduzir incidência de falhas, bem como monitorar sintomas que possam identificar a possibilidade de falha. Uma das rotinas praticadas é o rodízio das bombas. O rodízio consiste em operar com as bombas alternadamente. O período de rodízio é determinado conforme algumas variáveis como regime de operação, características mecânicas do equipamento, dentre outras.

Nas bombas centrífugas, que possuem caixas de mancais com lubrificação por banho de óleo e selagem das caixas por labirintos, é praticado o rodízio semanal devido ao risco de contaminação do óleo com umidade do ar. Isto ocorre uma vez que a selagem por labirintos é bastante eficiente para evitar o vazamento de óleo das caixas quando o eixo está rodando. No entanto, quando as bombas estão paradas, permitem a entrada de ar e, em consequência, de umidade.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é determinar a possibilidade de extensão do período de rodízio de bombas centrífugas com lubrificação em banho de óleo.

As bombas hidráulicas são equipamentos destinados a transformar energia mecânica em energia hidráulica, visando transportar um fluido, conferindo-lhe energia cinética (velocidade) e potencial (pressão). (MACINTYRE, 2014)

O princípio de funcionamento das bombas centrífugas está fundamentado na transferência de energia cinética de rotação de um impelidor que, por meio da força centrífuga (força inercial), acelera o fluido conferindo-lhe velocidade. As principais partes de uma bomba centrífuga são: Rotor, impelidor ou impulsor, Carcaça, Eixo, Mancais, Caixas de Mancais e Selagem. (MACINTYRE, 2014; MATTOS e FALCO, 1998)

Os mancais de bombas têm a função de manter o conjunto rotativo em alinhamento com os componentes estacionários e suportar cargas que são compostas pelo peso do impelidor e do eixo, cargas hidráulicas provocadas pelo processo de bombeamento e as cargas derivadas do equipamento propulsor. Estas cargas podem ser decompostas em duas direções: axial (paralelo ao eixo) e radial (perpendicular ao eixo). Em bombas centrífugas, os mancais de rolamentos são os mais utilizados. (KARASSIK *et al*, 1986; SKF, 2012; MATTOS e FALCO, 1998)

As bombas multiestágios possuem os impelidores centralizados no eixo e este apoiado por dois mancais localizados um em cada lado da carcaça. Já as bombas de simples estágio possuem o impelidor em balanço, apoiado por dois mancais localizados do mesmo lado. Os mancais são montados em caixas que podem fazer parte da estrutura da bomba ou serem componentes anexos à essa estrutura. Elas também têm a função de armazenar o lubrificante garantindo aos mancais a correta lubrificação e refrigeração. (MACINTYRE, 2014)

As cargas a que os mancais estão submetidos são as radiais, axiais ou uma combinação destas. Nas bombas centrífugas, os esforços axiais devem-se à assimetria na construção do impelidor bem como à diferença de pressão entre o lado da sucção e o da descarga, provocando uma força resultante chamada de impulso axial. Lembrando que força é resultado da pressão exercida em uma determinada área, a força nas costas do impelidor será maior do que na frente, tendo como força axial resultante uma força que empurra o conjunto rotativo para a sucção. (MATTOS e FALCO, 1998)

Os rolamentos são componentes que têm a função de unir uma parte estacionária a uma parte rotativa de determinado equipamento, permitindo um movimento relativo entre componentes da máquina. Nas bombas, o rolamento fixa o eixo à parte estacionária, que é a caixa de mancal. Nos mancais de rolamentos, as cargas são transferidas por contato rolante. (BUDYNAS, 2008)

Os rolamentos possuem a vida útil calculada pela fadiga. A vida nominal do rolamento é calculada, conforme a ISO 281, pela Equação 1, cujos parâmetros são: L_{10h} – vida útil em horas, C – classificação da carga dinâmica básica, P – carga dinâmica equivalente do

rolamento, n – rotações por minuto (rpm) e p – expoente da equação de vida (3 para esferas e 10/3 para rolos). Se as cargas forem mantidas dentro dos limites, a vida útil poderá ser de cinquenta anos ou mais. No entanto, a maioria dos mancais falham muito antes e as principais causas são contaminações do lubrificante e calor em excesso. (MCNALLY, 2006; NSK, 2013)

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (1)$$

Os mancais de bombas são montados em caixas que contém o lubrificante. A lubrificação tem como objetivo reduzir o atrito, dissipar o calor, proteger os componentes contra corrosão e evitar a entrada de partículas. A lubrificação de rolamentos pode ser por óleo ou graxa. (MATTOS e FALCO, 1998)

Para mancais de rolamentos, as principais formas de lubrificação por óleo são: banho de óleo com anel pescador, névoa de óleo (*oil-mist*) e, para bombas de grande porte, óleo circulante usualmente refrigerado. (BLOCH, 2017)

Na unidade em estudo, a lubrificação dos rolamentos é feita por banho de óleo. Neste sistema, a caixa de mancais é preenchida com óleo até a altura da metade da esfera inferior do rolamento. Um copo de óleo, montado externamente à caixa, mantém a reposição automática do óleo quando o nível fica abaixo do nível desejado. A parte superior da caixa tem abertura para atmosfera para manter a caixa despressurizada. Desta forma, quando o copo de óleo é retirado não ocorre vazamento do conteúdo da caixa e permite a reposição automática de óleo do copo para a caixa. Estas caixas ainda possuem um anel pescador que, acionado pelo eixo, espalha o óleo por toda a caixa para garantir a lubrificação, dissipar o calor e formar uma película que evita a corrosão da caixa. (MATTOS e FALCO, 1998)

O sistema de banho de óleo, com a caixa de mancais equalizada com a atmosfera, permite a entrada de ar e, em consequência, de contaminantes. Outros sistemas foram desenvolvidos com o objetivo de evitar esse problema. Um destes sistemas é a caixa de mancal selada com equalização da caixa de mancais com o copo de óleo. Nesse sistema, a parte superior é selada para não ter contato com a atmosfera mas para garantir a reposição automática de óleo é montada uma tubulação de pequeno diâmetro e conecta a caixa com a base do copo. (BLOCH, 2017)

As bombas em estudo possuem o sistema de lubrificação com banho de óleo com caixa equalizada para a atmosfera. Para evitar o vazamento do óleo da caixa para a atmosfera é feita uma selagem entre o eixo e a caixa por labirintos. No entanto, é desejável que a umidade e contaminantes não entrem na caixa de mancal, uma vez que a durabilidade do rolamento depende de um lubrificante limpo e isento de umidade. (BLOCH, 2017)

Segundo Nobrega (2013) existem duas famílias de protetores de mancais:

- **Restritivo:** veda quanto à entrada de líquidos e saída do óleo, mas vapores circulam livremente.
- **Hermético:** veda completamente a caixa, quanto à líquidos e vapores

Os labirintos convencionais são do tipo restritivo. Quando em operação, as caixas de mancais possuem a tendência de aumentar a pressão interna e os labirintos convencionais acomodam esse aumento de pressão, permitindo a expulsão do ar quente entre os elementos rotativos e estacionários, conforme apresentado na Figura 1 (esquerda). No entanto, quando o equipamento para, a caixa esfria e o labirinto não evita a entrada do ar do ambiente para a caixa, conforme demonstrado na Figura 1 (direita). Esse fenômeno é denominado respiração da caixa de mancal. Outros fatores favorecem a entrada de umidade, como a variação da temperatura ambiente, dia e noite, ambiente muito úmido, ou se estiverem próximos a equipamentos que liberem vapor. Nestas situações as bombas no ciclo de reserva por períodos prolongados poderão ter a relação umidade-óleo muito prejudicada. (RODDIS, 2006; MCNALLY, 2006)

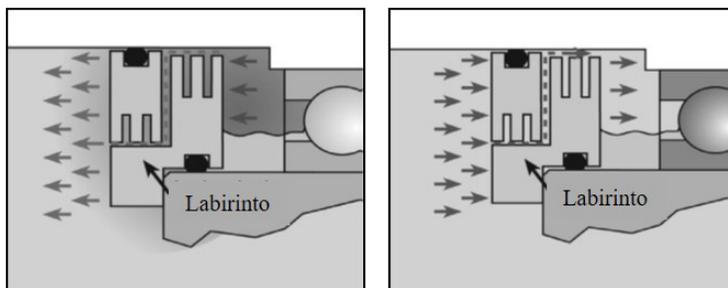


Figura 1: Labirinto convencional com eixo em rotação (esquerda) e estacionário (direita) (RODDIS, 2006).

A presença de água no óleo ocorre de três formas: livre, emulsionada e dissolvida. A forma livre ocorre quando a concentração de água é alta o suficiente para deslocar o equilíbrio da solução, fazendo com que a água se separe do óleo por decantação gravitacional. Esta é a forma mais prejudicial de contaminação. Na forma emulsionada, a água presente no óleo também está na forma livre, mas não em concentração suficiente para promover a separação natural, nesse caso, água e óleo formam uma solução onde a água fica em suspensão coloidal no óleo. A água emulsionada se comporta como água dissolvida, mas apresenta características da água livre e modifica a viscosidade aparente do lubrificante. A água dissolvida é a água em solução e sua presença não prejudica o óleo ou o mancal. (GEITNER e BLOCH, 2012)

A contaminação do óleo por água poderá reduzir a vida útil do rolamento conforme demonstrado na Figura 2. É possível perceber que, quando o óleo começar a apresentar

turbidez, com 0,1% de água, a vida útil do rolamento já poderá estar sendo reduzida em cerca de 75% do esperado.

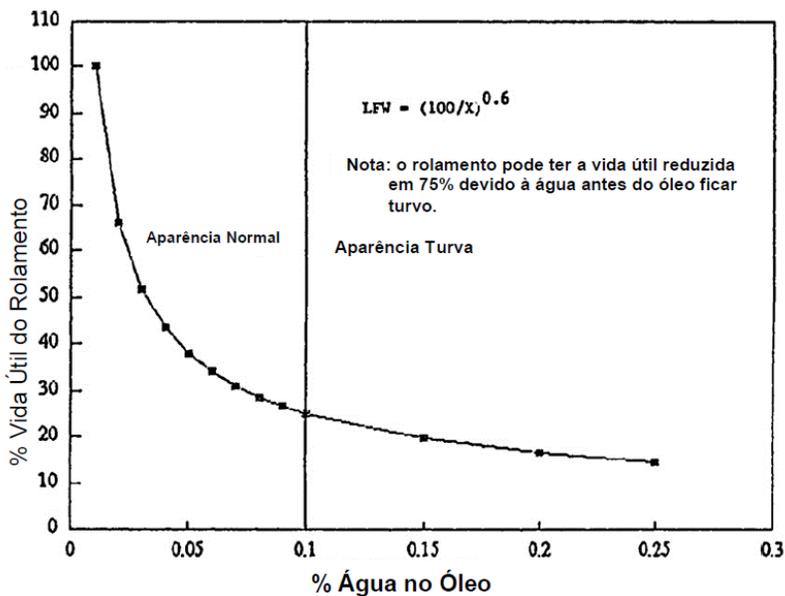


Figura 2: Efeito da água no óleo na vida de um rolamento. (GEITNER e BLOCH, 2012)

A determinação do teor água dissolvida no óleo é feita de modo bastante satisfatório com o analisador automático Karl Fisher. A inspeção visual também é utilizada, entretanto, quando houver percepção visual a vida útil já poderá estar bastante comprometida. (GEITNER e BLOCH, 2012)

A frequência de rodízio semanal tem como objetivo reduzir o tempo que a bomba fica parada, período favorável à entrada de umidade, além de promover a evaporação da água residual do óleo, uma vez que o lubrificante aquece durante a operação. Segundo os relatos da equipe de manutenção, a rotina semanal de troca de bombas foi implementada de forma paliativa, devido à dificuldade de efetuar a selagem das caixas de mancais, já que não existia um selo de caixa, de boa durabilidade, que evitasse o vazamento de óleo e a entrada de ar. Há cinquenta anos as vedações disponíveis eram os retentores, que vedam 100% no início, mas, apresentavam uma vida útil relativamente baixa. Os selos de mancal surgiram recentemente, sendo os primeiros limitados a velocidades periféricas baixas e pouco confiáveis (possibilidade de perder todo o conteúdo de lubrificação em caso de falha). Neste cenário, a vedação por labirintos mostrou-se a solução mais adequada, apesar das limitações quanto à contaminação do óleo lubrificante. Atualmente, existe um modelo de selo de mancal confiável, que veda totalmente, não causa o vazamento do lubrificante em

caso de falha e com durabilidade aceitável (não limita a vida útil do equipamento onde está instalado). Esta é a solução tecnológica aceitável pela equipe de manutenção e que, gradualmente, está substituindo os labirintos convencionais. (NOBREGA, 2013)

Nas bombas centrífugas, é necessário fazer a vedação da interface eixo-carcaça para que não ocorra o vazamento do produto que está sendo bombeado. Esta vedação pode ser feita por gaxetas ou por selo mecânico. As bombas em estudo, devido às características dos produtos bombeados, são utilizados selos mecânicos para vedação. (MATTOS e FALCO, 1998)

De acordo com os relatos da equipe de manutenção, os selos mecânicos são um dos componentes mais sensíveis das bombas centrífugas pois, para que eles funcionem corretamente, o eixo da bomba deve estar devidamente alinhado para que as faces mantenham o contato que garanta a vedação. Um dos modos de falha em rolamentos pode causar a abertura do selo mecânico. Os mancais de rolamento são os responsáveis por manter esse alinhamento e a falha no rolamento que suporta a carga axial pode levar ao deslocamento do conjunto rotativo e, em consequência, a abertura do selo mecânico, causando vazamentos de volumes consideráveis. A contaminação do óleo lubrificante com água na forma livre pode causar essa falha no rolamento e suas consequências, conforme o histórico de falhas da empresa.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo de contaminação foi realizado com as bombas de uma unidade operacional, por amostragem. A unidade é separada em duas áreas principais, aqui denominadas área A e área B. Estas áreas possuem algumas características distintas em seu ambiente, bem como diferenças nos produtos bombeados.

Escolha das Bombas: A análise de umidade foi feita por amostragem de bombas utilizando os seguintes critérios para a escolha dos equipamentos estudados:

1. **Localização:** A área A possui particularidades em relação à área B, como por exemplo, maior quantidade de vapor no ambiente, proveniente das turbinas e dos esgotos.
2. **Produto Crítico:** o produto foi considerado devido aos riscos associados como incêndio, contaminação ambiental e contaminação pessoal.
3. **Critério Operacional:** alguns equipamentos apresentam características que são necessárias ou preferenciais para a operação da planta.
4. **Tipo de acionamento:** as bombas são acionadas por turbina a vapor ou por motor elétrico. As turbinas, quando paradas, vazam mais vapor do que quando estão operando, podendo facilitar a contaminação da caixa de mancal das bombas.
5. **Biapiodadas:** a maior parte das bombas possui o impelidor em balanço, com

uma caixa de mancal que contém os dois mancais: Lado Acoplado – LA e Lado Oposto ao Acoplamento – LOA. Existem, entretanto, dois conjuntos de bombas biapoiadas que possuem duas caixas de mancais. Como estas caixas são menores, proporcionalmente podem acumular mais água. Por isso, as conclusões para bombas com impelidor em balanço podem não ser as mesmas para biapoiadas.

- 6. Teste de automatismo:** existem bombas que são muito críticas para a continuidade operacional, pois a perda da função pode causar parada imediata da unidade ou danos à equipamentos. Os sistemas aos quais estas bombas pertencem possuem uma proteção, denominado automatismo. As bombas que estão na reserva podem ser ligadas automaticamente pela atuação de um pressostato, situado em algum ponto do sistema, que atuam caso a pressão fique abaixo de determinado valor. Devido à alta criticidade, a atuação do automatismo é testada com a mesma frequência do rodízio que também é desejado estender.

Ensaio das Bombas: Foi reservado um tambor de óleo exclusivo para esse teste. O ensaio foi dividido em três etapas. Na etapa 1, a bomba ficou na reserva por uma semana, na etapa 2 por duas semanas e na etapa 3 por três semanas. A cada início de etapa, foi efetuada uma amostra do tambor para ser usado como referência de comparação. As amostras foram armazenadas em garrafas de 1 litro com vedação.

Análise do Óleo: A análise do óleo foi executada de forma qualitativa por inspeção visual e de forma quantitativa no equipamento Karl Fisher 756 KF Coulometer pelo laboratório de análises. O Karl Fisher 756 KF é um equipamento com capacidade de detectar a presença de baixas concentrações de água no óleo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Escolha das Bombas: Conforme os critérios estabelecidos na metodologia. As bombas B-A1 a B-A5 estão localizadas na área A, já as B-B1 a B-B3 estão localizadas na área B. A Tabela 1 apresenta um resumo do atendimento dos critérios de seleção dos equipamentos.

	Acionamento Turbina	Produto Crítico	Automatismo	Critério Operacional	Biapoiadas	Localização
B-A1(T)	X	X				
B-A2		X		X		X
B-A3(T)	X		X			X
B-A4			X			X
B-A5		X			X	
B-B1		X				
B-B2		X				X
B-B3		X			X	

Tabela 1: Escolha dos Equipamentos

Ensaio das Bombas: Reservou-se um tambor de óleo exclusivo para a finalidade deste estudo. A cada troca de óleo, foi coletada uma amostra do tambor para comparação.

- **Etapa 1:** A bomba teve o óleo substituído e ficou na reserva por **uma semana**. Ao final desta semana, o óleo foi amostrado em um recipiente de 1 litro vedado e identificado. Em seguida, todo o óleo foi substituído dando início a etapa 2.
- **Etapa 2:** Com o óleo totalmente substituído, a bomba ficou na reserva por **duas semanas**. Ao final deste período, o óleo foi amostrado em um recipiente de 1 litro vedado e identificado e, em seguida, todo o óleo foi substituído dando início a etapa 3.
- **Etapa 3:** Com o óleo totalmente substituído, a bomba ficou na reserva por **três semanas**. Ao final deste período, o óleo foi amostrado em um recipiente de 1 litro vedado identificado. O nível da caixa foi repostado e a bomba ficou disponível para operação.

As bombas foram ensaiadas conforme os cronogramas apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Etapa	Data Início	Data Fim
Etapa 1	29/03/2017	05/04/2017
Etapa 2	05/04/2017	19/04/2017
Etapa 3	19/04/2017	10/05/2017

Tabela 2: Cronograma do Ciclo 1 de Ensaio

As bombas biapoiadas, B-A5 e B-B3, não participaram do primeiro ciclo de amostragem, então elas tiveram calendário próprio:

Etapa	Data Início	Data Fim
Etapa 1	23/05/2017	30/05/2017
Etapa 2	30/05/2017	13/06/2017
Etapa 3	13/06/2017	04/07/2017

Tabela 3: Cronograma Ciclo 2 de Ensaio para as Bombas Biapoiadas

Durante a execução de cada etapa, algumas bombas precisaram operar por necessidade da produção. Neste caso, o procedimento foi refeito a partir do início da etapa de onde ele parou. A B-B3 foi utilizada durante a terceira etapa do teste e teve esta etapa repetida. Já as B-A5 e B-B3 precisaram entrar em operação durante a terceira etapa e não tiveram mais possibilidade de continuar no teste, devido à manutenção de longa duração nos equipamentos “B” (que deveriam estar em operação). Outro fato importante, é que

várias amostras não puderam ser acondicionadas na garrafa com vedação, pois ocorreu uma demora na análise do óleo pelo laboratório, devido à falta de reagente específico para o ensaio no Karl Fisher.

Análise do Óleo: Os ensaios realizados no laboratório de análise, equipamento Karl Fisher, obtiveram os resultados conforme apresentado na Figura 4 e na Figura 5. O valor de referência, em partes por milhão (ppm), considerado aceitável no teste foi 100 ppm pois, conforme Geinter e Bloch (2012), até este valor a vida útil do rolamento está estimada em 100% do valor calculado. Os resultados obtidos foram separados em dois gráficos distintos pois as bombas do Ciclo 1 (Figura 4) tiveram um comportamento diferente das do Ciclo 2 (Figura 5).

No Ciclo 1, foram ensaiadas as bombas com rotor em balanço que possuem apenas uma caixa de mancal. A amostra do tambor mostra que o óleo utilizado nas bombas já apresenta um teor de água por volta de 45 ppm. Em cada etapa do teste, é possível perceber que a maior parte das bombas apresenta aumento na quantidade de água no óleo. As bombas acionadas por turbina, B-A1(T) e B-A3(T), apresentam uma maior quantidade de água em todas as etapas, quando comparadas com as demais que são acionadas por motor (na etapa 3 elas se destacam). É notável também que, as bombas da Área A (A1, A2, A3) apresentam maior contaminação que as da Área B, uma vez que a área A possui mais vapores de água no ambiente. Mesmo assim, nenhuma destas bombas atingiu o limite de contaminação de 100 ppm.

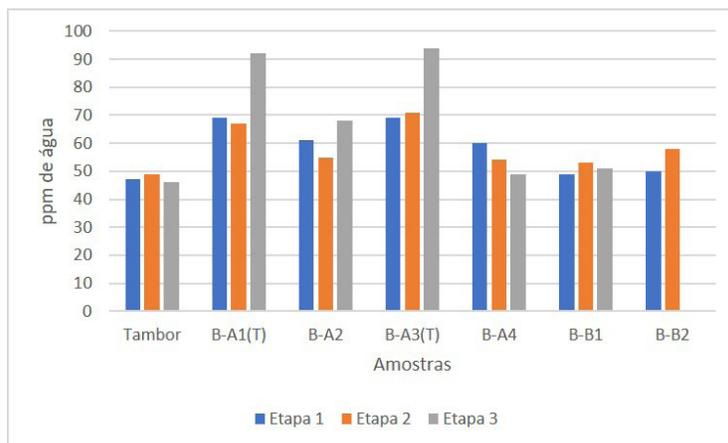


Figura 4: Índice ppm de Água no Óleo Ciclo 1.

Com base nos dados obtidos no Ciclo 2, verifica-se que as bombas biapoiadas não seguiram um padrão de contaminação, sendo que a maior parte delas ultrapassou o limite de 100 ppm, bem como o de 200 ppm que, segundo Geinter e Bloch (2012), reduz a

vida útil em 34%. Além disto, pelo menos duas amostras, a B-A5 (LA – etapa 1) e a B-B3 (LOA – etapa 3), apresentaram contaminação muito elevada demonstrada na presença de água livre no óleo, sendo esta situação a mais perigosa para o rolamento. Nesta situação, poderia ocorrer a falha catastrófica do rolamento e a consequente abertura abrupta do selo. Nestes equipamentos esta falha agravaria um cenário de emergência com vazamento de produto pois, como são biapoiadas, apresentam dois selos mecânicos com alto potencial de vazamento.

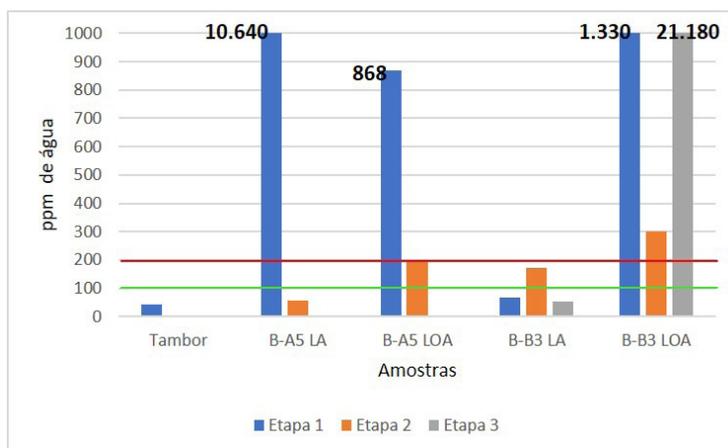


Figura 5: Índice ppm de Água no Óleo Ciclo 2 - Biapoiadas

Numa primeira avaliação, acreditou-se que as amostras haviam sido contaminadas com água no período de armazenamento, pois existiam garrafas sem vedação (comuns), enquanto aguardavam a disponibilidade do laboratório analisá-las. Porém, ao fazer a inspeção visual destas amostras, verificou-se que a contaminação estava presente tanto nas amostras das garrafas vedadas quanto das garrafas comuns. Uma das amostras, que apresentou 53 ppm, a B-B3 (LA – etapa 3), estava acondicionada na garrafa comum. Desta forma, a contaminação durante o período de armazenagem foi descartada. A Figura 6 também mostra que, visivelmente, a maior parte das amostras apresenta turbidez. Conforme Geinter e Bloch (2012), quando uma amostra de óleo apresenta turbidez, indica que a concentração de água ultrapassou 100 ppm, valor máximo aceitável nesse estudo, sendo assim foi desnecessária uma reanálise do óleo pelo laboratório.

Outra observação importante é que, cada mancal da mesma bomba apresentou uma contaminação muito divergente na mesma etapa do teste. A B-B3 (etapa 3), conforme observado na Figura 5, apresentou no mancal LA apenas 53 ppm de água, enquanto o mancal LOA apresentou 21.180 ppm, demonstrando que as bombas biapoiadas apresentaram um comportamento não esperado com essa diferença elevada de contaminação por mancal.

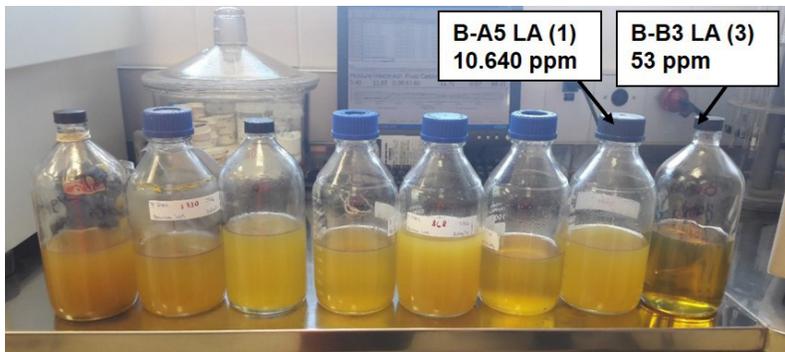


Figura 6: Amostras Ciclo 2 – Biapoiadas

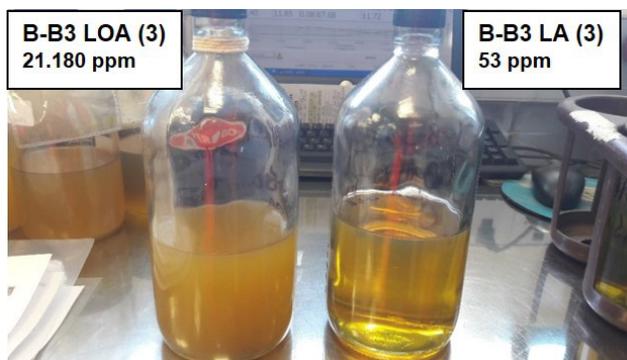


Figura 7: Bomba B-B3 Etapa 3 – Diferença de contaminação entre mancal LA e LOA

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que é possível estender o rodízio das bombas com o impelidor em balanço, sem comprometer a segurança operacional e sem reduzir significativamente a vida útil do rolamento. As opções de rodízio são:

- 1x1: atualmente praticada, cada bomba opera por uma semana alternadamente
- 2x2: cada bomba opera por duas semanas
- 3x1: uma bomba é escolhida como a bomba base (ou titular) e opera por três semanas enquanto a outra fica na reserva. Numa determinada semana, as bombas são trocadas, condição que permanece apenas pelo período de uma semana. Desse modo, uma bomba vai operar por mais tempo que a outra, evitando que as duas cheguem juntas ao fim da vida útil.

Como o estudo demonstrou, num período de até três semanas, para as bombas que não alcançaram 100 ppm de contaminação de água no óleo, poderá ser recomendada a prática da rotina 3x1. No entanto, no que se refere a prevenir falha de rolamento, a atual prática de rodízio (1x1) tem se mostrado eficaz em manter a disponibilidade dos equipamentos. Assim sendo, a implementação da nova rotina (3x1) será feita com

acompanhamento da manutenção preditiva visando garantir que a disponibilidade será mantida.

Ainda que este estudo tenha sido realizado para atender uma solicitação da operação, a engenharia de manutenção tem como objetivo principal efetuar a substituição dos labirintos convencionais pelo selo de caixa de mancal, promovendo a vedação total destas caixas. Sendo assim, a segunda recomendação é de que, sempre que a bomba saia para manutenção, os labirintos sejam substituídos pelo selo. A vedação completa é feita fechando o respiro da caixa para atmosfera e fazendo a equalização com o copo de óleo. No entanto, esta adaptação pode ser feita no local onde a bomba está instalada, ao contrário do selo, que só poderá ser instalado na ocasião de remoção da bomba para a oficina. Dessa forma, o setor de manutenção mecânica deverá garantir que todas as bombas só possam ser instaladas na área com o selo.

As bombas biapoiadas apresentaram uma contaminação muito elevada com quantidades de água que não garantem a segurança operacional. Deste modo, estas bombas só poderão ter o rodízio estendido após a vedação das caixas. Para isto, já que elas são em menor quantidade, terão prioridade de instalação da vedação perante outros equipamentos.

4 | CONCLUSÃO

As bombas centrífugas são equipamentos essenciais para o funcionamento de determinadas indústrias. Garantir a sua disponibilidade de operação é uma tarefa conjunta que o setor de produção e de manutenção realizam por meio da aplicação de boas práticas. O rodízio de operação de bombas é uma destas boas práticas, cuja finalidade é verificar a situação do equipamento (identificação de falha oculta) por análise de vibração, inspeção visual, dentre outros métodos. Nas bombas centrífugas, com a lubrificação dos mancais por banho de óleo e selagem da caixa feita por labirintos, o rodízio atua como medida paliativa para um problema que até pouco tempo não possuía solução tecnológica satisfatória. A vedação das caixas de mancal lubrificadas por banho de óleo não era confiável com os produtos disponíveis no mercado. Assim sendo optou-se, durante longo período, por manter a selagem por labirintos, que são eficientes para evitar o vazamento de óleo, mas apresentam uma possibilidade de contaminação do óleo com água quando estão na reserva.

Estender o período do rodízio é de interesse do setor de produção e da manutenção. No entanto, embora exista um modelo de selo para caixa de mancais com desempenho bastante satisfatório, a substituição destas vedações ocorre por ocasião, quando a bomba vai para a manutenção, o que demanda um período de vários anos para que seja possível realizar em todas as bombas. Desta forma, decidiu-se fazer o presente estudo para avaliar o real nível de contaminação do óleo com água quando as bombas estão na reserva.

O estudo foi realizado por amostragem. As bombas foram escolhidas conforme critérios operacionais, ambientais, risco quanto ao produto, tipo de acionamento, dentre outros. O estudo foi realizado em dois ciclos. O ciclo 1 para as bombas com rotor em balanço, que possuem apenas uma caixa de mancal, e o ciclo 2 para as bombas biapoiadas, que possuem duas caixas de mancal. Algumas bombas, devido a condições operacionais, não concluíram as três etapas do teste. Os resultados encontrados para cada grupo de bombas foram diferentes.

As bombas do ciclo 1 apresentaram baixo nível de contaminação, não alcançando 100 ppm de água no óleo, o que garante a operação com segurança, além de não impactar na vida útil do rolamento. As bombas do ciclo 2 apresentaram um elevado nível de contaminação. Em algumas amostras ocorreu a presença de água livre, a situação de maior risco.

A partir dos resultados encontrados concluiu-se que, para as bombas do ciclo 1 é possível estender o rodízio para o período máximo praticado (3x1). Já as bombas biapoiadas, só poderão ter o período de rodízio alterado após aplicação da vedação da caixa de mancais. Ainda assim, para os dois conjuntos de bombas, será preciso manter o acompanhamento da manutenção, uma vez que, como uma rotina comprovadamente eficaz será substituída, é necessário que seja feita uma fase de testes. Outra recomendação é que seja implementada uma sistemática na manutenção que garanta a substituição dos labirintos pelo selo de caixa de mancal, pois mesmo que esse estudo tenha demonstrado que o nível de contaminação é baixo, ele continua existindo, e, para a lubrificação em banho de óleo, o selo é a solução tecnológica mais apropriada para garantir a vida útil do rolamento, segurança operacional e a maior disponibilidade do equipamento.

REFERÊNCIAS

BLOCH, H.P. **Petrochemical Machinery Insights**. Elsevier, 2017

BUDYNAS, R.G.; NISBETT, J.K.. **Elementos de Máquinas de Shigley – Projeto de Engenharia Mecânica**. USA, Bookman, 8ª Edição, 2008

GEITNER, F.K.; BLOCH, H. P. **Machinery Failure Analysis and Troubleshooting**. 4ª Edition, Elsevier, 2012

KARASSIK, I. J. *et al.* **Pump Handbook Second Edition**, USA, 1986.

MACINTYRE, A.J. **Bombas e instalações de bombeamento**. Rio de Janeiro, 2ª Edição revista, LTC, 2014

MATTOS, E. E.; FALCO, R. **Bombas Industriais**. Rio de Janeiro, Interciência, 1998

MC NALLY, W. **Troubleshooting the ball bearings in a centrifugal pump**. World Pumps, p 28-29, Elsevier, 2006

NOBREGA, P. R. L. **Aumento da TMEF em mancais de bombas centrífugas**. 9º Fórum de Turbomáquinas, 27 a 30 de agosto de 2013, Rio de Janeiro

NSK, **Rolamentos**. Catálogo, 2013

RODDIS, A. **Reducing moisture contamination in bearing lubrication**. Sealing Technology, p 6-9, Elsevier, 2006

SKF, **Bearings in Centrifugal Pumps – Application Handbook**. USA, Version 8, 2012

ÍNDICE REMISSIVO

A

Açaí 87, 90, 92

Aglomerados 80, 81, 86

Água 7, 8, 26, 44, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 61, 69, 88, 89, 92, 95, 96, 97, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 119, 120, 121, 124, 125, 127, 128, 134, 135, 141, 142, 155, 156, 157, 158, 159, 164, 168, 169, 178

Alimentação 75, 133, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 167, 179, 186

B

Bagaço 160

Bagaço de Cana 80, 81, 83, 84, 85, 86, 177, 178, 179, 182, 183, 184, 185, 187

Bioclimatologia 70, 71, 72, 73, 74, 76, 79

C

Camada 8, 131, 136

Cenoura 120, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 142, 143

Citronela 59, 60, 61, 64, 65, 66, 67, 68

Climatizadores 105

CO₂ 7, 8, 59, 60, 65, 67, 69, 147, 154

Coagulação 155, 156, 157, 158, 159

Contaminação 44, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 55, 56, 57, 112

E

Efeitos 18, 32, 33, 34, 74, 75, 78, 96, 118, 120, 164, 167, 168, 170

Empíricos 34, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142

Ensaio 25, 27, 29, 30, 36, 51, 52, 53, 82, 90, 155, 181

Eucalipto 80, 81, 83, 84, 85, 86, 94, 95, 96

Extração 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 87, 88, 147, 150, 152, 154, 167, 170, 182

F

Fibra de Vidro 24, 25, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

Fluído 59, 88, 89

G

Gengibre 118, 119, 120, 121, 124, 126, 129, 130

Geometria 90, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129

GNSS 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Goma Xantana 87, 88, 89, 90, 92

I

Incêndio 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 50

Instituições Públicas 1

L

Licor 94, 95, 96, 98

Lubrificante 44, 46, 47, 48, 49, 50

M

Madeira 8, 17, 81, 86, 94, 95, 96, 104, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 182, 188

Malte 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172

Melhoria 27, 38, 39, 40, 42, 159, 166, 182

Mudança 1, 108, 120

O

Ordenhadeiras 105

P

pH 88, 97, 103, 104, 135, 140, 142, 155, 156, 157, 158, 178

Processos 29, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 69, 74, 118, 125, 130, 132, 133, 136, 146, 161, 165, 166, 171, 175, 176, 179

Produção 43, 44, 45, 52, 56, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 88, 89, 94, 95, 96, 104, 105, 106, 108, 117, 143, 147, 150, 154, 156, 166, 167, 170, 174, 188, 189

R

Resistência Elétrica 24, 25, 26, 27, 29, 36, 37

S

Secagem 89, 97, 118, 119, 120, 121, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 170

Sementes 96, 143, 155, 156, 157, 158, 159, 168

Soldagem 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 189

Sustentável 76, 94, 104, 145, 146, 149, 150, 154

T

Térmico 27, 74, 75, 81, 82, 86, 105, 106, 114, 117, 148

Transferência de Calor 7, 80, 81, 84, 119

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

AMPLIAÇÃO E APROFUNDAMENTO DE CONHECIMENTOS NAS ÁREAS DAS ENGENHARIAS 2


Ano 2020