



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 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 Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

**Diagramação:** Daphynny Pamplona  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Henrique Ajuz Holzmann

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2 / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0141-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.414222104>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2022

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

Na sociedade atual, onde cada vez mais se necessita de informações rápidas e eficientes, o repasse de tecnologias é uma das formas mais eficazes de se obter novas tendências mundiais. Neste cenário destaca-se as engenharias, as quais são um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmos de maneira mais eficaz. O aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral. Além disso a busca pela otimização no desenvolvimento de projetos, leva cada vez mais a simulação de processos, buscando uma redução de custos e de tempo.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. 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



## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**


MINIATURIZAÇÃO DE UM ARRANJO LOG-PERÍODICO QUASE-FRACTAL DE ANTENAS DE MICROFITA PARA APLICAÇÕES EM REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO NA FAIXA DE 2,44 GHZ

Elder Eldervitch Carneiro de Oliveira

Pedro Carlos de Assis Júnior

Vinícius Nunes de Queiroz

Marcos Lucena Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221041>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

A NORMATIZAÇÃO COMO MEIO DE INCENTIVO A DISSEMINAÇÃO DAS MICRORREDES ATRAVÉS DE POLÍTICA DE IMPOSTO E TARIFAÇÃO

Kelda Aparecida Godói dos Santos

Pedro André Zago Nunes de Souza

André Nunes de Souza

Haroldo Luiz Moretti do Amaral

Fábio de Oliveira Carvalho

Pedro da Costa Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221042>

### **CAPÍTULO 3..... 27**


ESTUDO DO CONSUMO RESIDENCIAL DE ÁGUA VIA IOT EM RESERVATÓRIO COM CONTROLE DE NÍVEL AUTOMATIZADO

Eduardo Manprin Silva

Luís Miguel Amâncio Ribeiro

Selton de Jesus Silva da Hora

Rogério Luis Spagnolo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221043>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

SISTEMA SUPERVISÓRIO E CONTROLE MIMO ATRAVÉS DE LÓGICA

Márcio Mendonça

Gilberto Mitsuo Suzuki Trancolin

Marta Rúbia Pereira dos Santos

Carlos Alberto Paschoalino

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Francisco de Assis Scannavino Junior

José Augusto Fabri


Edson Hideki Koroishi

André Luís Shiguemoto

Celso Alves Corrêa

Kazuyochi Ota Junior

Odair Aquino Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221044>

**CAPÍTULO 5..... 50**

**EMPILHADEIRA AUTOMÁTICA**

Camila Baleiro Okado Tamashiro


Edison Hernandez Belon

Gabriel Pucharelli Molina

Filipe Cortez

Joao Victor de Elmos da Silva


Joao Vitor da Silva Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221045>

**CAPÍTULO 6..... 53**

**INTENSIVE RAINFALLS AND IONIZING RADIATION MEASUREMENTS IN FEBRUARY 2020 IN SÃO JOSÉ DOS CAMPOS BRAZIL REGION**

Inacio Malmonge Martin

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221046>

**CAPÍTULO 7..... 62**

**ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO**


Cristofer Vila Nova Fontes

Marcelo Bergamini de Carvalho

João Mauricio Godoy

Sérgio Roberto Montoro

Amir Rivaroli Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221047>

**CAPÍTULO 8..... 71**

**PULSE TRANSIT TIME DETECTS CHANGES IN BLOOD PRESSURE IN RESPONSE TO GALVANIC VESTIBULAR STIMULATION AND POSTURE**


Adriana Pliego Carrillo

Rosario Vega

Daniel Enrique Fernández García

Claudia Ivette Ledesma Ramírez

Enrique Soto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221048>


**CAPÍTULO 9..... 78**

**EVIDENCIA INICIAL DE LAS ACCIONES DE ADAPTACIÓN DE EMPRESAS COLOMBIANAS A LA PANDEMIA CAUSADA POR EL SARS-COV2**

Lucas Adolfo Giraldo-Ríos

Jenny Marcela Sanchez-Torres

Diana Marcela Cardona Román

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4142221049>

**CAPÍTULO 10..... 85**

**AVALIAÇÃO DO CONFORTO HUMANO DE PISOS MISTOS (AÇO-CONCRETO)**


## SUBMETIDOS A CARGAS DINÂMICAS RÍTMICAS

Elisângela Arêas Richter dos Santos

Karina Macedo Carvalho

Miguel Henrique de Oliveira Costa

José Guilherme Santos da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210410>

## **CAPÍTULO 11..... 100**

### PANORAMA DAS POLÍTICAS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPP'S) EM AEROPORTOS BRASILEIROS

Débora Comin Dal Pozzo

Caroline Miola

Humberto Anselmo da Silva Fayal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210411>

## **CAPÍTULO 12..... 112**

### ENCERRAMENTO DE ATIVIDADE INDUSTRIAL: DIRETRIZES PARA DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DE DESATIVAÇÃO

Loiva Zukovski

Marlene Guevara dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210412>

## **CAPÍTULO 13..... 125**

### USO DE INDICADORES SOCIOAMBIENTAIS PARA ANÁLISE DOS IMPACTOS DO USO PÚBLICO NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL, PORTO SEGURO - BA

Bianca Rocha Martins

Michele Barros de Deus Chuquel da Silva

Gabriela Narezi

Valter Antonio Becegato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210413>


## **CAPÍTULO 14..... 138**

### AVALIAÇÃO DE NÍVEL DE MATURIDADE DE CULTURA DE SEGURANÇA EM ORGANIZAÇÃO DO TERCEIRO SETOR

Rodrigo Ferreira de Azevedo

Gilson Brito Alves de Lima

Licínio Esmeraldo da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210414>

## **CAPÍTULO 15..... 152**

### THE EVOLUTION OF REGULATION OF THE AIR NAVIGATION ACTIVITY IN BRAZIL

Marcus Vinicius do Amaral Gurgel


Jefferson Luis Ferreira Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210415>

**CAPÍTULO 16..... 169**

**ESTUDO DE *BACKGROUND* GEOQUÍMICO ambiental em ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA (aid) DA MINERAÇÃO**


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Gabriel Melzer Aquino  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
João Santiago Reis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210416>

**CAPÍTULO 17..... 183**

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE DRENAGEM ÁCIDA E LIXIVIAÇÃO DE METAIS EM PILHAS DE ESTÉRIL E BARRAGEM DE REJEITOS DE MINERAÇÃO**

Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Flávio de Moraes Vasconcelos  
Hairton Costa Ferreira  
Marcos Rogério Palma  
Denner Dias Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210417>

**CAPÍTULO 18..... 197**

**ESTUDO DE TRATABILIDADE DA ÁGUA DA CAVA DA MINERAÇÃO RIACHO DOS MACHADOS PARA DESCARTE DO EFLUENTE**


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Igo de Souza Tavares  
Ernesto Machado Coelho Filho  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210418>

**CAPÍTULO 19..... 204**

**MEDIÇÃO DE DESCARGA LÍQUIDA: MÉTODO DO MOLINETE NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ (RONDÔNIA)**

Renato Billia de Miranda  
Frederico Fábio Mauad  
Denise Parizotto


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210419>

**CAPÍTULO 20..... 218**

**APLICAÇÃO DE MATRIZ FILTRANTE DESFLUORETADORA, COMPOSTA POR SISTEMA CÉRIA/CARVÃO ATIVADO DE COCO (*Coccus nucifera* L.), EM ÁGUAS COMPLEXAS DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

Carlos Christiano Lima dos Santos  
Poliana Sousa Epaminondas Lima  
João Jarllys Nóbrega de Souza  
Tainá Souza Silva  
Rodrigo Lira de Oliveira  
Carlo Reillen Lima Martins

Ilauro de Souza Lima  
Ana Sabrina Barbosa Machado  
Maria Soraya Pereira Franco Adriano  
Alexandre Almeida Júnior  
Isabela Albuquerque Passos Farias  
Fabio Correia Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210420>

**CAPÍTULO 21.....233**

RESPONSIBLE MANAGEMENT OF XANTHATES TO ENSURE THE SUSTAINABILITY OF MINING INDUSTRIES IN LATIN AMERICA


Maria Andrea Atusparia Cierro  
Fredy Castillejo  
Gloria Valdivia  
María Atusparia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210421>

**CAPÍTULO 22.....251**

COBERTURA DE PILHA DE ESTÉRIL EM CLIMAS SEMI-ÁRIDOS


Flávio de Moraes Vasconcelos  
Nathália Augusta Ferreira Sales Coutinho  
Michael Milczarek  
Rodrigo Dhryell Santos  
Luiz Lourenço Fregadolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210422>

**CAPÍTULO 23.....258**

SÍNTESE E QUEBRA DE EMULSÃO ÓLEO EM ÁGUA (O/A) VIA AQUECIMENTO E ADITIVAÇÃO COM NONILFENOL POLIETOXILADO

Heithor Syro Anacleto de Almeida  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Diego Ângelo de Araújo Gomes  
Rafael Stefano Costa Mallak,  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210423>

**CAPÍTULO 24.....268**

DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÃO (O/A) DO PETRÓLEO BRUTO UTILIZANDO ÁLCOOL LAURÍLICO ETOXILADO ALIADO A VARIAÇÃO DA TEMPERATURA

Rafael Stefano Costa Mallak  
Heithor Syro Anacleto de Almeida,  
Geraldine Angélica Silva da Nóbrega  
Francisco Klebson Gomes dos Santos  
Alyane Nataska Fontes Viana  
Diego Angelo de Araujo Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210424>

<b>CAPÍTULO 25.....</b>	<b>280</b>
ESTUDIO PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN POR MEDIO DELA COMBUSTIÓN DEL GAS METANOS IN REALIZAR UNA RECUPERACIÓN ENERGÉTICA	
Vilma Del Mar Amaya Gutiérrez	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425">https://doi.org/10.22533/at.ed.41422210425</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>285</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>286</b>

# CAPÍTULO 7

## ANÁLISE DE FALHA DE QUEBRA DE MANCAL SNH517 EM FERRO FUNDIDO CINZENTO EN GJL-200 (EN 1561) EM REGIME DE TRABALHO

*Data de aceite: 01/02/2022*

### **Cristofer Vila Nova Fontes**

Villares Metals S.A., R. Alfredo Dumont Villares  
Sumaré – SP, Brasil

### **Marcelo Bergamini de Carvalho**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba  
Pindamonhangaba-SP, Brasil

### **João Mauricio Godoy**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba  
Pindamonhangaba-SP, Brasil

### **Sérgio Roberto Montoro**

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba  
Pindamonhangaba-SP, Brasil

### **Amir Rivaroli Junior**

Anhanguera Educacional Participações S.A  
Pindamonhangaba-SP, Brasil

**RESUMO** – Neste trabalho foi estudado a análise de falha de quebra de um mancal, fabricado em ferro fundido cinzento, conforme norma EN - GJL – 200 (EN 1561) montado em um conjunto de um recirculador de ar quente, utilizado para homogeneização de temperatura de um forno elétrico de tratamento térmico. No estudo foram levantadas as evidências que levaram a ocorrência da falha que levou a quebra em serviço. Foram utilizadas ferramentas de análise de vibração, guia de diagnóstico de falhas em elementos rotativos, ensaios de laboratório para se verificar a microestrutura do material e dados operacionais. Após análise e estudo desses

dados foi possível identificar as causas que levaram a quebra do mancal. Concluiu-se que a folga existente entre a base e a tampa oposta do mancal que quebrou estava excessiva devido a parafusos soltos ocasionando desbalanceamento e desalinhamento do conjunto. Ocorreu também falha de lubrificação que agravou mais ainda a condição de operação.

**PALAVRAS-CHAVE:** análise de vibração, ferro fundido cinzento, mancal, recirculador.

**ABSTRACT:** In this work, the analysis of failure of a bearing, made of gray cast iron, according to EN - GJL - 200 (EN 1561) was studied, mounted on a set of a hot air recirculator, used for temperature homogenization of an oven. electrical heat treatment. In the study, the evidences that led to the occurrence of the failure that led to the breakdown in service were raised. Vibration analysis tools, fault diagnosis guide in rotating elements, laboratory tests were used to verify the microstructure of the material and operational data. After analyzing and studying these data, it was possible to identify the causes that led to the bearing break. It was concluded that the gap between the base and the opposite cover of the bearing that broke was excessive due to loose screws causing unbalance and misalignment of the set. Lubrication failure also occurred which further worsened the operating condition.

**KEYWORDS:** Vibration analysis, gray cast iron, bearing, recirculator.

## INTRODUÇÃO

Elementos de máquinas falham por

causas diversas e relativamente conhecidas, porém, a busca da longevidade dos componentes sempre foi procurada pelos projetistas, construtores e manutentores. Diante disso, uma das principais falhas que ocorrem nesses componentes é a fratura. Conforme (Ormonde; Pinezi; Mollo, 2014), existe uma constante busca das indústrias em reduzir o tempo de parada provocado pelas quebras em equipamentos e paradas em seu processo produtivo. Procura-se melhorar as estruturas e componentes mecânicos, fazendo com que cada vez mais esses materiais sofram esforços maiores e melhoria contínua. Isso faz com que a cada dia sejam desenvolvidas novas técnicas para prever possíveis falhas e evitar paradas indesejáveis.

Mesmo assim, ainda hoje ocorrem falhas em equipamentos que levam a prejuízos de toda ordem, para os quais são necessários estudos específicos de componentes mecânicos e suas atuações no conjunto do equipamento, necessitando a realização de análise de falhas para identificar as causas e evitar futuras reincidências. Segundo (Piccoli, 2007), a excentricidade é uma das causas comum de falhas devido a vibrações em máquinas rotativas.

Neste trabalho foram analisadas as causas que levaram a quebra do mancal integrante de um conjunto de recirculador de ar quente de um forno elétrico de tratamento térmico. O estudo visou mostrar de maneira simples e objetiva, por meio de ensaios de laboratório, dados de análise de vibração e guia de diagnóstico de falha, a hipótese mais coerente que levou a ocorrer esta falha.

## **METODOLOGIA**

O trabalho de análise de quebra de mancal foi realizado em uma empresa siderúrgica do Vale do Paraíba, no setor de beneficiamento de peças fundidas. Os recirculadores de ar de fornos elétricos de tratamento térmico são equipamentos importantes, pois atinjida a temperatura programada no forno, são ligados os recirculadores, (que ficam nas extremidades), para realizarem a circulação do ar quente, equalizando sua temperatura em todos os pontos da peça tratada, para que haja uma homogeneidade no tratamento. A figura 1 demonstra o esquema de um sistema de transmissão do mancal com a ventoinha de recirculação e a figura 2 demonstra o eixo e os mancais do conjunto do recirculador.



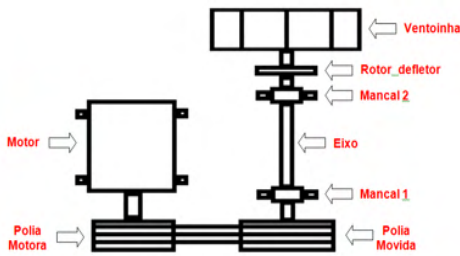


Figura 1 – Sistema de transmissão do mancal.

Fonte: O autor.



Figura 2 – Eixo e mancais do conjunto.

Fonte: O autor.

A análise de falha foi realizada em decorrência de quebra do mancal SNH 517, em ferro fundido, durante seu regime de trabalho. Conforme vistos nas figuras 1 e 2, este mancal é parte integrante, de do conjunto recirculação de ar utilizado em fornos elétricos de tratamento térmico. Foram realizadas análises metalográficas de uma amostra do ponto onde ocorreu a fratura no mancal para verificar o tipo de fratura ocorrida e condição física do mancal após a quebra. Foi verificado também através da metodologia da análise de vibração o seu espectro, gráfico de tendência e frequência de falhas de rolamentos da última análise em seu conjunto, para verificar o embasamento na relação entre a quebra e o nível de vibração que havia no equipamento, e para se fazer um paralelo entre as constantes vibrações e a quebra do mancal.

O mancal utilizado nestes equipamentos é do tipo SNH 17, fabricado em ferro fundido cinzento EN GJL-200 (EN1561), utilizados em pares para sustentação de um eixo, que gira a uma rotação determinada de acordo com o seu tipo de aplicação, e esse momento girante faz com que o mancal fosse submetido a esforços repetitivos em cada ciclo, em todas as direções, variando em direções mais específicas dependendo do tipo de carga utilizada. As figuras 3 e 4 mostram respectivamente um mancal novo, idêntico ao que ocorreu a falha, mostrando as duas partes internas do mancal bipartido (alojamento de rolamentos, retentores e anéis espaçadores), em sequência o mancal fechado com as duas partes posicionadas para fixação.



Figura 3 – Face interna do mancal.

Fonte: O autor.



Figura 4 – Mancal fechado com os parafusos fixados.

Fonte: O autor.

#### a) Comparativo de condições funcionais

Após a fratura foram comparados a parte inferior do mancal, onde ocorreu a fratura com outro mancal novo em condições ideais de trabalho, para se poder compreender o real motivo da fratura.

#### b) Dados de análise de vibração antes da quebra

Foram realizadas medições do espectro de velocidade anterior a quebra do mancal, foram encontrados desbalanceamentos e folgas do conjunto, demonstrando estado de saturação, com folgas nos mancais, sendo perceptível ao aproximar-se do conjunto em operação.

#### c) Análise metalográfica do mancal quebrado

Foram realizados ensaios de micrografia, dureza e composição química no mancal para se verificar se estavam dentro das especificações e atendiam as características informadas pelo fabricante.

## RESULTADOS

#### a) Resultados das condições funcionais.

Foram realizadas as análises da base inferior de um mancal novo e da base inferior do mancal que sofreu a quebra, podemos notar que a quebra ocorreu a partir de uma possível trinca (figura 6) e que na sequência, partiu de forma brusca, fazendo com que os dois parafusos de fixação da parte superior do mancal na inferior fossem cisalhados, partindo o mancal na parte central inferior. Observando a figura 7 podemos verificar o aspecto brilhoso do ponto onde ocorreu a quebra do mancal, o que indica uma possível ruptura brusca. As figuras 5 a 7, mostram a base inferior do mancal novo, base inferior do mancal fraturado e o detalhe da face rompida.



Figura 5 – Mancal novo.

Fonte: O autor.



Figura 6 – Base mancal fraturado.

Fonte: O autor.



Figura 7 – Detalhe da face rompida

Fonte: O autor.

#### b) Resultados de análise de vibração antes da quebra.

Em medições realizadas antes da quebra foi encontrado desbalanceamento do conjunto com valor de 17,5 mm/s, e folga com harmônicos de até 10xRPM, demonstrando estado de saturação do conjunto, com folgas nos mancais, sendo perceptível ao aproximar-se do conjunto em operação. Na figura 8 é mostrado a medição na posição axial (3AA) evidenciando desalinhamento angular do conjunto entre polias do eixo do motor e do eixo do ventilador também indicado por 1 X RPM. Na figura 9, com a medição realizada no ponto 3(HE3), mostra o valor de aceleração de 32,97 gE, caracterizado pelo “descolamento de carpete”, causado diretamente por falta de lubrificação.

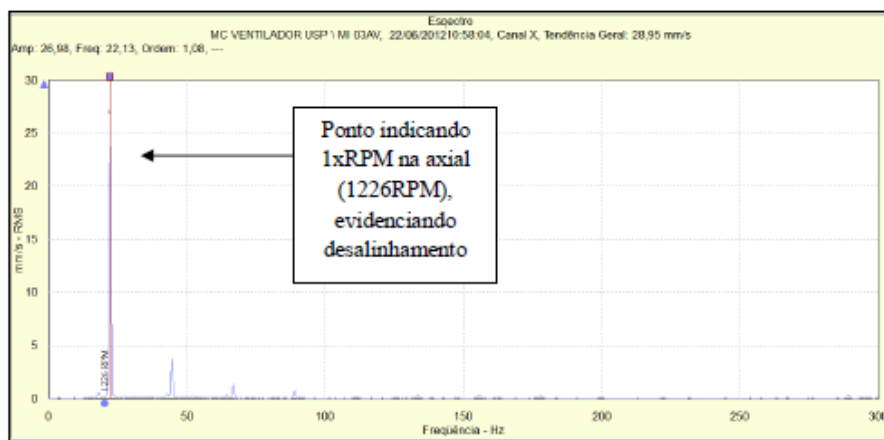


Figura 8 - Espectro de velocidade em mm/s posição axial do mancal analisado.

Fonte: O autor.

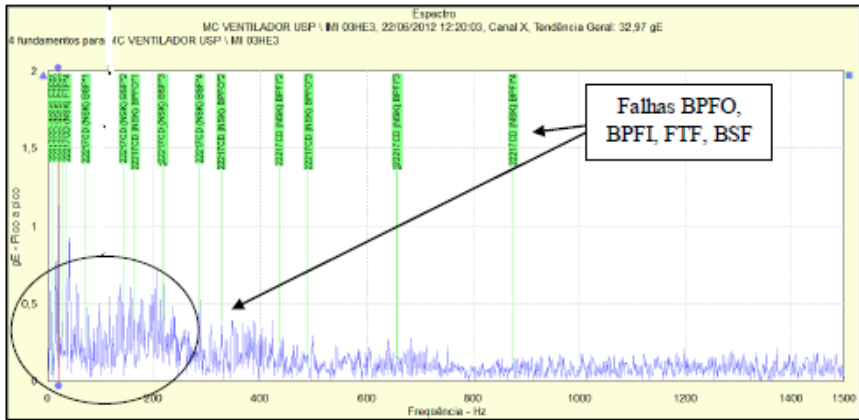


Figura 9 - Espectro de aceleração do mancal analisado.

Fonte: O autor.

### c) Resultados de análise microestrutural, composição química e dureza

A figura 10 mostra a microestrutura da parte onde ocorreu a fratura frágil do mancal, aumentada 500X, indicando a região composta de grafita lamelar grosseira, em matriz composta por perlita lamelar, predominando na amostra. Para a análise metalográfica foi utilizado o reagente químico Nital 3%, composição 3 mL de ácido nítrico concentrado (HN03) e 97 mL de álcool.

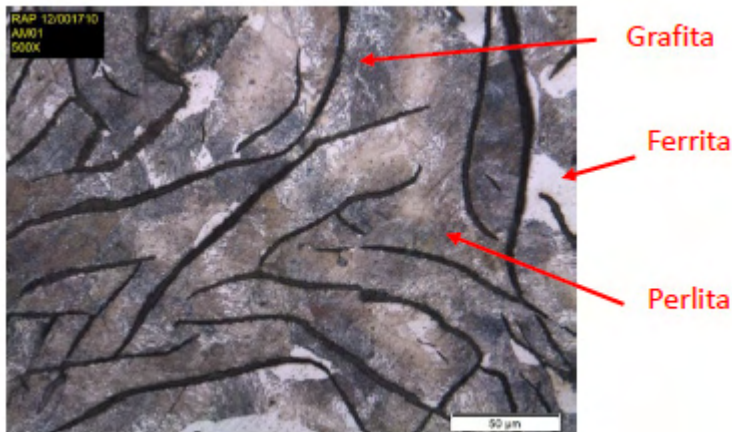


Figura 10 – Micrografia do ponto de fratura.

Fonte: O autor.

Realizado ensaio de dureza HB, segundo norma ISO 6508-1, onde foram encontrados os valores de 138 HRB, na parte do mancal analisada. Em comparação com a norma, este se encontra fora da dureza mínima exigida pela DIN EN 1561 (170 a 229 HRB), constatando

que o material estava com dureza inferior a normatizada. Realizado também ensaio de análise química no mancal, com os mesmos objetivos de comparação já descritos, e foram verificados a seguinte composição conforme tabela 1.

Elementos químicos	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Dureza
Percentual encontrado	3,75	2,86	0,55	0,107	0,025	0,0	0,04	138 HB
Norma EN-GL-200 (DIN EM 1561)	3,00	1,90	0,60	0,15	0,15	0,25	3,00	170
	a	a	a	Máx.	Máx.	a	a	a
	3,60	2,40	0,90			0,40	3,60	229 HB

Tabela 1- Composição Química.

Fonte: o autor.

#### d) Falhas mecânicas encontradas após a quebra

As figuras 11 e 16, mostram a condição do mancal onde ocorreu a quebra, logo após sua ocorrência. Nota-se que a maior parte de seus roletes já apresentavam problemas, não se encontravam no rolamento, fazendo com que sua pista externa ficasse torcida. A figura 14 mostra o mancal oposto ao da quebra, com uma folga de aproximadamente 4mm entre a parte superior e inferior do mancal. Percebe-se na figura 16 que o mancal já havia iniciado o princípio de fadiga pelas colorações apresentadas na fratura. Há também uma folga de aproximadamente 1mm entre a base do mancal e a base de fixação, causada devido ao parafuso de fixação estar solto.



Figura 11 - Mancal dianteiro depois de parada.

Fonte: O autor.



Figura 12 – Vista frontal do rolamento danificado.

Fonte: O autor.



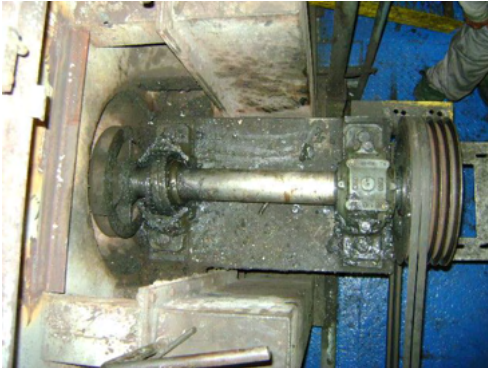


Figura 13 - Vista geral do recirculador.

Fonte: O autor.



Figura 14 – Folga na tampa do mancal.

Fonte: O autor.



Figura 15 – Parte traseira com base improvisada.

Fonte: O autor.



Figura 16 – Vista frontal do ponto de rompimento.

Fonte: O autor.

## DISCUSSÃO

Com base nos dados analisados, foi possível determinar que diversos fatores influenciaram diretamente ou indiretamente para quebra do mancal estudado. Observando as análises das figuras 6 e 7, podemos verificar o aspecto do mancal após a ocorrência da quebra, onde foi possível notar a aparência cristalina da maior parte da área fraturada, e no seu canto inferior direito, com uma coloração escura na trinca, determinando o início da fratura do mancal, indicando como uma das causas a fadiga do conjunto.

Somando os dados dos dois gráficos de vibração (figuras 8 e 9) observamos a situação crítica em que se encontrava o mancal durante regime de trabalho, dando indícios de uma possível falha operacional a qualquer momento, havendo a necessidade de uma intervenção imediata, porém não foi possível fazer a intervenção de imediato devido ao forno estar em ciclo de tratamento térmico.

Acrescentado- se a análise pode-se notar outro ponto importante, mas pouco

observado em avaliações em geral, a base do motor que aciona o conjunto do recirculador estava com parafuso de fixação espanado, não dando aperto neste ponto, o que causa torção no motor e desalinhamento da correia de transmissão (desalinhamento angular), ajudando no aumento da vibração do conjunto influenciando na quebra do componente.

## CONCLUSÃO

Podemos concluir após as análises realizadas do mancal fraturado do recirculador do forno de tratamento térmico que a quebra não foi um acidente ou fato casual, ocorreram vários erros que foram detectados, que somados levaram a ocorrer a falha. A causa principal da quebra, foi a vibração do conjunto, causada em parte pelo desbalanceamento e falta de aperto de parafusos de fixação, somados a uma manutenção ineficiente.

As análises metalográfica, química e de dureza, também foram relevantes e mostraram uma certa influência, de uma maneira menos direta, na quebra do mancal, principalmente pelo aumento do carbono e silício, e com a evidência de lamelas de grafita grosseira na microestrutura, evidenciando uma maior fragilidade.

Também não podemos deixar de destacar a falta de manutenção ocorrida no equipamento, que fez com que vários pontos críticos passassem despercebidos, agravando a condição de operação do recirculador.

## REFERÊNCIAS

Almeida M., T. e Góz R., D., S., 2000, “Análise de Vibrações II - Rolamentos e Engrenagens”, Fundação de Pesquisa e Assessoramento a Indústria, Itajuba-MG, Brasil, pp. 102-106.

ASM HANDBOOK, Vol. 09 Metallography and Microstructures, ASM International The Materials Information Company, 2004.

COLPAERT, H. Metalografia dos Produtos Siderúrgicos Comuns. 4ªed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008.

Ormonde J.P., Pinezi V. R., Mollo M.N., ‘Monitoramento de Vibrações em Mancais com Acelerômetro’, Revista Engenho, Vol. 9, Unianchieta, 2014

Piccoli, H. C., “Análise e diagnóstico de vibrações”, unidade 7, FURG (Universidade Federal do Rio Grande), 2007.

Reis, R. A., Lacerda A. L. M., Lamim Filho, P., C. M., Brito, J. N2010, “Estudo da decomposição de sinal por Wavelet para diagnosticar defeitos em rolamentos”, 9º SIMMEC, Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei, MG, Brasil.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ações humanas rítmicas 85, 87, 98

Aeroporto 100, 103, 104, 106, 107, 108, 110

Água 15, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 103, 115, 122, 124, 169, 170, 171, 172, 174, 180, 181, 184, 194, 195, 197, 198, 199, 202, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 229, 230, 231, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 274, 275, 276, 277, 279

Análise de conforto humano 85, 97

Análise de vibração 62, 63, 64, 65, 66, 98

Áreas contaminadas 112, 114, 115, 116, 117, 120, 122, 123, 124, 170, 181

### B

Background geoquímico 169, 170, 171, 172, 173, 176, 178, 180, 181, 182

Banho termostático 258, 259, 262, 269, 274

### C

Cobertura de pilha de estéril 251

Comunicação sem fio 1

Concessões 100, 108, 109, 110, 135

Consumo de água 27, 28, 29, 30, 32, 220

Controle de nível 27, 28, 29, 30, 31

Controle Fuzzy-PID 35

Cultura 27, 61, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 148, 149, 150, 151, 168, 232

Curva de koch 1

### D

Desativação de atividades 112

Desativação De Atividades 112, 113, 119

Descarte emergencial 197, 198

Desemulsificação 258, 259, 266

Desestabilização da emulsão 269, 273

Desfluoretação 219

Drenagem ácida de mina 184, 252



## **E**

Emulsão O/A 258, 259, 269

Energias renováveis 14, 15, 16, 17, 20, 232

## **F**

Fermentação alcoólica 35, 36, 39, 41, 44, 48

Ferro fundido cinzento 62, 64

Fluorose 219, 220

## **I**

IoT 2, 27, 28, 29, 33

## **L**

Lixiviação de metais 183, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 252

## **M**

Mancal 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70

Maturidade 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150

Medição de grandes rios 204

Método do molinete 204, 205, 215

Microrredes 14, 15, 21, 23, 24

Mineração de ouro 197, 251

## **N**

Normas 13, 24, 79, 97, 98, 102, 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 122, 134, 139, 141, 142, 181, 195, 203, 281

Normatização 14, 15, 17, 18, 20, 24

## **O**

Organização 15, 28, 128, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 220

## **P**

Parcerias público-privadas 100, 102, 103, 104, 109, 110

Pisos mistos de edificações 85

## **Q**

Qualidade da energia 14, 19, 20

Quebra da emulsão 258, 259, 261, 264, 265, 269, 273, 274

## **R**

Recirculador 62, 63, 69, 70

Residencial 27, 29, 31

## **S**

Segurança 18, 20, 21, 39, 43, 50, 106, 118, 120, 133, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151

Separação O/A 269

Setor aeroportuário 100, 101, 109

Sistema multivariável 35

Sistemas supervisórios 35, 36

Sustentabilidade 17, 20, 102, 116, 123, 219

## **T**





Tensoativos 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 274, 275, 276, 277, 278, 279

## **V**

Vazão 27, 31, 172, 198, 204, 205, 208, 209, 212, 213, 214, 215, 216



# As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento 2

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



# As **engenharias** agregando conhecimento em setores emergentes de **pesquisa e desenvolvimento 2**

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