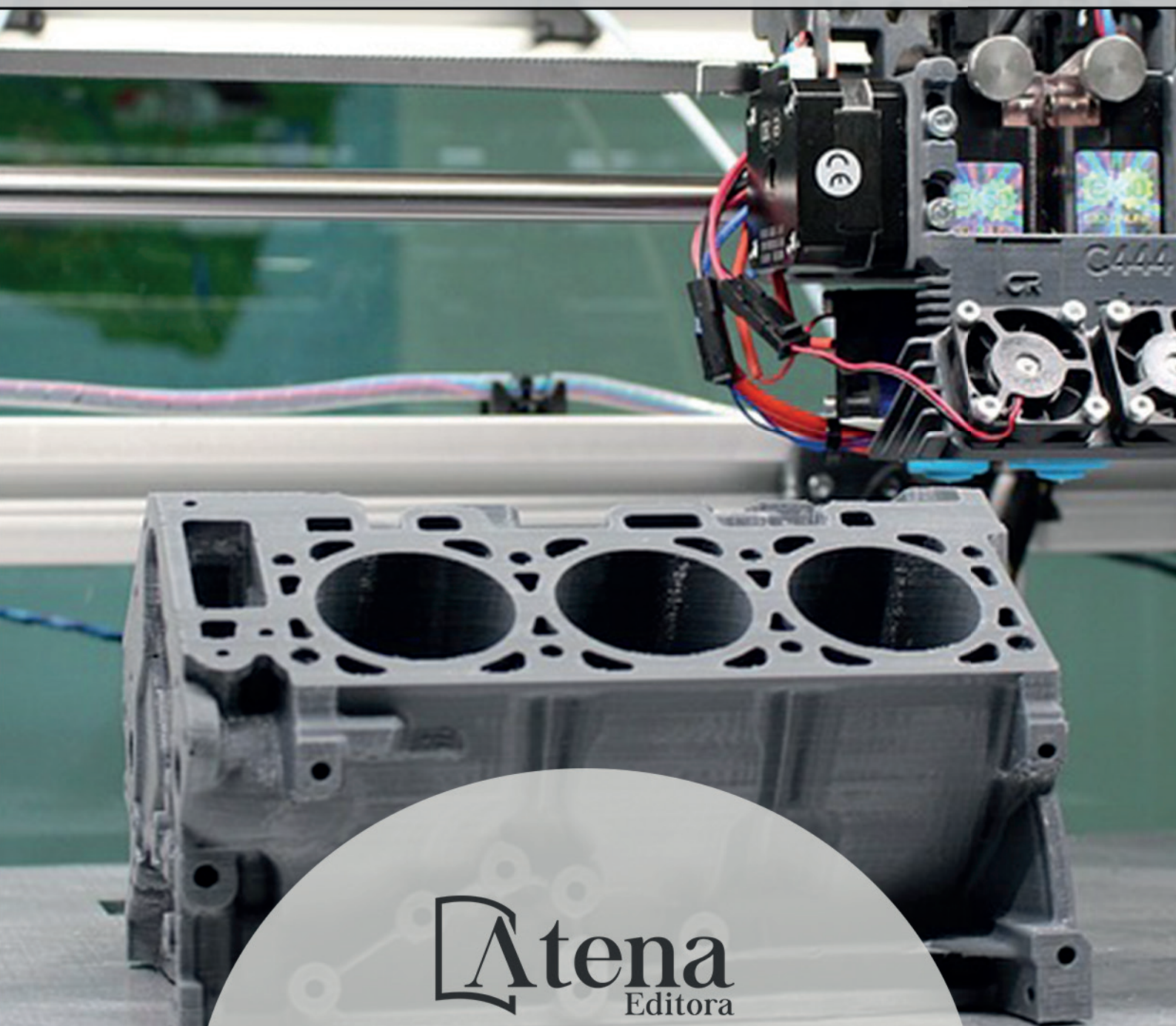


# Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**Franciele Bonatto**  
**Henrique Ajuz Holzmann**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

E57 Engenharias mecânica e industrial [recurso eletrônico] : projetos e fabricação / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
ISBN 978-85-85107-76-5  
DOI 10.22533/at.ed.765180511

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica.  
3. Produtividade industrial. I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.

CDD 670.427

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

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

## APRESENTAÇÃO

Surgida durante a Revolução Industrial na Europa no século XVIII, a Engenharia Mecânica de maneira sucinta, pode ser definida como o ramo da engenharia que se dedica a projetos, produção e manutenção de máquinas.

Nesta obra é conciliado estes dois fundamentos que são pilares na profissão de engenheiro mecânico; Projetos e fabricação. Felizmente é possível perceber que estes dois fundamentos da engenharia mecânica e industrial continuam sendo pontos fortes da formação de profissionais nesta área e dos docentes pesquisadores envolvidos neste processo.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de projetos e fabricação no âmbito da engenharia.

Trabalhos envolvendo caracterização de materiais são importantes para a execução de projetos dentro de premissas de desempenho e econômicas adequadas. Eles continuam a ser a base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais para o design do produto em concepção.

Dentro deste livro também são contemplados temas eminentemente práticos emissão de motores de combustão interna, bancadas didáticas de bombeamento, tuneis de vento além de problemas clássicos da indústria como tubulações e lubrificação.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DO AÇO SAE 1020	
<i>Amadeu Santos Nunes Junior</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
AJUSTE DE CURVAS DOS PARÂMETROS DE SOLIDIFICAÇÃO PARA AÇOS PRODUZIDOS POR LINGOTAMENTO CONTÍNUO	
<i>Lisiane Trevisan</i>	
<i>Juliane Donadel</i>	
<i>Bianca Rodrigues de Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E DEFINIÇÃO DO PERCENTUAL DE CARBONO DE UM AÇO POR MEIO DA METALOGRAFIA QUANTITATIVA	
<i>Felipe Gomes dos Santos</i>	
<i>Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE COMPÓSITOS SANDUÍCHE COM NÚCLEO DE MADEIRA Balsa MEDIANTE ENSAIO DE DOBRAMENTO TRÊS PONTOS	
<i>Denilson Pablo Cruz de Oliveira</i>	
<i>Renata Portela de Abreu</i>	
<i>Pedro Augusto Silva de Sousa</i>	
<i>Abimael Lopes de Melo</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA PELO MÉTODO DE PLACA QUENTE	
<i>Wênio Fhará Alencar Borges</i>	
<i>Eduardo Corte Real Fernandes</i>	
<i>Oyama Douglas Queiroz de Oliveira Filho</i>	
<i>Alex Maurício Araújo</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA A PARTIR DA VARIAÇÃO NA REGULAGEM DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO	
<i>Fernanda de Souza Silva</i>	
<i>Adriano Sitônio Rumão</i>	
<i>Marcos da Silva Gonçalves Júnior</i>	
<i>Daniel Lira da Silva Figueiredo</i>	
<i>Bráulio Alexandre Alves de Lima</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES DO MOTOR HORIZONTAL BRIGGS AND STRATTON INTEK 10 HP BAJA SAE	
<i>Bruno Silvano da Silva</i>	
<i>Daniel Willemam Trindade</i>	
<i>Elias Rocha Gonçalves Júnior</i>	
<i>Virgínia Siqueira Gonçalves</i>	
<i>Claudio Luiz Melo de Souza</i>	

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

ROTEIRO TÉCNICO PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS UTILIZADAS EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

*Ismael de Marchi Neto*  
*Rodrigo Corrêa da Silva*  
*Mateus de Souza Goulart*  
*Rafael Sene de Lima*  
*Ricardo de Vasconcelos Salvo*

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO DE PARADAS DE ÔNIBUS EM TERESINA-PI

*Wênio Fhará Alencar Borges*  
*Armystron Gonçalves Ferreira Araújo*  
*Alexsione Costa Sousa*  
*Luciane Norberto Menezes de Araújo*  
*Maria Onaira Gonçalves Ferreira*

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVA DE CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

*Janio Marreiros Gomes,*  
*Ighor Caetano Silva Ferreira,*  
*Adriano do Amor Divino Guilhon Serra,*  
*Paulo Roberto Campos Flexa Ribeiro Filho,*  
*Wellington de Jesus Sousa Varella,*  
*Thymisson Sousa da Paixão,*

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

*Rafael Costa Da Silva*  
*Luiz Carlos Cordeiro Junior*  
INTRODUÇÃO À ANÁLISES HIDRÁULICAS ATRAVÉS DO ESTUDO DO COMPRIMENTO CARACTERÍSTICO EM TUBULAÇÕES

**CAPÍTULO 12 ..... 132**

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI TUNEL DE VENTO DIDÁTICO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS AERODINÂMICOS

*Diógenes Leite Souza*  
*Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 13 ..... 151**

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS NO MOTOR DO CARRO ARRANCADA

*Paulo Rutenberg Madeira Santos*  
*Higor Leandro Veiga da Silva*

**CAPÍTULO 14 ..... 158**

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO

*Ana Cláudia Marques*  
*Bruno Henrique Viana Mendes*  
*Jorge Nei Brito*

**CAPÍTULO 15 ..... 167**

MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM MEIOS LÍQUIDOS NA OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

*Vagner dos Anjos Costa*  
*Cochiran Pereira dos Santos*

*Antonio Cardoso Ferreira  
Jubiraí José Galliza Júnior  
Fabrício Oliveira Silva  
Fabio Santos de Oliveira  
Silvio Leonardo Valença*

**CAPÍTULO 16..... 179**

ESTUDO EXPERIMENTAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE ONDAS E CORRENTES MARÍTIMAS

*Reginaldo Nunes da Silva  
Patrícia do Nascimento Pereira  
Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 17 ..... 186**

USO DO SENSOR HC – SR04 COM O ARDUINO UNO: UMA ANÁLISE DE ERROS DE MEDIÇÃO ENVOLVENDO AS BIBLIOTECAS ULTRASONIC E NEW PING

*Lucas Santin Bianchin  
Rogério Bido  
Vanessa Carina Dal Mago  
Alexsander Furtado Carneiro*

**CAPÍTULO 18..... 198**

MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ATRAVES DA IMPLANTAÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E SISTEMA SCADA EM WINCC RT

*Fabrício Roosevelt Melo da Silva  
Diego Antônio de Moura Fonseca  
Andrés Ortiz Salazar*

**SOBRE O ORGANIZADORES..... 213**

## MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM MEIOS LÍQUIDOS NA OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

### **Vagner dos Anjos Costa**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Cochiran Pereira dos Santos**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Antonio Cardoso Ferreira**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Jubirai José Galliza Júnior**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Fabício Oliveira Silva**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Fabio Santos de Oliveira**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

### **Silvio Leonardo Valença**

Estácio de Sá, Faculdade de Engenharia  
Mecânica  
Aracaju – Sergipe

chamada de condutância específica, é utilizada para especificar o caráter elétrico de um material, indicativa da facilidade com a qual este, como uma solução, é capaz de conduzir uma corrente elétrica. A importância de se conhecer a condutividade está inteiramente relacionada à solução de diversos problemas envolvendo a engenharia industrial e de processos, como a incrustação de sais nos processos envolvendo geração de vapor em caldeira, que necessita de cuidados especiais no que se refere à qualidade da água para evitar-se problemas durante a execução destes serviços devido à precipitação de sais danificando e atuando em falhas dos seus componentes. Em vista desta problemática, foi proposta a elaboração do projeto e a montagem de um condutímetro portátil com elevado custo benefício para aplicações em diversos setores. Foi notado que a capacidade ou não de conduzir corrente elétrica nos meios líquidos está diretamente associada à qualidade destes tanto para uso e consumo humano, quanto na indústria, sendo de essencial importância o conhecimento desses parâmetros para soluções rápidas e com custo reduzido.

**PALAVRAS-CHAVE:** condutividade, líquidos, condutímetro, qualidade, indústria.

**ABSTRACT:** Electrical conductivity, also called conductance, is used to specify the electrical

**RESUMO:** A condutividade elétrica, também



character, indicate the ease of maintenance with a solution, as a solution, the power of an electric current. The efficiency of a solution is correct and is related to the solution of problems in industrial processes and processes, such as the installation of a boiler heat pump, which does not need to be treated by the quality of the water. For the problem with the running their services to the age of salts and running on faults of its components. In view of this problem, it was proposed the design proposal and the assembly of a portable conduit with low cost for the development of a team. It was not able to do or not the heat current in the liquid media is directly associated with the quality as much as the human use and consumption, as in the industry, being of essential importance in the knowledge of the parameters for quick and economic solutions.

**KEYWORDS:** conductivity, liquids, conductivity meter, quality, industry.

## 1 | INTRODUÇÃO

A condutividade elétrica, também chamada de condutância específica, é a capacidade de uma solução de conduzir a corrente elétrica. O mecanismo da condução de corrente elétrica em soluções eletrolíticas difere da dos metais. Nos metais a corrente é composta unicamente de elétrons livres, já nos líquidos a condução é feita pelo movimento de íons solvatados atraídos por um campo elétrico (ATKINS, 2012).

Entretanto, as soluções de eletrólitos obedecem à lei de Ohm da mesma forma que os condutores metálicos. Assim, a corrente que passa por uma solução é proporcional à diferença de potencial aplicada. A resistência ( $R$ ) do corpo da solução é representada em ohm ( $\Omega$ ) por, em que a diferença de potencial é expressa em volts ( $V$ ) e a corrente em Ampères ( $A$ ). A condutância ou condutividade elétrica ( $\sigma$ ) é definida como o inverso da resistividade elétrica ( $\rho$ ) e expressa em  $\Omega \cdot m^{-1}$ . A condutância de um corpo homogêneo e seção uniforme é proporcional à área da seção ( $A$ ) e inversamente proporcional ao comprimento ( $L$ ), em que a constante de proporcionalidade  $\kappa$  é a condutividade:

$$S = K \cdot \frac{A}{L} \quad \text{ou} \quad K = \frac{1}{R} \cdot \frac{L}{A} = \frac{K}{R} \quad (1)$$

A condutividade de uma solução numa célula de desenho e dimensões arbitrárias pode ser obtida pela determinação da constante de célula  $k$  através da medida da resistência de uma solução de concentração conhecida. A solução padrão utilizada para isso é a KCl 0,020 mol/L. Depois que a constante da célula é determinada, os valores de condutividades de diferentes soluções são calculados a partir dos dados experimentais de resistência, utilizando a equação acima (ATKINS, 2012).

Fatores adversos ou proporcionais à condutividade de soluções aquosas:

A condutividade - aumenta com o aumento da temperatura em aproximadamente 2% por °C para a maioria dos sais, sendo que os principais sais que contribuem para

a condutividade da água natural, por exemplo, são os de potássio, sódio, cálcio, magnésio na forma de sulfatos, cloretos, carbonatos e bicarbonatos.

Para equipamentos que não possuam o sistema de compensação automático de temperatura, a condutividade deve ser determinada a 25 °C, que é a temperatura de referência. O mais comum é utilizar a condutividade molar ( $m$ ), definida por:

$$\Lambda m = \frac{K}{M} \quad (2)$$

$\Lambda m$  = condutividade molar (S.m<sup>2</sup>/mol)

$M$  = molaridade ou concentração molar (mol/L)

A condutividade molar é normalmente expressa em S.cm<sup>2</sup>.mol<sup>-1</sup> e varia com a concentração do eletrólito. Entre as principais razões para este efeito está a variação do número ou a mobilidade dos íons presentes. O primeiro caso acontece em eletrólitos fracos, em que a dissociação dos íons em solução não é completa. O segundo caso ocorre com eletrólitos fortes, cuja dissociação da molécula em seus íons em solução é total, ocasionando uma interação muito forte entre os íons de carga oposta, que pode reduzir sua mobilidade em solução.

A água é condição essencial para a vida e a qualidade da água pode ser estimada a partir da medição de diversos parâmetros, separadamente ou combinados. Parâmetros diretamente ligados à biologia ou à química normalmente devem ser medidos em laboratório, enquanto que uma maior parcela dos parâmetros físicos ou físico-químicos podem ser medidos no campo (MDNR, 2015).

O padrão para potabilidade da água é baseado, principalmente, na presença de microrganismos (sais). Assim, uma água boa para beber não implica, necessariamente, em uma água boa para gerar vapor. Portanto, a principal diferença está no objetivo do tratamento, cuja preocupação não é com a potabilidade, mas sim com a retirada de elementos nocivos para sua aplicação. Embora o setor industrial brasileiro deva ser conscientizado dessa necessidade, de maneira geral, podemos afirmar que ele não tem pleno conhecimento dos problemas que possam surgir no uso da água sem tratamento em suas caldeiras. Não apenas quanto aos riscos de acidentes que são grandes, como da má eficiência operacional de uma caldeira suja, por depósitos oriundos de água impura, com consumo excessivo de combustíveis (REVISTA TAE, 2014).

A qualidade da água deve ser controlada e tratamentos devem ser implementados, quando necessários, para compatibilizar suas propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação da caldeira (BRASIL, 2017).

Para compreendermos a importância de obter a qualidade no tratamento da água de caldeiras, antes é necessário entender que a má qualidade deste fluido implica

em efeitos em cadeia totalmente prejudiciais e nocivos aos processos e personagens envolvidos e que podem gerar prejuízos que não suprem apenas a escala financeira, mas também a escala de segurança que desencadeia nos valores relativos a vida humana.

Um dos parâmetros que podem ser utilizados para avaliar a qualidade da água é sua condutividade elétrica, representada por  $\sigma$ , que é a medida da facilidade com a qual a água permite a passagem de corrente elétrica, sendo o inverso da resistividade elétrica, que representa uma medida de oposição à passagem de corrente elétrica.

Normalmente as medidas realizadas em laboratório são de condutância específica, que é a condutividade medida à temperatura de 25 °C. Esta é a maneira padrão de medir condutividade, pois facilita a comparação de diversos valores, sendo medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Quando a condutividade não for medida a 25 °C, ela pode ser corrigida para se obter o valor de condutância específica.

A partir da medida de condutividade elétrica, podemos estimar a salinidade da água, definida como a quantidade total de sais dissolvidos na água. Os sais se dissolvem dando origem a íons de carga oposta e, portanto, contribuem para a condutividade elétrica da solução. Uma maneira de se medir a salinidade de uma amostra é por evaporação total da água da amostra e da medição da massa dos resíduos salinos restantes, porém, esse não é um procedimento passível de realização automatizada em campo (VILLAS&BANDERALI, 2013).

## 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Serviços em caldeira

Segundo Altafini (2002), caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas. Portanto, as atividades que necessitam de vapor para o seu funcionamento, em particular, vapor de água em função de sua abundância, têm como componente essencial para sua geração, a caldeira. Esse equipamento, por operar com pressões internas bem acima da pressão atmosférica, sendo em grande parte das aplicações industriais aproximadamente 20 vezes maiores e, nas aplicações para a produção de energia elétrica, entre 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco iminente na sua operação.

Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares (BRASIL, 2017).

Para produzir vapor é necessária a geração de calor. Para tal, uma das maneiras

mais usuais é utilizar-se os processos de combustão (SENAI-SP, 2004).

Enaltecendo a notoriedade dos serviços e sua relativa presença nos meios industriais, em que se comprova que há a necessidade do acompanhamento, análise e dimensionamento através da caracterização dos materiais utilizados como matéria base para a geração do vapor (água) no progresso das operações envolvidas, devem-se dimensionar os parâmetros das caldeiras e suas origens, facilitando a análise e corroborando na participação em intervenções de grandeza gerencial e operacional dos personagens envolvidos.

De modo geral, caldeiras são equipamentos amplamente utilizados na indústria e na geração de energia elétrica, visto que são muito importantes para o processo produtivo e, em alguns casos, o principal equipamento. Em contrapartida, podem ser extremamente letais, virtualmente encaradas como bombas em caso de acidentes, já que trabalham em determinadas situações com pressões muito acima da pressão atmosférica, por isso exigem extremo cuidado em todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção, projeto, construção, instalação, operação e descarte (MELLO, 2010).

Desse modo é percebido que o mau funcionamento ou o mau uso desta importante ferramenta pode carrear danos possivelmente irreparáveis às pessoas envolvidas no processo industrial, acarretando em fatalidades, situação a qual gera uma série de sanções punitivas à empresa envolvida e efeitos colaterais irreversíveis em escala humana.

De acordo com Altafini (2002), a respeito da manutenção das caldeiras todo tratamento para ter bons resultados depende de um controle eficiente e sistemático, quer dos parâmetros químicos e físicos, como de certas operações e procedimentos.

Dentre os parâmetros químicos e físicos, a condutividade elétrica é utilizada para caracterizar as propriedades elétricas de determinado material por meio da facilidade da passagem de corrente elétrica através deste, podendo ser descrita fisicamente como o inverso da resistividade elétrica do mesmo. Nos líquidos não é diferente, porém, a análise pode ser feita proporcionalmente aos níveis de solutos presentes nestes, pois a facilidade da passagem de corrente elétrica é diretamente proporcional ao volume de sais presentes neste fluido.

Quando se trata de água destinada a geração de vapor em caldeira, a presença de sais é totalmente indesejada, pois através das precipitações destes sais com a elevação da temperatura, existe a possibilidade iminente da disposição de anomalias e patologias associadas ao desgaste do material base da caldeira e seus componentes ou deposição de substratos originários destas reações químicas nessas estruturas, gerando riscos ambientais em nível de segurança, atraso no desenvolvimento dos serviços pela antecipação de uma manutenção indesejada e possíveis acidentes por falhas consequentes dos equipamentos atingidos por estas disfunções.

As patologias mais associadas a serviços em caldeira e seus componentes, através da presença de sais, são principalmente as corrosões e as incrustações.

A corrosão age como fator de redução da espessura das superfícies submetidas

à pressão. A corrosão não é sentida pelos instrumentos de operação da caldeira. A corrosão avançada das partes da caldeira, pode ser causa de explosões até mesmo em pressões inferiores à PMTA – Pressão Máxima de Trabalho Admissível. Portanto, o avanço da corrosão em caldeiras só pode ser detectado por meio de inspeções minuciosas do equipamento (ALTAFINI, 2002).

As incrustações são deposições de sólidos sobre as superfícies de aquecimento, no lado da água, devido à presença de impurezas, como sulfatos, carbonatos de cálcio e/ou magnésio, silicatos complexos (contendo Fe, Al, Ca e Na) e sólidos em suspensão. Aparecem ainda, devido à presença de precipitados que resultam de tratamentos inadequados da água da caldeira (barras de fosfato de cálcio ou magnésio) e de óxidos de ferro não protetores. A incrustação, se comportando como isolante térmico, em que a condutividade térmica é cerca de 45 vezes menor que a do aço, não permite que a água mantenha refrigerada as superfícies de aquecimento. Isso reduz a transferência de calor do aço para a água, fazendo com que o aço absorva mais calor sensível e aumentando sua temperatura de forma proporcional à quantidade de calor recebida (ALTAFINI, 2002).

### Poços de petróleo

A injeção de água, em determinado sistema de prospecção de poços de petróleo, necessita de cuidados especiais no que se refere à qualidade da água para evitar problemas durante a exploração devido à precipitação de sais dentro do reservatório, na coluna dos poços produtores, nas linhas e em equipamentos de superfície. A ocorrência da incrustação se faz pela mistura de águas com diferentes composições de sais. Uma vez conhecidos os efeitos do comportamento da mistura das águas, é possível adotar uma série de medidas corretivas e preventivas, uma delas é conhecer a qualidade da água a ser utilizada neste processo. A qualidade da água pode ser medida através da condutividade elétrica provocada pela presença de sais minerais (cátions e ânions) e mensurada em microSiemens. Nota-se que quanto menor seja a qualidade da água para essa aplicação, maior será sua condutividade (DAHER, 2003).

Os custos envolvendo sistemas de injeção de água para uso em perfurações e demais demandas são elevadíssimos, pois é através da qualidade deste fluido que se obtém um maior grau de qualidade nos serviços, cabendo as empresas de prestação destes a desenvolverem soluções que possibilitem o melhor custo benefício possível com alto grau de satisfação no resultado final, quanto maior for o nível de sais de um fluido este tende a sofrer um tratamento com um importe mais elevado e de forma potencial o conhecimento dos líquidos a serem tratados são de fundamental importância para condicionar os aportes econômicos envolvidos, cabendo a utilização de soluções objetivas in-loco que viabilizam o serviço pela falta de mobilidade para laboratórios de análises, propondo a partir disto as respostas necessárias na adequação correta dos materiais nestas aplicações e suas possíveis melhorias.

## Degradação provocada por sais em edificações

Muitas são as manifestações patológicas que afetam as edificações novas ou antigas. Dentre os danos mais frequentes estão àqueles provocados por sais em alvenarias e estruturas. Essas manifestações, além de comprometerem a integridade desses elementos estruturais, provocam efeito estético desagradável (BIANCHIN, 1999).

O processo de degradação em alvenarias ocorre principalmente porque, na capilaridade, os sais que podem estar presentes no solo e/ou nos materiais constituintes, são transportados através dos poros e se depositam na superfície das mesmas provocando deterioração através da evaporação da água e deposição destes sais (BEICHEL, 2007).

As condições necessárias para que ocorra a formação de depósitos de sais em alvenarias e/ou concretos, são a existência simultânea de sais solúveis, água e condições ambientais que permitam a percolação e evaporação da água (MENEZES et al., 2006). Pode-se atribuir esses problemas de degradação em alvenarias a diversos fatores, dentre eles a qualidade da água proveniente da mistura da argamassa, fatores discriminantes nas aparições de manchas, corrosão, bolor, fungos, algas, eflorescências, fissuras e alteração nas colorações de revestimentos e pinturas, sendo essa última, a forma de manifestação da umidade nas edificações e essa água está diretamente ligada ao transporte dos sais. Em vista disto, o conhecimento da origem e composição da mesma é de total importância para evitar-se este tipo de patologia das construções e a mensuração da condutividade da água é uma das maneiras de parametrizar a aplicação ou não desta na composição da argamassa ou do concreto, afim de se evitar custos futuros com manutenção e reparos obtidos através dos danos provenientes das patologias associadas aos sais.

## Sistema de refrigeração por meio de fluido de arrefecimento em radiadores veiculares

A quantidade de calor que provem do processo da combustão, e que não foi aproveitado para a geração de potência, é rejeitada, primordialmente e em regime permanente, para os gases de exaustão, para o sistema de arrefecimento e para o óleo lubrificante (CROUSE e ANGLIN, 1977).

Em condições não controladas de temperatura das partes metálicas do motor, elas podem sofrer sérios danos, fazendo-se imprescindível a previsão de um apropriado resfriamento das mesmas (CROUSE e ANGLIN, 1977).

O sistema de arrefecimento de um motor a combustão interna é usado para manter condições térmicas estáveis no cilindro e pistão, em condições de operação.

Segundo Bohacz (2007), há basicamente, três razões que justificam a existência

de um sistema de arrefecimento no motor:

- I. Promover uma elevada eficiência volumétrica minimizando o fluxo de calor da estrutura do motor para o ar de ingresso;
- II. Prevenir a detonação devido a elevadas temperaturas na câmara de combustão;
- III. Evitar falhas mecânicas nos materiais devido às elevadas cargas térmicas que provêm de gradientes térmicos excessivos.

Aditivos de radiadores automotivos são líquidos constituídos por glicol derivados, anticorrosivos utilizados em automóveis a fim de auxiliar a manutenção da temperatura do motor na faixa de funcionamento ideal (BRASIL, 2007).

Presentes em todos os tipos de veículos no seu sistema de arrefecimento, dependentemente ao uso de outros componentes, a proporção ideal de um fluido de arrefecimento é de 60% de água destilada e desmineralizada e 40% de aditivos ou conforme as instruções do fabricante do veículo, indicadas no manual do proprietário deste. A capacidade máxima de conduzir eletricidade é de no máximo 0,3 volts em qualquer temperatura. Seguindo-se estes parâmetros, evitam-se incrustações por todo o sistema através de medidas *in loco* de controle que atestem a conformidade dos líquidos utilizados.

#### 4 | METODOLOGIA

Para a realização das medidas de condutividade elétrica das soluções líquidas, utilizou-se um condutivímetro desenvolvido com materiais de baixo custo, em que a corrente de curto-circuito (60,0 mA) e a corrente em aberto (0,0 mA) foram medidas com o auxílio de um multímetro digital marca Icel, modelo MD-6350 e utilizadas como referência para a aferição de água destilada, água potável fornecida pela concessionária local, água mineral, água do mar e água de piscina, todas provenientes de fontes locais.

O espaçamento dos eletrodos foi de 1,0 cm e a corrente (em mA) é convertida em um sinal luminoso através de 5 leds, indicando a não condução de corrente (com nenhum led aceso) até a condução total (com os cinco leds acesos). O volume utilizado de cada amostra foi de 50 mL e a temperatura da sala no momento da realização das medidas era  $(23 \pm 1) ^\circ\text{C}$ .

#### 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados abaixo são referentes às medidas de corrente elétrica e ao número de leds acesos no medidor de condutividade (condutivímetro). As médias dos dados

obtidos serão utilizadas para a correlação e adequação às aplicações apropriadas do fluido em questão:

Medida	Corrente em mA	Número de Leds acesos
01	0,00	0
02	0,00	0
03	0,00	0
Média	0,00	0

**Tabela 1.** Corrente em mA e número de Leds acesos no protótipo – amostra de água destilada.

Fonte: Própria autoria (2017).

Medida	Corrente em mA	Número de Leds acesos
01	2,50	2
02	3,60	2
03	3,60	2
Média	3,23	2

**Tabela 2.** Corrente em mA e número de Leds acesos no protótipo – amostra de água potável fornecida pela concessionária de água (Deso).

Fonte: Própria autoria (2017).

Medida	Corrente em mA	Número de Leds acesos
01	1,90	2
02	2,00	2
03	2,30	2
Média	2,07	2

**Tabela 3.** Corrente em mA e número de Leds acesos no protótipo – amostra de água mineral coletada na cidade de São Cristóvão - SE.

Fonte: Própria autoria (2017).

Medida	Corrente em mA	Número de Leds acesos
01	39,60	5
02	39,60	5
03	39,70	5
Média	39,63	5

**Tabela 4.** Corrente em mA e número de Leds acesos no protótipo – amostra de água do mar coletada nas praias do litoral de Sergipe.

Fonte: Própria autoria (2017).



Medida	Corrente em mA	Número de Leds acesos
01	15,80	4
02	15,10	4
03	15,40	4
Média	15,43	4

**Tabela 5.** Corrente em mA e número de Leds acesos no protótipo – amostra de água de piscina coletada em um condomínio de Aracaju.

Fonte: Própria autoria (2017).

A partir do disposto nos resultados acima, pode-se apontar que a Tabela 1 dispõe de um fluido com condutividade nula, podendo-se inferir que o mesmo se trata de água destilada, e por conta disso, imprópria para a ingestão humana e de animais, porém, utilizada em grande escala na indústria em processos que envolvam trabalhos em caldeiras, sendo este o fluido apropriado para esta aplicação.

Na Tabela 2 temos água potável fornecida pela companhia de saneamento de Sergipe – Deso, e observamos que em se tratando de condutividade e presença de sais, essa água é apropriada ao consumo humano e de animais, porém, imprópria para a utilização em indústrias sem que passe pelo processo de destilação.

Os dados expostos na Tabela 3 tratam de uma amostra de água mineral proveniente de uma fonte da cidade de São Cristóvão - SE, apropriada para o consumo humano e de animais, porém, com um nível de sais mais reduzido comparado com o exposto na Tabela 2, mesmo assim, não deve ser utilizada em aplicações que requerem baixos níveis de sais para evitar incrustações.

Na Tabela 4 foram elencados dados provenientes da água do mar coletada nas praias do litoral de Sergipe. Através da análise desses dados, observamos que se trata de um fluido com alto teor de sais e, conseqüentemente, alta condutividade elétrica, sendo inapropriada para o consumo humano sem que este fluido passe por um processo de dessalinização.

Já na Tabela 5 temos água proveniente de uma piscina de um condomínio residencial da cidade de Aracaju - SE, em que foi demonstrado que esta possui um alto teor de sais, abaixo apenas da água do mar, possivelmente derivados dos cloretos e suas reações dentro de sua composição química.

## 6 | CONCLUSÕES

Concluimos que através desse medidor de condutividade elétrica, podemos obter parâmetros dos níveis de sais de um determinado fluido indiretamente por meio da corrente elétrica que atravessa uma certa solução e conhecer parcialmente sua composição e as maneiras apropriadas de seu tratamento e possíveis aplicações.

Enfatizamos também a facilidade das leituras das medidas e interpretação dos resultados, alto grau de importância do conhecimento aplicacional das mesmas, além do baixo custo envolvido na aquisição dos componentes, montagem, manutenção e manipulação do condutímetro, dando ênfase ao cidadão com baixo poder aquisitivo em entender a aplicação e utilizar em prol de sua melhor qualidade de vida, tão como a manipulação em análises rápidas nos diversos setores de cunho industrial, como também ao cliente final de determinado produto através do acompanhamento da conformidade, manutenção e controle da qualidade deste em sua aquisição ou até mesmo em sua utilização posterior à compra. Facilitou-se com isso, o entendimento das grandezas envolvidas e suas aplicações no cotidiano moderno em mercados competitivos que necessitam de informações breves, porém objetivas e sensatas para soluções adequadas e econômicas em suas diversas vertentes.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas: **Indicadores de Qualidade da Água Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>. Fonte Original: Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 02 de mar. 2018.

**A IMPORTÂNCIA DO TRATAMENTO DE ÁGUA EM CALDEIRAS**. Revista TAE. São Paulo: Ed. n.22, Ano IV, 2014.

ALBERICHI, Mariano. **Estudo das instalações e operações de caldeiras de uma indústria de produtos químicos do Estado do Paraná, sob a ótica da nr-13 e nr28**. 103 fls. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

ALTAFINI, Carlos R. **Curso de engenharia mecânica– disciplina de máquinas térmicas - apostila sobre caldeiras** – Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso em 02 de mai. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14340:2011. Água - Determinação da condutividade e da resistividade elétrica. BRASIL, 2011.

ATKINS, P.; de Paula, J. **Físico-Química. Nona Edição**. Editora LTC, Rio de Janeiro, Brasil, 416, v. 2, 2012.

BEICHEL, A. **Restauração de alvenaria úmida com salinidade**. In: Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. Salvador, Brasil, p. 357-362, 1997.

BIANCHIN, Adriane Ciliato. **Influência do proporcionamento dos materiais constituintes no desempenho das argamassas para reboco de recuperação de alvenarias contaminadas por umidade e sais**. Porto Alegre: p. 32-40, 1999.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Serviços em caldeiras e vasos de pressão**. Portaria 3214 de 08 de junho de 1978 - **NR 13**. Nova redação dada pela Portaria MTE 1084/2017 – Altera a norma regulamentadora n.13. 1978.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Relatório sobre Análise em aditivos para radiadores**. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Rio de Janeiro, Setembro, 2007.

BOHACZ, R. T. **Engine cooling systems**. Penguin Group, 128p, 2007.

DAHER, J. S. **Avaliação de incrustação de sais inorgânicos em reservatórios inconsolidados através da simulação numérica**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Reservatório e de Exploração -Universidade Estadual do Norte Fluminense, Macaé, p. 25-50, 2003.

MAXIMINIANO, Antônio Cesar Amaru. **Introdução à administração**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MDNR. Missouri Department of Natural Resources. **Water Quality Parameters**. Disponível em: <http://dnr.mo.gov/env/esp/waterquality-parameters.htm>. Acesso em: 08 mar. 2018.

MELLO, Alexandre L. de. **Principais causas em acidentes com caldeiras. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho**. Pró Reitoria de Pós-Graduação. Centro Universitário do Maranhão. São Luís, MA, 2010.

MENEZES, R. R. *et al.* - Revisão, **CERÂMICA v. 52**, n. 321 São Paulo, Brasil, p. 37-49, 2006.

SENAI - Serviço Nacional De Aprendizagem Industrial/SENAI departamento regional de São Paulo: **OPERAÇÃO DE CALDEIRAS**: rev. São Paulo - SP, 2004.

VILLAS, Mariana; BANDERALI, Mauro. AgSolve: **Como e porque medir a condutividade elétrica com sondas multiparâmetros?** Disponível em <https://www.agsolve.com.br/dicas-e-solucoes/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-com-sondas-multiparametros>. Acesso em: 10 mar. 2018.

W.H. Crouse and D.N. Anglin. **Automotive Emission Control**, McGraw Hill, New York, 278 p., 1977.

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Bonatto** Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação e mestrado em engenharia de produção pela UTFPR e doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Trabalha com os temas: gestão da qualidade, planejamento e controle da produção e cadeia de suprimentos.

**Henrique Ajuz Holzmann** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**João Dallamuta** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-76-5

