



**Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia  
(Organizadores)**

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 3

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

**Henrique Ajuz Holzmann**  
**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia**  
(Organizadores)

**Impactos das Tecnologias na  
Engenharia Mecânica**  
**3**

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v.3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-248-7

DOI 10.22533/at.ed.487190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Série.

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.

2019

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.

## APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica está em constante mudança, sendo uma das mais versáteis, se olhar desde seu surgimento durante a Revolução Industrial até os dias de hoje é visível a modernização e modificação dos métodos e das tecnologias empregadas.

Nesta evolução um dos pontos de destaque é a área de materiais e dos modos de obtenção dos mesmos, sendo responsável por grande parte desta modernização da área. Neste livro são tratados alguns assuntos ligados diretamente a área de matérias, bem como os processos de transformação dos mesmos em produtos finais.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de fabricação do mesmo.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a seleção, desenvolvimento e processos de obtenção e fabricação são apresentados nesse livro.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann  
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DAS LIGAS Al-3%Si E Al-9%Si ATRAVÉS DO PROCESSO “SQUEEZE-CASTING”, E A INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA DUREZA, MACRO E MICROESTRUTURA	
<i>Diógenes Linard Aquino Freitas</i> <i>Cláudio Alves de Siqueira Filho</i> <i>José Joelson de Melo Santiago</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4871905041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CEMENTANTES ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE MICRODUREZA VICKERS	
<i>Bernardo Rota</i> <i>Alisson Geovane Silva de Souza</i> <i>Annemarie Henker</i> <i>Daniel Amoretti Gonçalves</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4871905042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>22</b>
ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO USANDO O MÉTODO DO FIO QUENTE	
<i>Alisson Augusto Azevedo Figueiredo</i> <i>Jefferson Gomes do Nascimento</i> <i>Luís Henrique da Silva Ignácio</i> <i>Vinicius Soares Medeiros</i> <i>Fernando Costa Malheiros</i> <i>Henrique Coelho Fernandes</i> <i>Gilmar Guimarães</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4871905043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE NANOFUIDOS TiO <sub>2</sub>	
<i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>David Fernando Marcucci Pico</i> <i>Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino</i> <i>Enio Pedone Bandarra Filho</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4871905044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>35</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM INDENTADOR INSTRUMENTADO PARA MEDIÇÕES DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS E PLÁSTICAS	
<i>Lucas dos Reis Heni Madeira</i> <i>Vinicius Carvalho Teles</i> <i>Washington Martins da Silva Junior</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4871905045</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 43**

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

*Marcelo Vitor Ferreira Machado*  
*José Brant de Campos*  
*Marilza Sampaio Aguilar*  
*Vitor Santos Ramos*

**DOI 10.22533/at.ed.4871905046**

**CAPÍTULO 7 ..... 53**

PARAMETRIZAÇÃO DE TEXTURIZAÇÃO VIA MECT EM METAL PATENTE

*Túlio Alves Rodrigues*  
*Erika Michele Damas*  
*Gabriela Caixeta Alcarria*  
*Náthaly Nascimento Sousa*  
*Washington Martins da Silva Junior*

**DOI 10.22533/at.ed.4871905047**

**CAPÍTULO 8 ..... 59**

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES FORMAS DE AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE FERROS FUNDIDOS E SEU COEFICIENTE DE ATRITO

*Luiz Eduardo Rodrigues Vieira*  
*Guilherme de Oliveira Castanheira*  
*Leonardo Rosa Ribeiro da Silva*  
*Wisley Falco Sales*  
*Álison Rocha Machado*  
*Wilson Luiz Guessser*

**DOI 10.22533/at.ed.4871905048**

**CAPÍTULO 9 ..... 69**

MANUFATURA DE LIGA DE AL5%CU PELO PROCESSO DE METALURGIA DO PÓ

*André Pereira da Silva*  
*Juliano de Lemos Navarro*  
*Leonardo Almeida Lopes*  
*Felipe Antônio Viana de Araújo*  
*Gabriel Aires Honorato*  
*Sérgio Mateus Brandão*

**DOI 10.22533/at.ed.4871905049**

**CAPÍTULO 10 ..... 85**

ANÁLISE DO FENÔMENO DAS BOLHAS EM SOLDAGEM SUBAQUÁTICA MOLHADA COM ARAME TUBULAR AUTOPROTEGIDO

*Camilla Mara Mendonça*  
*Alexandre Queiroz Bracarense*  
*Douglas de Oliveira Santana*  
*Marcelo Teodoro Assunção*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050410**

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>99</b>
O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS NA SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Heitor Abdias da Silva Pereira</i>	
<i>Marcelo Cavalcanti Rodrigues</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050411</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>114</b>
ANÁLISE EXPERIMENTAL DA USINAGEM COM AÇO INOXIDÁVEL	
<i>Gabriella Arruda Martins</i>	
<i>Lays Edinir da Cunha</i>	
<i>Luís Gustavo Moreira</i>	
<i>Mikael Henrique Morais</i>	
<i>Thomas Ernst de Goes Ferreira Kohler</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050412</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>123</b>
AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE $R_v$ DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS USINADOS PELO PROCESSO DE BRUNIMENTO FLEXÍVEL	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Rosenda Valdés Arencibia</i>	
<i>Luciano José Arantes</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>131</b>
INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO DESGASTE DE MICROFRESAS DE METAL DURO NA MICROUSINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205	
<i>Aline Gonçalves dos Santos</i>	
<i>Daniel Fernandes da Cunha</i>	
<i>Mayara Fernanda Pereira</i>	
<i>Bruno Souza Abrão</i>	
<i>Mark James Jackson</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>139</b>
GERAÇÃO E PARTIÇÃO DE CALOR EM USINAGEM POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO: UMA REVISÃO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>153</b>
GERAÇÃO DE CALOR NA FURAÇÃO DO FERRO FUNDIDO CINZENTO POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Guilherme Henrique Alves Andrade</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	

**DOI 10.22533/at.ed.48719050416**

**CAPÍTULO 17 ..... 168**

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE USINAGEM EM AÇOS DE CORTE FÁCIL POR MEIO DO MÉTODO DO TERMOPAR FERRAMENTA- PEÇA

*Ivanilson Sousa da Costa*

*Márcio Bacci da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050417**

**CAPÍTULO 18 ..... 177**

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE POTÊNCIA NO PROCESSO DE FRESAMENTO UTILIZANDO SENSORES POR EFEITO HALL

*Leonardo Rosa Ribeiro da Silva*

*Kenji Fabiano Ávila Okada*

*Gabriel Marçal de Carvalho*

*Eder Silva Costa*

*Álisson Rocha Machado*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050418**

**CAPÍTULO 19 ..... 187**

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS PARÂMETROS OPERACIONAIS EM RETIFICAÇÃO NO ACABAMENTO E NA TEXTURA DA SUPERFÍCIE DE FERRO FUNDIDO CINZENTO

*Bruno Souza Abrão*

*Mayara Fernanda Pereira*

*Mariana Landim Silveira Lima*

*Eduardo Carlos Bianchi*

*Rosemar Batista da Silva*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050419**

**CAPÍTULO 20 ..... 193**

INFLUÊNCIA DA PENETRAÇÃO DE TRABALHO E VELOCIDADE DA PEÇA NO ACABAMENTO DO FERRO FUNDIDO VERMICULAR APÓS A RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE SIC

*Lurian Souza Vieira da Silva*

*Rosemar Batista da Silva*

*Mariana Landim Silveira Lima*

*Deborah de Oliveira*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050420**

**CAPÍTULO 21 ..... 202**

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM DO BRUNIMENTO FLEXÍVEL NA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS

*Leandro Carvalho Pereira*

*Leonardo Rosa Ribeiro da Silva*

*Rosenda Valdés Arencibia*

*Luciano José Arantes*

**DOI 10.22533/at.ed.48719050421**

<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>210</b>
USINAGEM ELETROQUÍMICA SUPERFICIAL EM AMOSTRAS DE FERRO FUNDIDO	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Henara Lilian Costa</i>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.48719050422</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>219</b>

## PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE NANOFLUIDOS $\text{TiO}_2$

### **Letícia Raquel de Oliveira**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – Minas Gerais

### **Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Química  
Uberlândia – Minas Gerais

### **David Fernando Marcucci Pico**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – Minas Gerais

### **Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – Minas Gerais

### **Enio Pedone Bandarra Filho**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Mecânica  
Uberlândia – Minas Gerais

**RESUMO:** Nanofluidos são suspensões coloidais com nanopartículas dispersas em fluidos trocadores de calor como a água, óleo e etilenoglicol. Esses fluidos tecnológicos vem sendo bastante estudados nos últimos anos devido ao seu potencial em aplicações em transferência de calor. Neste trabalho estudou-se a síntese e caracterização de nanofluidos

com nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  funcionalizadas com polivinil álcool (PVA) em água e em óleo mineral como fluidos base. Foram medidas a condutividade térmica e viscosidade dos mesmos, sob temperaturas de 20 a 50°C e faixa de concentração de 0,00125 a 0,1% em volume. Os incrementos obtidos para a condutividade térmica foi de 4,9% para a concentração volumétrica de 0,01% para os nanofluidos com base em óleo mineral, e incremento máximo na condutividade térmica de 6,1% para a concentração 0,05% na temperatura de 40°C para o fluido base água. Com relação à viscosidade, para os nanofluidos com água o máximo incremento na viscosidade foi de 2,3% para a concentração de 0,05% na temperatura de 50°C, e para os nanofluidos base óleo 1,0% foi o máximo incremento obtido para a maior concentração (0,01% vol.) na temperatura de 20°C.

**PALAVRAS-CHAVE:** nanofluidos, síntese, condutividade térmica, viscosidade

**ABSTRACT:** Nanofluids are colloidal suspensions with nanoparticles dispersed in heat-exchanging fluids such as water, oil and ethylene glycol. These technological fluids have been well studied in recent years due to their potential in heat transfer applications. In this work we studied the synthesis and characterization of nanofluids with  $\text{TiO}_2$  nanoparticles functionalized

with polyvinyl alcohol (PVA) in water and mineral oil as base fluids. Thermal conductivity and viscosity were measured at temperatures of 20 to 50°C and concentration range of 0.00125 to 0.1% by volume. The thermal conductivity increases were 4.9% for the volumetric concentration of 0.01% for the mineral oil based nanofluids and the maximum increase in thermal conductivity of 6.1% for the 0.05% concentration in the temperature of 40°C for the water-based fluid. With respect to viscosity, for the nanofluids with water the maximum increase in viscosity was 2.3% for the concentration of 0.05% at the temperature of 50°C, and for the oil base nanofluids 1.0% was the maximum increment obtained at the highest concentration (0.01 vol%) at a temperature of 20°C.

**KEYWORDS:** nanofluids, synthesis, thermal conductivity, viscosity

## 1 | INTRODUÇÃO

O conceito “nanofluido” foi criado por Choi et al. em 1995 para caracterizar suspensões coloidais como uma nova classe de fluidos que contém nanopartículas dispersas em fluidos trocadores de calor como a água, óleo e etilenoglicol. Com a criação dos nanofluidos, muitas pesquisas começaram a ser desenvolvidas, como por exemplo: Eastman et al. (2001), Murshed et al. (2008) e Saidur et al. (2011), objetivando a sua aplicação em transferência de calor principalmente pela melhoria em suas propriedades térmicas.

Os nanofluidos são complexos e requerem uma cuidadosa preparação a fim de garantir a melhora da condutividade térmica proporcionada pela adição das nanopartículas. Por isso, a síntese de nanofluidos não é apenas “uma mistura de um sólido em um líquido trocador de calor”. Para a síntese de nanofluidos, os principais métodos empregados são o de “Um passo” e o de “Dois passos”. Outra etapa muito importante no estudo de nanofluidos é a caracterização dos mesmos. Consiste no levantamento das propriedades específicas tanto das nanopartículas quanto dos nanofluidos já sintetizados, fundamentais para avaliar a performance desses na transferência de calor. O primeiro passo para a caracterização é quantificar a composição, o tamanho e concentração das nanopartículas. Para isso existem muitas ferramentas como DRX (dispersão de raios X), microscopia eletrônica de transmissão e varredura (TEM e SEM), espalhamento de luz dinâmica (DLS), espectroscopia infravermelho (FT-IR), espectroscopia Raman, UV-vis, potencial zeta, sendo esses alguns dos métodos mais utilizados para a caracterização das nanopartículas e nanofluidos. Além desses, a caracterização da condutividade térmica e da viscosidade dos nanofluidos é essencial antes da sua aplicação em transferência de calor (Oliveira et al. 2017).

Buongiorno et al. (2009) com o objetivo de medir a condutividade de variados tipos de nanofluidos, realizou uma série de medições em diversos centros de pesquisa por todo o mundo. Nesse estudo foi comprovado que os resultados para condutividade térmica encontrados pelos vários pesquisadores ficaram dentro de uma faixa de

desvio de  $\pm 10\%$ , mostrando a importância da caracterização da condutividade térmica e evidenciando que o seu incremento aumenta com o aumento da concentração de nanopartículas e razão de aspecto.

Por fim, a aplicação dos nanofluidos em trocas térmicas é, senão a mais importante, a mais estudada finalidade para os mesmos. No que tange a pesquisa hoje, os nanofluidos são produzidos são ensaiados em bancadas experimentais de avaliação de perda de carga (Gomez et al. 2017), bombeamento e escoamento (Gomez et al. 2015), desempenho termohidráulico e troca térmica, além de aplicações como nanolubrificantes, em sistemas de refrigeração (Vasconcelos et al. 2017) e em painéis solares de conversão fototérmica (Bandarra Filho et al. 2014).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a síntese e a caracterização de nanofluidos de  $\text{TiO}_2$  funcionalizados com PVA (polivinil álcool) em água e em óleo mineral. Para isso, foram medidas as propriedades termofísicas desses nanofluidos: condutividade térmica e viscosidade sob variadas temperaturas ( $20\text{-}50^\circ\text{C}$ ) e faixa de concentração de  $0,00125$  a  $0,1\%$  em volume.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A preparação dos nanofluidos é um passo muito importante no uso das nanopartículas para melhorar a condutividade térmica. Existem dois métodos de produção que são mais utilizados, o método de um passo e o método de dois passos, sendo o de dois passos o utilizado para o desenvolvimento dos nanofluidos estudados. A síntese dos nanofluidos consistiu na dispersão das nanopartículas nos fluidos de base (água destilada e óleo mineral) e pela homogeneização por sonicação ou alta pressão, como mostra a Figura 1.

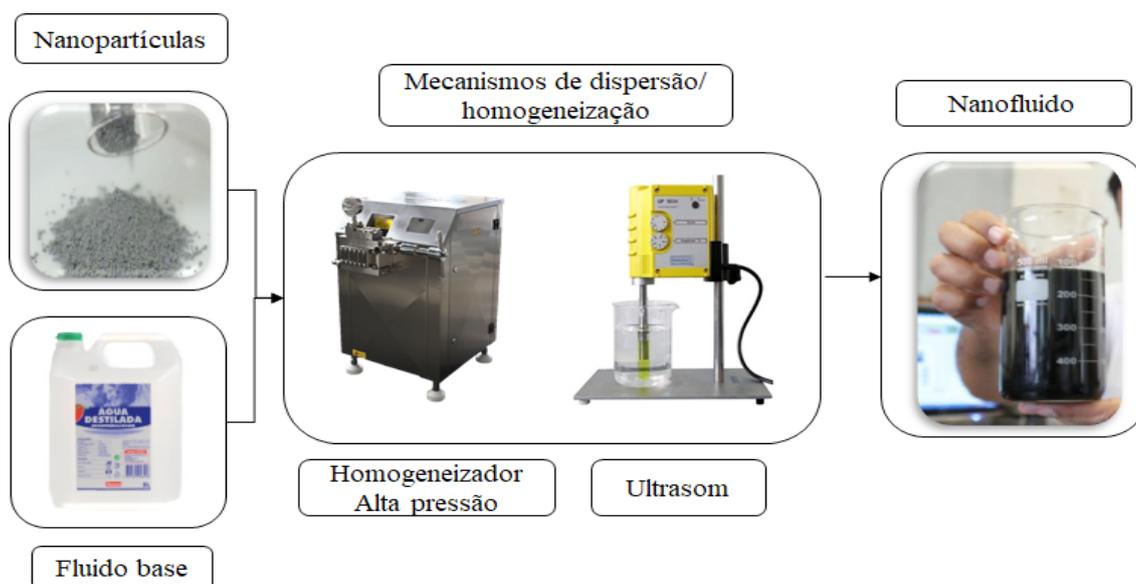


Figura 1: Esquema representativo do método de Dois Passos para a síntese de nanofluidos.

A caracterização das nanopartículas foi feita utilizando imagens de TEM e SEM para a visualização das formas das nanopartículas. Com relação ao nanofluidos produzidos, esses foram caracterizados de forma a se obter suas propriedades termofísicas: viscosidade e condutividade térmica. Para isso foram utilizados um viscosímetro da marca Anton Paar SVM 3000 e um condutímetro THB-1 da Linseis. A Figura 2 mostra em (a) a foto do aparato de medição de condutividade e em (b) uma foto do viscosímetro utilizado.

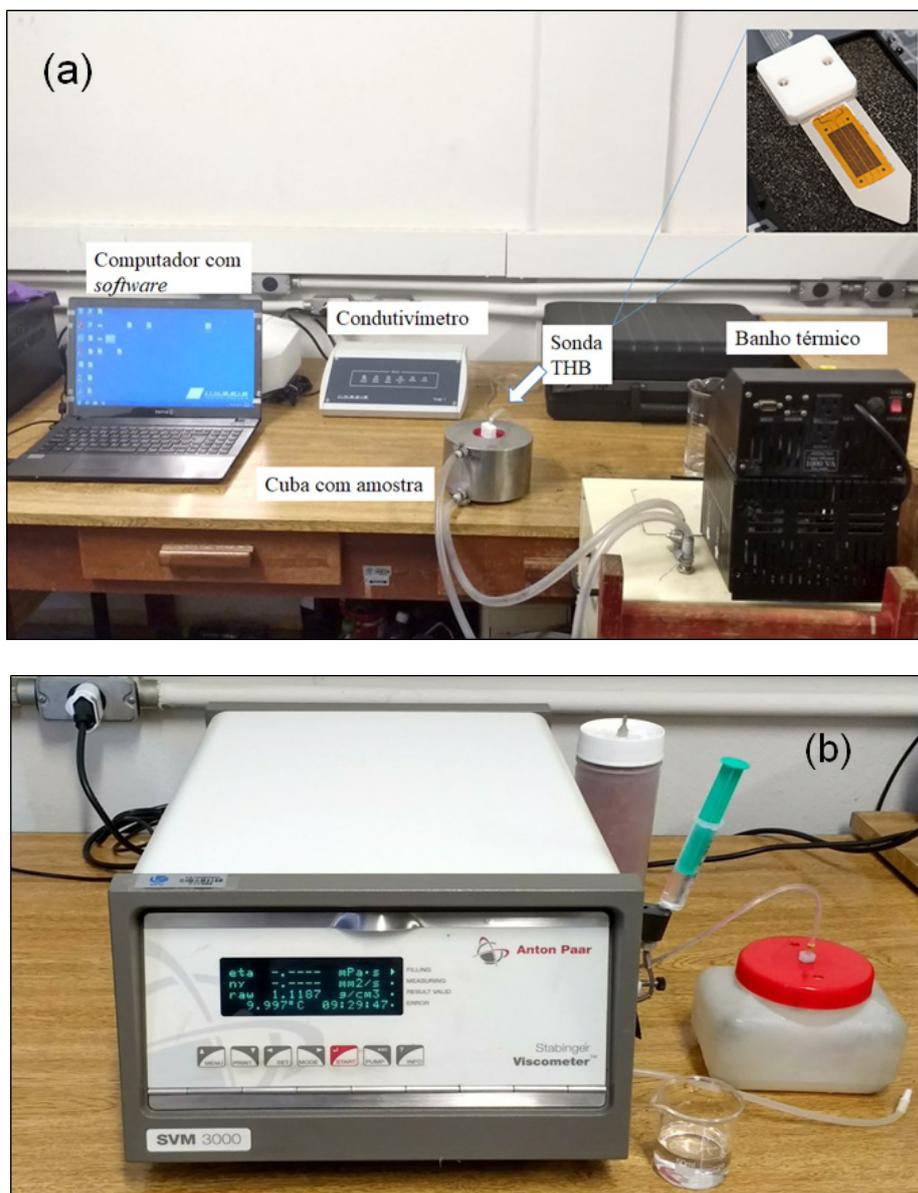


Figura 2: (a) foto do aparato experimental de medição de condutividade térmica, (b) foto do viscosímetro SVM 3000.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que a adição de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  na água e no óleo mineral incrementaram a condutividade térmica dos nanofluidos sem comprometer a viscosidade dos mesmos. Foram encontrados incrementos na condutividade térmica de 4,9% para a concentração volumétrica de 0,01% para os

nanofluidos com base em óleo mineral. Já para os com base em água, o incremento máximo na condutividade térmica foi de 6,1% para a concentração 0,05% na temperatura de 40°C. Com relação à viscosidade, para os nanofluidos de base água o máximo incremento na viscosidade foi de 2,3% para a concentração de 0,05% na temperatura de 50°C, e para os nanofluidos base óleo 1,0% foi o máximo incremento obtido para a maior concentração (0,01% vol.) na temperatura de 20°C.

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados para (a) condutividade térmica, (b) viscosidade para os nanofluidos e (c) foto dos nanofluidos preparados.

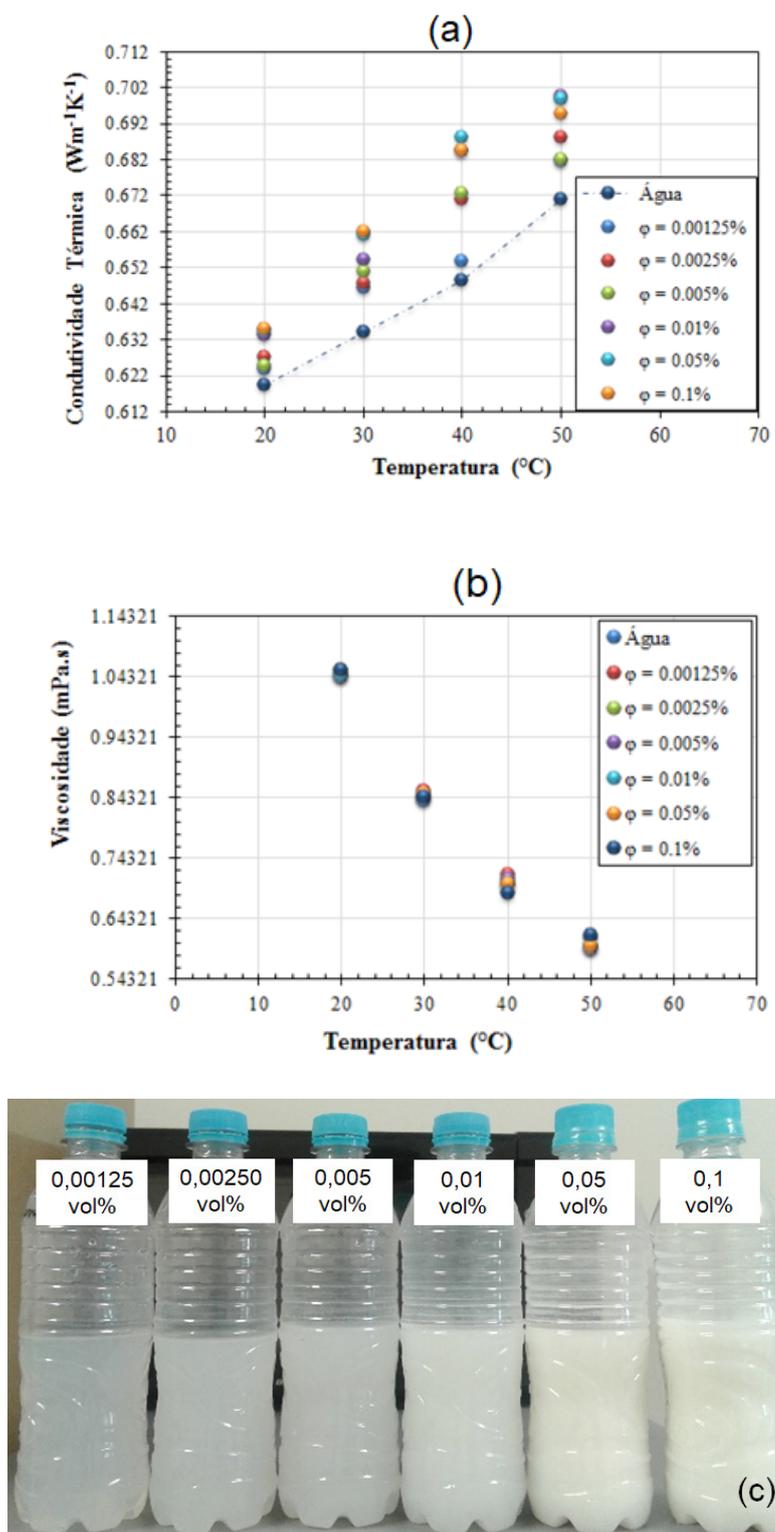


Figura 3: (a) condutividade térmica, (b) viscosidade para os nanofluidos  $TiO_2$ -PVA em água e (c)

foto dos nanofluidos preparados.

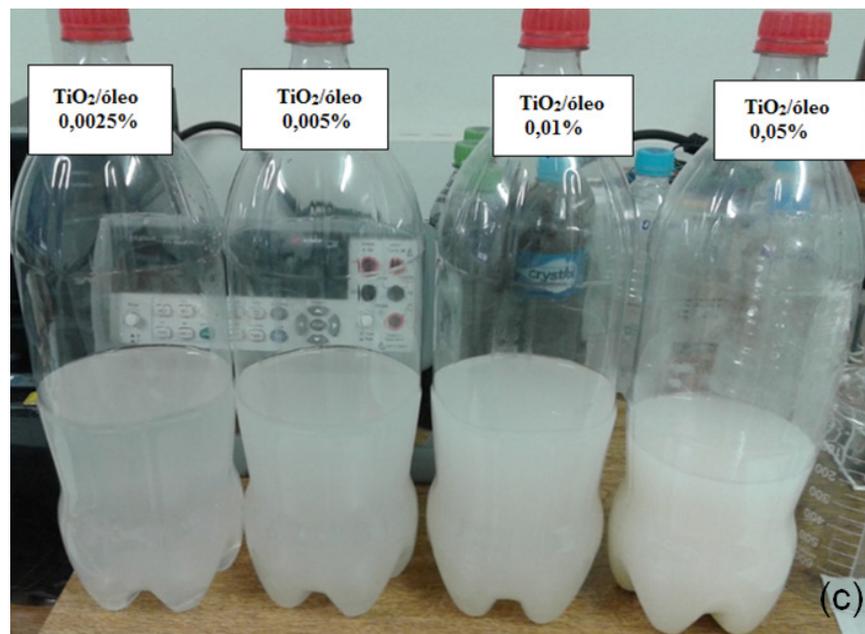
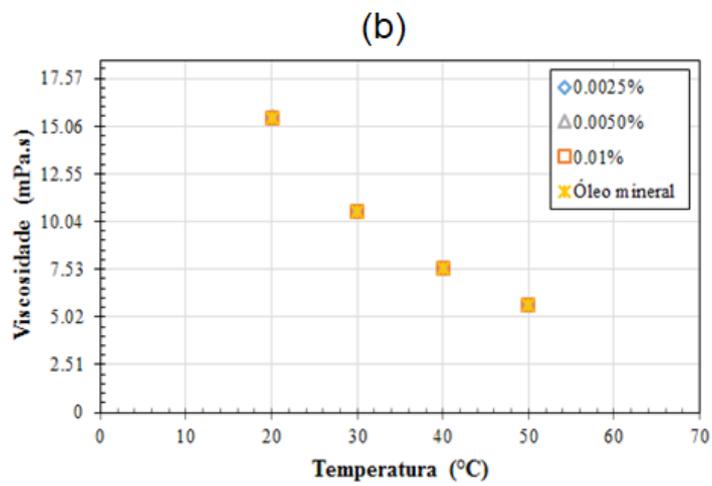
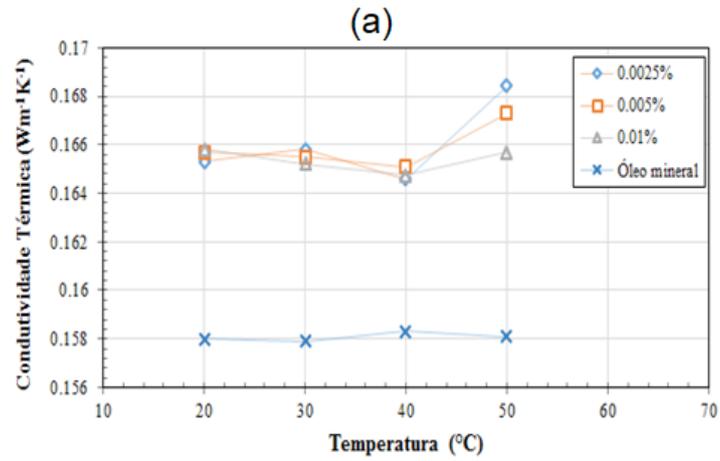


Figura 4: (a) condutividade térmica, (b) viscosidade para os nanofluidos  $\text{TiO}_2$  em óleo mineral e (c) foto dos nanofluidos preparados.

## 4 | CONCLUSÕES

A síntese de nanofluidos é uma das etapas mais importantes e fundamentais antes da aplicação desses fluidos em trocas térmicas. Além disso, a caracterização das propriedades termofísicas dos nanofluidos é essencial para se garantir o bom desempenho térmico possibilitando assim a utilização de nanofluidos em larga escala. Com os resultados obtidos na avaliação das propriedades: condutividade térmica e viscosidade, foi possível concluir que a adição de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  tanto em água quanto em óleo mineral garantiu o incremento da condutividade térmica sem elevar de forma significativa a viscosidade. Assim, a síntese e a caracterização desses nanofluidos apresentou bons resultados experimentais para aplicação em trocas térmicas desses nanofluidos.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Novos Materiais Isolantes e Semicondutores (LNMIS) do Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia pelo fornecimento das nanopartículas, à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

Bandarra Filho, E.P., Mendoza, O.S.H., Beicker, C.L.L., Menezes, A., Wen, D. “**Experimental investigation of a silver nanoparticle-based direct absorption solar thermal system.**” *Energy Conversion and Management*, 84, 2014, pp. 261–267.

Buongiorno J, Venerus DC, Prabhat N, McKrell T, Townsend J, Christianson R, et al. “**A benchmark study on the thermal conductivity of nanofluids.**” *J Appl Phys*, 106(9), 2009, pp. 094312.

Choi, S.U.S., “**Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles.**”, *ASME FED*, 231, 1995, pp. 99–103.

Eastman, J. A., Choi, S. U. S., Li, S., Yu, W., Thompson, L. J. “**Anomalous increased effective thermal conductivities of ethylene glycolbased nanofluids containing copper nanoparticles.**” *Appl. Phys. Lett.* 78, no. 6, 2001, pp. 718–720.

Gómez, A.O.C. “**Avaliação experimental do desempenho termo-hidráulico de nanofluidos de nanotubo de carbono de parede simples em escoamento monofásico em regime turbulento.**” *Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia*, 2015.

Gómez, A.O.C., Alegrias, J.G.P., Bandarra Filho, E.P. “**Experimental analysis of the thermal-hydraulic performance of water based silver and SWCNT nanofluids in single-phase flow.**”, *Applied Thermal Engineering*, Vol 124, 2017, pp. 1176-1188.

Murshed, S. M. S, Leong, K. C, Yang, C. “**Thermophysical and Electrokinetic Properties of Nanofluids- A Critical Review.**”, *Applied Thermal Engineering*, 28, 2008, pp. 2109-2125.

Oliveira, L.R, Silva, A.C.A, Dantas, N.O., Bandarra Filho, E. P., “**Thermophysical properties of TiO-PVA/water nanofluids.**”, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 115, 2017, pp. 795-808

Saidur, R., Leong, K. Y., Mohammad, H. A. “**A review on applications and challenges of nanofluids.**” Renew. Sust. Energ. Rev. 15, no. 3, 2011, pp.1646–1668.

Vasconcelos, A.A., Gómez, A.O.C, Bandarra Filho, E.P, Parise, J.A.R, “**Experimental evaluation of SWCNT-water nanofluid as a secondary fluid in a refrigeration system.**”, Applied Thermal Engineering, Vol. 111, 2017, pp. 1487-1492.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**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.

**Ricardo Vinicius Bubna Biscaia** - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-248-7

