

Propriedades Termofísicas de Nanofluidos de TiO₂

Letícia Raquel de Oliveira*, D. F. Marcucci, Enio Pedone Bandarra Filho

*Lest-nano: Laboratório de Energia, Sistemas Térmicos e Nanotecnologia, letciarakel@gmail.com

Palavras-chave

nanofluidos, síntese, condutividade térmica, viscosidade

1. INTRODUÇÃO

O conceito “nanofluido” foi criado por Choi em 1995 para caracterizar suspensões coloidais como uma nova classe de fluidos que contém nanopartículas dispersas em fluidos trocadores de calor como 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 fluidos 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 dos nanofluidos em 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, se não a mais importante, a mais estudada finalidade para os nanofluidos. No que tange a pesquisa hoje, os nanofluidos produzidos são ensaiados em bancadas experimentais de avaliação de perda de carga, bombeamento e escoamento, desempenho termohidráulico e troca térmica Orlando2017, além de aplicações como nanolubrificantes em sistemas de refrigeração (Vasconcelos et al., 2017).

Este trabalho tem como objetivo avaliar a síntese e a caracterização de nanofluidos de TiO₂ funcionalizados com PVA (polivinil álcool) em água e TiO₂ em óleo mineral. Para isso, foram medidas as propriedades termofísicas desses nanofluidos: condutividade térmica e viscosidade sob variadas temperaturas (20-50 °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 de nanofluidos 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 Fig.1.

A caracterização das nanopartículas foi feita utilizando imagens de TEM e SEM para a visualização das formas das nanopartículas. Com relação aos 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 marca Linseis. A Fig.2 mostra em (a) a foto do aparato de medição de condutividade e em (b) uma foto do viscosímetro utilizado.

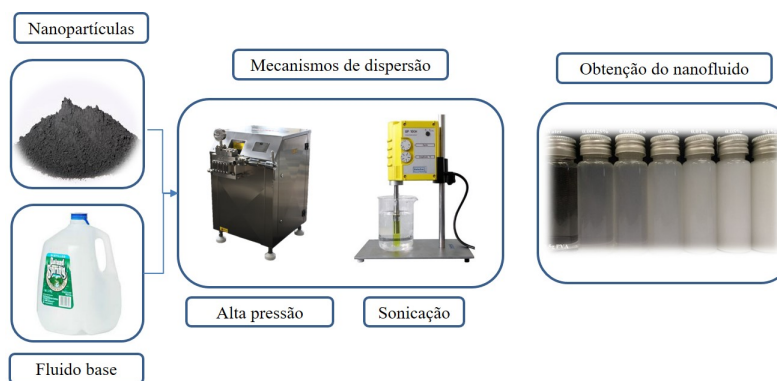


Figura 1: Esquema representativo do método de Dois Passos para a síntese de nanofluidos.

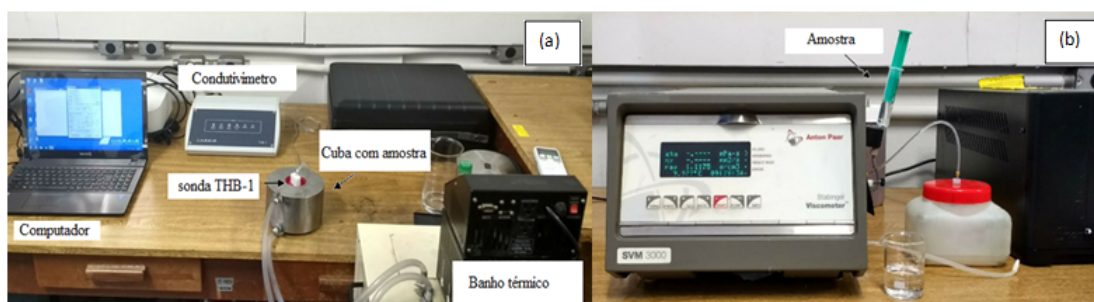
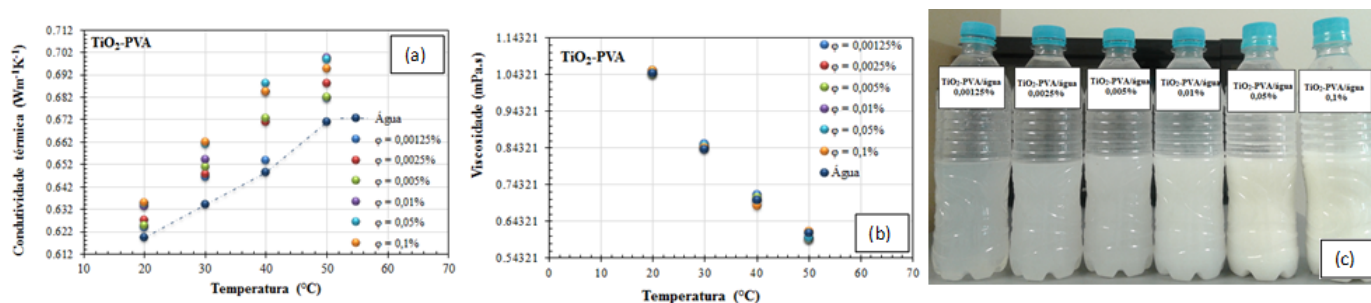


Figura 2: (a) foto do aparato experimental de medição de condutividade térmica, (b) foto do viscosímetro SVM 3000.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostraram que a adição de nanopartículas de 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 nanofluidos 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.

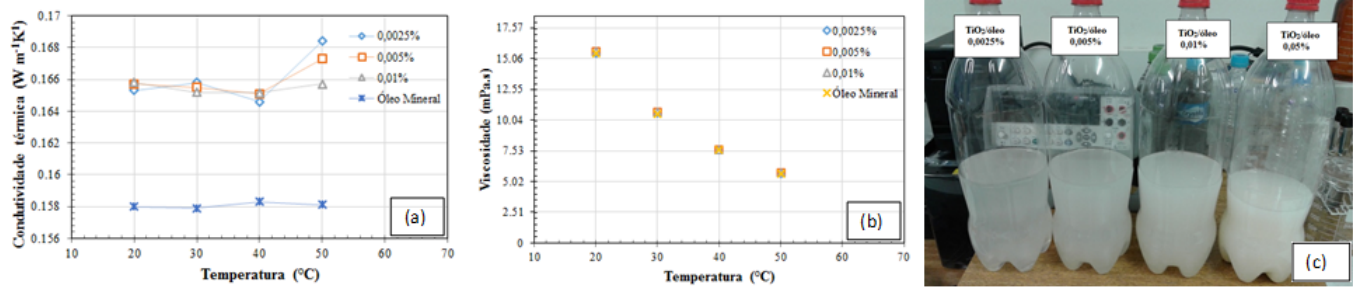


Figura 4: (a) condutividade térmica, (b) viscosidade para os nanofluidos TiO₂ em óleo mineral e (c) foto dos nanofluidos preparados.

4. CONCLUSÃO

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 características termofísicas: condutividade térmica e viscosidade, foi possível concluir que a adição de nanopartículas de TiO₂ 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 Semi-condutores (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.

6. REFERÊNCIAS

- Buongiorno, J., Venerus, D. C., Prabhat, N., McKrell, T., Townsend, and et al. A benchmark study on the thermal conductivity of nanofluids. *A benchmark study on the thermal conductivity of nanofluids*. 153107(2005), 2009. doi: 10.1063/1.3245330.
- Choi, S. and Eastman, J. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 66:99–105, 1995. ISSN 00221481. doi: 10.1115/1.1532008.
- Eastman, J. A., Choi, S., Li, S., Yu, W., and Thompson, L. J. Anomalously Increased Effective Thermal Conductivity of Ethylene Glycol-Based Nanofluids Containing Copper ... *Applied physics letters*, (March), 2001. doi: 10.1063/1.1341218.
- Murshed, S. M. S., Leong, K. C., and Yang, C. Thermophysical and electrokinetic properties of nanofluids – A critical review. 28: 2109–2125, 2008. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2008.01.005.
- Oliveira, R. L., Christine, Anielle, Silva, A., Oliveira, N., and Bandarra, E. P. Thermophysical properties of TiO₂ -PVA / water nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 115:795–808, 2017. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.07.094.
- Pedone, E., Filho, B., Saúl, O., Mendoza, H., Lau, C., Becker, L., Menezes, A., and Wen, D. Experimental investigation of a silver nanoparticle-based direct absorption solar thermal system. *Energy Conversion and Management*, 84:261–267, 2014. ISSN 0196-8904. doi: 10.1016/j.enconman.2014.04.009. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.04.009>.
- Vasconcelos, A. A., Orlando, A., Gómez, C., Pedone, E., Filho, B., Alberto, J., and Parise, R. Experimental evaluation of SWCNT-water nanofluid as a secondary fluid in a refrigeration system. *Applied Thermal Engineering*, 111:1487–1492, 2017. ISSN 1359-4311. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.06.126. URL <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.06.126>.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.