

UTILIZAÇÃO DE ÁCIDO OLEICO NA SÍNTESE DE NANOFUIDOS DE DIAMANTE EM ÓLEO  
MINERAL: ANÁLISE DA ESTABILIDADE E PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS

Letícia Raquel de Oliveira– leticia.raquel@ufu.br

Edwin Martín Cárdenas Contreras– cardenas.emc@gmail.com

Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino- alessandro.vittorino@outlook.com

Enio Pedone Bandarra Filho– bandarra@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia, LEST-nano, Faculdade de Engenharia Mecânica, www.mecanica.ufu.br

F1 Princípios – Termodinâmica, Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor

**Resumo.** Nanofluido é uma nova classe de fluidos com potencial para substituir os fluidos tradicionais utilizados em trocas térmicas e ser aplicado em diversas áreas desde refrigeração, microeletrônica e até biomédica. A principal característica que destaca os nanofluidos dos demais fluidos é a sua elevada condutividade térmica conferida pela adição de nanopartículas. No entanto, para sua aplicação se faz necessário que sua estabilidade permaneça em longo prazo, e isso é garantido pelos métodos de preparação e estabilização empregados. Para alcançar esses objetivos, este trabalho apresenta os resultados experimentais da adição de ácido oleico (agente estabilizante) na preparação de nanofluidos estáveis de diamante utilizando óleo mineral como fluido base, pelo método de “dois passos”. Medições de condutividade térmica, viscosidade e massa específica foram realizadas para três diferentes concentrações mássicas de nanopartículas de diamante, 0,1 wt%, 0,5 wt% e 1,0 wt%, sendo os resultados avaliados e a estabilidade das dispersões analisada pelo método da observação temporal de sedimentação. O máximo incremento para a condutividade foi de 10,67% e para a viscosidade de 21,19%. Com base nos resultados experimentais obtidos, verificou-se o potencial desses nanofluidos para aplicação em sistemas de trocas térmicas.

**Palavras-chave:** Nanofluidos, Estabilidade, Condutividade térmica, Viscosidade, Diamante

## 1. INTRODUÇÃO

A busca de novas tecnologias e melhoria dos processos industriais visando a eficiência energética é a força motriz que impulsiona a pesquisa e a economia mundial. No atual cenário, fortemente dependente de recursos relativamente escassos, o desenvolvimento da nanotecnologia proporciona a miniaturização dos equipamentos e com isso a adequação aos recursos existentes. Com a crise energética do petróleo, muito tem-se pesquisado e rotas alternativas desenvolvidas para suprir essa necessidade do uso de combustíveis fósseis e seus derivados. E a nanotecnologia, como ciência moderna, surge nesse contexto na tentativa de proporcionar um caminho alternativo que permita alinhar melhorias dos processos e desenvolvimento de novos materiais e equipamentos mais eficientes, além do aprimoramento da eficiência energética visando diminuição do desperdício de energia. A questão energética é um desafio desde a Revolução Industrial. O desenvolvimento de equipamentos com alta eficiência nas trocas térmicas instiga os pesquisadores e é nesse âmbito que a utilização de nanotecnologia em sistemas de refrigeração ganha destaque.

Nas últimas duas décadas pesquisas têm sido desenvolvidas com a finalidade de aumentar a condutividade térmica de fluidos utilizados em trocas térmicas com a adição de nanopartículas. Como resultado se obteve uma dispersão coloidal chamada de nanofluido. Os primeiros pesquisadores a nomear esses novos fluidos foram Choi e Eastman em 1995. Assim, os nanofluidos apresentam como principal característica uma elevada condutividade térmica proporcionada pela suspensão de nanopartículas de variados materiais, como óxidos ( $Al_2O_3$ , CuO, SiO,  $TiO_2$ ), metais (Cu, Ag, Au) e formas alotrópicas do carbono (nanotubos de carbono, diamante e grafeno) em líquidos comuns de troca térmica como água, etilenoglicol e óleo. O incremento da condutividade térmica é diretamente influenciado por fatores como a concentração volumétrica de nanopartículas, o tipo de nanopartícula e de fluido de base, utilização de agentes dispersantes, forma das nanopartículas, temperatura, dentre outros fatores.

Um dos principais fatores que limitam a aplicação de nanofluidos em variados sistemas de trocas térmicas é a estabilidade. Devido a isso, pesquisas têm sido desenvolvidas na tentativa de melhorar a estabilidade de nanofluidos pela adição de agentes dispersantes (surfactantes) como em Xuan *et al.* (2013), Xia *et al.* (2014), Hormozi *et al.* (2016), Guo *et al.* (2017). Devido ao constante movimento das nanopartículas dispersas em um fluido, o chamado movimento browniano, existe uma grande interação entre as nanopartículas e as moléculas do fluido que a circulam. De acordo com Branson *et al.* (2013) as nanopartículas devem estar bem dispersas e estáveis no fluido base, mas para atingir esse objetivo, algumas técnicas de tratamento da superfície das nanopartículas ou o uso de surfactantes, se faz necessário para se obter dispersões coloidais de alta qualidade.

Nanopartículas de diamante têm gerado interesse particular entre os pesquisadores devido a sua elevada condutividade térmica (3300 W/mK), alta dureza, massa específica relativamente baixa, dentre outras propriedades. Contudo, por causa do seu diâmetro muito pequeno, sua área superficial se torna muito elevada e com isso uma alta

energia de superfície também é notada. Isso faz com que sua tendência em aglomerar seja muito significante, prejudicando a estabilidade da dispersão e com isso o realce na condutividade térmica do nanofluido.

Wang *et al.* (2009) descobriram que a condutividade térmica tem uma correlação direta com a estabilidade dos nanofluidos, em que uma boa dispersão apresenta uma maior condutividade térmica. Afirmaram ainda que devido a sua grande área superficial, as nanopartículas com sua alta atividade, tendem a se aglomerar formando grandes aglomerados que se sedimentam e depositam no fundo do recipiente pela ação da gravidade, fazendo com que o nanofluido perca as suas características aprimoradas.

Branson *et al.* (2013) produziram nanofluidos de diamante em etilenoglicol e em óleo mineral com concentrações de até 0,9% e 1,9 % em volume, respectivamente. Em óleo mineral utilizaram ácido oleico como agente dispersante e obtiveram um incremento de 11% na condutividade térmica para a concentração de 1,9% vol. Outro trabalho relevante nessa área foi o de Liang *et al.* (2009) em que na tentativa de melhorar a dispersão das nanopartículas de diamante em etilenoglicol, modificou a superfície das nanopartículas com cadeias orgânicas.

Taha-Tijerina *et al.* (2014), investigaram a transferência de calor aplicando nanofluidos de diamante (diâmetro de 6 nm) em óleo mineral e verificaram uma melhoria significativa. Em seu estudo utilizaram baixas concentrações de nanopartículas de diamante (<0,1% em massa) sem o uso de qualquer tipo de surfactante e avaliaram a condutividade térmica, além da viscosidade e da influência da temperatura nessas propriedades. Em destaque, os autores apontaram as grandes propriedades das nanopartículas de diamante, como a lubrificidade, alta condutividade térmica e elétrica. Obtiveram como resultado incrementos na condutividade térmica com o aumento da temperatura para todas as concentrações analisadas e afirmaram se o movimento Browniano o maior efeito que contribuiu para a melhora da condutividade térmica. Sugeriram também que a baixa concentração mássica de nanopartículas de diamante permitiu uma maior interação entre elas e as moléculas do óleo por colisões, caracterizando o movimento Browniano efetivamente, e isso permitiu o incremento na condutividade térmica de ~40% e ~70% para 0,01 wt% e 1,0 wt%, respectivamente.

Assim, o presente trabalho apresenta os resultados da preparação de nanofluidos estáveis de diamante em óleo mineral com a utilização de ácido oleico como agente dispersante. Apresenta ainda a análise das medições de condutividade térmica, viscosidade e massa específica em função da temperatura, além da discussão dos possíveis efeitos da adição de ácido oleico nessas propriedades.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Preparação das amostras de nanofluidos

Para as sínteses dos nanofluidos, utilizando nanopartículas de diamante, foi adotado o método de dois passos, consistindo na dispersão das nanopartículas no fluido base, óleo mineral, sob diferentes concentrações mássicas (0,1 wt%, 0,5 wt% e 1,0 wt%). Os nanofluidos foram preparados utilizando nanopartículas esféricas de diamante (Di) com diâmetro de 3-5 nm e pureza de 97%, adquiridas da empresa Nanostructured & Amorphous Materials Inc. (Houston, Texas, USA). Óleo mineral da marca YPF S.A foi utilizado como fluido base e ácido oleico (AO), da marca Synth, como agente estabilizante. A descrição das massas, concentrações mássicas utilizadas e volumes de óleo mineral para a síntese dos nanofluidos Di-AO/óleo mineral é apresentada na Tab. 1.

Tabela 1. Massa de nanopartículas, volume de óleo mineral e concentrações dos nanofluidos Di-AO/óleo mineral

Concentração mássica (wt%)	Volume de óleo (ml) ( $\pm 0,1$ ml)	Volume de ácido oleico (AO) (ml) ( $\pm 0,1$ ml)	Massa de Diamante (g) ( $\pm 0,001$ g)
$\phi = 0,1$	500,0	50,0	0,538
$\phi = 0,5$	500,0	50,0	2,703
$\phi = 1,0$	500,0	50,0	5,432

Na síntese do nanofluido de Di-AO/óleo mineral, as nanopartículas de diamante foram submetidas à sonicação por 20 minutos em um volume de ácido oleico de 50 ml utilizando o ultrassonicador Sonic-Mill. Em seguida, foram centrifugadas em uma centrífuga da marca Beckman Coulter, modelo Allegra X-22R por 10 minutos a 9000 rpm. O excesso de ácido oleico foi separado das nanopartículas coletadas no fundo dos tubos falcon. A pasta obtida foi então redispersada no óleo mineral e a mistura sonicada por mais 20 minutos para a obtenção do nanofluido Di-AO/óleo mineral. Essa metodologia foi adotada objetivando evitar os efeitos do excesso de ácido oleico junto ao fluido base. Foi utilizado um fator de 10% para a massa das nanopartículas, prevendo uma possível perda de nanopartículas no processo de síntese dos nanofluidos. A Fig. 1 mostra o esquema representativo das etapas de síntese utilizando ácido oleico como agente estabilizante na obtenção de nanofluidos estáveis de diamante em óleo mineral.

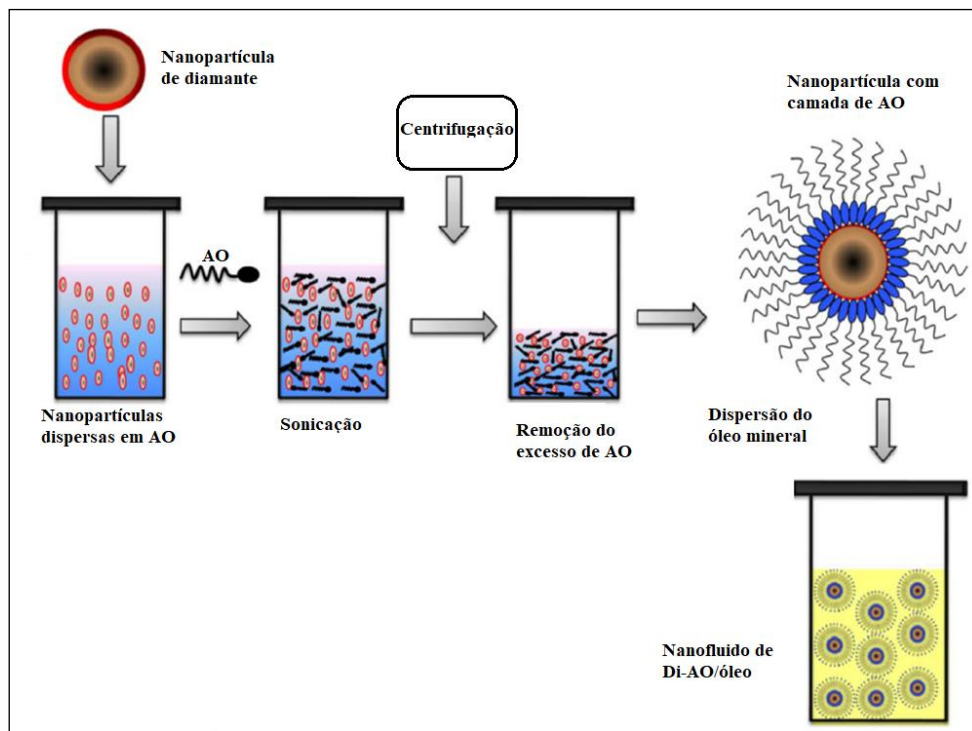


Figura 1. Esquema representativo da síntese de nanofluidos de diamante utilizando ácido oleico como agente estabilizante. Adaptada de Thorat *et al.* (2013).

A estabilidade é um dos fatores primordiais para a aplicação de nanofluidos em sistemas de troca de calor. Isso se deve ao fato de que um nanofluido que apresente nanopartículas agregadas pode comprometer a estabilidade final da dispersão causando uma alta taxa de sedimentação, além de problemas de obstrução de tubulações. Dentre os mecanismos de estabilização de nanofluidos, a estabilização estérica permite o impedimento estérico entre as nanopartículas dispersas no fluido base causado pela adição do ácido oleico como agente de estabilização. Assim, por esse mecanismo, as moléculas de ácido oleico revestem as nanopartículas de diamante e possibilitam a sua melhor dispersão no óleo promovendo a estabilização e a não agregação e sedimentação imediata das nanopartículas.

Na Fig. 2 são mostradas as imagens obtidas logo após a síntese e 7 dias após, sendo possível a observação do início da floculação das nanopartículas.

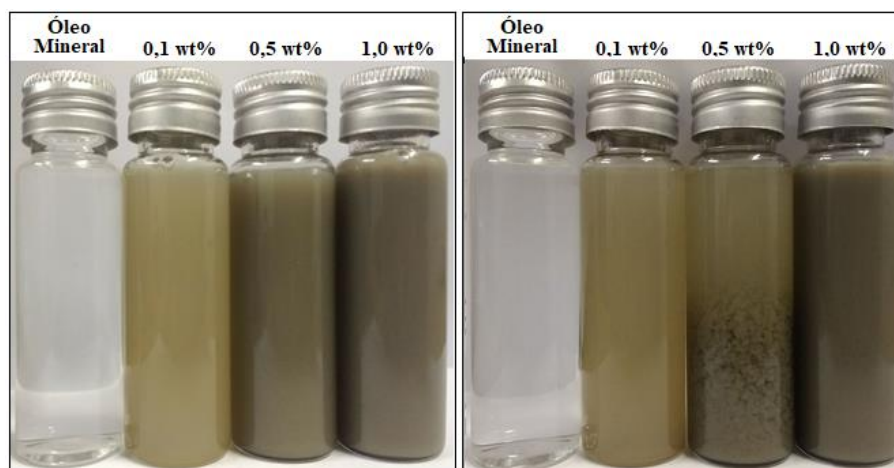


Figura 2. Amostras de nanofluidos logo após a dispersão e 7 dias após a síntese.

## 2.2 Medição das propriedades

### Condutividade térmica

A condutividade térmica é um parâmetro importante para melhorar o desempenho da transferência de calor de fluidos térmicos. Uma das principais características dos nanofluidos é a sua elevada condutividade térmica, comparada à dos fluidos base. Esse incremento significativo da condutividade térmica é proporcionado justamente pela adição das nanopartículas de sólidos que apresentam elevada condutividade térmica (Oliveira, 2018).

A condutividade térmica para os nanofluidos do presente trabalho foi medida usando um condutímetro da marca Linseis, modelo THB-1 (Fig.3), que se baseia na técnica da ponte quente, o qual permite a medição de condutividade térmica, difusividade térmica e calor específico de vários materiais, desde sólidos, líquidos, pós e pastas. Todo o aparato experimental é mostrado na Fig. 3, consistindo de um banho térmico utilizado para garantir a temperatura constante, uma cuba de aço inox em que a amostra de nanofluido foi colocada, o condutímetro e um computador com o programa de aquisição dos dados. A sonda foi inserida na amostra de nanofluido contida na cuba de inox ligada a um banho térmico. As medições foram automáticas, e realizadas através de um *software* em um computador acoplado, sendo realizadas 10 medições por ciclo e de 2 a 3 ciclos por amostra, com incerteza da medição de  $\pm 2\%$ . A faixa de temperatura utilizada foi de  $10^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ . O valor final da condutividade foi a média aritmética dos resultados obtidos, já eliminados os valores discrepantes.

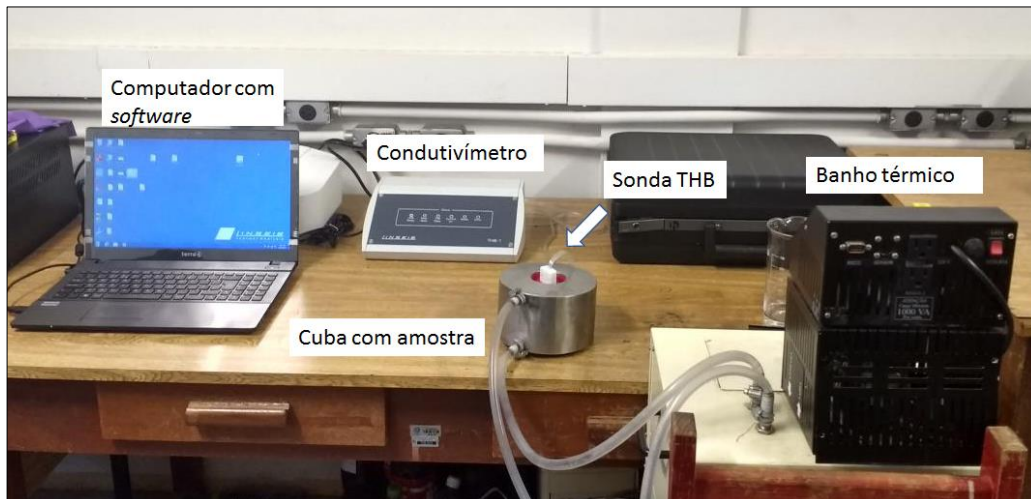


Figura 3. Aparato experimental para medição de condutividade térmica de nanofluidos. Fonte: Oliveira (2018).

#### *Viscosidade e massa específica*

A viscosidade dinâmica, bem como a massa específica, dos nanofluidos foram medidas em um viscosímetro rotacional, modelo Stabinger™ SVM™ 3000, de bancada, do fabricante Anton Paar, o qual possui uma geometria cilíndrica com tubos concêntricos. As amostras de nanofluidos foram injetadas no equipamento, e o cálculo da viscosidade dinâmica feito a partir da velocidade do rotor contido no equipamento. Simultaneamente, o equipamento obteve valores de viscosidade dinâmica, viscosidade cinemática e massa específica. A temperatura foi controlada pelo próprio equipamento, sendo as medições realizadas nas temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50  $60^{\circ}\text{C}$ . De acordo com o fabricante a incerteza das medições de viscosidade é de  $\pm 0,35\%$ . A Fig. 4 mostra a foto do equipamento utilizado.



Figura 4. Viscosímetro utilizado para medição da viscosidade e massa específica do nanofluidos. Fonte: Oliveira (2018).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados das medições da condutividade térmica, viscosidade e massa específica dos nanofluidos. Para investigar a morfologia das nanopartículas de diamante foram realizadas as imagens de microscopia eletrônica de transmissão (TEM). Na Fig. 5 é mostrada a imagem das nanopartículas de diamante em pó e a imagem obtida por microscopia.



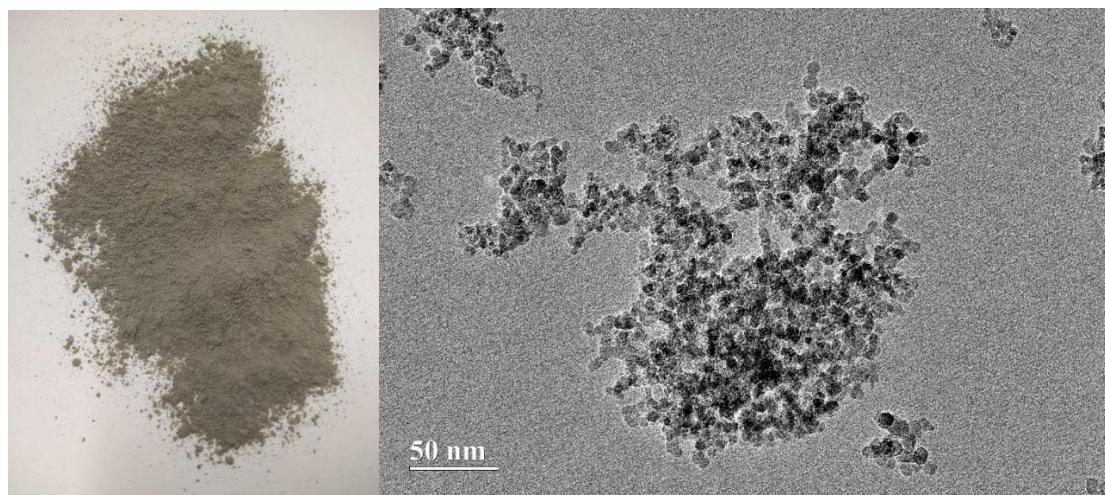


Figura 5. Nanopartículas de diamante e imagem de TEM das nanopartículas.

A caracterização dos nanofluidos após a sua síntese foi realizada com o objetivo de avaliar as propriedades termofísicas, consistindo em medições de condutividade térmica, viscosidade e massa específica. Além disso, avaliar a influência da adição de ácido oleico na estabilidade e nas propriedades termofísicas desses nanofluidos. Os resultados obtidos mostraram que a adição de nanopartículas de diamante no óleo mineral incrementaram a condutividade térmica dos nanofluidos sem comprometer de forma significativa a viscosidade dos mesmos. Assim como a presença do ácido oleico não mostrou influências negativas na condutividade térmica nem na viscosidade, sendo um ótimo agente estabilizante para a dispersão de nanopartículas de diamante.

Os nanofluidos preparados apresentaram incrementos na condutividade térmica com o aumento da temperatura e da concentração mássica. A maior concentração (1,0 wt%) apresentou um incremento de 10,67%, a 50°C, como pode ser observado na Fig. 6. Para a concentração de 0,5 wt%, o maior incremento (8,03%) foi obtido também a 60°C e para a concentração de 0,1 wt%, o máximo incremento foi de 7,19% (a 60°C). O alto incremento na condutividade térmica foi possível devido à adição do estabilizante ácido oleico, que atuou na estabilidade final dos nanofluidos, mantendo as nanopartículas bem dispersas no fluido base e por consequência, proporcionou notáveis aumentos de condutividade térmica.

Resultados semelhantes foram encontrados por Shukla e Aiyer (2015), para nanofluidos de diamante funcionalizado dispersos em óleo de transformador, com ácido oleico como dispersante. Obtiveram 14,5% de incremento na condutividade térmica para 0,12 wt%, a 40°C. Yu *et al.* (2011) afirmou que as razões para o incremento na condutividade térmica de nanofluidos de diamante ocorre devido a alta condutividade térmica do diamante, cerca de 3300 W/mK, também devido ao reduzido tamanho das nanopartículas, 5 - 10 nm, a alta área superficial das nanopartículas, reduzindo a resistência de contato e melhorando a dispersibilidade. A estabilidade dos nanofluidos influenciou diretamente no incremento da condutividade térmica, uma vez que as aglomerações são o principal problema que conduz a redução da condutividade térmica e da transferência de calor em nanofluidos. Assim, todos esses fatores ajudam a melhorar a condutividade de nanofluidos de diamante.

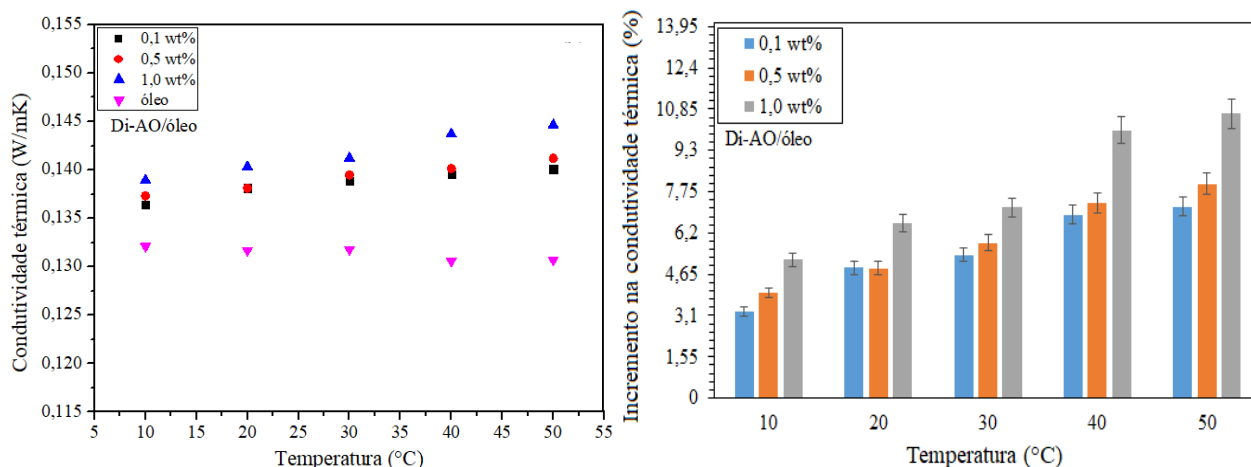


Figura 6. Resultados experimentais de condutividade térmica de nanofluidos de Di-AO/óleo em função da temperatura e incrementos médios da condutividade térmica.

Com relação à viscosidade, os nanofluidos apresentaram um comportamento de diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura, seguindo a mesma tendência do fluido base. Com o aumento da concentração de

nanopartículas, os nanofluidos apresentaram um aumento da viscosidade em relação ao fluido base. Esses resultados experimentais de viscosidade, podem ser observados na Fig. 7.

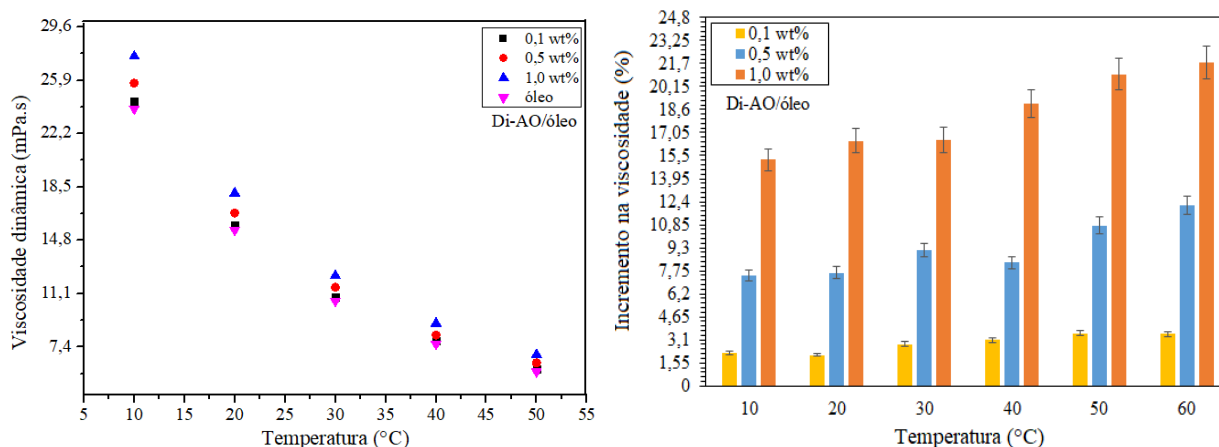


Figura 7. Resultados experimentais de viscosidade dinâmica para nanofluidos de Di-AO/óleo em função da temperatura e incrementos na viscosidade.

Observou-se que o máximo incremento para a viscosidade foi para a maior concentração mássica (1,0 wt%), sendo de 21,74% a 60°C (Fig.7). Esse elevado valor ocorreu devido a concentração de nanopartículas ser alta, uma vez que foi utilizada concentração mássica, o que equivale a 0,3% em concentração volumétrica.

Com relação à adição de ácido oleico como dispersante, não há evidências concretas de que sua adição tenha afetado a viscosidade. Contudo, mais testes, com o óleo apenas com ácido oleico devem ser realizados para avaliar esse possível efeito de aumento da viscosidade. Shukla e Aiyer (2015) obtiveram excelentes resultados para viscosidade de seus nanofluidos de Di-óleo de transformador. Consideraram negligenciável a mudança de viscosidade para seus nanofluidos, para concentrações mássicas de até 1,0 wt%.

As massas específicas obtidas experimentalmente para nanofluidos função da temperatura são mostradas na Fig. 8. Foi observado que as massas específicas aumentaram em função do aumento da concentração de nanopartículas. Os resultados também mostraram a tendência de diminuição da massa específica com o aumento da temperatura, tanto para o fluido base puro, quanto para os nanofluidos. Os incrementos calculados também são mostrados na Fig. 8. Foram observados incrementos máximos de 1,07% para 1,0 wt% a 40°C.

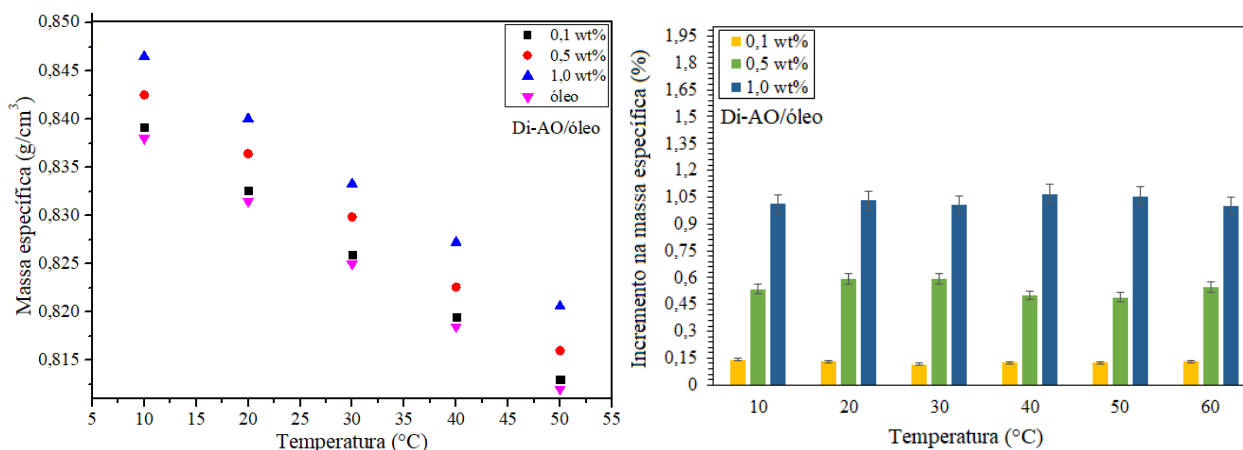


Figura 8. Resultados experimentais de massa específica e incrementos em função da temperatura dos nanofluidos de Di-AO/óleo.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram realizadas medições experimentais de condutividade térmica, viscosidade dinâmica e massa específica de nanofluidos de diamante à base de óleo mineral de transformador, utilizando método de dois passos na dispersão das nanopartículas com a utilização de um ultrassonicador e a adição de ácido oleico como agente estabilizante. Os resultados das medições de condutividade térmica dos nanofluidos revelaram que a utilização destas nanopartículas em óleo mineral levou a um incremento na condutividade térmica de 10,67%, sendo proporcional ao aumento da concentração mássica de nanopartículas. O incremento na viscosidade dos nanofluidos foi proporcional ao aumento da concentração de nanopartículas. O máximo valor foi de 21,74% para a concentração de 1,0 wt%.

A adição de ácido oleico como agente estabilizante não apresentou influência negativa na condutividade térmica nem na viscosidade, contudo mais testes experimentais devem ser realizados para comprovar o efeito nessas propriedades termofísicas de nanofluidos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio a esta pesquisa; à equipe do laboratório LTM da Faculdade de Engenharia Mecânica da UFU, pela realização utilização do ultrassonicador.

### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- B. T. Branson, P. S. Beauchamp, J. C. Beam, C. M. Lukehart, J. L. Davidson. 2013. Nanodiamond Nanofluids for Enhanced Thermal Conductivity. *ACS Nano*, v. 7, n°4, pp. 3183–3189.
- Choi, S.U.S., Eastman, J.A. 1995. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, In: ASME INTERNATIONAL MECHANICAL ENGINEERING CONGRESS & EXPOSITION, November 12-17, San Francisco, CA.
- Guo, J., Barber, G. C., Schall, D. J., Zou, Q., Jacob, S. B. 2017. Tribological properties of ZnO and WS<sub>2</sub> nanofluids using diferente Surfactants. *Wear* 382–383, 8–14.
- Hormozi, F., Nezhad, B. Z., Allahyar, H.R. 2016. An experimental investigation on the effects of surfactants on the thermal performance of hybrid nanofluids in helical coil heat exchangers. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 78, 271–276
- Oliveira, L.R. 2018. Síntese e caracterização de nanofluidos para aplicação em sistemas térmicos. Tese (Doutorado), 250 f. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2018.753>.
- Shukla, G., Aiyer, H. 2015. Thermal conductivity enhancement of transformer oil using functionalized nanodiamonds. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, v.22, n. 4, p. 2185-2189. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2015.004678>
- Taha-Tijerina, J. J., Narayanan, T. N., Tiwary, C. S., Lozano, K., Chipara, M., Ajayan, P. M. 2014. Nanodiamond-Based Thermal Fluids. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 6 (7), pp 4778–4785 DOI: 10.1021/am405575t
- Thorat, N. D., Khot, V. M., Salunkhe, A. B., Prasad, A. I., Ningthoujam, R. S., Pawar, S. H. 2013. Surface functionalized LSMO nanoparticles with improved colloidal stability for hyperthermia applications. *J. Phys. D: Appl. Phys.* 46 105003 (11pp) doi:10.1088/0022-3727/46/10/105003
- Wang, X., Zhu, D. 2009. Investigation of pH and SDBS on enhancement of thermal conductivity in nanofluids, *Chem. Phys. Lett.* 470, 107e111.
- Xia, G., Jiang, H., Liu, R., Zhai, Y. 2014. Effects of surfactant on the stability and thermal conductivity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/deionized water nanofluids. *International Journal of Thermal Sciences* 84, 118e124
- Xuan, Y., Li, Q., Tie, P. 2013. The effect of surfactants on heat transfer feature of nanofluids. *Experimental Thermal and Fluid Science* 46, 259–262
- Yu, W., Xie, H., Wang, X., Wang, X. 2011. Significant thermal conductivity enhancement for nanofluids containing graphene nanosheets. *Phys Lett A*, v.375, p. 1323–8. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2011.01.040>

### **FORMAT INSTRUCTIONS FOR PAPERS SUBMITTED TO MERCOFRIO 2018**

**Abstract.** *Nanofluid is a new class of fluids with the potential to replace the traditional fluids used in thermal exchanges and be applied in several areas from refrigeration, microelectronics and even biomedical. The main characteristic that highlights the nanofluids of other fluids is their high thermal conductivity conferred by the addition of nanoparticles. However, for its application it is necessary that its stability remain in the long term, and this is guaranteed by the methods of preparation and stabilization employed. To achieve these objectives, this work presents the experimental results of the addition of oleic acid (stabilizing agent) in the preparation of stable diamond nanofluids using mineral oil as base fluid by the "two step" method. Thermal conductivity, viscosity and specific mass measurements were performed for three different concentrations of diamond nanoparticles, 0.1 wt%, 0.5 wt% and 1.0 wt%, the results being evaluated and the stability of the dispersions analyzed by method of temporal observation of sedimentation. The maximum increase for conductivity was 10.67% and for the viscosity 21.19%. Based on the experimental results obtained, the potential of these nanofluids for application in thermal exchange systems was verified.*

**Keywords:** Nanofluids, Stability, Thermal conductivity, Viscosity, Diamond