

CONVERSÃO FOTOTÉRMICA COM COLETORES MONTADOS EM SEGUIDOR SOLAR UTILIZANDO NANOFLUIDOS

Adonis Menezes, Universidade Federal de Uberlândia, adonis.ifsc@gmail.com

Enio Pedone Bandarra Filho, Universidade Federal de Uberlândia, bandarra@mecanica.ufu.br

Resumo. O trabalho apresenta a metodologia detalhada para experimentação de nanofluidos de prata em condições reais de conversão fototérmica, utilizando coletores solares montados em dispositivo seguidor solar (tracker). Os testes serão realizados sob radiação solar direta e contemplarão diferentes concentrações de nanopartículas nos nanofluidos, visando verificar a influência destas variáveis no processo de absorção de energia. Resultados preliminares obtidos com estruturas fixas motivaram o desenvolvimento do presente trabalho, nos quais se obteve incrementos na eficiência de transferência de calor no coletor solar maior do que 40% se comparado com a mesma situação trabalhando com água.

Palavras chave: Nanofluidos, Conversão Fototérmica, Seguidor Solar.

1. INTRODUÇÃO

A crise no setor energético e notícia recorrente em noticiários no país. A planta energética é pautada nas hidroelétricas, porém com a escassez de chuvas a fragilidade desse sistema ficou evidente. Dentre as alternativas a energia solar é um recurso com grande capacidade de exploração, ela pode ser usada de forma gratuita, em qualquer lugar do planeta, pois a intensidade luminosa provida pelo sol ocupa todos os espaços. Existem diferentes aplicações da energia solar, pode-se citar a utilização para aquecimento (energia solar térmica), geração de energia fotovoltaica e conversão fotoquímica, sendo que a energia solar térmica é a aplicação mais popular entre elas. Coletores solares são amplamente empregados na conversão fototérmica para o aquecimento de água em residências.

A nanotecnologia é um poderoso aliado para a pesquisa de fluidos de trabalho para trocadores de calor com fonte solar. Nanopartículas apresentam propriedades diferentes se comparadas as do mesmo material em escala normal, pois apareceram efeitos provocados pelo seu tamanho reduzido, efeitos de fronteira, efeitos quânticos e assim por diante, tal fato é explicado se for levado em consideração às imperfeições do material, nas nanopartículas praticamente inexistem. As nanopartículas apresentam propriedades ópticas diferentes, do metal que as deu origem, o que leva a ter uma excelente propriedade de foto absorção. Levando em consideração este fato, as nanopartículas trazem um aumento considerável na transferência de calor do nanofluido, sendo que este nada mais é do que – uma suspensão de nanopartículas de um metal ou de óxido de metal em solução líquida, diminuindo drasticamente a transmitância do fluido base, por exemplo, a água. Experimentos com nanopartículas absorvendo energia solar diretamente no volume de líquido são recentes. Nesses estudos, os nanofluidos funcionam como coletores solares de absorção direta, onde a energia solar é absorvida diretamente no interior do volume de fluido e nas nanopartículas por radiação o que transforma o processo de aquecimento em um fenômeno volumétrico e não mais superficial. Comparando-se com as partículas de tamanho convencional, as nanopartículas oferecem o benefício adicional de aumento exponencial da superfície de contato (“razão de aspecto”) para o mesmo volume de partículas.

Nos últimos anos, as propriedades de radiação de uma série de nanomateriais foram investigadas experimentalmente (Sani e Otanicar, 2010, Taylor et al 2011, Lenert e Wang 2012, He et al. 2013) e algumas teorias foram propostas para maximizar a eficiência de conversão fototérmica sob concentrações otimizadas de partículas (Tyagi 2007, Otanicar 2009 e 2010). A maioria dos estudos baseou-se em condições de laboratório – radiação solar simulada – e utilizando-se pequeno volume de nanofluidos - poucos mililitros.

Portanto decidiu-se integrar nanotecnologia com energias renováveis, através do desenvolvimento do presente trabalho. Com a conclusão do trabalho será possível determinar a taxa de transferência de calor efetiva, na utilização de nanofluidos submetidos à conversão fototérmica em regime transiente.

2. METODOLOGIA

2.1 Motivação

Trabalhos anteriores dos autores (Bandarra Filho et. al. 2014) mostraram que a utilização de nanofluidos na conversão fototérmica promove um incremento de até 40% na eficiência da conversão fototérmica, mesmo assim este resultado pode ser melhorado, pois os testes anteriores mostraram que em determinadas horas do dia a eficiência do

coletor caía abruptamente. Após realização de análise, o fato foi explicado em função do movimento azimutal do sol durante o dia, devido a isto foi decidido construir um seguidor solar (tracker). Nesta etapa do trabalho, foram definidos os equipamentos necessários para realização dos testes e a partir da concepção dos equipamentos foram desenvolvidos os projetos dos equipamentos a serem construídos utilizando o software SolidWorks®. Para ilustrar tal etapa é apresentada na Fig.1 uma vista do projeto geral do aparato experimental.

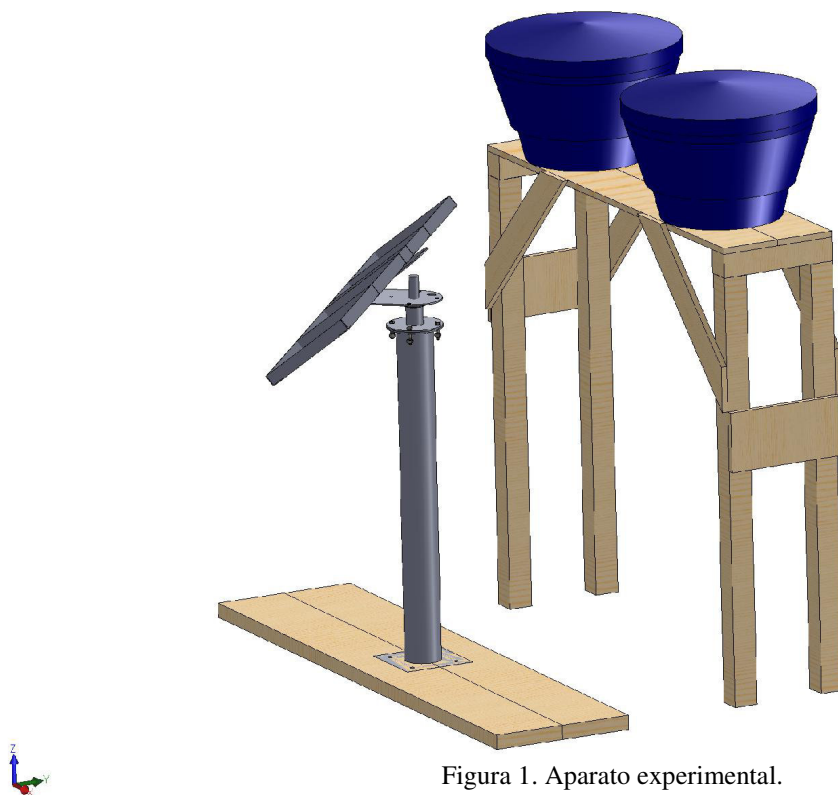


Figura 1. Aparato experimental.

2.2. Desenvolvimento do aparato experimental

Alguns equipamentos necessários para a realização dos testes foram fabricados pelo próprio autor do trabalho utilizando os laboratórios FEMEC, tais como o seguidor solar, reservatórios térmicos, coletores solares e a estrutura de apoio dos equipamentos.

Foi estruturada e projetada uma interface gráfica no software de LabVIEW® para o sistema de aquisição e armazenamento de dados, necessários para a avaliação do desempenho da conversão fototérmica dos nanofluidos, esta interface permitirá visualizar as variáveis de controle (temperatura e intensidade de radiação solar). As temperaturas serão medidas na entrada e na saída do coletor solar e dentro do reservatório térmico, conforme Fig.2. A radiação solar direta vai ser medida com o auxílio de uma placa fotovoltaica calibrada, que será montada na própria estrutura do seguidor solar, sendo assim receberá a mesma intensidade de radiação que os coletores.

2.3. Síntese de nanofluidos

Pressupõe-se que os nanofluidos sejam eficientes nos processos de transferência de calor, pelo fato que aumentam significativamente os valores da condutividade térmica se comparados aos do fluido base. Porém, conforme resultados experimentais encontrados na literatura científica, estes fluidos são suspensões estáveis e homogêneas só por um curto período de tempo, o que torna desvantajosa sua aplicação em determinados equipamentos e processos.

Portanto, nesta etapa do trabalho, serão aplicadas algumas técnicas utilizadas na obtenção de dispersões coloidais homogêneas para prolongar a estabilidade destes nanofluidos. O método de síntese utilizado será o método de dois passos por meio do homogeneizador de alta pressão. Após a preparação das amostras de nanofluidos, os mesmos serão caracterizados para determinação de duas de suas propriedades termofísicas de condutividade térmica e viscosidade. O calor específico do nanofluido será calculado a partir da correlação apresentada na Eq. 1. Onde ρ é a massa específica, ϕ é a concentração volumétrica de nanopartículas no nanofluido e c_p é o calor específico de cada substância.

$$(\rho \cdot c_p)_{nf} = (1 - \phi) \cdot (\rho \cdot c_p)_{fb} + \phi \cdot (\rho \cdot c_p)_{np} \quad (1)$$

2.4. Realização dos testes experimentais

A realização dos testes experimentais tem por objetivo avaliar a eficiência na conversão fototérmica utilizando nanofluidos, para tanto será desenvolvido o aparato experimental, sendo que seu diagrama esquemático está apresentado na Fig. 2. Os testes serão realizados no terraço de um prédio, onde será montado o dispositivo seguidor solar (tracker). No seguidor solar serão colocados os coletores solares que estão na posição “1” do diagrama esquemático, os dados de temperatura vão ser monitorados por termopares apresentados na posição “2” do diagrama, assim como o índice de radiação direta vai ser monitorado utilizando-se placa fotovoltaica calibrada apresentada na posição “6” do diagrama.

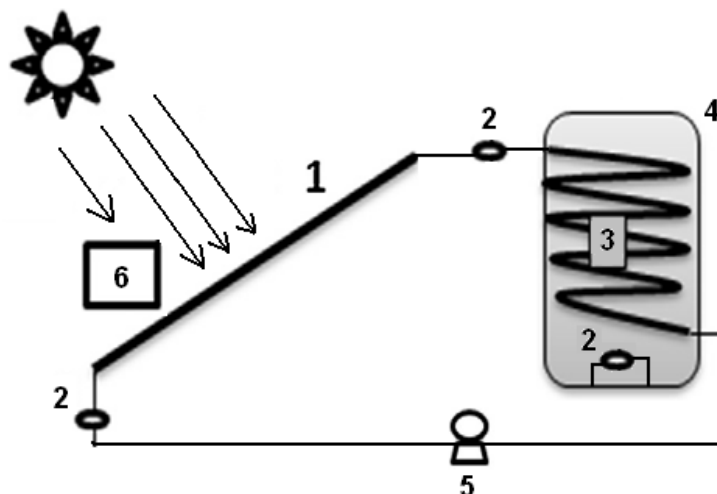


Figura 3. Diagrama esquemático do aparato experimental (1.Coletor 2.Termopar 3.Trocador de calor 4.Reservatório Térmico 5.Bomba 6.Célula fotovoltaica calibrada).

Em posse dos dados de temperatura na entrada e saída do coletor e do valor da radiação direta incidente, é possível calcular o rendimento da conversão fototérmica através da Eq. 2. Onde $\dot{q}_t$ é o fluxo de calor transferido do coletor para o nanofluido e $\dot{q}_a$ é o fluxo de calor absorvido pelo coletor.

$$\eta = \frac{\dot{q}_t}{\dot{q}_a} \quad (2)$$

2.5. Análise dos resultados

Com a conclusão de todas as etapas citadas anteriormente estando em posse de todos dados de temperatura, radiação e rendimento térmico do coletor solar para diferentes nanofluidos serão gerados gráficos como os obtidos por (Moghadam et. al 2014) na conversão fototérmica em nanofluidos de CuO-água em situação ótima de escoamento, que são apresentados na Fig.3.

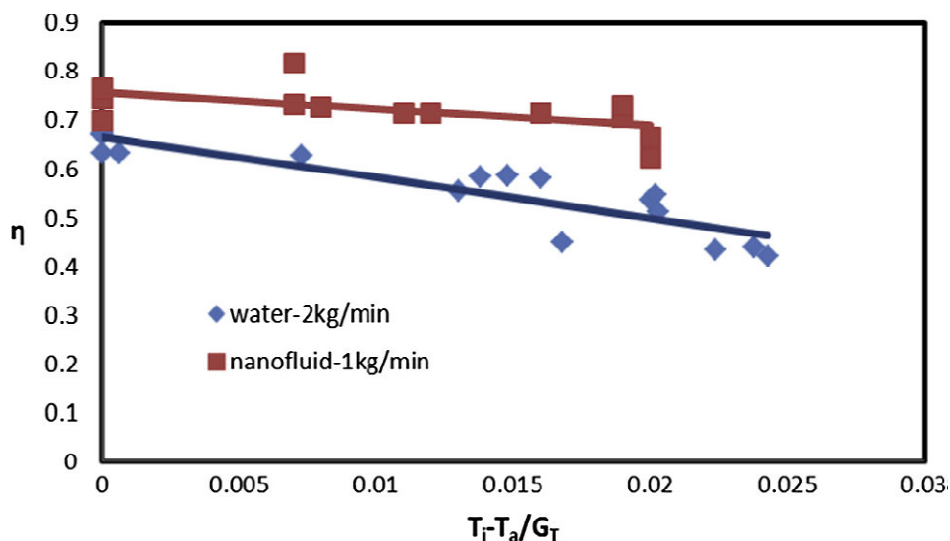


Figura 3. Resultados obtidos por (A. J. Moghadam et. al 2014)

3. REFERÊNCIAS

- Arai N, Itaya Y e Hasatani M.,1984, Desenvolvimento de um volume do tipo heat-armadilha coletor solar utilizando uma suspensão líquida semitransparente com partículas finas como um veículo de calor e meio de armazenamento de calor. *Energia Solar*, 32, 49-56
- Bandarra Filho, E. P., Menezes, A., et. al., 2014, Experimental investigation of a silver nanoparticle-based direct absorption solar thermal system. *Energy Conversion and Management*, 261-267.
- He Q, Wang S, Zeng S and Zheng Z.,2013, Experimental investigation on photothermal properties of nanofluids for direct absorption solar thermal energy systems. *Energy Conversion and Management*. 73, 2013, 150-157
- Lenert A. and Wang E. N.,2012, Optimization of nanofluid volumetric receivers for solar thermal energy conversion, *Solar Energy*, 86(2012):253-265.
- Moghadam, A. J, Farzane-Gord, M., Sajadi, M., Hoseyn-Zadeh M., 2014, Effects of CuO/water nanofluid on the efficiency of a flat-plate solar collector, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 10-14.
- Otanicar T, Phelan PE, Prasher RS, Rosengarten G, Taylor RA.,2010, Nanofluid-based direct absorption solar collector. *J Re-newable Sustainable Energy* 2010;2:033102.
- Quinbo He, Shuangfeng Wang, Shequan Zeng, Zhaozhi Zheng.,2013, Experimental investigation on photothermal properties of nanofluids for direct absorption solar thermal energy systems. *Energy Conversion and Management* 73 (2013) 150–157.
- Said, Z, Sajid MH, Saidur R, Kamalisarvestani M and Rahimz NA.2013, Radiative properties of nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer* 46 ,2013, 74–84
- Sani E. et al.,2010, Carbon nanohorns-based nanofluids as direct sunlight absorbers, *Optics Express*, 2010(18): 5179-5187.
- Sani E. et al.,2011, Potential of carbon nanohorn-based suspensions for solar thermal collectors, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 95(2011):2994–3000
- Taylor, Robert A., Phelan, Patrick E., Otanicar, Todd P., Tyagi, H., Trimble, S.,2010, - Applicability Of Nanofluids In Concentrated Solar Energy Harvesting - Proceedings of the ASME 2010 4th International Conference on Energy Sustainability, Phoenix, Arizona, USA.
- Tyagi, H., Phelan, P. E., and Prasher, R. S.,2007, “Predicted Efficiency of a Nano-Fluid Based Direct Absorption Solar Receiver”, accepted as Paper No. ES2007-36139, ASME 1st International Conference on Energy Sustainability, Long Beach, CA, to appear in the *Journal of Solar Energy Engineering*. 2007.
- Tyagi H, Phelan P, Prasher R. ,2009, Predicted efficiency of a low-temperature nanofluid based direct absorption solar collector. *J Sol Energy Eng*.
- Wang, Evelyn N.,Lenert, A. ,2011, - Optimization of nanofluid volumetric receivers for solar thermal energy conversion.

4. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.