



**XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP**  
Artigo CREEM2012

## **Estudos sobre desenvolvimento de coletores volumétricos de energia solar a base de nanofluidos – uma breve revisão**

**Jefferson Raimundo Magalhães, Oscar S. Hernandez Mendonza, Stheffn B. R. Almeida Freitas**

UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Curso de Engenharia Mecânica  
Campus Santa Mônica, - Uberlândia – Minas Gerais  
magalhaesjefferson@yahoo.com.br, oscarshm5@gmail.com, stheffno@yahoo.com.br

### **Introdução**

Crescimento sustentável é altamente debatido. Produzir riquezas sem afetar o meio ambiente é do interesse de todos os países e empresas. Devido ao seu caráter renovável e não poluente a energia solar oferece diversas aplicações. Todavia, o tipo mais comum de coletor é o de placa plana e estes além de serem de baixo rendimento, não armazenam calor (Pacheco, 2001; Romero et al., 2002).

O baixo aproveitamento das placas solares se deve ao fato de grande parte destes coletores além de perder calor por reflexão e radiação, tem perdas de calor relativamente elevadas com o ambiente. Neste cenário, os coletores solares volumétricos aparecem como uma solução para diminuir as perdas de energia, pois distribuem a radiação absorvida por todo o fluido do coletor, que se comporta como coletor e armazenador. As pesquisas mais recentes mostram que os coletores a base de nanofluidos, solução de um fluido com partículas inferiores a 20nm, possuem um melhor desempenho térmico, já que essas partículas melhoram a transferência de calor e recepção de energia solar (Tyagi et al., 2009), como também uma maior condutividade térmica. Por exemplo, Keblinski et al. (2005) mostrou que adicionando menos de 1% de nanopartículas de Cu ou nanotubos de carbono em óleo a condutividade térmica aumentou em 40% e 150% respectivamente.

Recentemente várias pesquisas estão sendo desenvolvidas nos países nórdicos, para aperfeiçoar o desempenho dos coletores solares planos ou com concentração solar usando nanofluidos. Visto isto, este trabalho se dispõe a resumir as investigações científicas já realizadas, com o intuito de criar uma perspectiva para o desenvolvimento e otimização dos coletores solares volumétricos no Brasil.

### **Objetivos**

Vista a importância já citada da energia solar e os avanços provocados pelos nanofluidos, esperamos em nossa pesquisa desenvolver um coletor volumétrico a base de nanofluidos. Para isso, investigaremos os fatores que afetam o desempenho destes dispositivos, comprovando resultados encontrados na literatura e avaliando futuros cenários. Todavia, como primeiras medidas para validar nossa pesquisa revisaremos os estudos realizados e determinaremos a viabilidade de iniciar pesquisas para desenvolver coletores solares volumétricos a base de nanofluido. Assim o objetivo deste trabalho é expor estes resultados, além de citar as perspectivas para a pesquisa se comprovada a viabilidade dos dispositivos deste estudo.

### **Metodologia**

Para cumprir com nosso objetivo pesquisamos nos sites ScienceDirect ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)) e no Portal da Capes ([www.periodicos.capes.gov.br](http://www.periodicos.capes.gov.br)) por artigos relacionados a nanofluidos, energia solar, coletores volumétricos. Os resultados da busca foram selecionados e avaliados, sendo feito um resumo dos principais campos de pesquisa e das conclusões mais relevantes. Feito isto, elaboramos nossa perspectiva de pesquisa no campo de coletores volumétricos a base de nanofluidos.

### **Resultados**

Tendo em vista a potencialidade da energia solar, pesquisadores investigaram parâmetros que influenciam na coleta e armazenamento desta energia através de coletores a base de nanofluidos. Yousefi et al. (2011a), pesquisou o efeito do pH do fluido base e concluiu que em pH distantes da neutralidade ou seja, muito ácidos ou muito básicos, os receptores obtinham melhor desempenho. Yousefi et al. (2011b), também investigou a concentração de massa das nanopartículas no nanofluido e seus resultados mostraram que 0,2%

de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  em água melhora o desempenho das placas solares em aproximadamente 28,3%. Lenert et al. (2010, 2011) avaliou o efeito da altura do coletor volumétrico, as consequências de aumentar a concentração de radiação solar e a espessura ótica do recipiente, medida de transparência definida como negativo do logaritmo natural da fração de radiação que não é dispersa ou absorvida numa trajetória, e concluiu que o ponto ótimo da espessura ótica é de  $1,7 \pm 0,1$ . Através de análise estratificada foi obtido o perfil de temperatura do nanofluido em função dos parâmetros investigados e com isso, Lenert et al. (2011) mostrou que é possível um desempenho 35% melhor em coletores volumétricos para alturas maiores do que cinco centímetros e grandes concentrações de radiação ( $C > 100$ ).

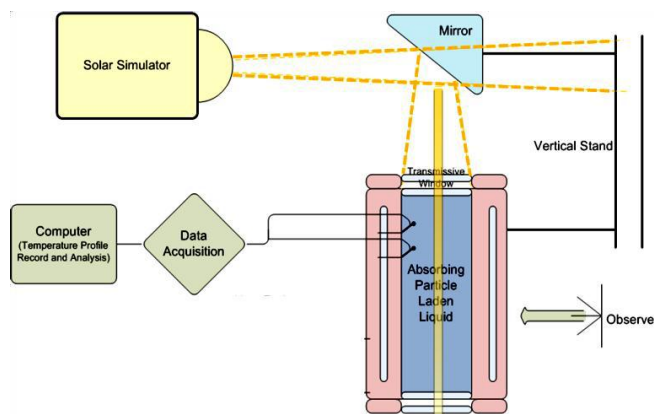


Fig. 1, Representação dos experimentos realizados por Lenert et al. (Lenert et al., (2010)

Mercatelli et al. (2010) pesquisou as propriedades óticas e térmicas do nanofluido a base água e nanocones de carbono e obteve um performance 10% melhor para as concentrações investigadas em comparação com fluidos convencionais.

Com esta bibliografia, Fagundes, et al. (2012), avaliou o desempenho e o comportamento de um nanofluido em comparação com a água como coletor energia, como também investigou o efeito da radiação na temperatura de três pontos do coletor, observado picos de temperaturas coincidentes com os picos de radiação solar, conforme Fig. 2, o que não havia sido notado em trabalhos anteriores.

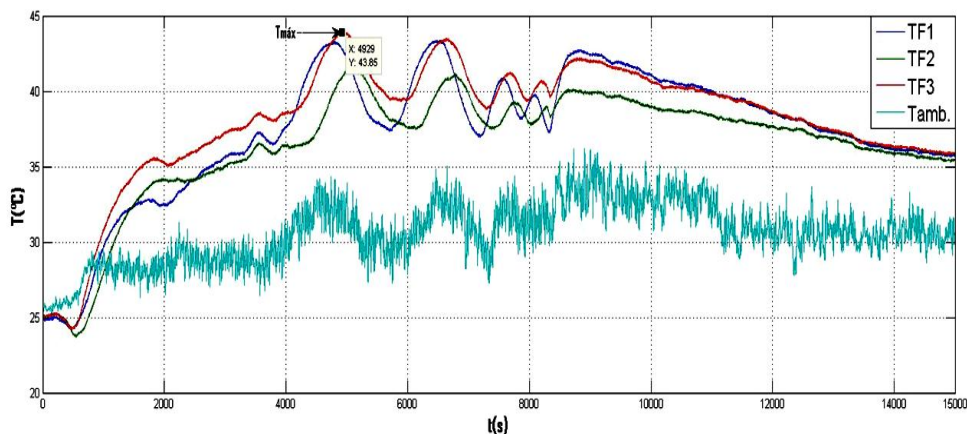


Fig. 2 - Gráfico da temperatura do nanofluido em função do tempo durante o experimento de radiação solar (Fagundes et al. 2012)

Vale ressaltar que os resultados e experimentos deste último trabalho foram tomados como precursores de nosso projeto, visto que estão sobre a orientação do mesmo professor e laboratório, LEST. Além disso, os resultados encontrados por Fagundes et al., assim como a bancada de experimentos é agora utilizada em nossa pesquisa para obtenção de resultados futuros.

### Considerações Finais

Neste trabalho revisamos os principais resultados e parâmetros já pesquisados para desenvolvimento de um coletor volumétrico a base de nanofluido. Com os resultados encontrados concluímos, que apesar da necessidade de revisão, já foram determinados alguns critérios base, como a espessura ótica de  $1,7 \pm 0,1$  obtida por Lenert et al. (2011). Todavia, há pontos ainda insertos como a forma do coletor, o melhor tipo de

nanofluido, visto que ainda faltam resultados mais conclusivos. Além disso, pode-se concluir que desenvolver um protótipo de coletor volumétrico solar utilizando nanofluido, além de viável, possui uma perspectiva de alto ganho de energia.

Desta maneira, pretende-se realizar testes com vários protótipos de coletor volumétrico solar, usando vários nanofluidos. Pretende-se utilizar nanofluidos opacos para que a cor escura realize o papel de uma superfície absorvedora de energia, e terá de ser investigada a necessidade de concentração solar para o caso de espessuras de nanofluido de vários centímetros, de forma a coletar e armazenar calor ao mesmo tempo.

### **Agradecimentos**

Por este trabalho os autores agradecem ao Laboratório de Energia e Sistemas Térmicos (LEST), ao grupo Programa de Educação Tutorial do curso de Engenharia Mecânica (PETMEC), Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC) e a Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade e incentivo na realização deste trabalho.

### **Referências Bibliográficas**

- A. Ghadimi, R. Saidur, H.S.C. Metselaar, “A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2011
- A. Lenert, Y. S. P. Zuniga, E. N. Wang, “Nanofluid-based absorbers for high temperature direct solar collectors”, *Proceedings of the 14th International Heat Transfer Conference*, 2010
- A. Lenert, E. N. Wang, “Optimization of nanofluid volumetric receivers for solar thermal energy conversion”, *Solar Energy* 86 (2012) 253–265, 2011
- A. Veeraragavan, A. Lenert, B. Yilbas, S. Al-Dini, E. N. Wang, “Analytical model for the design of volumetric solar flow receivers”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2011
- C. L. Beicker, T. A. Fagundes, E. Bandarra Filho, O. S. H. Mendonza, “Utilização de nanofluidos como receptores de energia térmica em coletores solares”, *3o Encontro sobre Nanofluidos em Processos Térmicos e de Conversão de Energia*, 2012
- N., Mathur, R. Barbieri, L. Winikes, “Recent developments in the field of solar water heater using flat plate collector – a review”, *International Journal of Advanced Engineering Technology*, E-ISSN 0976-3945, 2012.
- L. Mercatelli, E. Sani, G. Zaccanti, F. Martelli, P. Ninni, S. Barison, C. Pagura, F. Agresti, D. Jafrancesco, “Carbon nanohorns-based nanofluids as direct sunlight absorbers”, *Optical Society of America*, 2010.
- L. Mercatelli, E. Sani, G. Zaccanti, F. Martelli, P. Ninni, S. Barison, C. Pagura, F. Agresti, D. Jafrancesco, D., “Absorption and scattering properties of carbon nanohorn-based nanofluids for direct sunlight absorbers”, *Nanoscale Research Letters*, 2011
- Natarajan, E., Sathish, R. “Role of nanofluids in solar water heater”, 2009
- Romero, M., Buck, R., Pacheco, J.E., “An update on solar central receiver systems, projects, and technologies”. *J. Sol. Energy – Trans. ASME* 124, 98–108, 2002.
- T. P. Otanicar, P. E. Phelan, and J. S. Golden, “Optical properties of liquids for direct absorption solar thermal energy systems,” *Sol. Energy* 83(7), 969–977, 2009.
- Tooraj Yousefia, Farzad Veysia, Ehsan Shojaeizadeha, Sirus Zinadinib, “An experimental investigation on the effect of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>eH<sub>2</sub>O nanofluid on the efficiency of flat-plate solar collectors”, *Renewable Energy*, 2011
- T. Otanicar, R. A. Taylor, P. E. Phelan, “Applicability of Nanofluids in High Flux Solar Collectors”, *Digital Commons@Loyola Marymount University and Loyola Law School*, 2011
- T. Otanicar, R. A. Taylor, P. E. Phelan, C. A. Walker, M. Nguyen, S. Trimble, R. Prasher, “Applicability of nanofluids in high flux solar collectors”, *Journal of renewable and sustainable energy* 3, 023104, 2011