

TESTES COMPARATIVOS DE ABSORÇÃO DIRETA DE ENERGIA SOLAR ENTRE NANOFLUIDOS DE PRATA E DIÓXIDO DE TITÂNIO USANDO UMA

Juarez Pompeu de Amorim Neto (UFC) - juarezneto33@hotmail.com

Ricardo Jose Pontes Lima (UFC) - rjponteslima@gmail.com

Paulo Alexandre Costa Rocha (UFC) - paulo.rocha@ufc.br

Felipe Pinto Marinho (UFC) - fpmarinho@alu.ufc.br

Maria Eugenia Vieira da Silva (UFC) - eugenia@ufc.br

Resumo:

O objetivo desse trabalho é avaliar a capacidade de absorção energética de nanofluidos utilizados em coletores solares. O trabalho avaliou dois tipos de nanofluidos, prata e dióxido de titânio (TiO₂), através de experimentos realizados durante 16 horas de exposição por meio de uma estrutura de alumínio com absorção direta (parede solar). Várias concentrações foram testadas para os nanofluidos onde percebeu-se que quanto maior a concentração de nanopartículas imersa na água destilada, maior seria a temperatura medida, onde a prata alcançou um ganho de temperatura de 26% e TiO₂ conseguiu apenas 5%. Outro fato analisado nesse trabalho foi a quantidade de energia armazenada pelo fluido (SER) durante os testes, onde o comportamento foi similar para ambos, mostrando uma boa resposta no início da incidência solar e logo depois se mantendo constante. Também foi analisado como a concentração influenciava em SER, onde uma maior concentração implicava em maiores taxas de energia armazenada. A taxa de absorção por unidade de massa (SAR) foi outra métrica de análise, onde o comportamento foi inversamente proporcional ao da (SER), sendo necessária uma análise conjunta para determinar a concentração ideal de trabalho para cada nanofluido. A prata se mostrou com melhorias a cada aumento de concentração, sendo necessário mais experimentos para determinar a concentração ideal, já o TiO₂ mostrou uma tendência de estabilidade para SER e SAR em uma concentração de 1,45 ppm, sendo essa a concentração ideal de trabalho.

Palavras-chave: *Energia Solar, Nanofluido, Parede Solar.*

Área temática: *Conversão Térmica com coletores planos*

Subárea temática: *Sistemas Solares Térmicos: aquecimento de água, espaço e refrigeração*

TESTES COMPARATIVOS DE ABSORÇÃO DIRETA DE ENERGIA SOLAR ENTRE NANOFLUIDOS DE PRATA E DIÓXIDO DE TITÂNIO USANDO UMA "PAREDE SOLAR"

Juarez Pompeu de Amorim Neto – juarezneto33@hotmail.com

Laboratório de Energia Solar e Gás Natural, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará

Ricardo José Pontes Lima – rjponteslima@gmail.com

Laboratório de Energia Solar e Gás Natural, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará

Paulo Alexandre Costa Rocha – paulo.rocha@ufc.br

Laboratório de Energia Solar e Gás Natural, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará

Felipe Pinto Marinho – felipe.pinto.marinho@gmail.com

Laboratório de Energia Solar e Gás Natural, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará

Maria Eugênia Vieira da Silva – eugenia@ufc.br

Laboratório de Energia Solar e Gás Natural, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Ceará

2. Conversão térmica em coletores planos

Resumo. O objetivo desse trabalho é avaliar a capacidade de absorção energética de nanofluidos utilizados em coletores solares. O trabalho avaliou dois tipos de nanofluidos, prata e dióxido de titânio (TiO_2), através de experimentos realizados durante 16 horas de exposição por meio de uma estrutura de alumínio com absorção direta (parede solar). Várias concentrações foram testadas para os nanofluidos onde percebeu-se que quanto maior a concentração de nanopartículas imersa na água destilada, maior seria a temperatura medida, onde a prata alcançou um ganho de temperatura de 26% e TiO_2 conseguiu apenas 5%. Outro fato analisado nesse trabalho foi a quantidade de energia armazenada pelo fluido (SER) durante os testes, onde o comportamento foi similar para ambos, mostrando uma boa resposta no início da incidência solar e logo depois se mantendo constante. Também foi analisado como a concentração influenciava em SER, onde uma maior concentração implicava em maiores taxas de energia armazenada. A taxa de absorção por unidade de massa (SAR) foi outra métrica de análise, onde o comportamento foi inversamente proporcional ao da (SER), sendo necessária uma análise conjunta para determinar a concentração ideal de trabalho para cada nanofluido. A prata se mostrou com melhorias a cada aumento de concentração, sendo necessário mais experimentos para determinar a concentração ideal, já o TiO_2 mostrou uma tendência de estabilidade para SER e SAR em uma concentração de 1,45 ppm, sendo essa a concentração ideal de trabalho.

Palavras-chave: Energia Solar, Nanofluido, Parede Solar.

1. INTRODUÇÃO

O uso das energias renováveis está em constante crescimento principalmente pelo fato da alta poluição ambiental causada pelos combustíveis fósseis, desta maneira as fontes de energias renováveis têm uma maior taxa de crescimento quando comparada às outras fontes de energia (Mwesigye *et al.* 2017). A energia solar é uma das fontes renováveis que contribuem para a conservação do meio ambiente, sendo ela uma das principais fontes de energia renováveis, onde seu campo de aplicação pode ser para conversão direta para transformação em energia elétrica ou aproveitar a mesma para aquecimento de fluidos, tanto em uso doméstico como em uso industrial (acionamento de uma turbina).

Coletores solares são os equipamentos usados para captação da energia solar e aquecimento do fluido de trabalho, tendo geralmente uma eficiência limitada (Bandarra Filho *et al.* 2014). Analogamente, os fluidos convencionais utilizados nestes equipamentos também contribuem para uma eficiência limitada, logo uma solução viável seria a mudança do fluido de trabalho por nanofluidos (Ebrahimi-moghadam *et al.* 2018). Nanofluidos consistem em nanopartículas dispersas no fluido de trabalho, onde seu tamanho varia de 1 – 100 nm. Diversas pesquisas vêm sendo feitas com o uso de nanofluidos para melhorar a eficiência dos coletores solares, tais como o nanofluido de prata em Ozsoy e Corumlu (2018) e Bandarra Filho *et al.* (2014), TiO_2 em Bazdidi-tehrani *et al.* (2018), Al_2O_3 em Alade *et al.* (2019) e CuO em Michael e Iniyani (2015). Trabalhos recentes também mostram que o uso das nanopartículas no fluido de trabalho vem melhorando de maneira significativa a forma de conversão energética nos coletores solares, como por exemplo: a prata em Ozsoy e Corumlu (2018) que melhorou em 40% a eficiência de um coletor solar de tubo evacuado por temossifão, TiO_2 em Bazdidi-tehrani *et al.* (2018) que melhorou em 10% a eficiência de um coletor solar de placas planas com nervuras e C_6O_2 que aumentou em 37,3% a temperatura do nanofluido com relação à água em Sharafeldin e Gróf (2018).

Além do uso de nanofluidos para melhoria de performance dos coletores solares, variações nas concentrações de nanofluidos resultam em uma conversão fototérmica diferente (Javadi *et al.* 2013). Visto isso, é de extrema importância

o cálculo de um parâmetro de eficiência de conversão fototérmica, que é a taxa de absorção específica (SAR) em paralelo com a taxa de energia armazenada (SER), posteriormente definidos, para que se saiba a melhor concentração do nanofluido para se trabalhar.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Configuração experimental

O aparato foi constituído de uma estrutura de alumínio com quatro placas de vidro na parte superior e mais quatro placas na parte inferior, com espessura de 4 mm para os vidros de proteção, 8 mm para os vidros internos, comprimento de 1000 mm e altura de 500 mm, conforme Fig. 1. Na célula inferior foi inserida água destilada e na célula superior foram colocados os diversos nanofluidos para teste, onde seis sensores do tipo K foram usados para captação das temperaturas dos fluidos de trabalho com precisão de 0,1°C. Além da captação das temperaturas dos fluidos, foram coletadas as temperaturas ambiente e de radiação solar (sensação térmica). Os experimentos foram realizados na cidade de Fortaleza (Latitude: 03° 43' 02" Sul, Longitude: 38° 32' 35" Oeste) entre os dias 20/06/19 e 16/10/2019 no horário de 5:30 – 21:30, pois até esse horário havia um diferencial de temperatura entre o nanofluido e a água, de tal forma que houvesse dados suficientes para comparação da capacidade energética dos nanofluidos com a água. O experimento foi exposto ao sol de tal forma que uma de suas faces estivesse voltada para o leste e outra face para oeste de forma que houvesse uma boa incidência de radiação solar tanto na manhã como após o meio dia. A Fig. (1) ilustra o aparato onde as indicações amarelas destacam os sensores que captam a temperatura do fluido, a indicação vermelha mostra um sensor de temperatura ambiente e a coloração preta mostra o sensor da sensação térmica.

Os nanofluidos testados são compostos de nanopartículas de prata nas concentrações de 0,40625 ppm (3.86×10^{-5} mol/l), 0,8125 ppm (7.71×10^{-5} mol/l), 1,625 ppm (1.54×10^{-4} mol/l), 3,25 ppm (3.09×10^{-4} mol/l) e 6,5 ppm (6.17×10^{-4} mol/l), e de TiO₂ nas concentrações de 1,45 ppm (7.71×10^{-5} mol/l), 2,9 ppm (1.54×10^{-4} mol/l), 5,8 ppm (3.07×10^{-4} mol/l), 11,6 ppm (6.17×10^{-4} mol/l) e 23,2 ppm (1.23×10^{-4} mol/l). Em razão da diferença de densidade das nanopartículas de prata e TiO₂, nanofluidos com mesma concentração molar (mol/l) apresentam diferentes concentrações em volume (ppm v/v), entretanto para efeito de análise comparativa da performance dos mesmos é preferível confrontar concentrações molares iguais. O preparo de TiO₂ foi por dispersão de nanopartículas por meio de sonificação e o de prata foi por redução química de nitrato de prata para formar as nanopartículas dentro do próprio nanofluido. Todos os sinais de temperatura foram coletados na frequência de 2 Hz, onde a metodologia experimental foi idêntica a Amorim Neto *et al.* (2019).

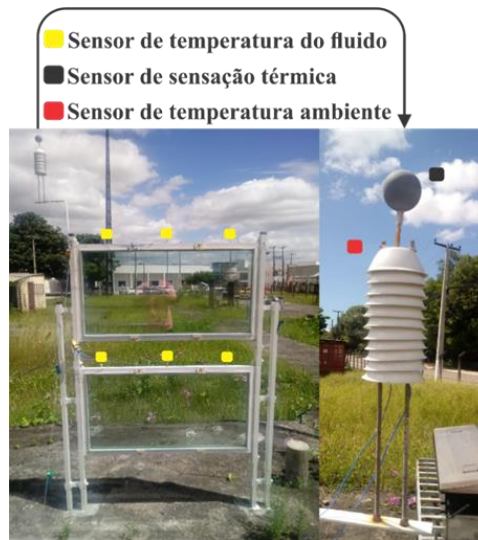


Figura 1 – Configuração experimental para testes e coleta de dados.

2.2 Taxa de absorção específica (SAR) e energia armazenada (SER)

Visando identificar a capacidade de conversão fototérmica dos nanofluidos foram feitos os levantamentos da taxa de absorção específica (SAR) juntamente com a quantidade de energia absorvida (SER) pelo nanofluido. SAR calcula a capacidade de absorção energética das nanopartículas por unidade de massa e pode ser calculada pela Eq. (1):

$$SAR = \frac{(m_{fb}c_{fb} + m_{np}c_{np})\Delta T_{nf} - m_{fb}c_{fb}\Delta T_{fb}}{1000m_{np}\Delta t} \quad (1)$$

Onde, m representa a massa, c o calor específico, T a temperatura e t o tempo. Os índices fb , np e nf descrevem respectivamente o fluido base, nanopartícula e nanofluido.

Como a massa e calor específico da nanopartícula é muito menor que a massa e calor específico da água, pode-se simplificar a Eq. (1), obtendo:

$$SAR = \frac{m_{fb}c_{fb}}{1000m_{np}} \left(\frac{\Delta T_{nf}}{\Delta t} - \frac{\Delta T_{fb}}{\Delta t} \right) \quad (2)$$

O presente trabalho também calculou a taxa de energia armazenada, como em Beicker *et al.* (2018), para avaliar a energia absorvida devido à presença das nanopartículas, por meio da Eq. (3).

$$SER = \left(\frac{T_{nf}(t) - T_{nf}(0)}{T_{fb}(t) - T_{fb}(0)} \right) \quad (3)$$

3. Resultados e discussão

Esta seção detalha o comportamento dos nanofluidos de prata e TiO₂ em comparação com a água, onde estão calculados os ganhos de temperatura, taxa de absorção específica e energia armazenada.

3.1 Nanofluido de prata (Ag)

A performance dos nanofluidos de prata foi estudada comparando o aquecimento desses fluidos simultaneamente ao aquecimento de água destilada por exposição à radiação solar. A Fig. (2) mostra a diferença de temperatura ao longo do experimento, entre os nanofluidos de prata e a água, onde percebe-se que por volta de 12:00 tem-se uma queda considerável e isso se deve ao fato do ângulo de incidência solar. Os gráficos denotam que um aumento na concentração de nanopartículas resulta em um ganho mais expressivo de temperatura. A Fig (2), além de mostrar os perfis de temperatura dos nanofluidos, realça que uma concentração de 6,5 ppm representa um ganho de 26%, onde a temperatura de aquecimento conseguiu superar em 14°C a da água. Em contrapartida, a menor concentração, de 0,40625 ppm, resultou em um ganho de 5,2%, correspondendo a uma diferença de 2,8°C.

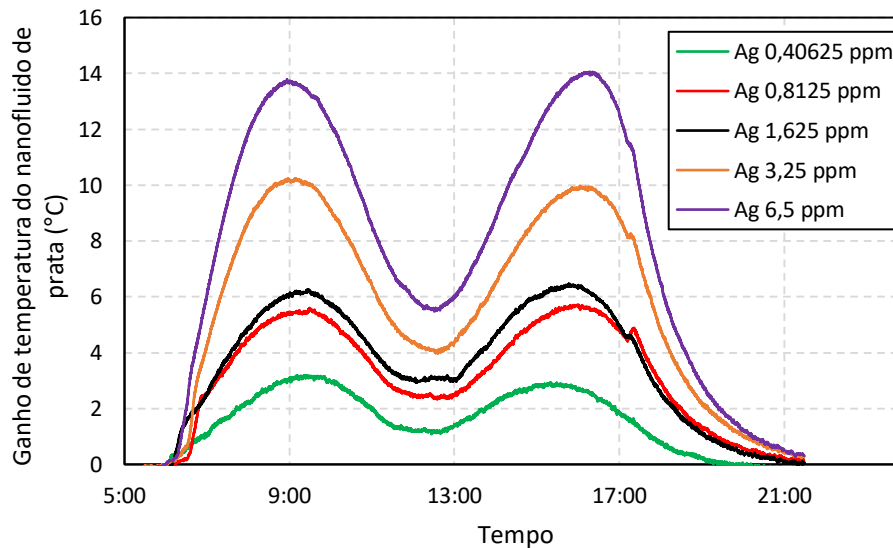


Figura 2 – Ganho de temperatura do nanofluido de prata em relação a água.

Esses resultados condizem com os estudos de Bazdidi-tehrani *et al.* (2018), Mahbubul *et al.* (2018) e Colangelo *et al.* (2015), que demonstram a influência da concentração das nanopartículas na eficiência de coletores solares, considerando o levantamento da taxa de energia armazenada pelos nanofluidos de prata para diversas concentrações. A Fig. (3) mostra que concentrações mais altas resultam ganhos mais expressivos de energia nas primeiras horas do dia, logo em seguida essa taxa de energia absorvida reduz significativamente ao longo do dia e depois se mantém praticamente constante. Percebe-se que as partículas de prata são bem eficazes no início da incidência solar, respondendo rapidamente à exposição solar, algo que não acontece com a água destilada, mostrando assim a boa capacidade de absorção energética das partículas de prata, como foi exposto por Bandarra Filho *et al.* (2014). A Fig. (3)

mostra que a prata com 6,5 ppm obtém os melhores resultados no início do dia, seguido pelas menores concentrações, onde por volta de 7:00 a quantidade SER se torna praticamente a mesma para todas as concentrações.

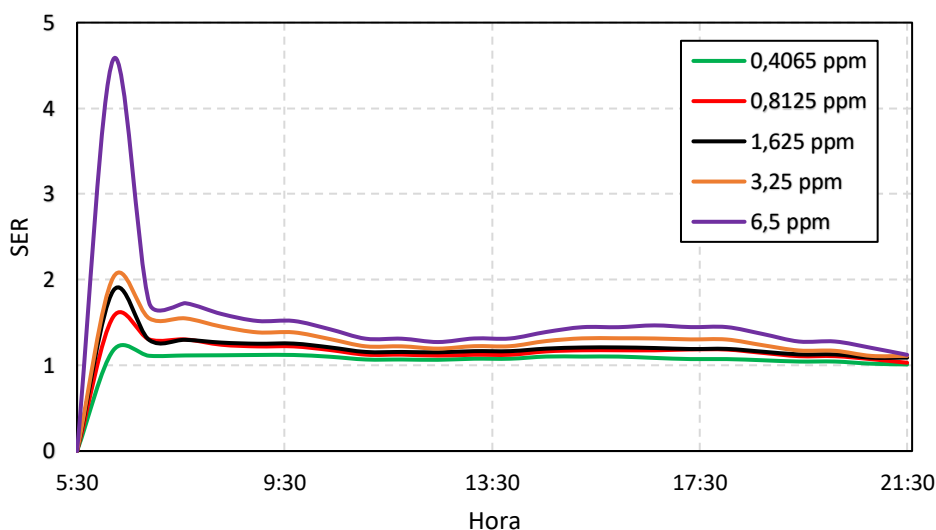


Figura 3 – Taxa de energia armazenada dos nanofluidos para diversas concentrações.

A Fig. (4) mostra a variação de energia armazenada em função do tempo para as concentrações estudadas. É perceptível que o aumento das concentrações implica em uma maior energia absorvida pelo fluido, de modo que ocorre uma decalagem das curvas em função desse aumento. Beicker *et al.* (2018) e Bandarra Filho *et al.* (2014) mostraram que em maiores concentrações a SER pode se estabilizar, mostrando assim que nem sempre o aumento da concentração vai ser satisfatório, pois o ganho será irrelevante em função de custos e trabalho com preparações desses nanofluidos. Nesse estudo, a prata alcançou um SER máximo de 4,57, onde estudos com concentrações mais elevadas são necessários para que se chegue na estabilidade de SER.

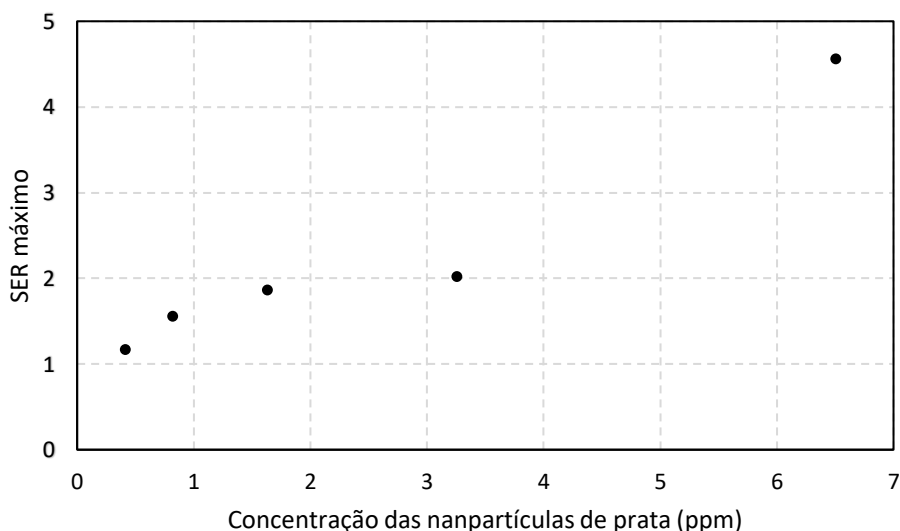


Figura 4 – Máxima taxa de energia absorvida em função da concentração.

Outro cálculo relevante para avaliar a capacidade fototérmica do nanofluido de prata é a capacidade de absorção energética das nanopartículas por unidade de massa (SAR). A Fig. (5) mostra como a SAR varia em função da concentração, obtendo um comportamento inversamente proporcional ao SER, implicando em uma redução na capacidade fototérmica por nanopartícula. Beicker *et al.* (2018) mostraram que o comportamento da SAR vai se estabilizar em concentrações mais elevadas, validando o comportamento de energia armazenada que também se estabiliza em altas concentrações. Após a estabilidade da SER e SAR é escolhida a concentração ideal de trabalho.

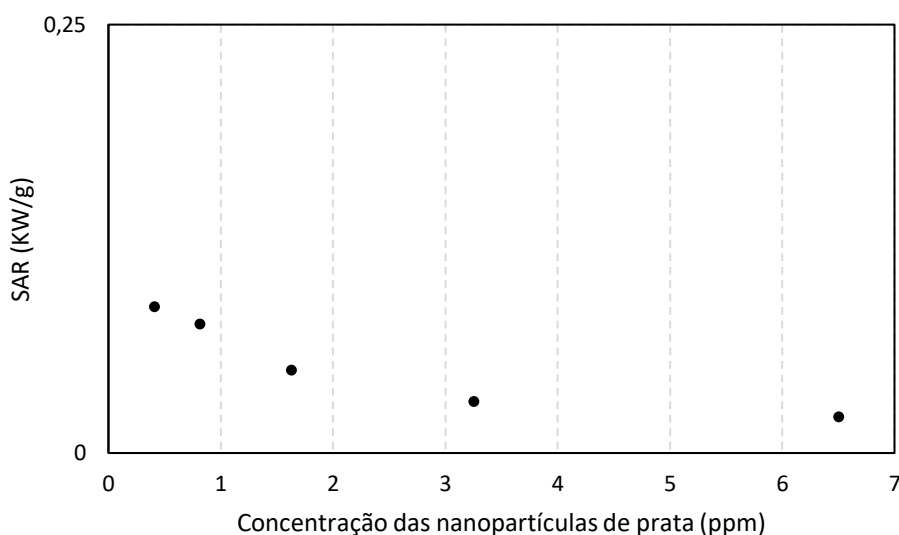


Figura 5 – Taxa de absorção específica por unidade de massa em função da concentração de nanopartículas de prata.

3.2 Nanofluido de dióxido de titânio (TiO₂)

O estudo dos nanofluidos de dióxido de titânio (TiO₂) foi realizado de maneira análoga aos experimentos feitos com os nanofluidos de prata. A Fig (6) mostra que os nanofluidos de dióxido de titânio registram temperaturas ligeiramente superiores à temperatura da água destilada nos experimentos realizados. O comportamento das curvas de temperatura foi bem similar às curvas de nanofluido de prata, mostrando uma correlação positiva entre a concentração e o ganho de temperatura. Algumas variações podem ser notadas no início do dia, em função provavelmente das condições meteorológicas, como ocorrido para a concentração de 2,9 ppm, entretanto, na segunda metade do dia, os gráficos confirmam a tendência de quanto maior a concentração, maior a temperatura. A menor concentração de 1,45 ppm mostra um ganho de temperatura de 1,3°C, sendo 2,4% superior à água destilada. Já a maior concentração de 23,2 ppm resulta em uma diferença de temperatura de 2,7°C, que corresponde ao ganho de 5,0%. O TiO₂ apresentou ganhos inferiores à prata, e um fator relevante para tal acontecimento pode ser a coloração do nanofluido de dióxido de titânio, que apresentou tonalidade branca, podendo ter refletido parte da radiação solar, mostrando desempenho inferior com relação à prata.

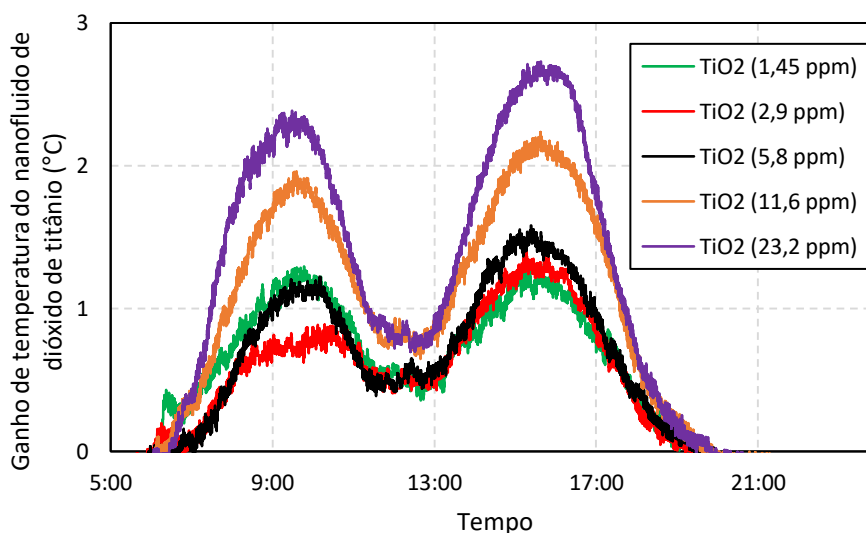


Figura 6 – Ganho de temperatura do nanofluido de dióxido de titânio (TiO₂) em relação à água.

A Fig. (7) fornece as informações do aumento diferencial de energia atingido com a adição de nanopartículas ao fluido base. Observa-se, mais uma vez, uma similaridade no comportamento da curva do SER, como o ocorrido para a prata. Verifica-se uma maior taxa de energia armazenada no início do dia, que vai diminuindo ao longo do tempo. Observa-se também um deslocamento da curva SER em função do aumento da concentração do nanofluido. Entretanto,

depois de um certo tempo o efeito da concentração se reduz, mostrando uma tendência de estabilização dessa quantidade.

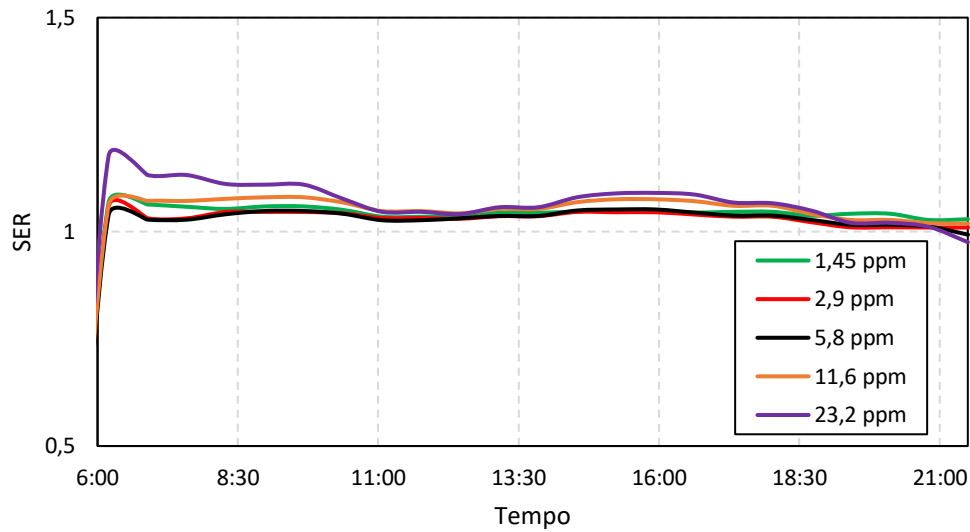


Figura 7 – Taxa de energia armazenada pelas nanopartículas de dióxido de titânio.

A Fig. (8) também relaciona a SER com a concentração, onde uma maior concentração resulta em uma energia extra absorvida devido à incidência solar. Esse resultado mostra que as nanopartículas de TiO_2 não aumentam a SER de maneira significativa, ficando muito próximo de 1 para todas as concentrações estudadas, de tal forma que a SER para todas as concentrações é praticamente a mesma, reafirmando assim que essa taxa de energia armazenada tende a se estabilizar.

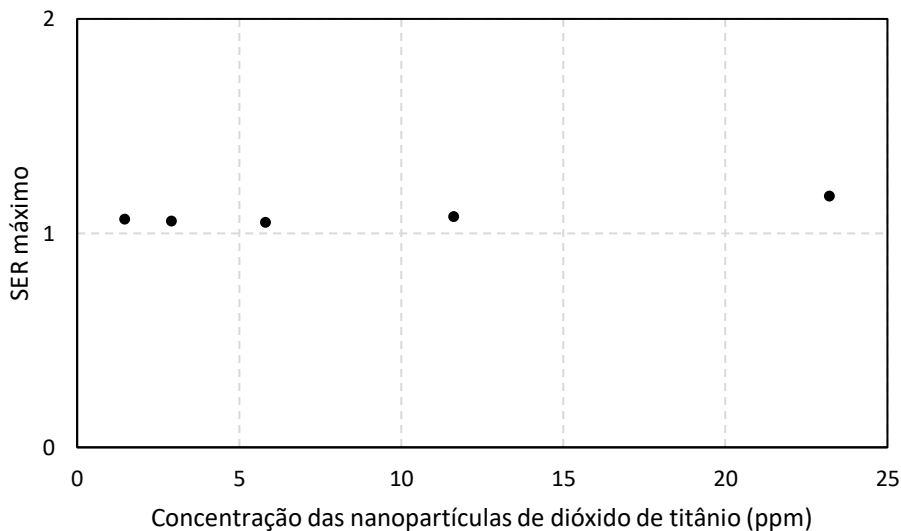


Figura 8 – SER máxima em função da concentração.

A Fig. (9) relaciona a quantidade SAR com a concentração, evidenciando, mais uma vez, um comportamento similar ao anotado para as nanopartículas de prata. Entretanto, para o dióxido de titânio essas quantidades mostram-se com uma pequena variação de 0,04 KW/g, já mostrando uma tendência para estabilizar a SAR a uma concentração de 5,8 ppm, mostrando assim que um aumento na concentração após 5,8 ppm não causa qualquer efeito significativo na SAR.

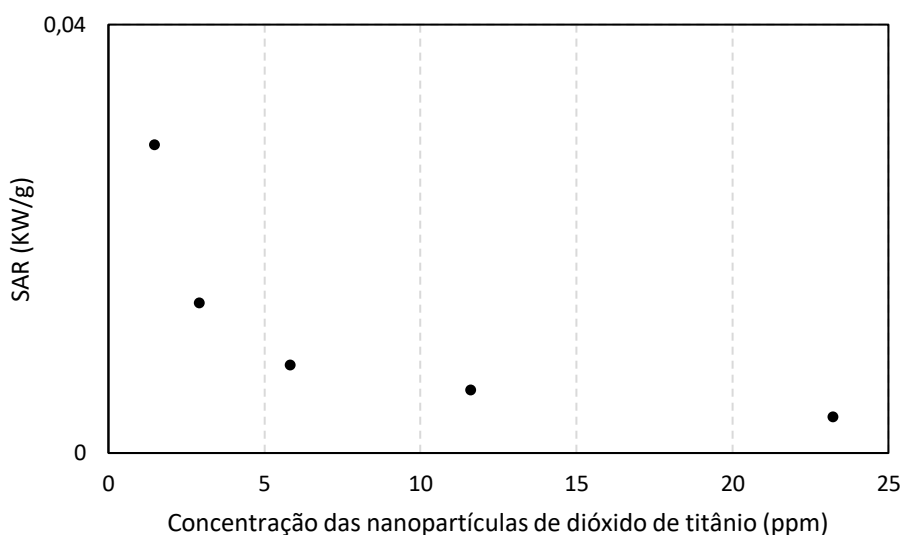


Figura 9 – Variação de SAR em função da concentração (TiO_2)

3.3 Análise da SER e SAR

Nessa sessão serão discutidos e interpretados os resultados de SER e SAR, em busca de uma concentração ideal de trabalho das nanopartículas.

Os resultados mostraram que a taxa de energia armazenada devido à presença das nanopartículas aumenta de acordo com o aumento da concentração das nanopartículas. Essa correlação aconteceu para os nanofluidos de prata e de forma mais discreta para os nanofluidos de TiO_2 . Era esperado que a um certo nível de concentração de nanopartículas o valor de SER atingisse um patamar estável a partir do qual não houvesse mais aumento dessa quantidade. Para os nanofluidos de prata não se observou um valor constante da quantidade SER dentro das concentrações estudadas. Isso indica que um aumento de concentração acima de 6,5 ppm ainda poderia melhorar a performance desse nanofluido. Entretanto, soluções mais concentradas propiciam dificuldades de estabilização dos nanofluidos ocasionando aglomerações de partículas e precipitações.

Diferentemente do nanofluido de prata, os nanofluidos de TiO_2 mostram uma pequena variação da SER em função do aumento da concentração. De certa forma, essa estabilidade foi atingida na concentração de 1,45 ppm, embora que, com valores da SER relativamente baixos não houve necessidade de preparo de soluções mais concentradas, uma vez que o experimento mostrou que um aumento de concentração não contribuiria para melhorar a performance do nanofluido.

A concentração ideal de um nanofluido como fluido de trabalho pode ser indicada pela análise simultânea dos valores SER e SAR. Para as nanopartículas de prata também não houve uma estabilização de SAR, já para TiO_2 a quantidade de energia absorvida por unidade de massa apresentou uma pequena variação, obtendo uma estabilidade em 5,8 ppm, podendo-se inferir que uma concentração de 1,45 ppm seria o ideal para as nanopartículas de dióxido de titânio quando se analisa SER e SAR simultaneamente.

4. Conclusão

A partir dos experimentos realizados, percebeu-se uma diferença significativa entre os nanofluidos de prata e dióxido de titânio, onde o ganho de temperatura da prata foi de 26% em comparação com 5% de TiO_2 , mostrando assim a superioridade da prata em comparação com TiO_2 . O aumento na concentração das nanopartículas também foi um fator influenciador no ganho de temperatura, onde maiores concentrações resultaram em maiores temperaturas. Também foi notado que ambos nanofluidos se comportaram com perfis de temperaturas similares ao longo do dia, e desse fato pode-se inferir que o aumento das concentrações pode ter uma maior relação com a capacidade do fluido de transmitir energia do que as propriedades térmicas das nanopartículas.

O aumento nas concentrações também implicou em uma maior energia armazenada durante o aquecimento, e a prata mais uma vez obteve uma melhor performance que TiO_2 . As concentrações estudadas para as nanopartículas de prata mostraram uma tendência crescente de ganho de energia, sendo necessário o estudo de maiores concentrações para que se busque a estabilidade de SER e consiga uma concentração ideal de trabalho. As concentrações de TiO_2 já mostraram a melhor a performance das nanopartículas, já que um aumento nas concentrações não implicou em ganhos relevantes.

A SAR apresentou uma tendência de redução com o aumento da concentração, onde manteve-se constante para o TiO_2 a partir de 5,8 ppm, mas para a prata ainda se faz necessário um estudo de maiores concentrações para combinar com a SER e determinar uma concentração ideal de trabalho.

Por fim pode-se concluir uma melhor performance das nanopartículas de prata em relação ao TiO₂, onde se faz necessária uma avaliação de viabilidade econômica para preparo das nanopartículas e o tipo de aplicação para que se selecione o nanofluido ideal. Um fator que pode estar relacionado com os melhores resultados da prata é a coloração do nanofluido, já que TiO₂ apresentou uma coloração branca e pode ter refletido parte da radiação.

Os resultados indicam que a estabilidade de SER e SAR determina a concentração ideal de trabalho, onde para a prata se faz necessária análise de concentrações mais elevadas e para o TiO₂ chegou-se em uma concentração ideal de 1,45 ppm, não se fazendo necessária uma maior concentração, pois se tornaria inviável quando se relacionam benefícios e custos de produção.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgãos governamentais brasileiros. O suporte recebido é reconhecido com gratidão.

REFERÊNCIAS

- ALADE, Ibrahim Olanrewaju; RAHMAN, Mohd Amiruddin Abd; SALEH, Tawfik A. Predicting the specific heat capacity of alumina/ethylene glycol nanofluids using support vector regression model optimized with Bayesian algorithm. **Solar Energy**, [s.l.], v. 183, p.74-82, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.060>.
- AMORIM NETO, Juarez Pompeu de et al. Analysis and comparison between regression models for temperature estimation of solar collectors operating with nanofluids. XL CILMACE IBERO-LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING. 2019, Natal.
- BANDARRA FILHO, Enio Pedone et al. Experimental investigation of a silver nanoparticle-based direct absorption solar thermal system. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 84, p.261-267, ago. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.04.009>.
- BAZDIDI-TEHRANI, Farzad; KHABAZIPUR, Arash; VASEFI, Seyed Iman. Flow and heat transfer analysis of TiO₂/water nanofluid in a ribbed flat-plate solar collector. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 122, p.406-418, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.056>.
- BEICKER, Carolina L.I. et al. Experimental study of photothermal conversion using gold/water and MWCNT/water nanofluids. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, [s.l.], v. 188, p.51-65, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solmat.2018.08.013>.
- COLANGELO, Gianpiero et al. Experimental test of an innovative high concentration nanofluid solar collector. **Applied Energy**, [s.l.], v. 154, p.874-881, set. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.05.031>.
- EBRAHIMI-MOGHADAM, Amir; MOHSENI-GHARYEHSABA, Behnam; FARZANEH-GORD, Mahmood. Using artificial neural network and quadratic algorithm for minimizing entropy generation of Al₂O₃-EG/W nanofluid flow inside parabolic trough solar collector. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 129, p.473-485, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.023>.
- JAVADI FS, SAIDUR R, KAMALISARVESTANI M. Investigating performance improvement of solar collectors by using nanofluids. **Renew Sustain Energy**.
- MAHBUBUL, I.m. et al. Carbon nanotube nanofluid in enhancing the efficiency of evacuated tube solar collector. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 121, p.36-44, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.006>.
- MICHAEL, Jee Joe; INIYAN, S. Performance of copper oxide/water nanofluid in a flat plate solar water heater under natural and forced circulations. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 95, p.160-169, maio 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2015.02.017>.
- MWESIGYE, Aggrey; YILMAZ, İbrahim Halil; MEYER, Josua P. Numerical analysis of the thermal and thermodynamic performance of a parabolic trough solar collector using SWCNTs-Therminol@VP-1 nanofluid. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 119, p.844-862, abr. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.047>.
- OZSOY, Ahmet; CORUMLU, Vahit. Thermal performance of a thermosyphon heat pipe evacuated tube solar collector using silver-water nanofluid for commercial applications. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 122, p.26-34, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.031>.
- SHARAFELDIN, M.a.; GRÖF, Gyula. Evacuated tube solar collector performance using CeO₂/water nanofluid. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 185, p.347-356, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.054>.

COMPARATIVE TESTS OF SOLAR ENERGY DIRECT ABSORPTION BETWEEN SILVER AND TITANIUM DIOXIDE NANOFLUIDS USING A "SOLAR WALL"

Abstract. *The objective of this work is to evaluate the energy absorption capacity of nanofluids used in solar collectors. The work evaluated two types of nanofluids, silver and titanium dioxide (TiO₂), through experiments conducted during 16 hours of exposure in a direct absorption aluminum structure (solar wall). Several concentrations were tested for nanofluids where it was found that the higher the concentration of nanoparticles immersed in distilled water, the higher the measured temperature, where silver achieved a temperature gain of 26% and TiO₂ achieved only 5%. Another fact analyzed in this work was the amount of energy stored by the fluid (SER) during the tests, where the behavior was similar for both, showing a good response at the beginning of solar incidence and soon after remaining constant. It was also analyzed how concentration influenced SER, where higher concentration implied higher rates of stored energy. Absorption rate per unit mass (SAR) was another analysis metric, where the behavior was inversely proportional to that of SER, requiring a joint analysis to determine the optimal working concentration for each nanofluid. Silver showed improvement with each concentration increase, requiring more experiments to determine the ideal concentration, while TiO₂ showed a stability tendency for SER and SAR at a concentration of 1.45 ppm, which is then the ideal working concentration.*

Key words: *Solar Energy, Nanofluid, Renewable energy, Solar wall.*