

DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE CÉLULAS TERMO-SOLARES PARA AQUECIMENTO DE FLUIDOS LÍQUIDOS E GASOSOS

Hélida M. C. Fagnani, Marcelo M. Teixeira, Thalles E. W. Silva, Camilo F. M. Morejon (Orientador/UNIOESTE) e-mail: camilo@unioeste.br

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Ciências Exatas –
Toledo – PR – Brasil.

Palavra-chave: Células Termo-solares, Aquecedor solar, Fluidos.

Resumo:

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e análise de quatro células termo-solares para aquecimento de fluidos líquidos e gasosos. Cada uma das células recebeu a implementação e arranjo diferenciado de elementos que permitiram avaliar, no interior da célula, a influência dos três mecanismos de transferência de calor no fluido. Utilizaram-se como fluidos de trabalho água e ar e os perfis de temperatura corresponderam ao período de 12 horas em intervalos de 30 minutos, durante sete dias e em diversas condições climáticas. Os melhores resultados correspondem a célula 1.

Introdução

O fornecimento de energia alternativa, utilizando-se de recursos renováveis, vem sendo empregado na assistência de áreas afastadas e ainda não eletrificadas. Muitas formas deste fornecimento têm sido estudadas, apresentando-se técnico – economicamente viáveis (PALZ, 1981). A energia solar é uma das fontes energéticas alternativas mais promissoras, tendo alta relevância no aquecimento de água/ar através dos coletores termo-solares (KOLLING, 2004). Além do aspecto da economia de energia, o uso de energia solar costuma ser menos agressivo ao meio ambiente do que fontes de energia tradicionais, o que responde à demanda atual por tecnologias mais “limpas” (GOSWAMI, 1993).

Por via solar o ar pode ser aquecido para a secagem de produtos agrícolas, para o conforto humano, e até para obtenção de temperaturas mais adequadas para a germinação e crescimento de plantas (FILHO, 2002). No campo das aplicações da radiação solar, principalmente na área das engenharias e como forma de energia renovável (solar-térmica e solar-fotovoltaica), as informações sobre o albedo (razão entre a irradiância eletromagnética refletida e a quantidade incidente) têm alta relevância, (PEREIRA et al., 1996; PEREIRA & COLLE, 1997; COLLE & PEREIRA, 1998) uma vez que as condições climáticas atingem de forma direta o grau de incidência de radiação solar.

As principais formas de aproveitamento da energia solar estão voltadas para o aquecimento de fluidos líquidos/gasosos, (MOREJON e ABOGDERAH, 2000) para a transformação desta energia em energia

térmica, desenvolvimento e/ou otimização de células coletoras, conhecidas como células termo-solares. Estas células têm por finalidade a utilização e combinação dos três mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação). Tais mecanismos têm sua dependência fundamentada em diversos parâmetros, os quais, combinados de forma eficiente, resultam num incremento na eficiência do processo de transferência total de calor (MOREJON e FRANCO, 2002). O coletor solar difere do painel fotovoltaico porque utiliza a energia solar para aquecer um fluido (em geral a água) e não para gerar eletricidade (LOPES, 2004). Os coletores solares são equipamentos simples que fornecem uma razoável eficiência térmica (ARINZE, E. A., et al., 1998), mas nem sempre um sistema de aquecimento solar que forneça uma alta fração solar constitui a opção mais econômica. Segundo HIRSCHFELD (2000), a máxima eficiência técnica torna-se viável quando acompanhada da máxima eficiência financeira.

No âmbito acadêmico, várias pesquisas inerentes ao desenvolvimento de tecnologia ambiental, vislumbram oportunidades de aproveitamento da energia termo-solar, principalmente, para a construção de módulos experimentais, protótipos e/ou plantas piloto (MOREJON et al, 2001). Para tanto são requeridos diversos estudos, dentre os quais o comportamento termo-solar em diferentes condições operacionais é um dos mais importantes, principalmente, para avaliar a eficiência de aproveitamento da energia solar num determinado local. Para o presente estudo considerou-se a cidade de Toledo/PR, com Latitude de 24°42'50" S e Longitude de 53°44'34" W, com características de insolação particulares (SOARES e MOREJON, 2002). Desta forma pretende-se aplicar os fundamentos da transferência de calor por radiação, condução e convecção na análise de células termo-solares, utilizadas no aquecimento de fluidos líquidos e gasosos, objeto deste trabalho.

Materiais e Métodos

A primeira etapa do estudo contemplou a construção de um módulo experimental que é constituído de quatro células termo-solares. Estas células têm a finalidade de coletar energia solar para o aquecimento de fluidos líquidos e gasosos. Cada uma das células recebeu a implementação e arranjo diferenciado de elementos que permitiram avaliar, no interior de cada célula, a influencia dos três mecanismos de transferência de calor (condução, convecção e radiação). Na Figura 1, são apresentadas as características das quatro células.

A Célula 1: consta de uma cobertura cilíndrica transparente (8), tubo de PVC (4), placa metálica de ferro galvanizado (5) e placa inferior (3) encurvada de papelão (caixa de leite) coberta na superfície superior com papel alumínio (2).

A Célula 2: consta de uma cobertura cilíndrica transparente (8), tubo de cobre (1) e placa inferior encurvada de papelão recoberta na superfície com papel alumínio (2).

A Célula 3: consta de uma cobertura cilíndrica transparente (8), tubo de cobre (1), placa metálica de ferro galvanizado (5) soldado ao tubo de cobre e placa inferior encurvada de papelão coberta na superfície superior com papel alumínio (2), e na superfície inferior (7) pintada de preto.

A Célula 4: consta de uma cobertura cilíndrica transparente (8), tubo de PVC (4) e placa inferior encurvada de papelão (3) coberta na superfície superior com borracha na cor preta (6).

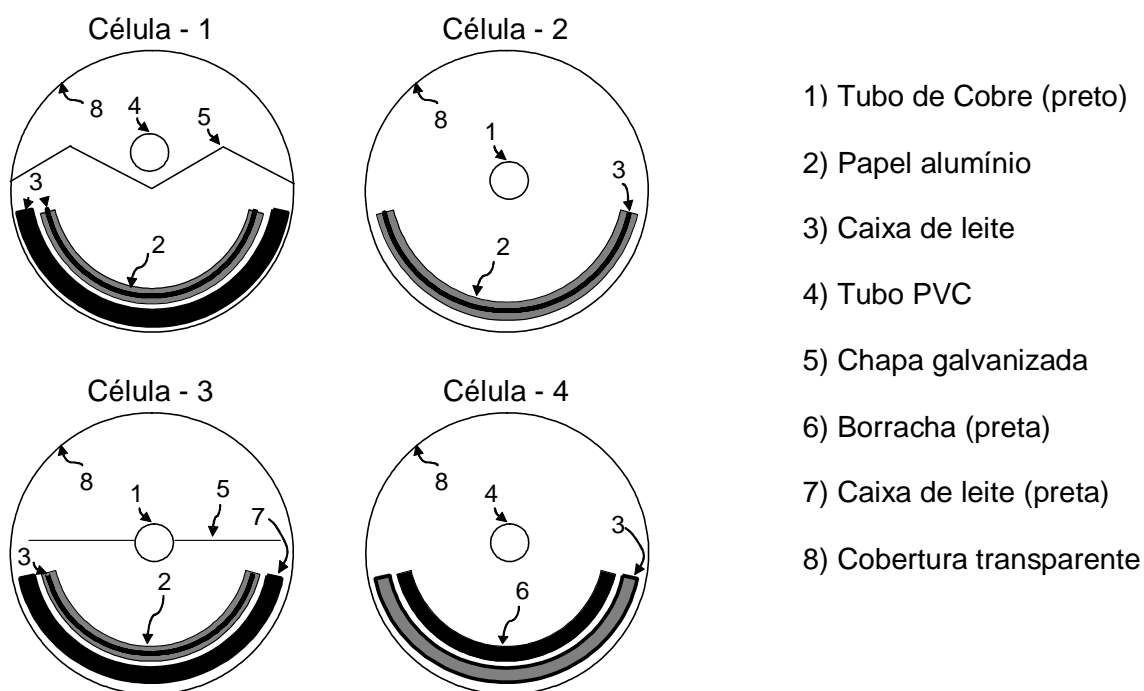


Figura 1. Representação esquemática das células coletoras.

Para sustentação das células termo-solares foi utilizado uma chapa de inox (material refletor), que foi estrategicamente furada e torneada visando a regulagem da inclinação das células para uma melhor exposição ao sol e ainda a proteção dos termômetros de cristal líquido, os quais, inseridos nas células, permitiram o monitoramento das temperaturas ao longo do tempo. A placa, juntamente com as células termo-solares e os termômetros, foi fixada em um suporte plano, utilizando-se de uma haste com rosca e duas porcas, os quais desempenharam a função de controlar a inclinação das células termo-solares. O módulo experimental está representado esquematicamente na Figura 2.

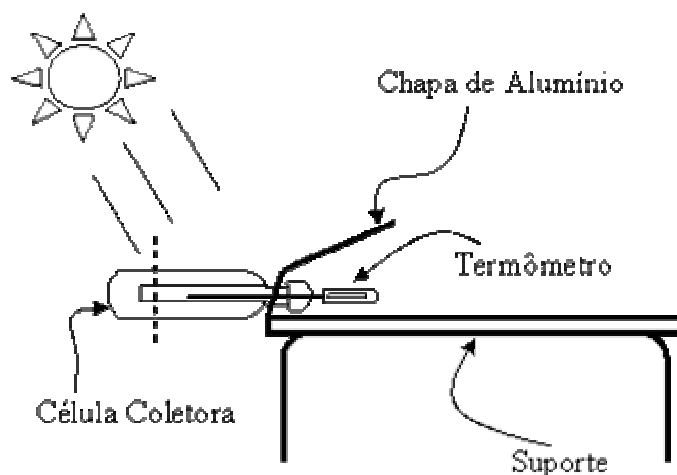


Figura 2. Módulo termo-solar para coleta de energia solar

A segunda etapa do estudo consistiu em avaliar o comportamento termo-solar das células, por meio da medição das temperaturas dos fluidos contidos nas mesmas. Para o presente estudo utilizaram-se como fluidos de trabalho, água e ar. Com o conjunto de medições de temperatura para cada condição explicitada a seguir, traçaram-se perfis de temperaturas correspondentes ao período de 12 horas. Dentre os sete dias de monitoramento da temperatura, quatro dias corresponderam ao fluido ar contido nos tubos das células e três dias corresponderam ao fluido água contido nos mesmos.

Na seqüência, fez-se o tratamento dos dados e os resultados obtidos estão apresentados na forma de gráficos que possibilitam uma análise comparativa do comportamento das células, e sua relação com os fenômenos de transferência de calor por condução, convecção e radiação.

Resultados e Discussão

Nas Figuras 3, 4, 5 e 6 são apresentados os resultados correspondentes ao fluido de trabalho ar e na Figura 7 apresentam-se os valores médios correspondentes ao fluido de trabalho água.

As medições de temperatura para o fluido ar, foram feitas em dias com condições climáticas diferentes. Primeiramente, avaliou-se o dia ensolarado conforme mostra a Figura 3, segue para o dia parcialmente nublado com muito vento (Figura 4), dia nublado com muito vento (Figura 5) e dia chuvoso (Figura 6).

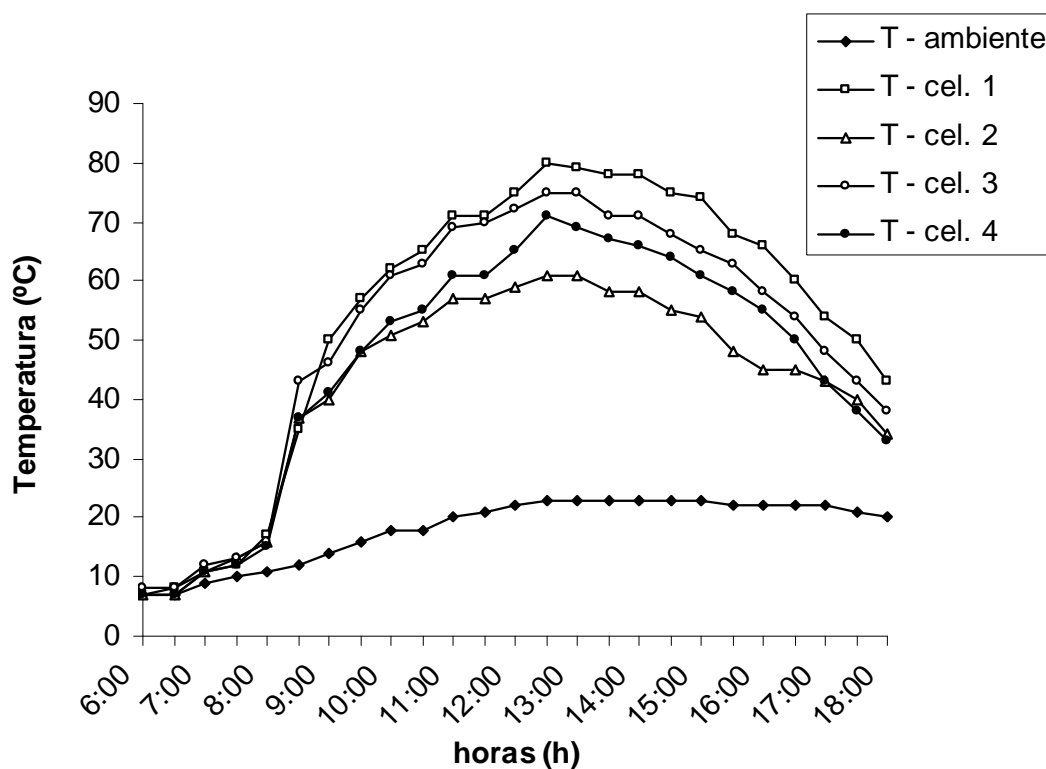


Figura 3. Medição com ar em dia ensolarado

No caso da Figura 3, a qual apresenta os resultados para um dia ensolarado, observa-se que a maior temperatura foi conseguida utilizando a célula 1, seguem as células 3, 4 e 2. Os valores máximos obtidos variam entre 60 e 80°C que corresponderam ao período de 12-13 horas.

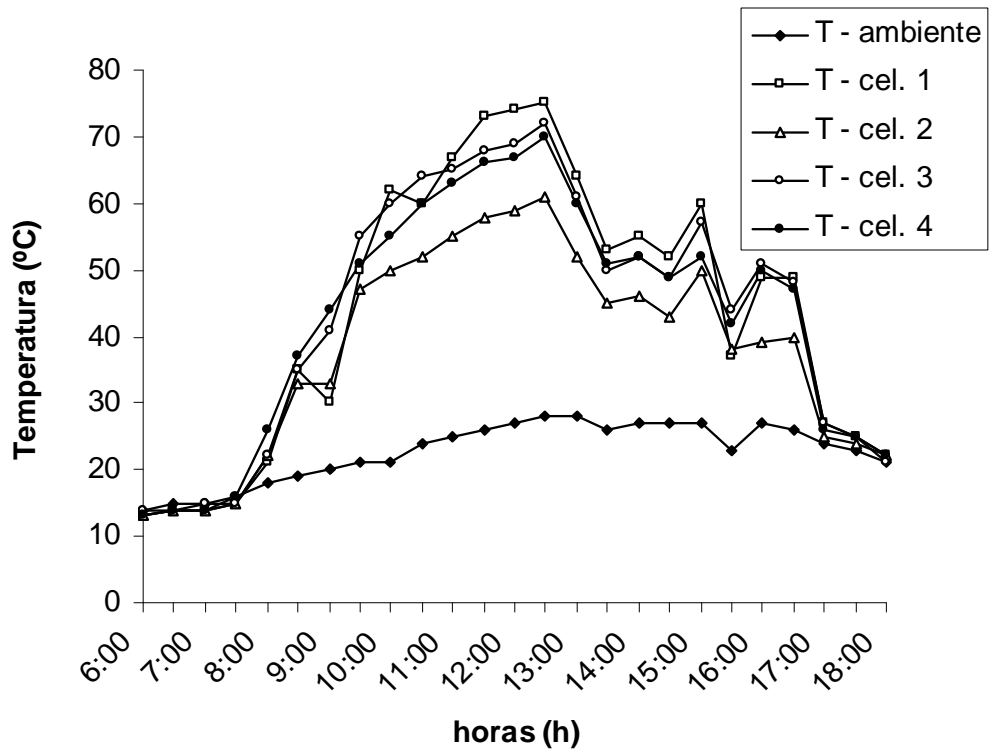


Figura 4. Medição com ar em dia parcialmente nublado com muito vento

No caso da Figura 4, a qual apresenta os resultados para um dia parcialmente nublado com vento, observa-se que a maior temperatura foi conseguida utilizando a célula 1, seguem as células 3, 4 e 2. Os valores máximos obtidos variam entre 60 e 80 °C que corresponderam ao período de 12-13 horas.

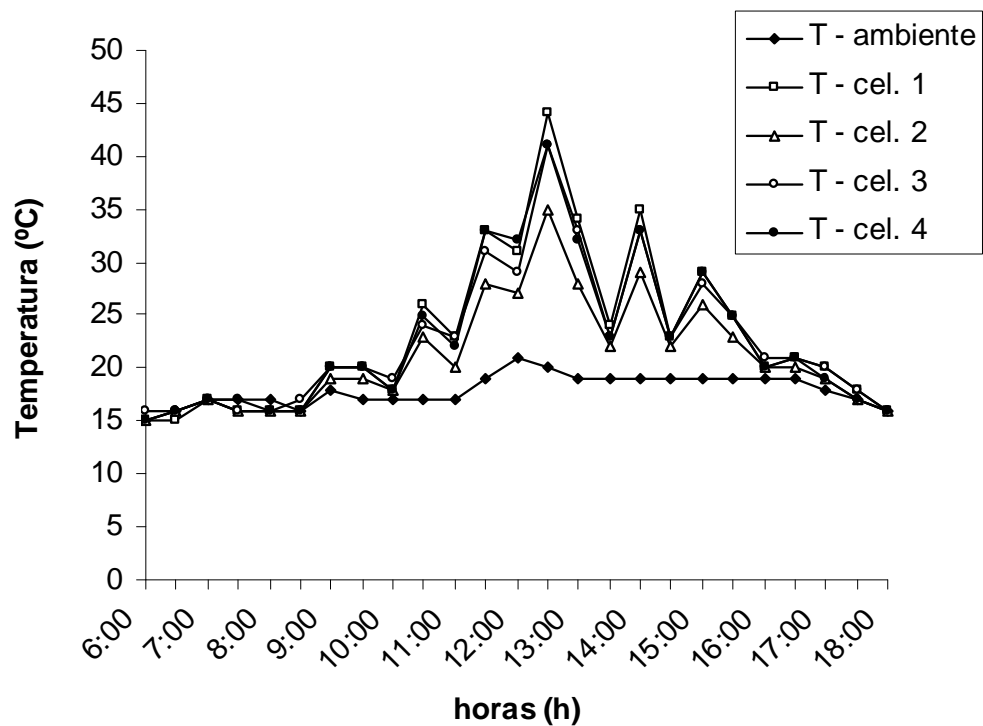


Figura 5. Medição com ar em dia nublado com muito vento

No caso da Figura 5, a qual apresenta os resultados para um dia nublado com muito vento, observa-se que a maior temperatura foi conseguida utilizando a célula 1, seguem as células 3, 4 e 2. Os valores máximos obtidos variam entre 30 e 50 °C que corresponderam ao período de 12-13 horas.

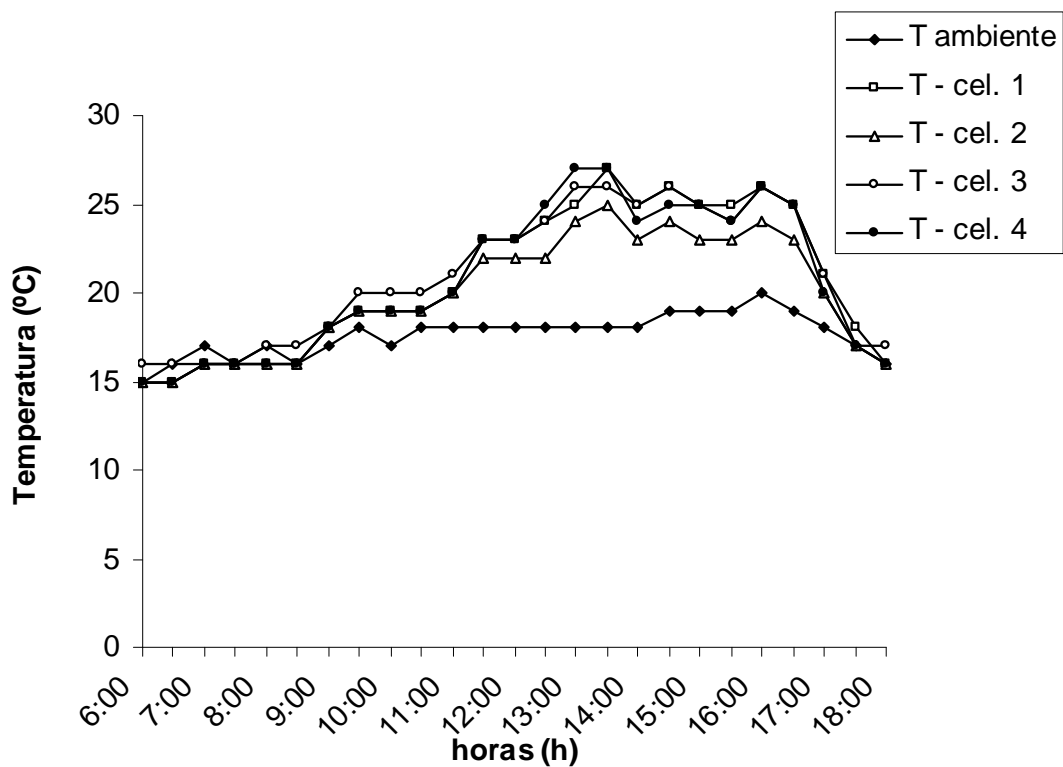


Figura 6. Medição com ar em dia chuvoso.

No caso da Figura 6, a qual apresenta os resultados para um dia chuvoso, observa-se que a maior temperatura foi conseguida utilizando a célula 1, seguem as células 4, 3 e 2. Os valores máximos obtidos variam entre 20 e 30 °C que corresponderam ao período de 13-14 horas.

Em função das condições climáticas, as medições de temperatura para o caso da água corresponderam aos dias ensolarados, cujos valores médios apresentam-se na Figura 7.

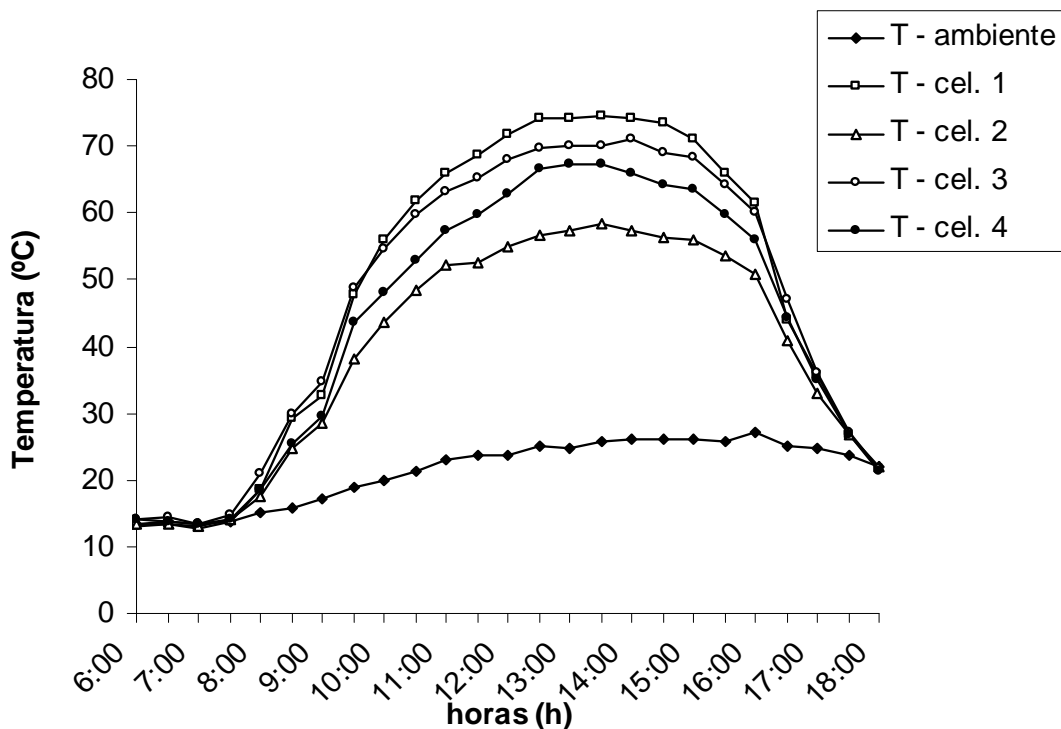


Figura 7. Média das medições com água para um dia ensolarado com pouco vento

No caso da Figura 7, a qual apresenta os resultados correspondentes a dias ensolarados, observa-se que a maior temperatura foi conseguida utilizando a célula 1, seguem as células 3, 4 e 2 e os valores máximos obtidos variaram entre 55 e 75 °C e corresponderam ao período de 13-15 horas.

Analisando-se os gráficos acima, pode-se constatar que nos dias ensolarados a célula de número 1, denominada graficamente de “T – cel. 1” é a que consegue uma maior captação de energia termo-solar. Já para o caso de dias chuvosos ou nublados com muito vento a célula 4 tende a prevalecer. A explicação deste fato deve-se ao efeito convectivo mais intenso, devido à presença de uma cobertura de borracha de cor preta na célula 4.

Comparando as Figuras 3 e 7 que apresentam respectivamente as temperaturas do ar e da água para um dia ensolarado, constata-se que a temperatura máxima obtida para o ar foi de 80 °C e para a água foi de 74 °C, ambas obtidas às 12 horas e 30 minutos. Fato esperado, uma vez que o calor específico da água é aproximadamente quatro vezes maior que o do ar. Isto pode vir a justificar a utilização de coletores constituídos de células termo-solares aquecendo o ar, para a aplicação em sistema de calefação e sistemas de secagem de materiais.

Fazendo uma comparação entre a célula 1, com tubo de PVC, e a 3 com tubo de cobre, constatou-se que a célula 1 obteve maior eficiência no aquecimento dos fluidos (água e ar). Sabendo que tanto a condutividade

quanto o calor específico, favorecem ao tubo de cobre para uma maior transferência de calor, há uma contradição demonstrada no experimento. Este fato justificou um estudo mais detalhado, cujos resultados deverão ser apresentados posteriormente.

É de suma importância ressaltar que nos dias em que houve reduzida incidência de radiação solar, os mecanismos de condução, convecção e radiação utilizados dentro das células, atingiram o equilíbrio rapidamente, permanecendo num intervalo de 15 a 28 °C durante todo o período, o que proporcionou perfis de temperatura coincidentes (Figura 6).

Conclusões

Neste estudo foi possível avaliar experimentalmente a influência dos diversos mecanismos de transferência de calor no aquecimento de fluidos gasosos e líquidos, por meio da utilização de células termo-solares. Para os casos particulares de condições climáticas aqui apresentadas, pôde-se concluir que a célula 1 é a que obteve melhores resultados propiciando o aquecimento dos fluidos em estudo até 80 °C .

É de real importância destacar que o módulo utilizado é todo composto de peças reutilizadas, as quais, até então, eram lixo. Desta forma se consegue a transformação do lixo em tecnologia ambiental para o aquecimento de fluidos líquidos e gasosos com diversas aplicações, como por exemplo, na calefação de ambientes domésticos, rurais e industriais, secagem de materiais, aquecimento de água, etc.

Na situação mundial atual, energias ditas “alternativas”, são os principais alvos de pesquisas científicas; e a captação de energia solar para aquecimento de fluidos, utilizando células termo-solares com características similares aos da célula 1, devem propiciar a geração de tecnologia mais eficiente.

Agradecimentos

Ao PIBIC/UNIOESTE/PRPPG pela bolsa de iniciação científica.

Referências

- Arinze, E. A., et al. Design, experimental and economic evaluation of a commercial-type solar dryer for production of high-quality hay. *Drying Technology*, 1998v.16, n.3-5.
- Colle, S. & Pereira, E. B. Atlas de Irradiação Solar do Brasil. Instituto Nacional de Meteorologia INMET, Brasília, 1998.
- Filho J. N.; Santos, S. A. de F. – Coletores Solares: Matérias disponíveis no meio rural – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, 2002
- Goswami, D. Y. Solar energy and the environment. *Energy Systems and Ecology*, v.9, 1993.

Hirschfeld, H. Engenharia econômica e análise de custos. Ed. Atlas, São Paulo, 2000; 7ed.

Kolling, E. M. Análise operacional de um sistema fotovoltaico de bombeamento de água Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá, 2004.

Lopes, Joaquim Teixeira. Dimensionamento e Análise Térmica de um Dessalinizador Solar Híbrido. Tese de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

Morejon, C. F. M. ; Franco, I . Simulador para projeto e análise da dinâmica de sistemas de aquecimento de água utilizando energia solar. In anais do COBEQ-IC Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Maringá, 2002, UEM.

Morejon, C. F. M. ; Anversa, D. C. ; Abogderah, Mabruk Mansor. Otimização de Coletores de Placa Plana. In anais do XXX CONBEA Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Foz do Iguaçu, 2001.

Morejon, C. F. M.; Abogderah, Mabruk Mansor. Simulation of a Thermal Solar System Performance. In anais do TERRASTOCK 2000 th International Conference on Thermal Energy Storage, Stuttgart:, 2000.

Palz, W. Energia solar e fontes alternativas. Ed. Hemus, São Paulo, 1995; Vol. 1, 1-358.

Pereira, E.B. & Colle, S. -1997- A energia que vem do Sol. *Ciência Hoje*, 22(130):24-35.

Pereira, E. B.; Abreu, S. L.; Stuhlmann, R.; Rieland, M.; Colle, S. Survey of the incident solar radiation in Brazil by use of METEOSAT satellite data. *Solar energy* 1996, 125 – 132, 57.

Soares, Flavio Rodrigues ; MOREJON, C. F. M. . Estudo observacional da radiação solar em Toledo-PR. In anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Fortaleza –Ceará, SBMET 2004.