

INFLUÊNCIA DA INCLINAÇÃO NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UM TUBO DE CALOR COM TELA METÁLICA

Larissa Krambeck, larikrambeck@hotmail.com¹

Paulo Henrique Dias dos Santos, psantos@utfpr.edu.br²

Thiago Antonini Alves, thiagoaalves@utfpr.edu.br¹

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC),

¹Câmpus Ponta Grossa, ²Câmpus Curitiba

Resumo: Tubos de calor são dispositivos passivos de transferência de calor capazes de transferir grandes quantidades de energia com uma pequena diferença de temperatura. Eles são constituídos basicamente por um tubo metálico oco, revestido internamente por uma estrutura capilar e preenchido com fluido de trabalho. Neste trabalho foi realizada uma avaliação experimental da influência da inclinação no desempenho térmico de um tubo de calor com tela metálica como estrutura capilar. O tubo de calor foi fabricado a partir de um tubo de cobre com diâmetro externo de 9,45 mm, com diâmetro interno de 7,75 mm e com comprimento total de 200 mm e de uma única camada de malha de bronze fosforoso mesh #100, como estrutura capilar. O fluido de trabalho utilizado foi água destilada e o tubo de calor foi preenchido com uma razão de preenchimento de 60% do volume total do evaporador. O condensador foi resfriado por convecção forçada de ar, a seção adiabática foi isolada e o evaporador foi aquecido utilizando um resistor elétrico. O tubo de calor foi testado em três diferentes posições: horizontal, 90° (evaporador acima do condensador) e 270° (condensador acima do evaporador) em relação a horizontal. As cargas térmicas aplicadas foram entre 5W e 45W. Os resultados experimentais demonstraram que a utilização de tela metálica mesh #100, como a estrutura capilar, funcionou de forma satisfatória em todas as inclinações estudadas. Dos resultados experimentais das resistências térmicas, os melhores desempenhos térmicos do tubo de calor foram obtidos para a posição horizontal e 270° em relação a horizontal.

Palavras-chave: tubos de calor, tela metálica, inclinação, desempenho térmico, experimental

1. INTRODUÇÃO

Tubos de calor são dispositivos passivos de transferência de calor que operam com mudança de fase, capazes de transferir grandes quantidades de energia na forma de calor com uma pequena diferença de temperatura (Faghri, 2014). As principais vantagens dos tubos de calor consistem em uma elevada condutividade térmica, não necessidade de bombeamento, não existência de partes móveis e quedas de pressão relativamente baixas (Krambeck *et al.*, 2017a). Tubos de calor podem ser aplicados na recuperação de calor em um sistema de exaustão de gases quentes, no uso doméstico, em aplicações industriais e no controle térmico de equipamentos eletroeletrônicos (Aguiar *et al.*, 2018).

Basicamente, um tubo de calor é constituído por três componentes principais: um invólucro, uma estrutura capilar e um fluido de trabalho. Esses componentes são muito importantes e devem ser química e mecanicamente compatíveis entre si. O invólucro geralmente é um tubo oco, feito de metal, vidro ou cerâmica. A estrutura capilar pode ser fabricada a partir de pós metálicos sinterizados, telas metálicas, cerâmica, fibra de vidro, ranhuras ou uma combinação destas (Krambeck *et al.*, 2017b). O fluido de trabalho pode variar de metais líquidos (mercúrio, sódio, potássio, lítio), para operar a altas temperaturas, passando por água, para temperaturas intermediárias, e até hélio ou nitrogênio para operar em baixas temperaturas (Reay *et al.*, 2014).

De acordo com Groll & Rösler (1992), o princípio de funcionamento dos tubos de calor é: na região do evaporador, energia na forma de calor é fornecida ao tubo de calor, vaporizando o fluido de trabalho contido dentro dessa região. O vapor gerado se desloca, devido à diferenças de pressão, para o condensador do tubo de calor onde o calor transportado é rejeitado para a fonte fria. Neste processo de rejeição de calor, o vapor condensa e o condensado retorna ao evaporador, fechando o ciclo de operação. A região adiabática, que pode ter dimensões variadas (sendo inexistentes em alguns casos) é localizada entre o evaporador e o condensador, sendo isolada do meio externo (Mantelli, 2009). O retorno do fluido de trabalho do condensador ao evaporador ocorre pelo efeito do bombeamento capilar, resultante do escoamento do fluido de trabalho pela estrutura capilar, que normalmente reveste a parede interna do tubo de calor. Desta forma, os tubos de calor podem operar em qualquer configuração de posicionamento entre o evaporador e o condensador. Um diagrama esquemático do funcionamento de um tubo de calor é apresentado na Fig. 1. Maiores detalhes sobre tubos de calor são encontrados em Chi (1976), Peterson (1994), Faghri (2014) e Reay *et al.* (2014).

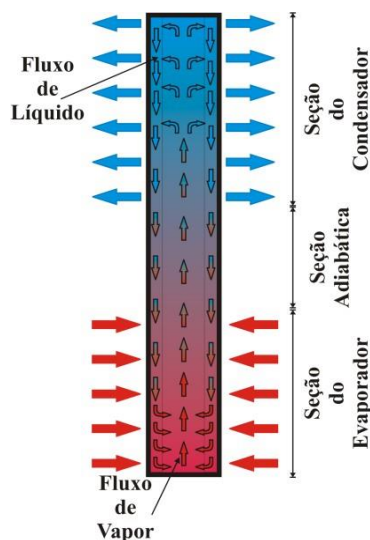


Figura 1. Diagrama esquemático do princípio de funcionamento de um tubo de calor.

A tela metálica é o tipo de estrutura capilar mais simples e geralmente mais utilizada, ela é conformada em um gabarito e inserida no tubo de calor. Após o posicionamento, o gabarito é retirado e a tela se mantém tensionada e em contato com a parede interior do tubo (Nishida, 2016). Neste contexto, no presente trabalho foi realizada uma avaliação experimental da influência da inclinação de operação no desempenho térmico de um tubo de calor com tela metálica *mesh* #100 como estrutura capilar.

2. FABRICAÇÃO DO TUBO DE CALOR

A metodologia empregada na construção do tubo de calor, na montagem do aparato experimental e no procedimento experimental foi baseada em informações encontradas em Nishida (2016), Krambeck (2016), Santos *et al.* (2017) e Krambeck *et al.* (2017a, 2017b, 2017c).

2.1. Características do Tubo de Calor

O tubo de calor foi produzido a partir de um tubo reto e sem costura de cobre ASTM B75 liga 122 com diâmetro externo de 9,45 mm, com diâmetro interno de 7,75 mm e com comprimento total de 200 mm. A estrutura capilar do tubo de calor foi composta de uma tela metálica de bronze fosforoso com *mesh* #100. O tubo de calor apresenta um evaporador com 80 mm de comprimento, uma região adiabática com 20 mm de comprimento e um condensador com 100 mm de comprimento. O fluido de trabalho utilizado foi água destilada com uma razão de preenchimento de 60% do volume total do evaporador. A Tabela 1 apresenta as principais características do tubo de calor estudado.

Tabela 1. Característica do tubo de calor.

Parâmetro	Tubo de Calor
Diâmetro interno [mm]	7,75
Diâmetro externo [mm]	9,45
Comprimento do Evaporador [mm]	80
Comprimento da Região Adiabática [mm]	20
Comprimento do Condensador [mm]	100
Fluido de trabalho	Água destilada
Razão de preenchimento [%]	60
Quantidade de Fluido de Trabalho [mL]	2,19
Estrutura Capilar	Tela metálica de bronze fosforo
Mesh [#]	100

Como mencionado anteriormente, a configuração utilizada na estrutura capilar do tubo de calor consistiu de uma única camada de tela metálica de bronze fosforoso *mesh* #100, como observado na Fig. 2a. Esta escolha foi feita baseada no melhor resultado de desempenho térmico de diferentes configurações de telas metálicas apresentado em Krambeck *et al.* (2015) e Xu *et al.* (2016). A Figura 2b apresenta a imagem microscópica, obtida por um Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), da tela metálica de bronze fosforoso *mesh* #100.

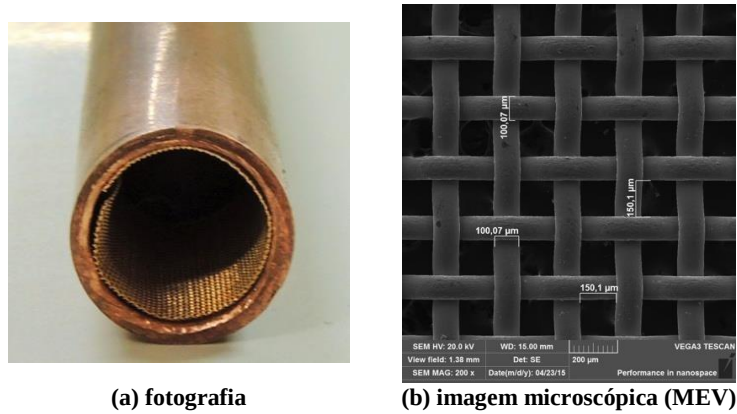


Figura 2. Tela metálica mesh #100.

2.2. Limpeza do Tubo de Calor

A limpeza do tubo de calor é necessária para garantir a molhabilidade do fluido de trabalho, a eliminação de impurezas e melhorar a qualidade do vácuo (Krambeck, 2016). Desta forma, todos os componentes do tubo de calor necessitam estar completamente limpos, antes que o fluido de trabalho fosse inserido. Para tal, primeiramente, o invólucro (tubo de cobre com 200 mm de comprimento), as tampas de fechamento (usinadas a partir de uma barra maciça de cobre ASTM B75 liga 122 com diâmetro de 9,45 mm), o capilar (tubo de cobre ASTM B75 liga 122 com diâmetro interno de 1 mm e com comprimento de 40 mm) e a tela metálica, foram limpos com acetona visando retirar as sujidades maiores. Feito isso, estes componentes foram levados a um banho ultrassônico *Kondentech*TM, permanecendo mergulhados em acetona, para que seja completamente limpo, durante 30 (trinta) minutos (Fig. 3).



Figura 3. Limpeza dos componentes do tubo de calor no banho ultrassônico.

2.3. Montagem do Tubo de Calor

Após a limpeza dos componentes, o tubo de calor pode ser propriamente montado, como mostrado na Fig. 4. Primeiramente, a tela metálica de bronze fosforoso foi cuidadosamente introduzida no interior do invólucro, e em seguida, as tampas de fechamento e o capilar foram soldados nas extremidades do tubo de calor. O processo de soldagem foi efetuado com o auxílio de um ferro de soldar *Hikari*TM Power 300 e as peças foram brasadas utilizando uma liga de estanho como material de adição.



Figura 4. Componentes do tubo de calor para a soldagem.

2.4. Teste de Estanqueidade

Para verificar se não houve falha no processo de soldagem, foi realizado um teste de estanqueidade utilizando uma bomba de deslocamento positivo manual, um recipiente com água e uma conexão para ligar a bomba ao tubo capilar. Uma fotografia do teste de estanqueidade é apresentada na Fig. 5. Para tal, o tubo de calor foi inserido dentro do recipiente contendo água e, com a bomba de deslocamento positivo foi bombeado ar para dentro do tubo. Se houver alguma falha, surgiriam bolhas na água, demonstrando que existem falhas na solda. Caso ocorresse o surgimento de bolhas, o tubo de calor defeituoso deveria ser desmontado, limpo, soldado e testado para a correção da falha no processo de soldagem por adição de material.



Figura 5. Teste de estanqueidade.

2.5. Procedimento de Evacuação

Antes do preenchimento do tubo de calor com fluido de trabalho, foi necessário fazer vácuo dentro do tubo de calor através da utilização de uma bomba de vácuo *EOS Value™ i260SV* (Fig. 6). Para tal, uma mangueira polimérica foi conectada ao capilar do tubo de calor interligando-o à bomba de vácuo através de uma válvula de controle de fluxo e uma mangueira flexível de borracha. Feito isso, a bomba de vácuo foi acionada. Recomenda-se que este processo tenha a duração de, pelo menos, 8 (oito) horas. Durante o processo de evacuação, a pressão interna atingida é de 9 kPa e a temperatura de saturação da água relacionada com essa pressão é 43,74 °C.



Figura 6. Procedimento de evacuação.

2.6. Preenchimento com o Fluido de Trabalho

A quantidade de fluido de trabalho inserida no interior do tubo de calor é muito importante para o sistema de bombeamento capilar. Se não existir quantidade suficiente de fluido, o sistema de bombeamento para de funcionar e o tubo de calor entra em colapso e, conseqüentemente, a transferência de calor é interrompida (Santos *et al.*, 2017). Para realizar o preenchimento do tubo de calor com o fluido de trabalho, foi desenvolvida uma pequena estação de preenchimento composta por um suporte universal com garra, uma bureta graduada (escala de 0,1 mL) com capacidade

de 25 mL e um *forceps* (Fig. 7). O tubo de calor evacuado foi acoplado à uma mangueira polimérica que faz conexão com a bureta. Feito isso, a mangueira foi pinçada com o *forceps* para evitar que ar entrasse no tubo de calor. A bureta estava completamente preenchida com o fluido de trabalho. O próximo passo foi abrir a válvula da bureta cuidadosamente para que não fosse formada nenhuma bolha de ar na tubulação entre a bureta e o tubo de calor. O *forceps* foi cuidadosamente aberto para drenar o fluido de trabalho até que o tubo de calor fosse carregado com 2,19 mL. Esta quantidade de fluido de trabalho corresponde a uma razão de preenchimento de 60% do volume total do evaporador.

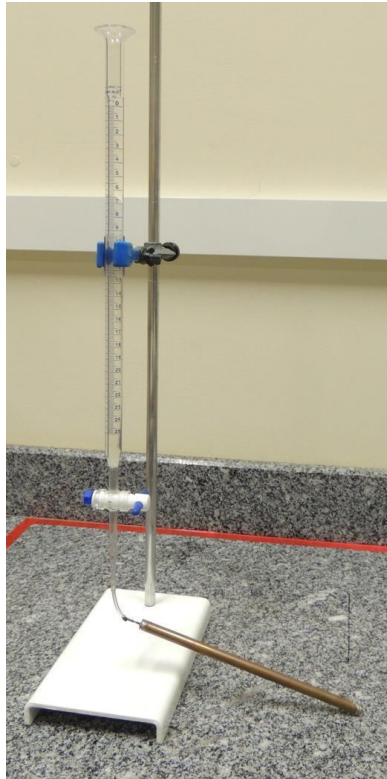


Figura 7. Estação de Preenchimento do tubo de calor.

Destaca-se que no momento do preenchimento, muito cuidado é necessário para que não se perca o vácuo existente dentro do tubo de calor. Se isso acontecer, todo o processo de vácuo deve ser realizado novamente. Após o carregamento do tubo de calor com o fluido de trabalho, o capilar foi clipado com um alicate de pressão e a extremidade foi soldada, com o auxílio de um ferro de soldar *Hikari*TM utilizando uma liga de estanho como material de adição, para completa vedação.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Aparato Experimental

O aparato experimental utilizado para os testes experimentais, mostrado na Fig. 8, foi composto por uma fonte de alimentação *Agilent*TM U8002A, um sistema de aquisição de dados *Agilent*TM 34970A com um módulo multiplexador *Agilent*TM 34901A com 20 canais, um computador *Dell*TM, um *nobreak* *NHS*TM, um ventilador *Ultrar*TM e um suporte universal com garra.

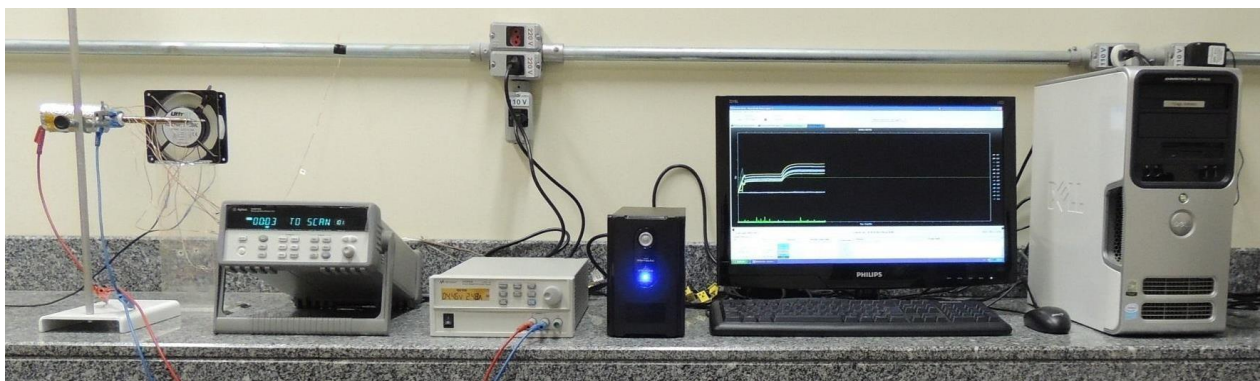


Figura 8. Aparato experimental.

Para avaliação do comportamento térmico do tubo de calor, foram utilizados termopares *Omega Engineering*TM do tipo K (*Chromega*TM-*Alomega*TM). Esses sensores de temperatura foram fixados na superfície externa do tubo de calor utilizando uma fita adesiva termosensível *Kapton*TM de poliamida resistente a altas temperaturas. A Figura 9 apresenta esquematicamente o posicionamento dos termopares no tubo de calor analisado. O sistema de aquecimento do evaporador foi realizado pela dissipação de potência proveniente da passagem de uma corrente elétrica em um resistor elétrico em fita composto por uma liga de níquel-cromo (*Omega Engineering*TM). Para garantir que todo o calor gerado por efeito *Joule* fosse transmitido ao evaporador foram instalados nesta região um isolamento térmico aeronáutico e uma camada de poliuretano. Uma fita de fibra de vidro foi usada na seção adiabática como um isolante térmico e o sistema de resfriamento por convecção forçada de ar foi constituído pelo ventilador na região do condensador.

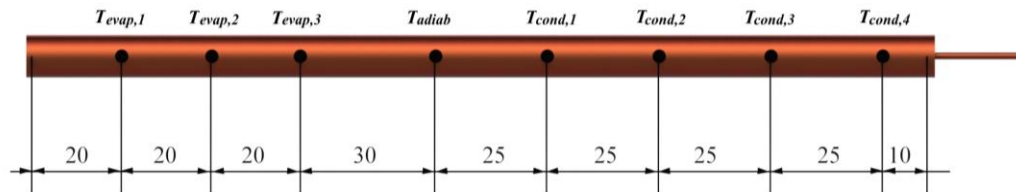
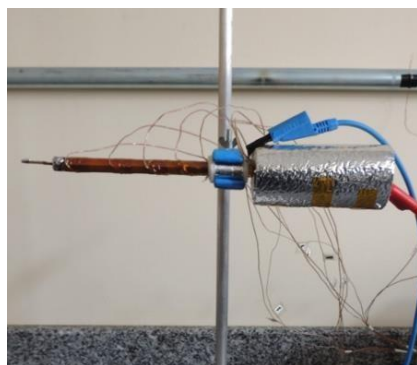


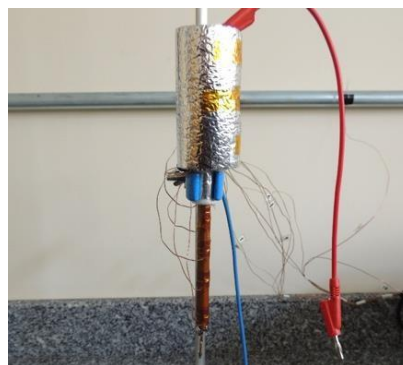
Figura 9. Posicionamento dos termopares [mm].

3.2. Procedimento Experimental

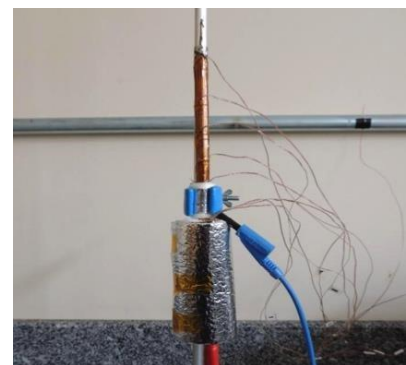
Para garantir um melhor resultado e a repetitividade dos testes experimentais, a temperatura do ambiente foi mantida em $18,0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um sistema de condicionamento *Carrier*TM. Como mostrado na Figura 10, o tubo de calor foi fixado ao suporte universal com garra pela região adiabática, operando nas seguintes inclinações: horizontal, 90° em relação a horizontal (evaporador acima do condensador) e 270° em relação a horizontal (condensador acima do evaporador). O ventilador foi posicionado na região do condensador e ajustado a uma velocidade de 5 m/s controlada por um potenciômetro e um anemômetro, com um erro combinado de $\pm 0,2\text{ m/s}$. O sistema de aquisição de dados foi ativado e, finalmente, a fonte de alimentação foi ligada e ajustada na dissipação de potência desejada. Os dados foram coletados a cada 10 (dez) segundos, gravados no microcomputador *Dell*TM através do software *Agilent*TM *Benchlink Data Logger 3* e, posteriormente, tratados e analisados.



(a) horizontal



(b) 90°
(evaporador acima do condensador)

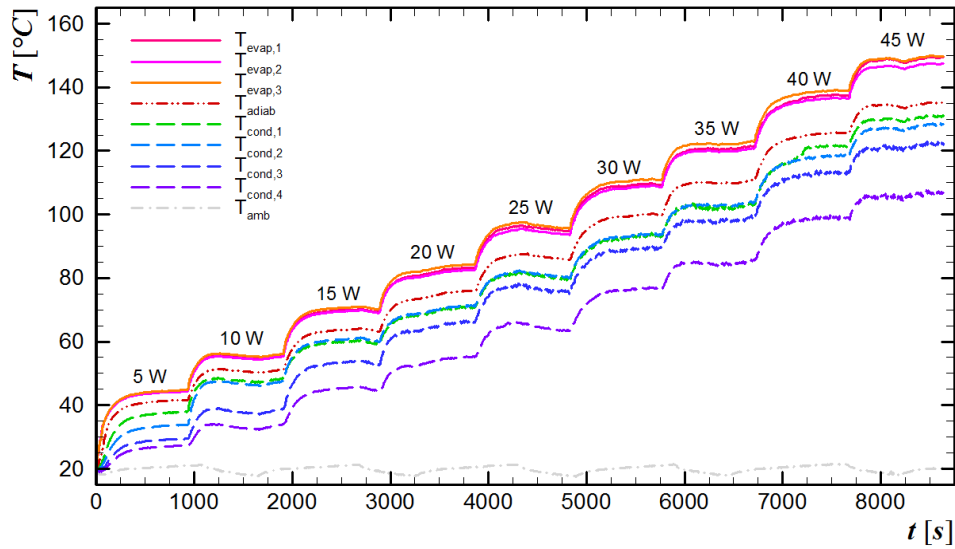


(c) 270°
(condensador acima do evaporador)

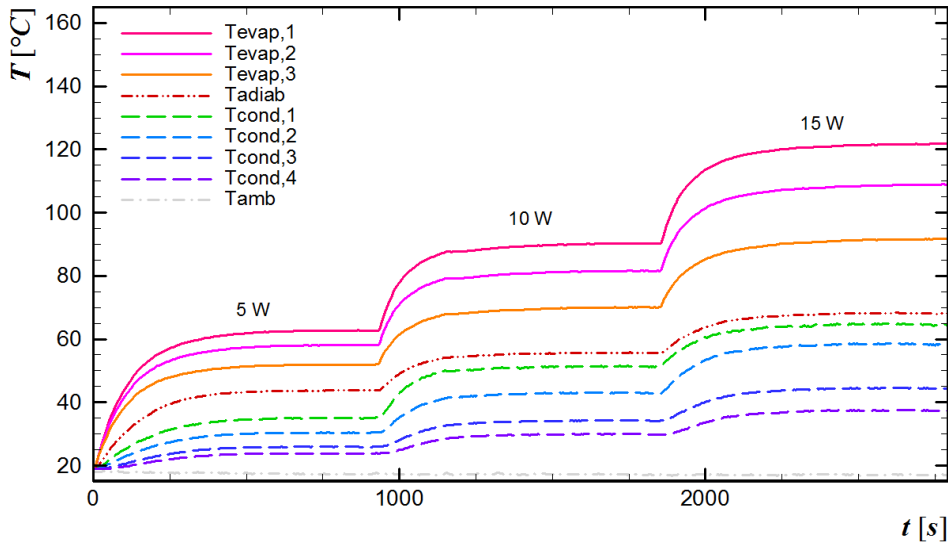
Figura 10. Inclinações de operação testadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

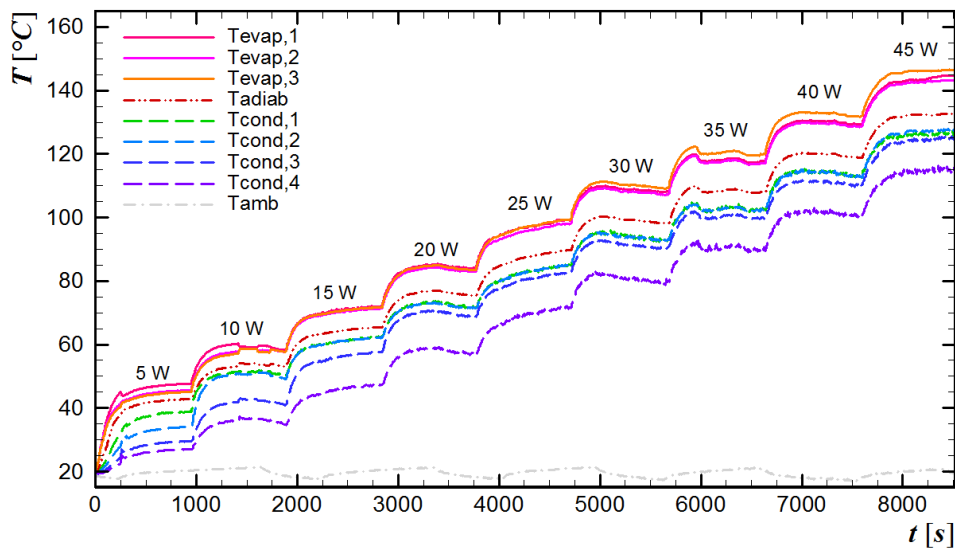
Os resultados experimentais do desempenho térmico do tubo de calor com tela metálica operando em diferentes inclinações de operação são apresentados. Os testes experimentais foram repetidos três vezes para cada posição de operação e os erros foram comparados levando em consideração que a diferença entre as médias dos valores fossem menores que $0,5^{\circ}\text{C}$. Os testes foram realizados para carga térmica crescentes de 5W, variando de 5W até 45W. Após aproximadamente 15 (quinze) minutos, a condição de regime *quasi* permanente era alcançada nos testes experimentais. Por questões de segurança, os testes foram imediatamente interrompidos quando a máxima temperatura de 150°C fosse atingida no evaporador do tubo de calor. As incertezas experimentais estão associadas às incertezas dos sensores de temperatura (termopares do tipo K), ao sistema de aquisição de dados e à fonte de potência (Holman, 2011) e foram apresentadas concomitantemente com os resultados obtidos. A Figura 11 apresenta as distribuições de temperaturas ao longo do tubo de calor em função do tempo para diferentes potências dissipadas para as inclinações: (a) horizontal, (b) 90° em relação a horizontal e 270° em relação a horizontal.



(a) horizontal



(b) 90° (evaporador acima do condensador)



(c) 270° (condensador acima do evaporador).

Figura 11. Distribuição de temperaturas em função do tempo.

A Figura 12 apresenta comportamento da resistência térmica do tubo de calor em função das diferentes potências aplicadas parametrizado nas inclinações estudadas. As incertezas experimentais são apresentadas. Independentemente da inclinação de operação do tubo de calor, a resistência térmica diminui com o aumento da carga térmica aplicada no evaporador. Em todos os casos, o tubo de calor operou de forma satisfatória.

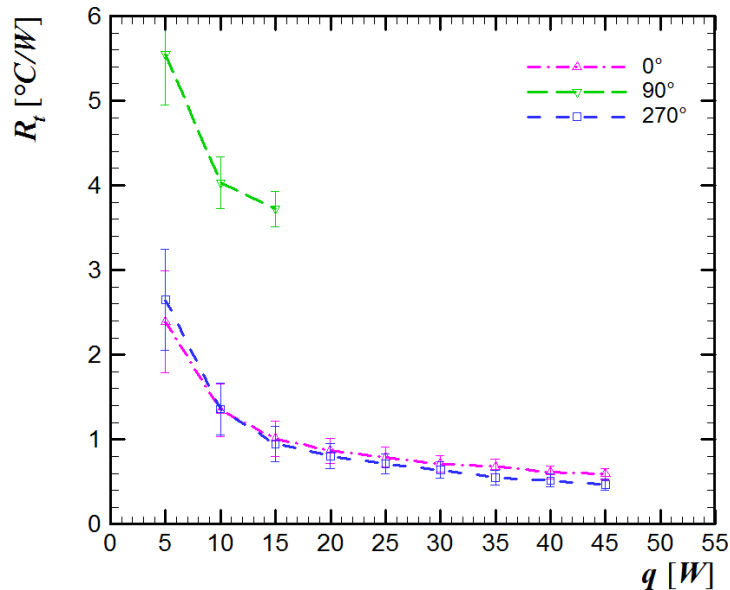


Figura 12. Resistência térmica para diferentes inclinações.

Dos resultados experimentais obtidos das resistências térmicas, pode ser observado que o desempenho térmico do tubo de calor a 90° em relação a horizontal (evaporador acima do condensador) foi o pior, enquanto que o desempenho do tubo de calor na horizontal e a 270° em relação a horizontal (condensador acima do evaporador) foram melhores. A razão disto é que no caso do evaporador acima do condensador, a ação da gravidade fica contra o escoamento do fluido, fazendo com que o bombeamento capilar necessário seja maior.

5. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foi apresentada uma avaliação experimental da influência da inclinação de operação no desempenho térmico de um tubo de calor contendo uma tela metálica *mesh* #100 como estrutura capilar. As inclinações analisadas foram: horizontal, 90° (evaporador acima do condensador) e 270° (condensador acima do evaporador) em relação a horizontal. O tubo de calor utilizou água destilada como fluido de trabalho e uma razão de preenchimento de 60% do volume total do evaporador. Os resultados experimentais mostraram que para todas as posições de operação testadas o tubo de calor funcionou de forma satisfatória. O tubo de calor operando na horizontal e na inclinação de 270° obtiveram os melhores resultados para o desempenho térmico.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecimentos são prestados à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão de bolsas de mestrado à acadêmica *Larissa Krambeck*, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste projeto de desenvolvimento tecnológico e de inovação. Agradecimentos também são externados à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPPG) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), à Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação (DIRPPG), ao Programa de Pós-Graduação (Mestrado) em Engenharia Mecânica (PPGEM) e ao Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR/Câmpus Ponta Grossa.

7. REFERÊNCIAS

- Aguiar, V.M., Bartmeyer, G.A., Krambeck, L., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2018, "Thermal Analysis of a Finned Thermosyphon for Heat Exchanger Applications", *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Vol. 5, No. 1, pp. 18-21.
- Chi, S.W., 1976, "Heat Pipe Theory and Practice: A Sourcebook. Washington", Hemisphere Publishing Corporation, Washington, D.C., USA. 272 p.
- Faghri, A., 2014, "Heat Pipes: Review, Opportunities and Challenges", *Frontiers in Heat Pipes*, Vol. 5, No. 1, pp. 01-48.

- Groll, M., Rösler, S., 1992, "Operation Principles and Performance of Heat Pipes and Closed Two-Phase Thermosyphons", *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*, Vol. 17, pp. 091-151.
- Holman, J.P., 2011, "Experimental Methods for Engineers", McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering, New York, USA, 768 p.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2015, "Configurations of Phosphor Bronze Meshes in Heat Pipes: An Experimental Analysis of Thermal Performance", *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, Vol. 2, No. 10, pp. 11-14.
- Krambeck, L., 2016, "Investigação experimental do desempenho térmico de telas metálicas em tubos de calor", Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa/PR, Brasil.
- Krambeck, L., Bartmeyer, G.A., Fusão, D., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017a, "Experimental Research of Capillary Structure Technologies for Heat Pipes", Proceedings of the 24th ABCM International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2017), Curitiba/PR, Brazil, COBEM-2017-1170.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Aguiar, V.M., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017b, "Thermal Performance Evaluation of Different Passive Devices for Electronics Cooling", *Thermal Science*, OnLine-First Issue 00, pp. 300.
- Krambeck, L., Nishida, F.B., Santos, P.H.D., Antonini Alves, T., 2017c, "Heat Pipe with Axial Microgrooves Fabricated by Wire Electrical Discharge Machining (Wire-EDM)", Proceedings of the 9th World Conference on Experimental Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (ExHFC-9), Foz do Iguaçu/PR, Brazil, PT80.
- Mantelli, M.B.H., 2009, Tubos de Calor e Termossifões, Notas de Aula, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, Brasil.
- Nishida, F.B., 2016, "Desenvolvimento de tubos de calor com microranhuradas fabricadas por eletroerosão a fio", Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa/PR, Brasil.
- Peterson, G.P., 1994, "An Introduction to Heat Pipes: Modeling, Testing and Applications", (Thermal Management of Microelectronic and Electronic System Series), Wiley-Interscience, New York, USA, 368 p.
- Reay, D. A., Kew, P. A., Mcglen, R. J., 2014, "Theory, Design and Applications", Elsevier, Waltham, MA, USA, 251p.
- Santos, P.H.D., Vicente, K.A.T., Reis, L.S., Marquardt, L.S., Antonini Alves, T., 2017, "Modeling and Experimental Tests of a Copper Thermosyphon", *Acta Scientiarum. Technology* (Impresso), Vol. 39, No. 1, pp. 59-68.
- Xu, S., Lewis, R.J., Liew, L.A., Lee, Y.C. and Yang, R., 2016, "Development of Ultra-Thin Thermal Ground Planes by Using Stainless-Steel Mesh as Wicking Structure", *Journal of Microelectromechanical System*, Vol. 25, No. 5, pp. 842-844.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INFLUENCE OF THE INCLINATION IN THE THERMAL PERFORMANCE OF A HEAT PIPE WITH METALLIC SCREEN

Larissa Krambeck, larikrambech@hotmail.com¹

Paulo Henrique Dias dos Santos, psantos@utfpr.edu.br²

Thiago Antonini Alves, thiagooalves@utfpr.edu.br¹

Federal University of Technology – Paraná/UTFPR, ¹Câmpus Ponta Grossa, ²Câmpus Curitiba

Abstract. Heat pipes are heat transfer passive devices capable of transferring large volumes of energy with a small temperature gradient. They basically consist of a hollow metal tube, internally coated with a capillary structure and filled with working fluid. In this work, an experimental evaluation of the influence of the inclination in the thermal behavior of a heat pipe with a metallic screen as the capillary structure was carried out. The heat pipe was manufactured from a copper tube with an outer diameter of 9.45 mm and an internal diameter of 7.75 mm, a total length of 200 mm and a single layer of phosphor bronze screen mesh # 100, as the capillary structure. The working fluid used was distilled water and the heat pipe was filled with a fill ratio of 60% of the total evaporator volume. The condenser was cooled by forced convection of air, the adiabatic section was isolated, and the evaporator was heated using an electric resistor. The heat pipe was tested in three different positions: horizontal, 90° related to the horizontal (evaporator above the condenser) and 270° related to the horizontal (condenser above the evaporator). The applied thermal loads were between 5W and 45W. The experimental results demonstrated that the use of mesh # 100, as a capillary structure, worked satisfactorily in all studied inclinations. The experimental results of the thermal resistances present that the best thermal performance of the heat pipe was obtained for the horizontal position and 270° related to the horizontal.

Keywords: heat pipes, metallic screen, inclination, thermal performance, experimental.