

ANÁLISE EXPERIMENTAL DE UM CIRCUITO BIFÁSICO COM BOMBEAMENTO POR EFEITOS DE CAPILARIDADE

Jefferson Gomes do Nascimento, jeffersongomes@ufu.br¹

João Manoel de Oliveira Neto, joao_engmec@outlook.com²

José Ricardo Ferreira Oliveira, ricardoengmec@gmail.com²

Yves Bertin, yvesbertin@ensma.fr³

¹Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121 – Santa Mônica, Uberlândia – MG, 38400-902.

²Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, Bloco BR, CEP 58429-140, Campina Grande, Paraíba, Brasil.

³École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique, Poitiers, França

Resumo Os circuitos bifásicos de bombeamento por efeitos de termo capilaridade (BFDPT) são sistemas de transferência de calor passivo, muito utilizados na indústria aeroespacial (controle térmico de satélite). Ao contrário dos circuitos de resfriamento clássico, o fluido de uma BFDPT não circula no circuito graças a uma bomba e sim através das forças de capilaridade criadas no meio poroso do evaporador que colocam o fluido em movimento, transformando este sistema totalmente autônomo e passivo. Além disso, o fluido troca de fase entre a fonte quente (evaporador) e a fonte fria (condensador). Este fenômeno aumenta consideravelmente a capacidade de transporte de calor dos circuitos bifásicos em relação ao resfriamento clássico. Trabalhos em circuito bifásico já foram e ainda são conduzidos em laboratórios, incluindo evaporadores em paralelo e até mesmo condensadores em paralelos ao sistema para adaptar ou melhorar a capacidade de controle térmico do sistema em análise.

Palavras-chave: indústria espacial, forças de capilaridade, evaporador e condensador.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com [7], [11] e [12] e o rápido desenvolvimento da eletrônica de potência revela um aumento constante da necessidade de conhecimentos mais avançados em termos de controle térmico. Muitos produtos industriais aquecem e necessitam de um sistema de refrigeração, tais como: produtos eletrônicos (celulares, computadores, potência de som automotivo, etc), motores em geral de carro, moto, avião, navio, trem de alta velocidade ou até mesmo no espaço (regulação térmica de um satélite), sabe-se que as tecnologias de refrigeração convencionais atingiram seus limites e por isso há uma intensa necessidade do domínio e controle de fontes alternativas para o controle da temperatura.

Conforme [1]-[5], existem dois tipos principais de circuitos bifásicos que utilizam bombeamento realizado por efeitos de capilaridade: *Capillary pumped loop* (CPL), descoberto nos Estados Unidos no final dos anos 60 e existem as *Loop heat pipe* (LHP) que foram descobertas na União das Repúblicas Socialistas Soviéticas no início dos anos 70. A diferença básica entre as CPL e as LHP é a posição do reservatório no ciclo, sendo que nas CPL, o reservatório é acoplado ao circuito separado do evaporador e nas LHP o reservatório é acoplado ao evaporador, como pode ser visto na Figura 1. Estes circuitos de controle térmico constituem uma das soluções mais competitivas entre os novos dispositivos de refrigeração atualmente desenvolvidos. Além disso, conforme [2]-esses dispositivos são capazes de transferir importantes quantidades de calor em longas distâncias graças à circulação do fluido pelo efeito de capilaridade e por causa das transformações de fase do fluido.

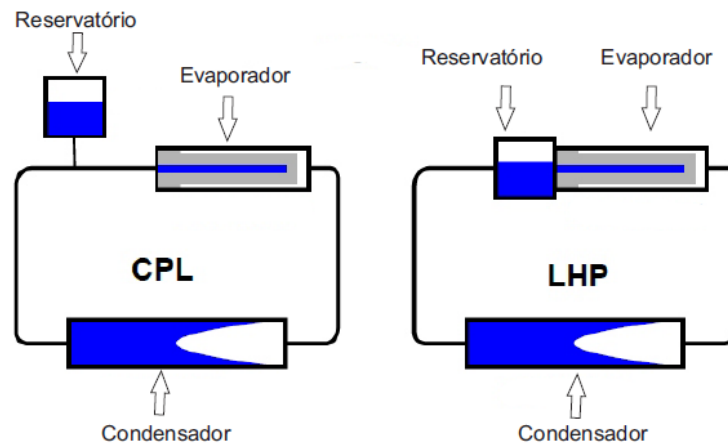


Figura 1 - Comparação CPL e LHP.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL (OU PROCEDIMENTO COMPUTACIONAL)

O modelo de bancada experimental analisada é representado pela Figura 2, na qual possui vários equipamentos que são de fundamental importância para o funcionamento da mesma [2], sendo eles: medidores de vazão de Coriolis, captores de pressão, termostato, sondas PT100, central de aquisição, termo criostato, CompactRIO, equipamentos de segurança física, reservatório, evaporador e os alimentadores de potência.

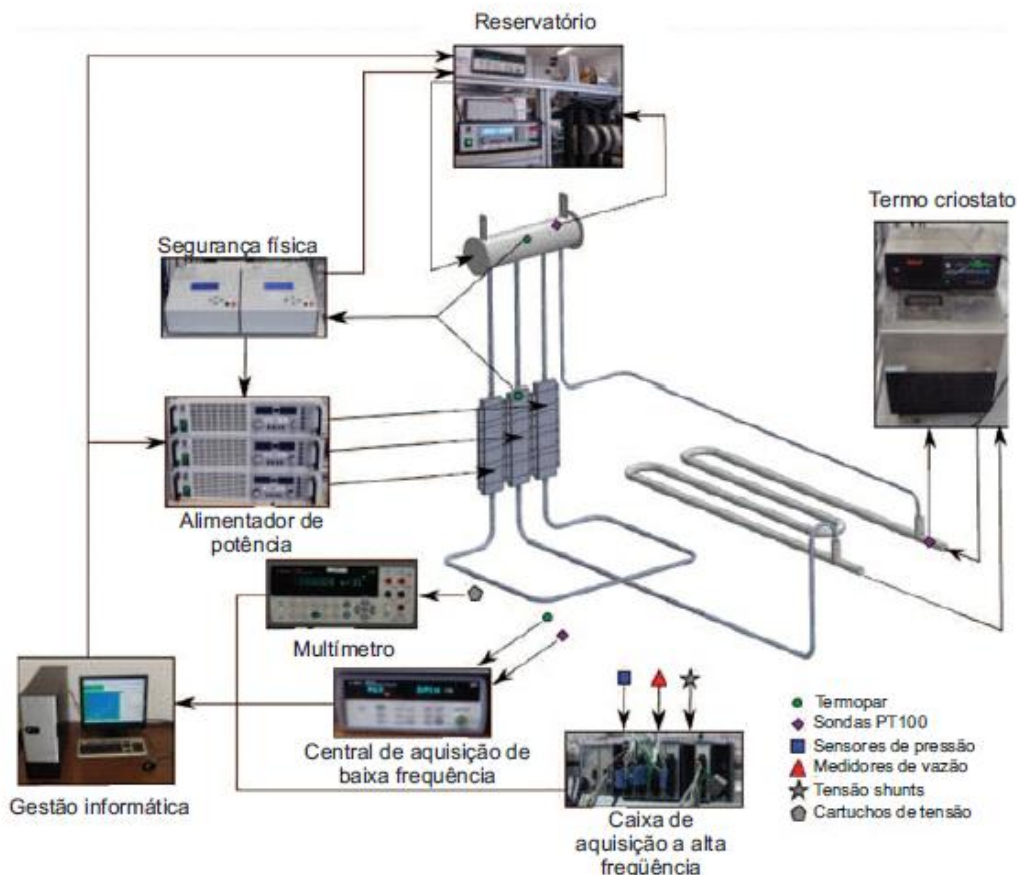


Figura 2- Equipamentos para análise de dados.

Para manipulação da bancada experimental é utilizado a interface do programa LabVIEW, e para tratar os dados utilizou-se o programa Excel Visual Basic. A bancada experimental foi instrumentada com termopar e Sondas PT100, como mostra a Figura 3.

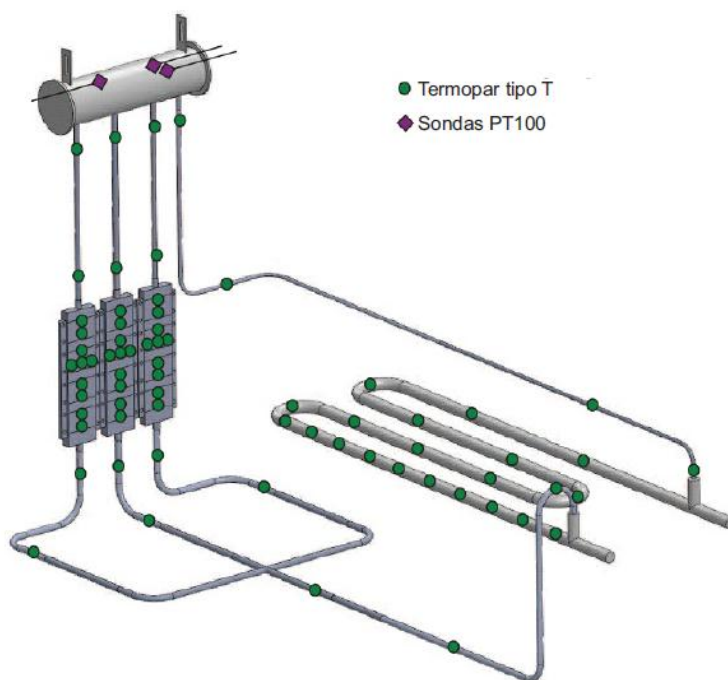


Figura 3 - Termopares: Bancada Experimental.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 4 representa a temperatura fornecida pelos termopares acoplados no evaporador, percebe-se que para o fluido começar a circular no circuito é necessário que ocorra um pico de superaquecimento para criar as primeiras bolhas de vapor, conforme pode ser visto na Figura abaixo, no início do experimento. Após isso, a temperatura sobre o evaporador é regulada graças à temperatura interna de saturação do reservatório e aumentada ligeiramente com o aumento da potência que é fornecida ao sistema. A temperatura na saída do evaporador é praticamente constante, que corresponde à temperatura imposta pelo reservatório.

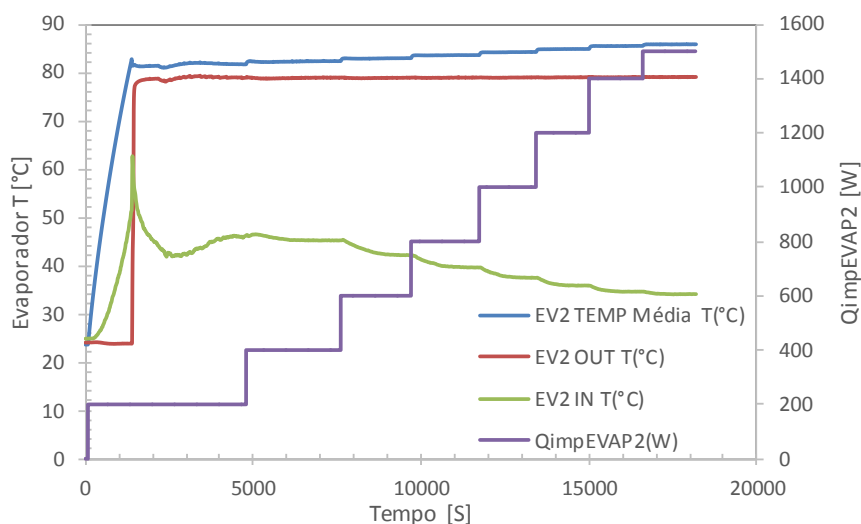


Figura 4 – Temperatura no evaporador.

Tabela 1 apresenta os valores de temperatura em estado permanente no evaporador.

QimpEVAP2 [W]	EV2IN T[°C]	EV2OUTT[°C]
400	45,20	78,91
600	42,14	78,90
800	39,61	78,94
1000	37,46	78,96
1200	41,65	79,00
1400	34,60	79,01
1500	34,10	79,05

A Figura 5, representa a capacidade do condensador em condensar o fluido na dimensão máxima do mesmo, sabe-se que o condensador possui 500 cm de comprimento. Percebe-se que com o aumento da potência da fonte, o condensador possui uma maior dificuldade em reduzir a temperatura do fluido para temperatura desejada de 20°C, para o ensaio a 200W, o fluido reduz sua temperatura no comprimento inferior a 20 cm do condensador já no ensaio a 1500W o fluido chega a temperatura desejada para um comprimento inferior a 100 cm, essas interpretações podem ser observadas na Figura abaixo.

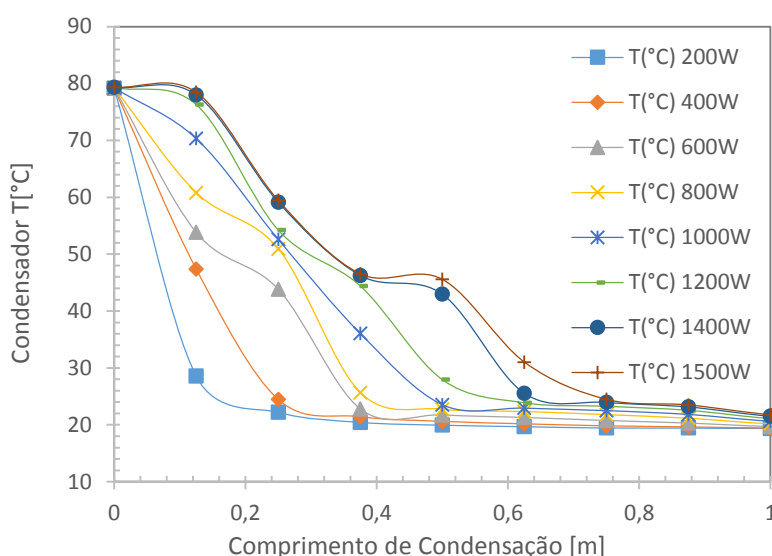


Figura 5 – Comprimento de condensação no condensador.

4. CONCLUSÃO

Os estudos dos sistemas bifásicos são importantes para compreensão dos pontos críticos deste circuito (evaporador e seu meio poroso, condensador e o reservatório), pois com uma variação de um dos parâmetros pode-se variar significante os parâmetros em outros pontos do circuito.

Além disso, é possível perceber o enorme potencial que esses sistemas possuem, capazes de transferir calor em longas distâncias. Porém seu estudo é limitado, pois estes sistemas de transferência de calor são muito caros em termos dos equipamentos (evaporador com seu meio poroso, sistemas de aquisição de dados, etc.). A vantagem é a longo período de tempo, pois é necessário somente manter a temperatura constante no reservatório, já que o sistema é totalmente autorregulado.

Por fim, sabe-se que numerosos estudos são necessários para o desenvolvimento desse tipo de sistema de transferência de calor para poder explicar em detalhes certos fenômenos que se produzem neste circuito bifásico.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Tecnológico) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e a FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de MG) e a ENSMA (École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique) pela concessão de bolsa de estudo e apoio na pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- [1] BERTIN, Yves., ZITOUN Ratiba., POTIN-SINAPAYEN, rapport de stage d'ingenieur, Instrumentacion d'une boucle diphasique.
- [2] BERTIN, Yves., AYEL, Vincent, DORIGNAC, Eva, TSCHILL, Hugues, rapport de stage d'ingénieur, Mise em place et experimentation d'une boucle diphasique á pompage capillaire.
- [3] BERTIN, Y.; AYEL, V.; ALEXANDRE, A. Transferts de Chaleur en Diphasique- Partie II: Thermosiphons, aloducs tournants, V.C.H.P., Micro-caloducs, boucles diphasiques et caloducs oscillants – Cours A3 (Thermique), 2014.
- [4] BERTIN, Y.; ZITOUN, R.; SINAPAYEN, P. Rapport de stage d'ingenieur, Instrumentacion d'une boucle diphasique, 2011.
- [5] BERTIN, Y.; AYEL, V.; DORIGNAC, E.; Rapport de stage d'ingénieur, Mise em place et experimentation d'une boucle diphasique á pompage capillaire, 2012.
- [6] BONJOUR, Jocelyn., LEFEVRE, Frédéric., SARTRE, Valérie., BERTIN, Yves., ROMESTANT, Cyril., AYEL, Vincent., PLATEL, Vincent., Boucles capillaires et gravitaires, Référence de l'article: B9 546.
- [7] FAGHRI, A. Heat pipe science and technology, 1995.
- [8] KEW, Peter., REAVY, David., Heat Pipes Theory, Design and Applications, fifth edition, 2006.
- [9] LACHASSAGNE, L.; BERTIN, Y.; AYEL, V.; ROMESTANT, C.; Applied Thermal Engineering – Experimental Study of Capillary Pumped Loop for Integrated Power in Gravity Field, 2012.
- [10] VASILIEV, L.L.; KAKAÇ, S. Solid Sorption Transformations, 2013.
- [11] ZOHURI, B. Heat Pipe Design and Technology- a pratical approach, 2011.
- [12] ZOHURI, B. Heat Pipe Design and Technology, 2016.

7. RESPONSABILIDADE AUTORIAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A BIPHASIC CIRCUIT WITH PUMPING EFFECTS BY CAPILLARITY

Jefferson Gomes do Nascimento, jeffersongomes@ufu.br¹

João Manoel de Oliveira Neto, joao_engmec@outlook.com²

José Ricardo Ferreira Oliveira, ricardoengmec@gmail.com²

Yves Bertin, yvesbertin@ensma.fr³

¹Federal University of Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121 – Santa Mônica, Uberlândia – MG, 38400-902.

²Federal University of Campina Grande, Aprigio Veloso Street, 882, Zip Code 58429-140, City of Campina Grande, State of Paraíba, Brazil.

³École Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique, Poitiers, França

Abstract: *The biphasic pumping circuits by term capillarity effects (BFDPT) are passive heat transfer systems, widely used in the aerospace industry (thermal satellite control). Unlike classical cooling circuits, the fluid of a BFDPT does not circulate in the circuit thanks to a pump, but through the capillary forces created in the porous medium of the evaporator that put the fluid in motion, transforming this system totally autonomous and passive. In addition, the fluid exchanges phase between the hot source (evaporator) and the cold source (condenser). This phenomenon considerably increases the heat transfer capacity of biphasic circuits in relation to classical cooling. Biphasic circuit work has been and is still conducted in laboratories, including parallel evaporators and even condensers parallel to the system to adapt or improve the thermal control capability of the system being analyzed.*

Keywords: *space industry, capillary forces, evaporator and condenser.*