



VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA
VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING
18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil
August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil

AQUECIMENTO, RESFRIAMENTO E CONTROLE DE TEMPERATURA DE UM AMBIENTE FECHADO UTILIZANDO CÉLULAS PELTIER

João Pereira Brito Filho, jbrito@ufpe.br¹
Jorge Recarte Henríquez Guerrero, rjorge@ufpe.br²
Paulo Roberto de Freitas, pauloalr@hotmail.com¹
Paulo Roberto Lima Martins, paulmrt.25@gmail.com¹

¹Departamento de Eletrônica e Sistemas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, SN CEP 50.740-530 - Recife - PE – Brasil

²Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, SN CEP 50.740-530 - Recife - PE – Brasil

***Resumo:** Este artigo tem por objetivo apresentar os resultados de uma investigação sobre o processo de aquecimento e resfriamento de pequenos ambientes fechados semelhantes àqueles de um gabinete de um microcomputador. Esta investigação é importante porque a temperatura no interior de um gabinete influencia a dissipação de calor do microprocessador e caso esse processo não seja eficiente, a sua temperatura poderá atingir níveis que prejudicarão o funcionamento do mesmo, inclusive podendo danificá-lo. Para isso, foi desenvolvido um sistema de aquecimento, resfriamento e controle de temperatura de um ambiente fechado utilizando células Peltier comerciais, sensor de temperatura LM35 e microcontrolador PIC 16F877A, sendo este sistema controlado pelo instrumento virtual LabVIEW®. Dos resultados obtidos pode-se concluir que o sistema desenvolvido é adequado para o controle de temperatura no interior de gabinetes de microcomputadores. Nos ensaios verificou-se que a configuração das células Peltier em série é mais eficiente do que a paralela para resfriar o ambiente, já que pode-se alcançar uma determinada temperatura em um intervalo de tempo menor. Verificou-se também que as células Peltier saturam com o tempo, ou seja, em determinado momento, a temperatura estabiliza, não sofrendo mais variações.*

***Palavras-chave:** Peltier, Controle de temperatura, Gabinete de microcomputador*

1. INTRODUÇÃO

Os processadores atuais dissipam cada vez mais calor, principalmente devido ao maior grau de integração presente nos circuitos integrados modernos. Isto está diretamente relacionado com o número de transistores presentes na pastilha de silício. Caso o sistema de dissipação de calor não seja eficiente, a temperatura da pastilha atingirá níveis que prejudicarão o funcionamento do processador, inclusive podendo danificá-lo. O mesmo raciocínio é válido para os outros componentes presentes no gabinete do computador.

Técnicas sofisticadas para o resfriamento de microprocessadores também têm sido estudadas e apresentadas na literatura (Xu e Fischer, 2006 e Zalba et al., 2003). O uso de microtubos de calor é uma destas técnicas que se mostra bastante promissora para esses fins, principalmente devido a que operam sem partes móveis, de forma silenciosa, com confiabilidade e flexibilidade (Groll et al., 1998 e Pastukhov et. al., 2003). Identicamente, e com vantagens similares, as células Peltier estão sendo usadas para resfriamento de microprocessadores (Reiyu Chein e Huang, 2004). No entanto, poucos são os trabalhos que apresentam estudos sobre o efeito da temperatura interna do gabinete do microcomputador sobre o desempenho térmico do conjunto dissipador aletado-ventoinha (*cooler*).

Com o objetivo de se conduzir uma investigação sistemática e criteriosa sobre esse efeito o Laboratório de Análise Térmica de Equipamentos e Componentes Eletroeletrônicos (LATECE) da UFPE desenvolveu um sistema de aquecimento, resfriamento e controle de temperatura de um ambiente fechado utilizando células Peltier. O equipamento foi desenvolvido utilizando-se células Peltier comerciais, um microcontrolador PIC 16F877A e o instrumento virtual LabVIEW®. Por meio deste sistema, o usuário pode visualizar a temperatura atual, acompanhar a variação da temperatura com o tempo, ajustar a temperatura desejada ao ambiente na faixa de 0°C a 50°C e visualizar por meio de LEDs virtuais o estado atual do processo (ligado, desligado, regime transiente (aquecendo/resfriando), regime permanente).

Foram realizados diversos ensaios em laboratório, repetindo-se vários ciclos aquecimento/resfriamento. Este artigo apresenta os resultados obtidos desse projeto de pesquisa.

2. CÉLULA PELTIER

Para o desenvolvimento do sistema foram utilizadas células Peltier, também conhecidos como pastilhas termoelétricas. Estas são pequenas unidades que utilizam tecnologia de matéria condensada para operarem como bombas de calor. Uma unidade típica tem espessura de alguns milímetros e forma quadrada (4x40x40mm). Esses módulos são essencialmente um sanduíche de placas cerâmicas recheado com pequenos cubos de Bi_2Te_3 (telureto de bismuto).

Pastilhas termoelétricas operam utilizando o efeito Peltier, a teoria de que há um efeito aquecedor ou resfriador quando uma corrente elétrica passa por dois condutores. A tensão elétrica aplicada aos pólos de dois materiais distintos cria uma diferença de temperatura. Graças a essa diferença, o resfriamento Peltier fará o calor mover de um lado a outro. Uma típica pastilha de Peltier conterá uma série de elementos semicondutores do tipo-p e tipo-n, agrupados como pares que agirão como condutores dissimilares. A estrutura da célula pode ser vista na Fig.(1).

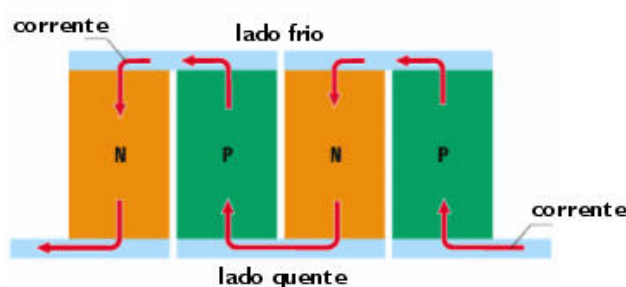


Figura 1. Efeito Peltier.

Essa série de elementos é soldada entre duas placas cerâmicas, eletricamente em série e termicamente em paralelo. Quando uma corrente DC passa por um ou mais pares de elementos de tipo-n a tipo-p, há uma redução na temperatura da junta (lado frio) resultando em uma absorção do calor do ambiente. Este calor é transferido pela pastilha por transporte de elétrons e emitido no outro lado (quente) via elétrons que movem de um estado alto para um estado baixo, conforme a Fig.(2). A capacidade de bombeamento de calor de um resfriador é proporcional à corrente e ao número de pares de elementos tipo-p e tipo-n.

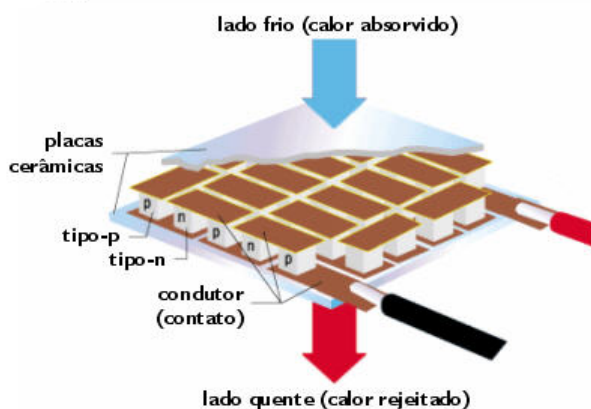


Figura 2. Esquemático da pastilha de Peltier.

Há calor gerado cada vez que uma corrente elétrica passa por um elemento. O material termoelétrico reage da mesma maneira. Há um ponto onde o calor gerado internamente cancela a capacidade do módulo de transferir calor. Cada pastilha tem seu próprio limite de quanto calor pode transferir conhecido como Q_{\max} . A corrente elétrica associada ao Q_{\max} é conhecida como I_{\max} e analogamente a tensão elétrica correspondente, como V_{\max} . Se um módulo for completamente isolado de seu ambiente e estiver operando com a corrente I_{\max} , ele produzirá a diferença máxima de temperatura entre os lados quente e frio, conhecida como dT_{\max} .

Módulos Peltier são perfeitos para algumas aplicações e não recomendados para outras. Dependendo da aplicação, uma pastilha pode ser infinitamente superior a do que um compressor, por exemplo, para resfriar um microprocessador, ou até inferior, como no caso de um aparelho de ar-condicionado. Pastilhas termoelétricas são muito pequenas, leves e não produzem nenhum barulho, podendo ser extremamente precisas no controle de temperatura. Vale destacar que as pastilhas praticamente não necessitam de manutenção, possuem tamanho reduzido, alta durabilidade e precisão. Elas são utilizadas hoje em inúmeros setores, principalmente em bens de consumo automotivo, industrial e militar. São

ideais para aplicações de resfriamento que são sensíveis a vibrações mecânicas ou têm um tamanho ou espaço limitado. São utilizadas em aplicações que requerem pequenos resfriamentos, como em *chips* ou até médias, como em geladeiras portáteis.

Pastilhas termoelétricas requerem uma corrente DC estável para uma operação ótima. Uma margem (*ripple factor*) de menos de 10% ou 15% resultará em menos de 1% de degradação no ΔT . Idealmente, limitações de tensão elétrica ou corrente devem ser usadas para assegurar que o I_{max} especificado da pastilha não seja ultrapassado.

As pastilhas termoelétricas foram projetadas para transferir uma determinada quantidade de calor em uma dada aplicação e não para atingir temperaturas específicas independentemente da aplicação. Quanto maior for a carga térmica transferida, menor será a diferença de temperatura entre o lado frio e o lado quente, e vice-versa (com carga zero a maioria das pastilhas apresentam uma diferença de temperatura máxima um pouco acima dos 60K). Assim sendo, para se saber qual a pastilha mais indicada para sua aplicação, é necessário estimar qual seria a carga térmica em Watts que precisa ser transferida para que se atinja a temperatura desejada.

Como será mostrado adiante nesse trabalho, as células Peltier saturam com o tempo, ou seja, em determinado momento, a temperatura estabiliza, não sofrendo mais variações. As pastilhas também não devem ser submetidas a situações de estresse térmico causado por um processo de liga-desliga em períodos muito curtos de tempo.

3. METODOLOGIA

3.1. Ambiente de teste

Foi projetado um sistema termoelétrico onde foram realizados testes a fim de verificar a eficiência do sistema de medição e monitoramento projetado. O primeiro passo foi a escolha do ambiente a ser controlado. Foram testadas algumas configurações (caixas de madeira) até chegar-se à definitiva, que é uma caixa de isopor com as dimensões mostradas na Fig.(3).

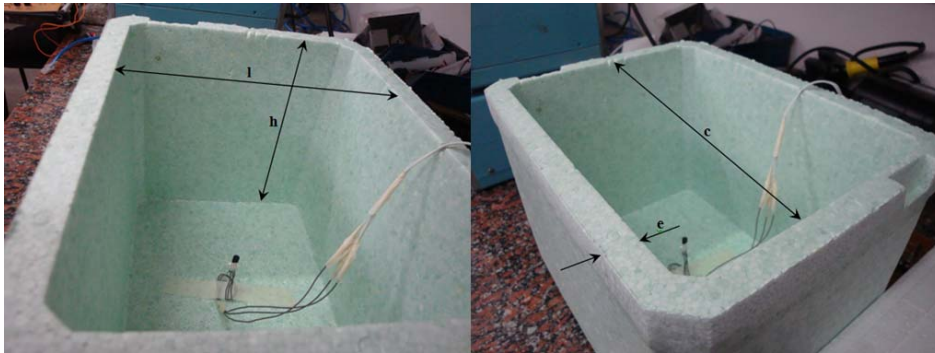


Figura 3. Dados geométricos: $c=0,254m$, $e = 0,014m$, $l = 0,182m$ e $h = 0,18m$.

3.2. Sistema termoelétrico

Quando se trata de resfriar o ambiente, o objetivo é extrair calor do interior e transferi-lo para um trocador de calor no exterior do mesmo para que seja transferido para a atmosfera externa. Isto foi feito utilizando-se duas combinações de ventilador e dissipador de calor em conjunto com duas pastilhas termoelétricas de dimensões 4x40x40mm conectadas em série e em paralelo. O dissipador utilizado dentro da caixa é resfriado a uma temperatura menor do que a do interior, podendo assim trocar calor com o ar do ambiente interno que circula entre suas aletas com a assistência do ventilador. As pastilhas foram instaladas entre o dissipador do lado quente e o do lado frio, como mostrado na Fig.(4).

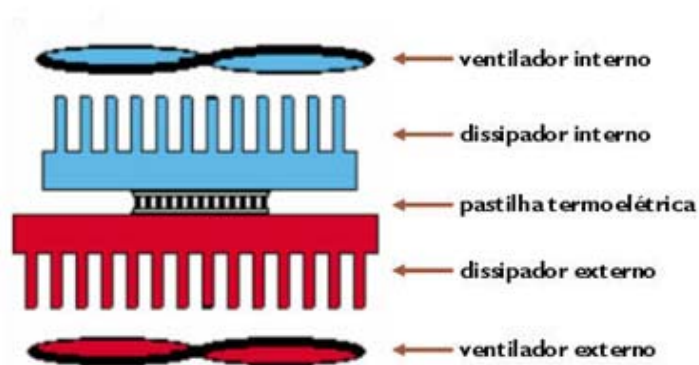


Figura 4. Esquemático do sistema termoelétrico.

De acordo com o efeito Peltier, quando uma corrente DC passa pelo módulo ele transfere calor do lado frio para o lado quente. Dessa forma, o ventilador do lado quente estará transferindo para o ar ambiente o calor transferido para as aletas do dissipador do lado quente. É importante salientar que o calor dissipado no lado quente não inclui somente o que foi transferido pela aplicação, mas também o calor produzido dentro da própria pastilha. Para o caso de aquecimento do ambiente, o processo é análogo, porém o dissipador de calor está no interior da caixa, enquanto o resfriador está no exterior da mesma.

Foram testadas várias configurações até se chegar ao sistema atual que é composto de duas pastilhas de referência DV 40-40-15.4-5 conectadas em série e dois dissipadores iguais de 80x80mm. Esse foi o arranjo ideal tendo em vista a carga térmica do sistema. Como já discutido anteriormente, é preciso assegurar uma boa dissipação do calor para que seja possível alcançar elevadas diferenças de temperatura entre o interior e o exterior da caixa. O arranjo foi devidamente instalado na tampa da caixa de isopor, como ilustrado na Fig.(5).



Figura 5. Sistema ventoinha-dissipador-Peltier-dissipador-ventoinha instalado na tampa da caixa e detalhe do sistema na tampa da caixa.

3.3. Controle de temperatura

Para realizar o controle de temperatura do ambiente de testes foi montado um esquema composto de uma caixa com duas células Peltier ligadas em série e dois ventiladores. Dessa maneira, as duas células são usadas sempre para a mesma função: ora as duas resfriam, ora as duas aquecem. O projeto foi baseado na programação em linguagem C de um microcontrolador PIC, juntamente com a comunicação serial via RS232. Para interface com o usuário foi utilizado o *software* LabVIEW®. Através do *software* desenvolvido o usuário pode ligar o sistema para dá início à aquisição e monitoramento da temperatura atual do ambiente, bem como ajustar a temperatura desejada do sistema, o que o levará para um estágio de aquecimento ou resfriamento. O programa recebe o valor de temperatura desejada e mostra a atualização da temperatura capturada pelo sensor LM35 ao longo do tempo. O sensor fica posicionado dentro da caixa de isopor. A temperatura pode ser visualizada em forma numérica e em uma escala graduada do termômetro nas escalas Celsius ou Fahrenheit de acordo com a escolha do usuário. Um gráfico de temperatura versus tempo mostra a evolução da variação da temperatura no ambiente monitorado. A Fig.(6) mostra a interface em LabVIEW® desenvolvida.

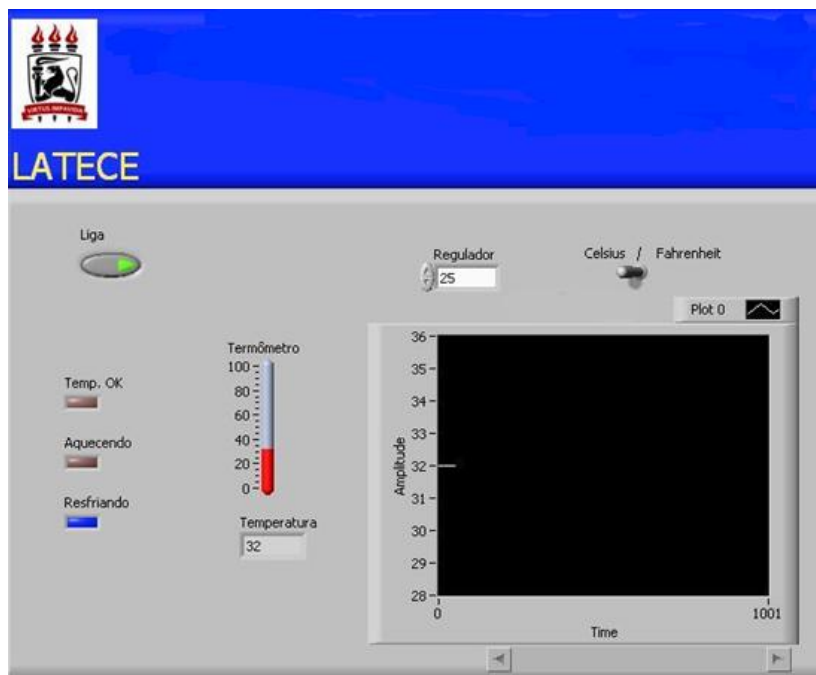


Figura 6. Interface do sistema em LabVIEW®.

4. RESULTADOS

Foram testadas várias configurações para o conjunto de células Peltier a fim de se obter uma maior eficiência para o sistema. Para realizar os ensaios, dá-se partida no sistema com temperatura inicial igual à temperatura ambiente. Por meio do *software* desenvolvido configurou-se o sistema para resfriar o ambiente sob monitoramento até alcançar o regime permanente para as condições de cada ensaio. Esses testes foram realizados para a configuração do conjunto de pastilhas em paralelo e em série. Também foram realizados ensaios para diferentes formas de alimentação do conjunto de pastilhas. Também se registrou a temperatura mínima atingida no sistema sob monitoramento para cada caso.

4.1. Configuração em paralelo

Para a configuração em que as duas pastilhas foram conectadas em paralelo foram realizados dois ensaios. No primeiro, o sistema foi alimentado com tensão de 12V e corrente de 1A e no segundo utilizou-se tensão de 12V e corrente de 2A. Nas Fig.(7) e Fig.(8) pode-se observar os resultados obtidos nos ensaios.

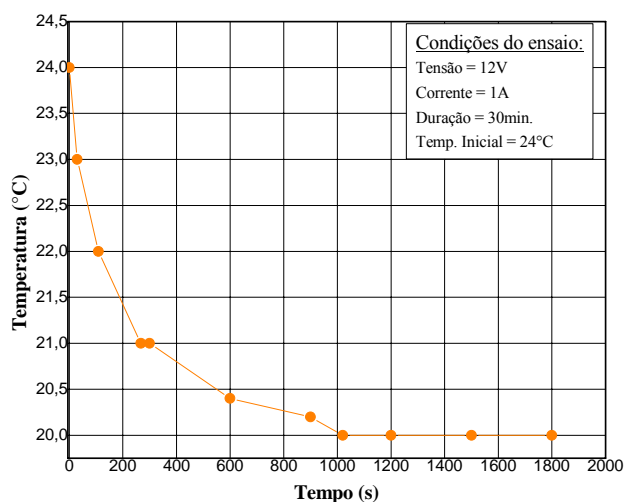


Figura 7. Gráfico Temperatura x Tempo para a configuração em paralelo com V=12V e I = 1A.

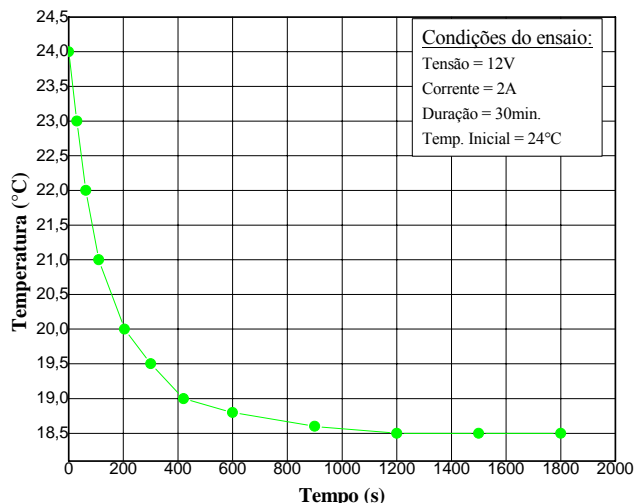


Figura 8. Gráfico Temperatura x Tempo para a configuração em paralelo com $V=12V$ e $I = 2$.

A partir dos gráficos apresentados, pode-se concluir que para um mesmo valor de tensão de alimentação, a capacidade de resfriamento da pastilha aumenta com o aumento da corrente. Além disso, escolhida uma temperatura compreendida na faixa de valores entre a inicial a de regime permanente, o tempo necessário para se atingir esse valor decresce com o aumento da corrente.

4.2. Configuração em série

Para a configuração em que as duas pastilhas foram conectadas em série foram realizados dois ensaios. No primeiro, o sistema foi alimentado com tensão de 24V e corrente de 2,6A e no segundo utilizou-se tensão de 12V e corrente de 1,45A. Podem-se observar os resultados obtidos nos ensaios nas Fig.(9) e Fig.(10), respectivamente.

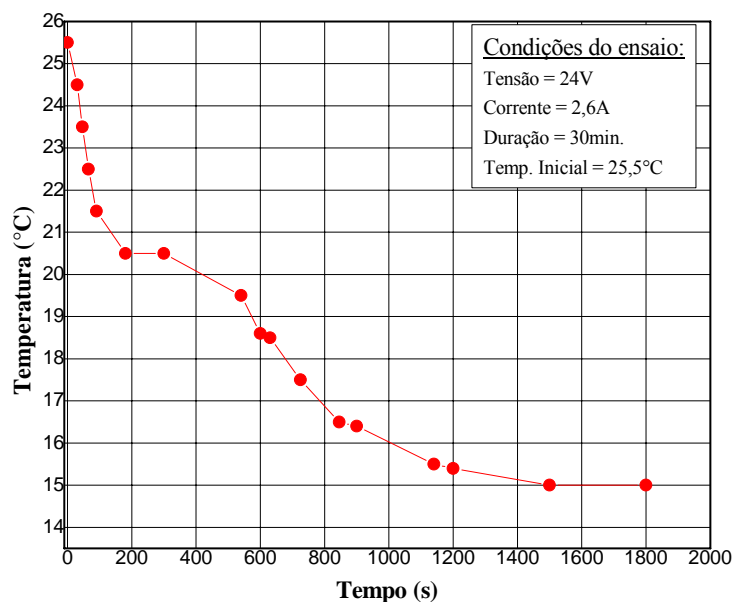


Figura 9. Gráfico Temperatura x Tempo para a configuração em série com $V=24V$ e $I = 2,6A$.

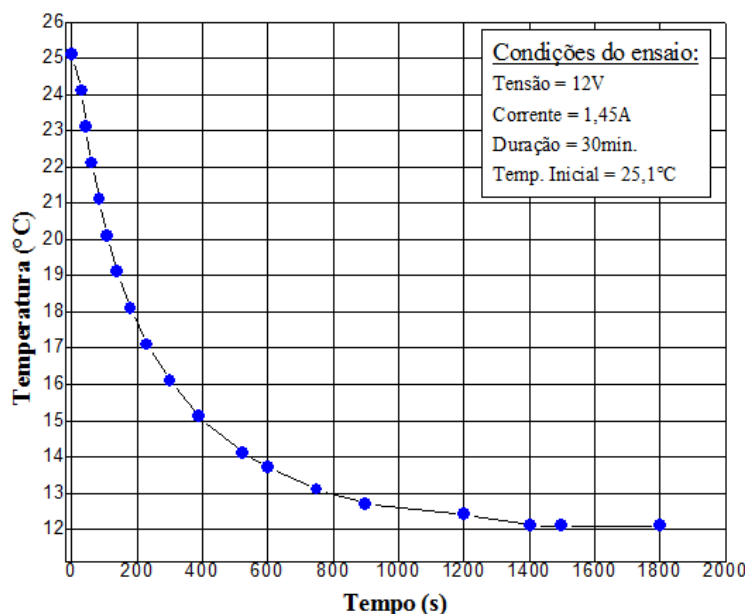


Figura 10. Gráfico Temperatura x Tempo para a configuração em série com $V=12V$ e $I = 1,45A$.

Em outros testes realizados com a configuração série foi possível observar que para um mesmo valor de tensão de alimentação, a capacidade de resfriamento da pastilha aumenta com o aumento da corrente. Além disso, escolhida uma temperatura compreendida na faixa de valores entre a inicial a de regime permanente, o tempo necessário para se atingir esse valor decresce com o aumento da corrente. Esses resultados estão em concordância com a configuração paralela.

De acordo com os dados obtidos nos ensaios série e paralelo, realizou-se uma comparação entre os ensaios e pode-se observar que o ensaio série é o mais eficiente para o resfriamento do ambiente, pois se pode obter a temperatura desejada em um tempo mais curto.

5. CONCLUSÕES

O sistema apresentado nesse trabalho mostrou-se bastante eficiente e de fácil utilização para o que se propõe, ou seja, aquecer, resfriar e controlar a temperatura em pequenos ambientes fechados.

Os resultados apresentados mostram que o sistema projetado conseguiu baixar em até $13^{\circ}C$ a temperatura do sistema sob monitoramento em aproximadamente 23 minutos.

A configuração em série das pastilhas mostrou-se mais eficiente para resfriar o ambiente, uma vez que se pode alcançar uma determinada temperatura em um intervalo de tempo menor.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo suporte financeiro concedido por meio do projeto CNPq/Proc. 480390/2007-0 e aos Engenheiros Mara Gracielly Oscar de França e Fernando Carlos Lima Aleixo pelos ensaios realizados no LATECE.

7. REFERÊNCIAS

- Groll, M., Schneider, M., Sartre, V., Zaghoudi, M.C. and Lalleman, M., 1998, "Thermal control of electronic equipment by heat pipes", Rev. Gen. Therm., Vol.37, pp.323-352.
- Pastukhov, V.G., Maidanik, Y.F., Vershinin, C.V. and Korukov, M.A., 2003, "Miniature loop heat pipes for electronics cooling", Applied Thermal Engineering, Vol.23, pp.1125-1135.
- Reiyu Chein, R. and Huang, G., 2004, "Thermoelectric cooler application in electronic cooling", Applied Thermal Engineering, Vol.24, pp.2207-2217.
- Toth, J., DeHoff, R. and Grubb, K., 1998, "Heat pipes: the silent way to manage desktop thermal problems", Proceedings of the I-THERM Conference, Seattle, EE.UU.
- Zalba, B., Marín, J.M., Cabeza, L.F. and Mehling, H., 2003, "Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications", Applied Thermal Engineering, Vol.23, pp.251-283.

HEATING, COOLING AND TEMPERATURE CONTROL OF A CLOSED ENVIRONMENT USING PELTIER CELLS

João Pereira Brito Filho, jbrito@ufpe.br¹

Jorge Recarte Henríquez Guerrero, rjorge@ufpe.br²

Paulo Roberto de Freitas, pauloalr@hotmail.com¹

Paulo Roberto Lima Martins, paulmrt.25@gmail.com¹

¹Departamento de Eletrônica e Sistemas, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, SN CEP 50.740-530 - Recife - PE – Brasil

²Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Av. Acadêmico Hélio Ramos, SN CEP 50.740-530 - Recife - PE – Brasil

Summary: This article presents the results of an investigation about the heating and cooling process of a small closed environment similar to those of a microcomputer cabinet. This research is important because the temperature inside a microcomputer cabinet influences the microprocessor heat dissipation. Therefore, if this process is not efficient, the temperature can reach levels that may damage the microcomputer. A system was developed for heating, cooling and temperature control of a small closed environments using a commercial Peltier cells, a temperature sensor LM35 and a microcontroller PIC 16F877A. The system was controlled by the virtual instrument LabVIEW ®. From the results obtained one can conclude that the system is suitable for controlling temperature inside cabinets of microcomputers. The experimental results show that the configuration in series of the Peltier cells is more efficient than the parallel, since small closed environment can reach a certain temperature in a shorter time interval.

Keywords: Peltier, Temperature control, Microcomputer

8. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

Os trabalhos escritos em português ou espanhol devem incluir (após direitos autorais) título, os nomes dos autores e afiliações, o resumo e as palavras chave, traduzidos para o inglês e a declaração a seguir, devidamente adaptada para o número de autores.