

UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

Clemilson Barbosa, Guilherme Esmeraldo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – campus Crato

clemilsonbarbosa@yahoo.com.br, guilhermealvaro@ifce.edu.br

RESUMO: O computador passou por um grande processo de evolução atingindo grandes capacidades de processamento. Como consequência, seus componentes internos ficaram menores, aumentaram o consumo de energia e a temperatura. Em temperaturas muito altas, vários problemas podem surgir, entre eles a redução do poder de processamento e danos aos componentes eletrônicos do computador. Este artigo apresenta uma nova proposta para um sistema de refrigeração de ambientes internos de computadores desktop. Esse trabalho trata-se de uma pesquisa experimental, onde buscou-se mesclar o sistema de arrefecimento convencional do computador ao sistema de refrigeração proposto. Os resultados mostraram-se bastante positivos pois foi possível reduzir a temperatura dos principais componentes internos de um computador desktop.

Palavras-chave: Computador Desktop. Aquecimento de Computador. Sistema de Refrigeração.

ABSTRACT: The computer has continually evolved thus it reached large processing capabilities. As a result, its internal components have become smaller, with high power consumption and temperature. At very high temperatures, several problems can arise, such as the reduction of processing performance and damage in the electronic components of the computer. This paper presents a proposal for a new cooling system for desktop computers. This work is an experimental research, where the conventional cooling system of the computer and the proposed system were merged. The results were quite positive because it was possible to reduce the temperature of the main internal components of a desktop computer.

Keywords: Desktop Computer. Computer Heating. Cooling System.

1. INTRODUÇÃO

Os computadores se tornaram mais presentes no cotidiano das pessoas e, com o desenvolvimento das tecnologias de circuitos integrados (BOUJILA et al., 2011) e a demanda por novas aplicações (DEY e BOMMU, 1997), eles passaram a ter um maior poder de processamento. Com o aumento das capacidades de processamento, surgiu o problema de aquecimento dos componentes eletrônicos que compõem o computador, entre eles o *chipset* da placa mãe, do processador da placa de vídeo e do disco rígido (TORRES, 2001) e o próprio processador.

O calor gerado pelos componentes, principalmente pelo processador, necessita ser dissipado para o meio exterior do gabinete. Caso esse processo de transferência não seja realizado adequadamente, vários problemas surgirão, tendo como principais a redução do poder de processamento e danos aos componentes eletrônicos do computador (SOUSA JUNIOR, 2009).

A maioria dos computadores possui sistema de arrefecimento no processador e na fonte de alimentação. O sistema de arrefecimento do processador é composto por um *cooler* e um bloco dissipador de calor formado por várias aletas e o da fonte de alimentação possui apenas

um *cooler*. Sistemas de arrefecimento por *cooler* realizam a transferência de calor do dispositivo para o meio e, como consequência, esse tipo de sistema leva o ar quente para outros componentes do computador (SOUSA JUNIOR, 2009). Diversos materiais podem ser utilizados para a transferência de calor do processador para o dissipador, sendo a pasta térmica o mais utilizado e que é a mais indicada para processadores de alto desempenho (TORRES, 2001).

Em alguns sistemas de refrigeração por arrefecimento, a pasta térmica é substituída por um dissipador termoelétrico, mais conhecido como Peltier, que é o nome do princípio físico que é utilizado no seu funcionamento (DISALVO, 1999). O dissipador termoelétrico consiste de um componente eletrônico, em formato de placa, que tem como característica principal a transferência de calor de uma de suas faces laterais para a outra (DA SILVA et al., 2011). Para ser utilizado como dissipador, o mesmo precisa ser inserido entre o processador e o dissipador de calor, transferindo o calor do processador para o dissipador. Para o funcionamento do Peltier, o processo de alimentação deve ser realizado corretamente, pois, caso os polos de alimentação sejam

UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

invertidos, o dissipador termoelétrico aquecerá ainda mais o processador (TORRES, 2001).

Silva, Tavares e Rodrigues (2012) citam que, em computadores com um maior poder de processamento, são utilizados sistemas de arrefecimento do tipo *water cooler*. Seu princípio de funcionamento é semelhante ao utilizado nos radiadores de automóveis. Esse sistema é formado por bomba de líquidos, bloco com aletas internas, radiador e *cooler*. O sistema funciona, através da troca de calor do líquido refrigerante com o processador, sendo esse líquido circulado pelo bloco e pelo radiador através de mangueiras e impulsionado pelo sistema através da bomba. O líquido troca calor com o bloco que, por sua vez, troca calor com o processador. O líquido é então impulsionado pela bomba até o radiador, que possui um ou mais *coolers*. A função do *cooler* é fazer com que uma corrente de ar ultrapasse pelo radiador, com a finalidade de resfriar o líquido que, em seguida, percorre todo o sistema novamente (ÁVILA NETO, 2007).

Este artigo apresenta uma proposta de sistema de refrigeração de ambientes internos de computadores do tipo desktop, utilizando o mesmo princípio de funcionamento do *water cooler* com uso de uma pastilha Peltier. Esse sistema é gerenciado por um subsistema de controle, o qual busca resfriar a temperatura interna do gabinete, ativando o sistema de resfriamento proposto para uma determinada temperatura limite preestabelecida.

Este artigo está subdividido da seguinte maneira: na Seção 2 apresenta o sistema de resfriamento proposto. A Seção 3 mostra algumas propostas de otimização do sistema de resfriamento proposto. Na Seção 4, o subsistema de controle de ativação do sistema de resfriamento proposto é apresentado. As Seções 5 e 6 apresentam os resultados experimentais e as conclusões preliminares, respectivamente.

2. O SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PROPOSTO

Para o desenvolvimento do trabalho aqui proposto foram utilizados os seguintes materiais:

- **Arduino UNO:** O Arduino é uma plataforma de desenvolvimento que inclui uma placa com entradas e saídas (digitais e analógicas). Ele será utilizado como a base do subsistema de controle de ativação do sistema de resfriamento proposto e foi escolhido possuir hardware e software livre (MCROBERTS, 2011).
- **Sensor de temperatura e umidade (DHT11):** O sensor DHT11 é um sensor de temperatura e umidade. Um sensor capacitivo afere a umidade relativa do ar e um termistor NTC afere a temperatura. O sensor será utilizado para a

leitura de temperatura e umidade do interior do gabinete e enviar essas informações para o Arduino.

- **Display de 16x2 com iluminação de fundo:** esse display será utilizado pelo Arduino, para visualização das informações obtidas nas leituras de temperatura e umidade no interior do gabinete.
- **Módulo relé:** O módulo relé ou *releshield* é um componente utilizado para acionamento de dispositivos elétricos. O Arduino envia um sinal elétrico para o relé fazendo o mesmo fechar ou abrir um contato elétrico. Esse componente foi utilizado com o objetivo de gerenciar a alimentação elétrica da pastilha Peltier.
- **Radiador:** utilizado com *water cooler* com medidas de 120mm x 158mm x 40mm, com a finalidade de transferir para meio externo, o calor gerado pelos componentes localizados no interior do gabinete.
- **Coolers:** serão utilizados para forçar a passagem de ar pelo radiador, fazendo assim, a troca de calor do líquido refrigerante com o meio externo. O *cooler* escolhido possui dimensões de 120mm x 120mm, que são compatíveis com os encaixes do radiador.
- **Bomba de água:** utilizada para realizar a circulação de água pelo sistema de refrigeração proposto. Ela será utilizada com um reservatório embutido e para a circulação do líquido refrigerante entre o radiador e o *water cooler*.
- **Water block:** é um bloco de alumínio ou cobre oco e com aletas internas, e é utilizado na troca de calor entre processador e o líquido refrigerante. No sistema de refrigeração proposto foram utilizados dois blocos para realizar a troca de calor com a pastilha Peltier.
- **Líquido refrigerante:** O líquido refrigerante é composto de água e outras substâncias, a principal função do líquido refrigerante é absorver o calor do water block e transferi-lo para o radiador, onde o calor será dissipado.
- **Pastilha Peltier:** A pastilha Peltier é um dissipador termoelétrico, esse componente funciona transferindo o calor de um lado componente para o outro. Esse componente

UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

atuará como uma fonte de resfriamento de água para o sistema.

A construção do sistema teve início com a montagem do *cooler* no radiador. Para realizar esse processo, foi necessário reabrir os furos do radiador responsáveis pela fixação do *cooler*, pois os mesmos possuíam diâmetros menores que os parafusos. Já para a instalação das mangueiras no radiador utilizou-se uma mangueira de espessura menor com a finalidade de aumentar o diâmetro do pino de encaixe do radiador, evitando vazamento do líquido refrigerante (Figura 1).

Após a montagem do *cooler* no radiador, os demais componentes do sistema de refrigeração foram conectados utilizando uma mangueira, com a saída da bomba ligada à entrada do bloco (*water block*), a saída do bloco ligada à entrada do radiador e a saída do radiador ligada à entrada da bomba, como pode ser visto na Figura 2.

O sistema de *water cooler* foi duplicado formando dois sistemas independentes, um ligado ao lado quente do módulo Peltier e o outro ligado ao lado frio. O módulo Peltier ficou posicionado entre os dois *water blocks* e utilizou-se pasta térmica para aumentar a eficiência na transferência de calor (ver Figura 3). Nela, pode-se observar que os *coolers* e as bombas foram ligados a um controlador de *cooler*. Com essa ligação foi possível realizar o controle de velocidade dos *coolers* e a velocidade em que o fluido circula por cada sistema de *water cooler*.

3. OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PROPOSTO

Durante o primeiro teste do sistema, detectou-se que o *water cooler* responsável pela troca de calor entre a interface quente do módulo Peltier sofreu evaporação de água, aumentando assim a pressão interna nas mangueiras, o que, em usos de maior frequência, poderia gerar vazamentos. Outro problema detectado refere-se ao desempenho do sistema de *water cooler* ligado ao lado frio do módulo Peltier, pois o mesmo não permitiu reduzir a temperatura da água.

Na fase de testes, utilizou-se água de torneira como meio para troca de calor. Ao longo da sua utilização, uma crosta formou-se na parte interna das mangueiras e houve um início de corrosão em partes de alumínio do sistema. A água fornecida pela concessionária de água local contém cloro dissolvido e esse produto químico pode corroer mangueiras e partes metálicas.

Figura 1. Montagem de radiador, *cooler* e mangueiras.

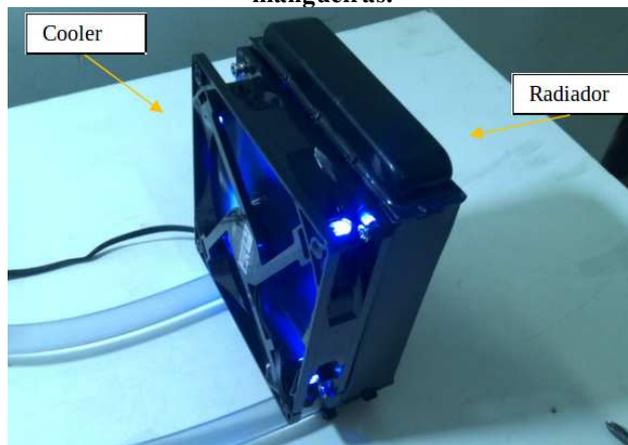


Figura 2. Sistema de *water cooler*.

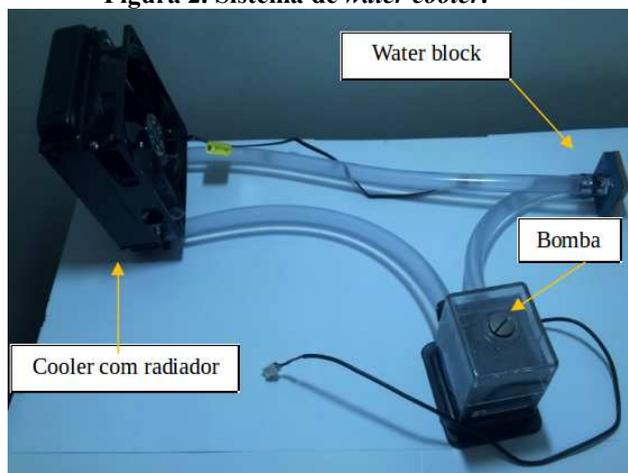
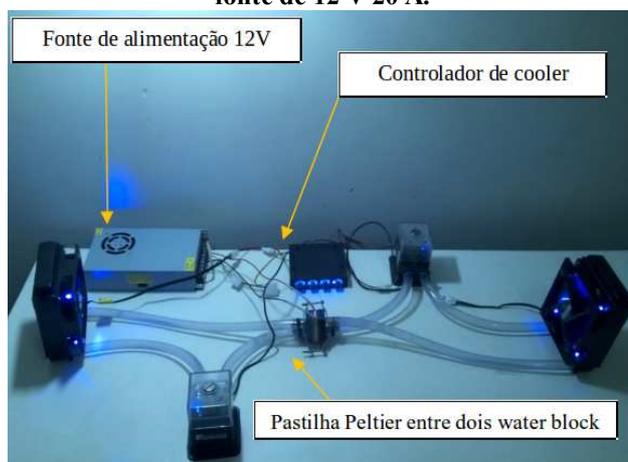


Figura 3. Sistema montado e alimentado por uma fonte de 12 V 20 A.



UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

Para substituir a água nos dois sistemas de *water cooler*, utilizou-se um líquido refrigerante exclusivo para *water coolers*. Esse líquido é composto por água pura (94%) e *Propileno Glycol* (6%).

Como uma alternativa para otimização do sistema de refrigeração proposto, o módulo Peltier de 91,2 W foi substituído por um módulo de 130 W. A utilização do módulo de maior potência fez com que o lado quente do Peltier tivesse um grande aquecimento e, como resultado, o lado frio se aqueceu também. Desta forma, houve uma substituição do módulo Peltier para o anterior de 91,2 W.

O sistema de *water cooler* responsável por retirar calor do lado quente do Peltier foi então modificado, adicionando-se mais um *cooler*. Desta forma, o radiador com dois *coolers* permitiu aumentar a eficiência na troca de calor com o ambiente e, conseqüentemente, foi possível manter a temperatura do líquido refrigerante mais baixa. Com o aumento da eficiência do sistema de *water cooler*, foi ainda possível evitar a evaporação do líquido. A Figura 4 mostra a montagem do radiador com os dois *coolers*.

Por fim, buscando ainda aumentar a eficiência do sistema de refrigeração proposto e reduzir o seu tamanho físico, o sistema de *water cooler* responsável por impulsionar o ar frio para dentro do gabinete foi substituído por um dissipador com *cooler* de um processador AMD Sempron 145 de 2.8 GHz. Essa modificação possibilitou reduzir a temperatura do ar que será impulsionado para dentro do gabinete, o risco de vazamentos de líquido refrigerante dentro do gabinete, a quantidade de componentes do sistema de refrigeração e o consumo elétrico.

Para avaliar o sistema de refrigeração proposto, um protótipo foi montado em uma bancada e, em medições de temperatura, constatou-se que foi possível obter uma temperatura de 24°C, no lado frio (*cooler* do AMD Sempron), e 34°C, no lado quente (radiador com dois *coolers*). As Figuras 5 e 6 mostram a montagem do sistema de refrigeração proposto com as medições de temperatura nos lados frio e quente, respectivamente.

4. O SUBSISTEMA DE CONTROLE

A construção do sistema de controle iniciou com as ligações do LCD e do sensor de temperatura DHT11 ao Arduino, através de uma *proto board*. Após a ligação dos componentes, o ambiente de desenvolvimento de software do Arduino (Arduino IDE) foi utilizado para codificação do aplicação que gerencia a ativação do sistema de refrigeração proposto. A Figura 7 mostra a ligação entre sensores, Arduino e display LCD. Nela, podemos ver que, em um determinado instante, a temperatura e a unidade medidas foram de 31° e 33%, respectivamente.

Figura 4. Radiador com dois *coolers*.



Figura 5. Sistema modificado com medição de temperatura do lado frio.

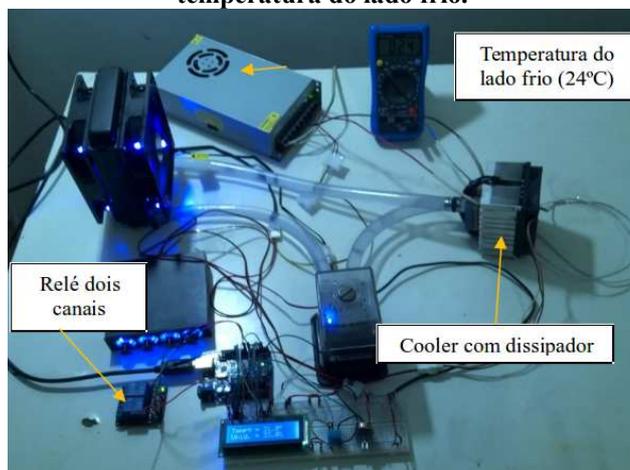
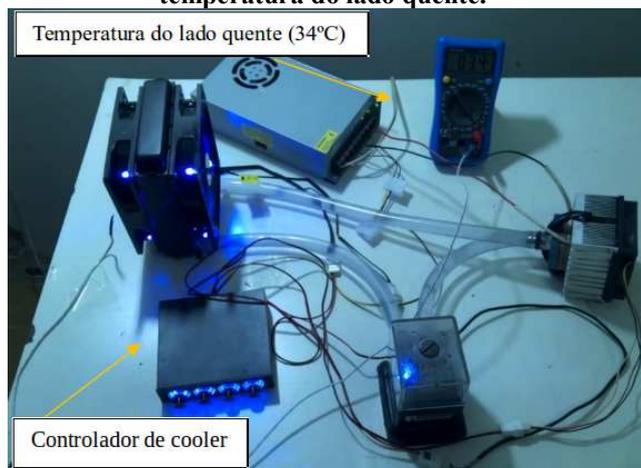
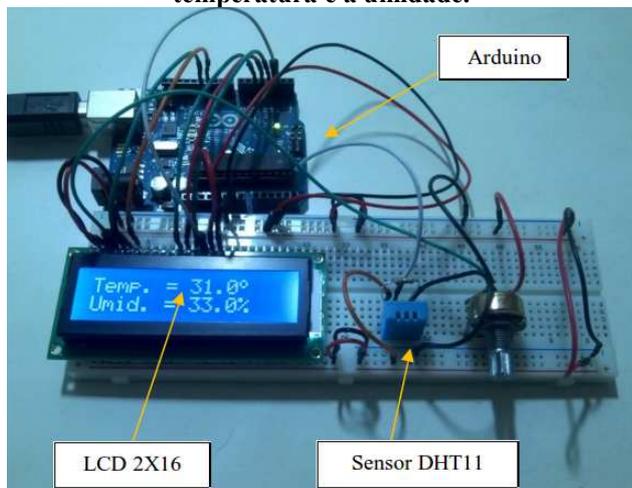


Figura 6. Sistema modificado com medição de temperatura do lado quente.



UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

Figura 7. Subsistema de controle informando a temperatura e a umidade.



Ao subsistema de controle adicionou-se dois relés, responsáveis pela alimentação elétrica do módulo Peltier e da controladora dos *coolers*, onde esta ficou responsável por alimentar e controlar a velocidade dos *coolers* e da bomba do sistema de *water cooler*.

Por fim, o código do subsistema de controle permite realizar a comunicação entre os componentes e o Arduino, o acionamento automático do controlador de *coolers* e do módulo Peltier para uma determinada temperatura predefinida.

5. INSTALAÇÃO DO PROTÓTIPO EM UM GABINETE

O protótipo do sistema de refrigeração proposto foi instalado em um gabinete de quatro baias com uma fonte de 450 Watts. A configuração do computador utilizado no experimento inclui um processador Intel Core 2 Duo E6750 2.66GHz, um disco rígido Samsung de 250 GB, uma placa mãe Asus P5G41C-M, um módulo de memória RAM de 2GB e um drive gravador de DVD Samsung. A Figura 8 mostra o sistema de refrigeração proposto montado no gabinete.

Na Figura 8 podemos ver, sobre o gabinete, o radiador com dois *coolers* por trás da bomba que impulsiona o líquido refrigerante. Percebe-se ainda na Figura 8, que as mangueiras conectadas à bomba, estão inseridas na parte frontal do gabinete por uma das baias. Nessa baia, internamente, através das mangueiras, está posicionado o *cooler* do processador AMD. Com isso o ar frio, gerado pelo sistema de resfriamento proposto, é jogado no componentes internos do gabinete. Também na parte frontal do gabinete, acima das mangueiras, está posicionado o display LCD, que mostra as leituras de temperatura e umidade. Por fim, logo abaixo das

mangueiras, em uma baia de disquete, está embutido o controlador dos *coolers*.

Figura 8. Sistema de refrigeração proposto montado no gabinete.

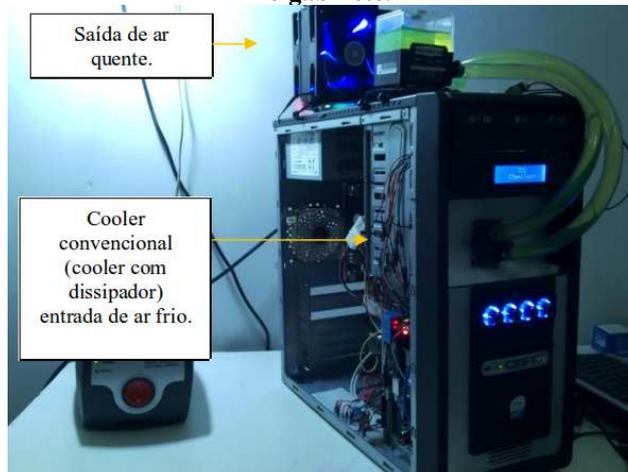
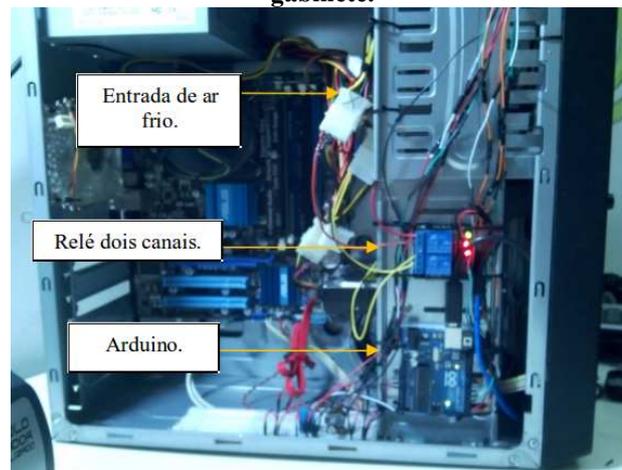


Figura 9. Posicionamento do Arduino e relés no gabinete.



Todo o sistema de refrigeração proposto foi alimentado eletricamente pela fonte do gabinete, sendo que realizou-se a alimentação do Arduino e dos relés por conectores em duas portas USB. O Arduino por sua vez é responsável pela alimentação elétrica do LCD e do sensor DHT11, como pode ser visto na Figura 9. Nela observa-se que o módulo Arduino e os relés foram posicionados na lateral interna do gabinete.

6. RESULTADOS PRELIMINARES

Para avaliar o desempenho do sistema de refrigeração proposto realizou-se um estudo de caso, onde foram

UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

considerados dois cenários de medições da temperatura no interior do gabinete, no disco rígido, na placa mãe e no processador. Em cada cenário, realizou-se duas medições: a primeira ao ligar o computador e a segunda após 60 minutos de operação do computador. Considerou-se o sensor DHT11 para a medição da temperatura interna do gabinete e as aplicações Speccy (SPECCY, 2015) e HWMonitor (HWMONITOR, 2015) para medir a temperatura do disco rígido, da placa mãe e do processador.

No primeiro cenário, as medições foram realizadas considerando o computador equipado apenas o sistema convencional de arrefecimento (*cooler* do processador). No segundo cenário, ao sistema convencional de arrefecimento foi acrescido do sistema de resfriamento aqui proposto. Os resultados obtidos nas medições estão expostos na Tabela 1.

Na Tabela 1, verifica-se que, no primeiro cenário (apenas uso do sistema de arrefecimento - *cooler* do processador), os resultados apresentados para as temperaturas iniciais e finais do interior do gabinete, do disco rígido, da placa mãe e do processador, tiveram medidas iguais.

Já para o segundo cenário, onde incluiu-se o sistema de refrigeração proposto ao sistema de arrefecimento convencional, pode-se verificar que houve redução das temperaturas dos componentes internos do computador. A Tabela 1 mostra a redução da temperatura do disco rígido em 1°C, da placa mãe em 2°C e do processador em 3°C. Considerando que o processador é o componente com maior taxa de aquecimento, uma redução de 3°C em sua temperatura pode ser considerado um resultado expressivo.

7. CONCLUSÕES

O computador passou por um grande processo de evolução atingindo grandes capacidades de

processamento. Como consequência, seus componentes internos ficaram menores e passaram a trabalhar em frequências maiores, aumentando assim o consumo de energia e a temperatura.

Para evitar que os componentes internos do computador sejam danificados pelo calor, são utilizados sistemas de arrefecimento ou refrigeração. Esses sistemas podem utilizar o ar ou fluídos de refrigeração como materiais condutores de calor entre o componente aquecido e o meio externo para evitar o seu superaquecimento.

Este artigo apresentou uma proposta de sistema de refrigeração para o ambiente interno de gabinetes de computadores do tipo desktop. O projeto consistiu na utilização de sistemas de *water cooler* e módulo Peltier e de um dissipador de um processador para compor um sistema de refrigeração dos componentes internos do computador.

A utilização de um módulo Arduino foi fundamental para o desenvolvimento do subsistema de controle, pois além da compatibilidade com sensores de temperatura e umidade e relés, é de fácil programação. Com isso, foi possível criar uma aplicação que, a partir da leitura de uma determinada temperatura, pudesse acionar o sistema de refrigeração proposto.

Em resultados experimentais, foi possível verificar que o sistema proposto pode ser utilizado em gabinetes de Desktop, possibilitando assim a refrigeração dos componentes internos do gabinete.

No futuro, planeja-se a modificação do sistema de refrigeração proposto para aumentar mais ainda a sua eficiência. Dentre as principais modificações, podem ser citados: o isolamento térmico interno do gabinete, evitando assim que o ar frio interno troque calor com o ambiente externo do gabinete, e a substituição do *cooler* do processador AMD, o qual é atualmente responsável por impulsionar o ar frio para o interior do gabinete.

Tabela 1 – Resultados das medições de temperatura para os cenários do estudo de caso.

Cenários	Temperatura do Ambiente (°C)		Temperatura do HD (°C)		Temperatura da Placa Mãe (°C)		Temperatura do Processador (°C)	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Sistema Convencional (Cooler do Processador)	32	32	38	38	42	42	50	50
Sistema Convencional + Sistema de Refrigeração Proposto (Water Coolers e Peltier)	32	32	38	37	42	40	50	47

UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO BASEADO EM WATER COOLERS E PELTIER PARA O GERENCIAMENTO DA TEMPERATURA DE COMPUTADORES DESKTOP

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOUAJILA, A.; ZEPPENFELD, J.; STECHELE, W.; BERNAUER, A.; BRINGMANN, O.; ROSENSTIEL, W.; HERKERSDORF, A. Autonomic System on Chip Platform. **Organic Computing - A Paradigm Shift for Complex Systems**. Springer, 2011.
- DA SILVA, L. C.; DE SOUZA, E. E. S.; LEAL, L. H. A.; FILHO, M. V. S.; RAMOS, T. C.; ROCHA, W. B. Cooler para notebook com tecnologia Peltier. **Revista Eletrônica de Educação e Tecnologia do SENAI-SP**, Vol. 5, No 10, 2011.
- DEY, S.; BOMMU, S. Performance analysis of a system of communication processes. **Proceedings of the International Conference of Computer-Aided Design**, pages 590–597, 1997.
- DISALVO, F. J. Thermoelectric Cooling and Power Generation. **Science** 285 (5428): 703–6, 1999.
- HWMonitor. Disponível em: <<http://www.cpuid.com/softwares/hwmonitor.html>>. Data do ultimo acesso: 30 de jun. 2015.
- MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. 4. ed. SP: Novatec, 2011.
- SILVA, W.; TAVARES, L.; RODRIGUES, R. Water cooler para resfriamento de componentes do computador. **Engenharia de Computação em Revista**, América do Norte, 018 10, 2012.
- SPECCY. Disponível em: <<https://www.piriform.com/speccy>>. Data do último acesso: 30 de jun. 2015.
- TORRES, Gabriel. **Hardware: Curso Completo**. 4. ed. RJ: Axcel Books, 2001.