



UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

FERNANDO MINAMISSAWA FERNANDES LOPES
MARCOS ALVES DOS SANTOS JUNIOR

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO AIR COOLING
E WATER COOLING**

Taubaté

2019

FERNANDO MINAMISSAWA FERNANDES LOPES
MARCOS ALVES DOS SANTOS JUNIOR

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO AIR COOLING
E WATER COOLING**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao curso de Engenharia de Computação da Universidade de Taubaté como requisito parcial à obtenção do título de bacharelado.

Taubaté, 21 de novembro de 2019.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Profº Edgar Israel

Coorientador: Profª Rita de Cássia Monteiro

Profº Antônio Ésio Marcondes Salgado

**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi / UNITAU
Biblioteca Setorial do Departamento de Informática**

L864a Lopes, Fernando Minamissawa Fernandes
 Análise comparativa dos sistemas de refrigeração *air cooling* e *water cooling* / Fernando Minamissawa Fernandes Lopes, Marcos Alves dos Santos Junior. - 2019.
 48f. : il.

 Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté, Departamento de Informática, 2019.

 Orientação: Prof. Edgar Israel, Departamento de Informática.

 1. Processador. 2. Transferência de calor. 3. Eficiência.
 4. *Watercooler*. I. Santos Junior, Marcos Alves dos. II. Universidade Taubaté. III. Título.

CDD 006.72

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo comparar os sistemas de air cooling e water cooling devido a importância de um bom sistema de resfriamento para certos tipos de sistemas computacionais. Este trabalho descreve o funcionamento e comportamento dos sistemas de air cooling e water cooling juntamente com seus componentes, além de comparar estes dois sistemas de resfriamento em um mesmo computador através da técnica de teste de estresse. Como resultado, observou-se um maior desempenho do sistema de resfriamento líquido quando comparado ao sistema de resfriamento a ar.

Palavras-chave: Processador. Transferência de Calor. Eficiência. Watercooler.

Abstract

The present work aims to compare air cooling and water-cooling systems due to the importance of a good cooling system for certain types of computer systems. This work describes the operation and behavior of air cooling and water-cooling systems together with their components and compares these two cooling systems in the same computer through the stress testing technique. As a result, a higher performance of the liquid cooling system was observed when compared to the air-cooling system.

Keywords: Processor. Heat Transfer. Efficiency. Watercooler.

TERMINOLOGIA

ACRONIMOS

CPU – unidade central de processamento: podemos considerar como a principal fonte de calor de um computador, o DIE da CPU é um circuito integrado soldado na placa do processador, coberto por uma IHS.

IHS – dissipador de calor integrado, uma capa de alumínio que cobre a CPU

DIY – (*do it yourself*), faça você mesmo.

ID – diâmetro interno

CFD – dinâmica dos fluidos de computadores

CFM – pés cúbicos por minuto, 1 CFM = 1700L/h

PWM – pulso com modulação, é um sistema para controlar o uso de energia de um dispositivo

RPM – rotação por minuto (usado em ventoinhas e bombas)

NOMENCLATURA

\dot{Q} – fluxo de calor, a quantidade de calor que é dissipada por um sistema por uma unidade de tempo

ΔP – diferença de pressão dentro de um sistema

ΔT – diferença de temperatura

k – condutividade térmica de um fluido ou sólido

TERMOS

REFRIGERANTE – o líquido usado para resfriar o sistema (água)

HEATSINK – (dissipador de calor), componente metálico usado para troca de calor

SOCKET – é a interface entre a placa-mãe e a CPU

PASTA TÉRMICA – componente térmico de cerâmica, usado para cobrir as imperfeições microscópicas entre o processador e a base do cooler, melhorando a condução de calor entre os cooler

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. OBJETIVO GERAL	9
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.2 JUSTIFICATIVA	9
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO	15
2.1.1 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DE AR	18
2.1.2 SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO LÍQUIDA	19
2.2 VENTILADORES	23
2.3 COMPONENTES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	24
2.4 GABINETE E REFRIGERAÇÃO	26
2.5 PASTA TÉRMICA E PROCESSADOR	36
2.6 DISSIPACÃO DE CALOR	39
3. TESTE DE DESEMPENHO	43
4. RESULTADO E CONCLUSÃO	46
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
6.. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversos métodos de resfriamento que podem ser usados em um computador sendo eles air cooler, watercooler, imersão, nitrogênio. Não é incomum encontrar casos de computação cujo objetivo seja grandes volumes de processamento e alta disponibilidade, um exemplo disso é o caso de sistemas de deep learning onde o treinamento de um único modelo pode durar semanas. Dessa forma deve-se levar em consideração um método eficiente de resfriamento pois a existem relações entre a temperatura e o processamento e também temperatura e tempo de vida útil de um componente. Além disso, um bom sistema de refrigeração é fundamental em regiões geográficas com altas temperaturas pois a temperatura ambiente exerce grande influência na temperatura dos componentes de um computador, dessa forma um bom sistema de refrigeração é necessário até mesmo para computações triviais. Portanto, a escolha de um sistema de refrigeração irá impactar tanto na performance de um computador quanto em seu tempo de vida útil, sendo assim um componente fundamental em um sistema de computação. Este trabalho trata de uma análise e comparação dos sistemas de air cooling e water cooling. O referencial teórico aborda os sistemas de air cooling e water cooling de maneira global juntamente com seus componentes, além de descrever a importância de partes externas como gabinete e pasta térmica. O teste de desempenho aborda os resultados da execução da técnica de teste de estresse aplicado em um computador utilizando os sistemas de air cooling e water cooling. Por fim, o resultado e a conclusão do teste de estresse demonstram um maior desempenho de resfriamento do sistema de water cooling diante do sistema de air cooling.

1. OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é comparar a eficiência dos sistemas de refrigeração (air cooler e o watercooler) e qual a função dos itens que compõem o sistema. Para a realização dos testes desta pesquisa foram coletados e estudados a parte teórica do funcionamento destes equipamentos e como se comportam as partes físicas dos mesmos e com esse conhecimento aplicar a parte pratica submetendo o computador a diversos testes de estresse, obtendo um resultado para posterior análise de eficiência entre os sistemas de resfriamento.

1.1.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a eficiência dos sistemas de refrigeração;
- Interpretar a função dos componentes dos sistemas de refrigeração;
- Analisar o comportamento dos sistemas de refrigeração através de testes de estresse;
- Obter um resultado de desempenho físico do teste de estresse;

1.2. JUSTIFICATIVA

O presente trabalho justifica-se através de métodos de resfriamento na busca por uma melhor performance nos sistemas computacionais da atualidade. Através da utilização de métodos de resfriamento pode-se obter o resultado desejado, pois existe uma relação entre temperatura e eficiência em certos elementos que compõem um sistema de computação. Compara-se dois sistemas de resfriamento, *air cooler* e *water cooler* com o objetivo de obter respostas sobre custo benefício da aplicabilidade de cada um destes sistemas, além disso, será discutido a função da pasta térmica.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho consistiu em pesquisas de referências bibliográficas e sites conceituados para a análise teórica do funcionamento e comportamento dos equipamentos que compõem os sistemas de refrigeração, com o objetivo de comparar a eficiência entre os sistemas air cooling e water cooling, submetendo um computador a testes de estresse e monitoramento.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Processador e memória são partes fundamentais da arquitetura de Von Neumann “[...] o primeiro computador com programa armazenado e ainda a base de quase todos os computadores digitais” (TANENBAUM, 2001) sendo o computador uma máquina digital que armazena dados e programas em uma mesma memória e possui a capacidade de executar estes programas. O processador é a unidade central de processamento (CPU), grosso modo, ele lê e executa instruções a partir de um endereço de memória - sendo um componente fundamental do sistema computacional que armazena informações de leitura e escrita, estas informações podem ser dados ou instruções - e escreve o resultado da execução na mesma. Processadores possuem um conjunto de instruções, onde geralmente cada instrução possui um determinado tempo de execução, este tempo de execução é marcado por ciclos de *clock*. O *clock* (relógio) é uma parte essencial do processador, pois “As operações dentro de um microprocessador são controladas por um sinal de relógio (*clock*) cujo período pode variar de um mínimo de 100 nano segundos até 1 microssegundo.” (OSBORNE, 1983). Como afirma o autor “O relógio, neste contexto, é um circuito que emite uma serie de pulsos com uma largura de pulso precisa e um intervalo entre pulsos consecutivos” (TANENBAUM, 2001). Quando se força os componentes de um computador numa frequência acima da estipulada pela fabricante se tem o chamado *overclocking* podendo resultar em superaquecimento do processador acarretando instabilidade do sistema e ate causar danos ao hardware. O motivo comum para a realização de *overclock* seria para um aumento do desempenho do hardware e podem ser aplicadas no processador, placa mãe, memória e placa de vídeo. Alguns tipos de usuários necessitam de um maior desempenho computacional para a realização de suas computações, geralmente estes usuários são produtores ou consumidores da indústria de processamento gráfico, inteligência artificial e computação científica. Quando realiza-se *overclock* a temperatura do processador aumenta e, como dito anteriormente, isto acarreta em perda de desempenho porque os processadores atuais possuem mecanismos de segurança que os impedem de trabalhar acima de certa temperatura, segundo o autor “[...] Isso pode fazer o processador trabalhar a uma temperatura muito superior aos limites dele, fazendo-o travar constantemente e inviabilizando seu uso”(ANTÔNIO, 2009) assim é imprescindível a utilização de

mecanismos de resfriamento para que os processadores possam operar sobre frequências mais altas a partir de menores temperaturas. Os sistemas de resfriamento, como nas figuras 1 e 2 a seguir, que acompanham os processadores nem sempre atendem o superaquecimento e é um tema bastante estudado quando falamos em processamento e procurar uma solução melhor para um melhor desempenho com menor perda de energia, não é uma tarefa simples. (WOHLWEND, 2007).



Figura 1 - Sistema AIO Cooling

Fonte: [nikkitech](#) (2019)



Figura 2 - Sistema Air Cooling

Fonte: [hexus](#) (2019)

Com o avanço da tecnologia estão sendo produzidos processadores com litografias bem menores tudo isso para amenizar a quantidade de energia perdida e assim ter uma maior eficiência do componente. (WOHLWEND, 2007). Mesmo assim ainda se faz necessário ter um bom sistema de refrigeração, dependendo das tarefas em que o computador será submetido, o processador poderá elevar sua temperatura rapidamente caso esses sistemas não tenham sido instalados corretamente. Os processadores da Intel possuem o "Execute Disable Bit" e esta tecnologia está empregada dentro deles, assim, quando atingirem temperaturas maiores do que o estipulado pela fabricante, será enviado a BIOS um comando para

desligar o computador imediatamente, para assim evitar danos ao processador e até mesmo a placa mãe.

Outra função que a Intel vem aplicando em seus processadores é a SpeedStep, que atua da seguinte forma, quando o computador não estiver sendo utilizado ou um baixo uso de recursos como download de arquivo, o SpeedStep irá reduzir a voltagem e o clock do processador e assim diminuir o consumo de energia e conseqüentemente diminuirá a temperatura dos componentes. Com isso temos um aumento de vida útil do componente pois este será menos exigido.

Para um melhor resultado é bom analisar os principais componentes do computador separadamente, logicamente que o processador é o objetivo principal e o mais importante. As CPU's foram projetadas para trabalharem em uma determinada faixa de temperatura, e esta faixa varia de modelo e de fabricante. Manter estes valores de temperatura estabilizados não é uma tarefa fácil pois muitos fatores podem influenciar na mudança da temperatura rapidamente. Sabendo que todos os componentes eletrônicos do computador emitem uma certa quantidade de calor, sendo muitos deles uma quantidade desprezível e não requer uma atenção especial, no entanto, outros componentes emitem uma quantidade significativa de calor.

Estes são geralmente:

- Processador
 - GPU
 - Módulos reguladores de tensão (VRM), localizados ao redor do soquete da CPU
 - Chipset
- RAM de alto desempenho

Tem uma regra que diz, que quanto maior o consumo de energia mais calor o componente irá emitir, nem sempre é assim que funciona. Uma fonte de alimentação que consegue consumir 1000W ou mais de uma tomada de parede, nem por isso irá gerar a mesma quantidade de calor que uma placa de vídeo 300W gera. Quando se fala em calor gerado, há um valor frequentemente citado conhecido como Thermal Design Power, ou TDP. Um grande problema com esse valor é que não há um

padrão real para medi-lo além do relatado pelo fabricante da peça. É mais útil para quem constrói refrigeradores, pois esse valor representa a quantidade de energia térmica que um refrigerador deve dissipar para permitir que o processador execute cargas de trabalho significativas por longos períodos. Apenas para esclarecer alguns equívocos, aqui estão duas coisas sobre o TDP:

TDP mais baixo normalmente significa um menor consumo de energia e menor calor gerado, no entanto TDP mais baixo não significa temperaturas operacionais mais baixas, duas partes podem funcionar na mesma temperatura de operação, mas o resfriador da parte com maior TDP precisará trabalhar mais para manter a temperatura.

TDP não é o mesmo que consumo de energia. TDP é para energia térmica, não para energia elétrica. A física apenas permite que ambas as formas de energia sejam medidas em watts. Com o tempo, o calor elevado acelera o desgaste e diminui a confiabilidade dos componentes. A perda de confiabilidade, no entanto, afeta a estabilidade da peça em um determinado nível de desempenho. Se os problemas de confiabilidade começarem a surgir (devido, por exemplo, ao overclock de um processador muito alto e à execução constante de cargas pesadas), a execução da peça com um nível de desempenho mais baixo pode gerar um pouco mais de vida antes que o sistema não seja mais confiável. Outro efeito que o calor tem sobre os componentes é o estresse térmico. Quando as coisas esquentam, elas se expandem; quando esfriam, se contraem. Ciclos repetidos de aquecimento / resfriamento causam estresse mecânico que pode causar fadiga no material. Em algum momento, o material racha e quebra. O estresse térmico é muito mais proeminente se as diferenças de temperatura forem grandes. Uma característica interessante da eletrônica semicondutora é que ela pode exibir fugas térmicas. Enquanto a resistência de um semicondutor aumenta, em torno de 160 ° C, sua resistência diminui. Isso faz com que mais corrente flua através do dispositivo, o que faz com que fique ainda mais quente, até o chip queimar. Caso contrário, o calor não afeta mais nada em um grau perceptível. O calor pode causar degradação no desempenho, mas por meio do controle do componente para impedir que fique mais quente.

2.1. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Existem diversos modelos e marcas de sistemas de refrigeração para computadores hoje em dia, a figura 16 mostra alguns modelos:

Air cooling	Water cooling	AIO cooling	Nitrogênio Líquido
			

Figura 16 – Sistemas de refrigeração

Fonte: o autor (2015)

O Cooler normalmente tem um padrão com relação ao material, sendo fabricados com cobre, alumínio ou até mesmo prata. A função do cooler em si é resfriar o processador, ou qualquer outro periférico de um computador. A construção do ventilador e sua velocidade de operação, é um fator muito importante para eficiência na dissipação do calor, a parte de resfriamento não depende somente da velocidade com o qual o ventilador gira, os materiais utilizados para a fabricação destes dissipadores podem fazer uma diferença muito grande, sendo assim, os preços podem ser bem caros dependendo do material de construção.

O air cooling, é o modelo mais comum para sistema de refrigeração, constituído por uma base de contato direto com o processador onde seu material pode ser de cobre ou alumínio, e uma ventoinha onde gira constantemente para retirar o calor do Heatsink (aletas) que absorveu o calor da base do cooler. Coolers convencionais, dependendo dos modelos, possuem um sistema passivo, onde se utiliza tubos de dissipação de calor que contém um líquido para refrigerar o processador, são tubos localizados na base do dissipador que em seu interior possuem um líquido refrigerante para absorver o calor gerado pelo processador. Seu funcionamento é simples, o líquido presente dentro do tubo irá absorver o calor do processador e este mesmo líquido irá subir fazendo com que o líquido frio situado na parte superior do tubo possa descer formando assim um ciclo que se repete até o desligamento do sistema.

Em relação ao watercooler “Este é o sistema mais utilizado sendo encontrados em placas de vídeos também.” (JORDÃO, 2015). Segundo Fabio

Jordão (2015) “os watercoolers, são utilizados para aqueles processadores que operam com frequências mais elevadas, necessitando de uma refrigeração mais eficiente “, sua função é reduzir a temperatura mais rapidamente, retirando o calor da unidade de processamento com um líquido refrigerante (água) sobre o dissipador de calor do processador. Diferentemente do cooler convencional, o sistema que integra o water cooling é mais elaborado, contando com diversos itens, como bomba integrada, dissipador, radiador e mangueiras onde o fluido possa escoar, podendo também ser utilizado em placas de vídeos e memórias ram.

O resfriamento a base de nitrogênio é usado somente por usuários que estão fazendo testes e overlocks e buscam recordes em alto processamento, para isso é utilizado um tubo fixado a base do processador com todas as partes seladas ao seu redor. Usa-se também outros equipamentos para fazer o monitoramento de voltagem e temperatura em tempo real. “Dentro do tubo coloca-se nitrogênio líquido que faz com que qualquer componente trabalhe em alta frequência e mantendo a temperatura mais baixa possível.” (JORDÃO, 2015) “Os coolers podem ser fabricados de diversos tipos de materiais, seu desempenho será analisado pela condutividade térmica, quanto maior for a condutividade térmica do material melhor será a troca de calor.” (VASCONCELOS, 2001).

Tabela 1 – Propriedade térmica dos materiais.

Material	Thermal Conductivity (W/mK)
Ar atmosférico	0.024
Água	0.058
Pasta Térmica (Avg)	~5.3 - 8.5
Alumínio	240
Prata	430
Cobre	400

Fonte: Os autores (2019)

Tabela 2 – Propriedade resistivas dos materiais.

Material	Coeficiente de resistividade - ñ- (ohm m)	Coeficiente de Temperatura (por grau C, 1 / ° C)	Condutividade - ó- (1 / Ûm)
Alumínio	$2,65 \times 10^{-8}$	$3,8 \times 10^{-3}$	$3,77 \times 10^7$
Cobre	$1,724 \times 10^{-8}$	$4,29 \times 10^{-3}$	$5,95 \times 10^7$
Prata	$1,59 \times 10^{-8}$	$6,1 \times 10^{-3}$	$6,29 \times 10^7$

Fonte: Os autores (2019)

Na tabela 1 anteriormente, nota-se que a diferença entre a condutividade térmica do ar e da água é muito grande (ar - 0,024W / m²K, água - 0,58W / m²). Por essa perspectiva, a diferença na condutividade térmica entre o cobre e alumínio não é muito grande assim. Como o bloco de água é bastante fino o principal fator limitante no desempenho é a condutividade térmica do meio de transferência de calor, que é ar ou água. Um refrigerador a ar todo em cobre nunca teve um desempenho duas vezes melhor que um refrigerador com aletas de alumínio, a diferença é sempre de alguns graus. Segundo Vasconcelos (2001) a resistividade térmica, mostra quão o material oferece para a condução de calor através de si.

Sendo assim quanto maior for a resistividade menor será a condutividade, e o material atuará com características isolantes, como mostra a tabela 2 anteriormente.

2.1.1. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO A AR

Uma solução de refrigeração a ar (air cooling) consiste em dissipador de calor, tubos de calor, ventilador.

O resfriamento a ar usa o ar do gabinete como principal meio de resfriamento. O ar fresco capta o calor de um componente e o fluxo de ar dos ventiladores da caixa retira o ar quente. Este é o método básico de refrigeração e possui um baixo custo. Os refrigeradores a ar também exigem um maior fluxo de ar e acaba gerando uma maior quantidade de ruído sonoro.

Componentes do sistema do air cooling:

- Dissipador de calor: um bloco de metal aletado que se conecta a um componente. Isso aumenta a área da superfície do componente, permitindo que uma quantidade maior de ar retire o calor.
- Espalhador de calor: Uma cobertura de metal sobre o componente, projetada para permitir mais contato com a área de superfície de um dissipador de calor, se for necessário conectar um. Caso contrário, este funcionaria como um dissipador básico de calor.
- Tubo de calor / câmara de vapor: Esses dois componentes empregam um tipo de resfriamento por mudança de fase (descrito a seguir). No interior existe um fluido de trabalho que sai da extremidade do componente e é resfriado do lado oposto, e isso permite que um dissipador de calor o utilize para trabalhar com maior eficiência no mesmo espaço.
- Ventilador: um ventilador causa convecção forçada sobre um dissipador de calor, empurrando mais ar através dele do que convecção natural. Se um

dissipador de calor tem um ventilador, isso é chamado de resfriamento ativo. Caso contrário, é um resfriamento passivo.

2.1.2. SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO LÍQUIDA

O resfriamento líquido usa algum tipo de líquido de arrefecimento, geralmente água destilada como meio de resfriamento primário. O calor é captado no componente e transferido para um radiador onde o resfriamento do ar assume e assim possa esfriar o líquido. Uma vantagem do resfriamento líquido é que este possui uma capacidade de calor muito maior que o ar e isso significa que ele retém muito mais energia térmica para uma determinada temperatura. Isso permite que um refrigerador de líquido mantenha um componente a uma temperatura menor do que um refrigerador de ar para a mesma carga de trabalho.

Componentes de refrigeração líquida são:

- Bloco de calor: ligado ao componente e possui canais para o fluxo do líquido. No interior, existem aletas semelhantes a um dissipador de calor para ajudar na transferência de calor.

- Bomba: Serve para manter o líquido fluindo por todo o sistema.

- Radiador: Os radiadores são um laço de ida e volta de canos com aletas de metal entre as seções. Isso esfria o líquido rapidamente. Um ventilador pode ser usado para ajudar a resfriar o líquido rapidamente.

- Reservatório: Aumenta a quantidade de líquido que o sistema pode reter e assim causa um aumento da capacidade de resfriamento. Eles também podem ser usados para ajudar a enviar o ar para fora do sistema.

Tipos de refrigeração líquida

Sistema de malha fechada (também conhecido como multifuncional)

Esta é uma unidade independente que inclui o bloco de calor, uma bomba e um radiador. Eles não podem ser reparados pelo usuário, ou seja, não pode adicionar tubos e peças adicionais para expandir o loop conforme a figura 17 a seguir.



Figura 17 - Cooler AIO (all-in-one)

Fonte: [asus](#) (2019)

Sistemas de malha aberta

Estes são construídos peça por peça e, como resultado, são modulares e personalizáveis. Por exemplo, pode-se começar com um loop de refrigeração da CPU, mas caso seja necessário adicionar a placa de vídeo, poderá fazê-lo no futuro. As peças típicas em um circuito aberto são o (s) bloco (s) de calor, radiador, bomba e reservatório com tubos conectando-os todos juntos, conforme figura 18 a seguir.



Figura 18 - Sistema de cooler aberto

Fonte: [Aliexpress](#) (2019)

Submerso

Mergulha-se a maior parte do hardware em um líquido, geralmente óleo mineral por sua incapacidade de conduzir eletricidade. O líquido ainda pode ser bombeado para um radiador para resfriamento como mostra a figura 19 a seguir.



Figura 19 - resfriamento submerso

Fonte: [Aliexpress](#) (2019)

Que tipo de refrigeração usar?

O resfriamento a ar, em grande parte funciona bem é suficiente para a maioria dos usuários. Os componentes podem ficar desconfortavelmente quentes se a temperatura ambiente estiver alta, mas a maioria dos hardwares de computadores que necessitam de refrigeração ativa possui mecanismos para evitar que fiquem demasiadamente quentes caso o cooler não consiga baixar a temperatura. Durante uma atualização da configuração de resfriamento a ar deve-se considerar a obtenção de dissipadores de calor mais fortes e depois atualizar os fans. O resfriamento líquido deve ser considerado se caso exista planos de realizar overclock excessivamente ou caso o computador faça constantemente processamentos pesados em ambientes quentes. Deve-se considerar o fato de que sistema de circuito aberto irá exigir um maior investimento e também dificultará a troca dos componentes a serem resfriados, dependendo da disponibilidade de blocos de calor.

O sistema de refrigeração líquida de um computador é semelhante ao sistema de refrigeração de um automóvel. Trabalha-se com o princípio básico da termodinâmica. O calor gerado pelo sistema é transportado do objeto mais quente para o objeto mais frio. A principal função é retirar o calor (energia) dos componentes mais quentes e transportar por todo o sistema até o radiador onde será resfriado pelas aletas que recebe alto fluxo de ar com o objetivo de retirar o calor recebido do fluido quente e assim resfriá-lo, conforme a figura 20 a seguir.

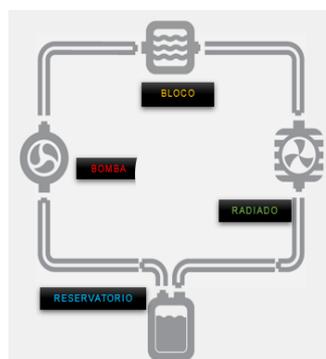


Figura 20 - sequência do resfriamento líquido

Fonte: o autor (2015)

2.2. VENTILADORES

Existem duas propriedades dos ventiladores a serem consideradas: fluxo de ar (medido em CFM) e ruído (medido em dB). Caso seja exigido um alto fluxo de ar com pouco ruído, então será necessário ventiladores maiores. No que diz respeito ao ruído, qualquer coisa abaixo de 40dB será muito silenciosa, mas a partir de 50dB será alto. A maioria dos ventiladores de gabinete também possui três pinos para conectar-se à placa-mãe ou ao controlador. Alguns ventiladores do gabinete possuem quatro pinos, que usam um método de controle diferente para lidar com a rapidez com que o ventilador gira onde poderá realizar controle próprio da rotação através de uma aplicação. Ainda pode-se conectar um conector de 4 pinos a um de 3 pinos. Nesse caso, o conector de 4 pinos será chaveado para que os pinos corretos sejam inseridos, conforme figura 21 a seguir.

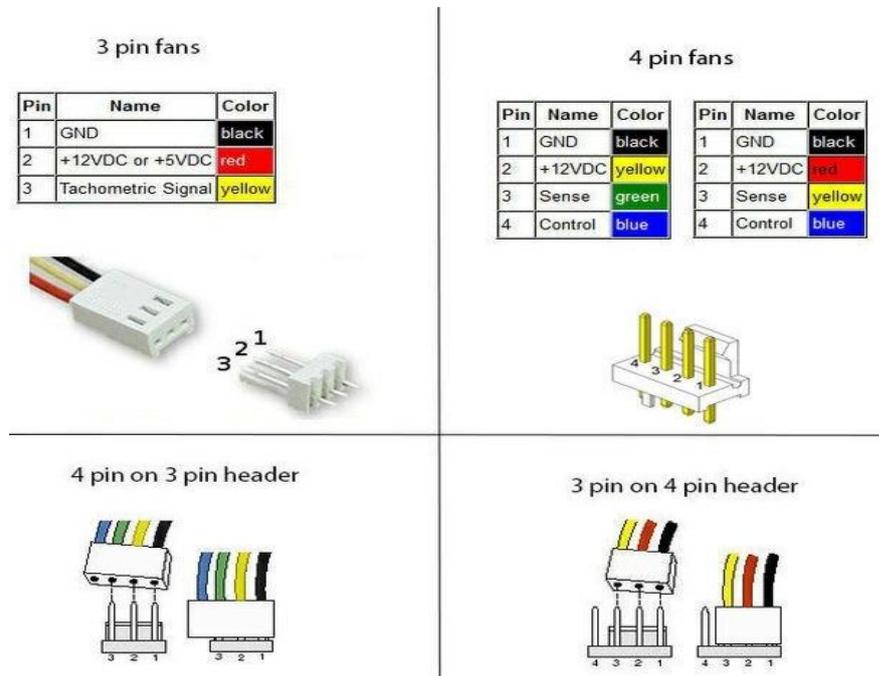


Figura 21 - pinagem ventilador

Fonte: Dell (2019)

2.3. COMPONENTES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

- BLOCO

Construção do corpo do bloco, é formado por microfissuras, estas microfissuras são muito finas e isso acaba melhorando a absorção de calor, assim quando a água passar entre os sulcos do bloco irá dissipar o calor com mais facilidade. E dois canais sendo um canal de entrada e outro de saída onde a água irá percorrer, conforme a figura 22.



Figura 22- construção do bloco

Fonte: o autor (2015)

- BOMBA

Pode-se considerá-la como o coração do sistema, sua função é bombear a água e transportá-la por todo o circuito.



Figura 23 - modelo de bomba trifásica MIT

Fonte: o autor (2015)

RESERVATÓRIO

Como o próprio nome especifica, o reservatório é responsável por armazenar água extra no circuito e fazer com que as bolhas de água sejam removidas a medida que o líquido circula no sistema.

Os reservatórios podem ser de unidades autônomas como a figura ao lado, onde não se tem um sistema de reservatório separado, ou uma combinação de bomba/reservatório, conforme a figura 24.



Figura 24 - reservatório acoplado

Fonte: o autor (2015)

- RADIADOR E VENTILADOR

Sua função é resfriar o líquido refrigerante. À medida que a água flui através da tubulação de cobre, as aletas do radiador irão absorver o calor da água, e posteriormente irá ser resfriada através dos ventiladores conectados no corpo do radiador. As ventoinhas são peças importantes, pois devem trabalhar com alta pressão estática e ainda permanecer em silêncio, como mostra a figura 25.



Figura 25 – radiador e ventilador

Fonte: o autor (2015)

2.4. GABINETE E REFRIGERAÇÃO

Um gabinete com maior espaço fornece um maior fluxo de ar em seu interior e possuirá uma quantidade menor de locais para obstrução do ar. Os componentes que precisam de fluxo de ar (geralmente o processador e a placa de vídeo) devem possuir ventiladores nas proximidades. Para evitar o ruído do ventilador, deve-se evitar caixas com muitas aberturas. Há um pequeno debate sobre a configuração dos fans nos casos. A questão é quantos ventiladores devem aspirar ar (entrada) e quantos devem soprar ar (exaustão). Isso leva a duas configurações principais:

- Pressão negativa: existirá mais ar sendo exaurido do que trazido. A ideia é que o ar quente seja exaurido rapidamente enquanto o ar frio será aspirado pelos orifícios do gabinete, porque a pressão do ar é baixa em seu interior. O problema é que isso também permite a entrada de poeira em todos os lugares do gabinete. Outro ponto é que o ar quente de exaustão pode ser aspirado de volta ao gabinete.
- Pressão positiva: Há mais ar entrando que saindo. A ideia é que isso cria um ambiente de sala limpa no caso. Agora, a poeira não pode deslizar pelas rachaduras, apenas pelos ventiladores que aspiram o ar e isso também impede que qualquer ar quente do exaustor seja novamente aspirado.

O benefício de ter pressão de ar positiva:

Benefício 1: Redução de poeira

Os novos modelos de gabinetes às vezes incluem filtros de ventoinhas na tentativa de reduzir o acúmulo de poeira dentro do chassi. Se o chassi tiver pressão positiva, apenas os ventiladores de admissão precisam de filtros para reduzir efetivamente o acúmulo de poeira.

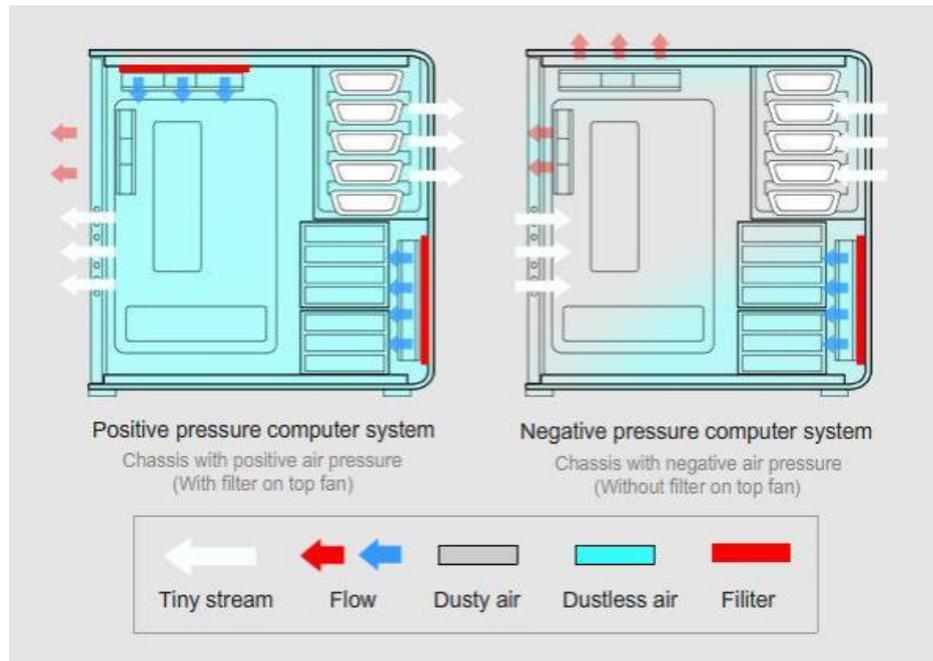


Figura 3 - fluxo do ar no gabinete

Fonte: silverstonetek(2019)

Anteriormente na figura 3, mostra que o chassi com pressão de ar positiva pode impedir a penetração de poeira no chassi usando filtros nas ventoinhas de entrada e assim forçando o ar para fora do chassi através de aberturas e aberturas não filtradas. Por outro lado, um chassi com pressão de ar negativa extrai o ar de aberturas e filtros não filtrados que, mesmo com os filtros de ventilador colocados nos ventiladores de entrada principais, o pó pode penetrar facilmente no chassi. A idéia de usar pressão de ar positiva no projeto de chassis à prova de poeira vem do conceito de sala limpa. As salas limpas são usadas frequentemente nas indústrias de alta tecnologia, médica e de processamento de alimentos. Todas as salas limpas, independentemente de seus níveis e tamanhos, são construídas para manter um ambiente de pressão positiva e impedir a entrada de poeira na sala.

Benefício 2: Maximize a eficiência do cooler da placa de vídeo

Atualmente, todos os resfriadores de placas gráficas originais (não personalizados) são projetados para extrair o ar em direção à parte traseira, isso impede que o ar aquecido seja reciclado de volta no chassi:

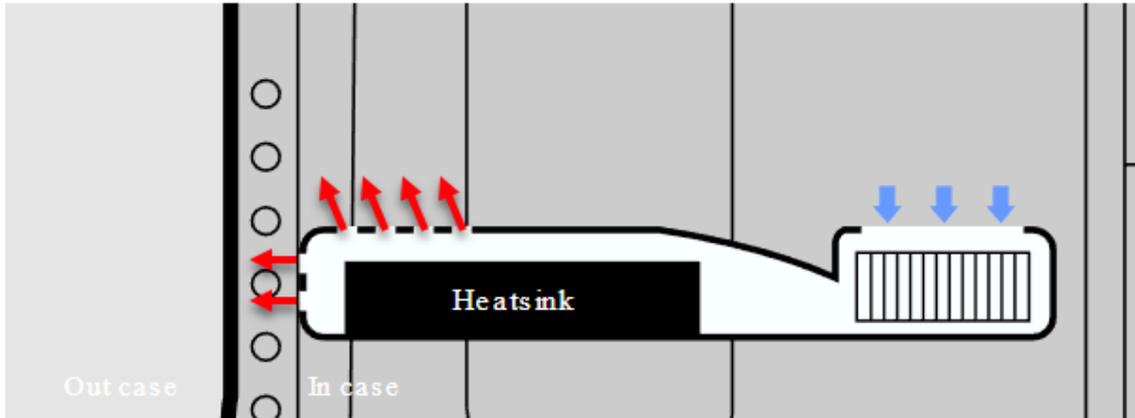


Figura 4- Esquema de resfriamento

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 4, o ar aquecido é soprado parcialmente para fora do chassi de forma que o restante permaneça dentro do chassi

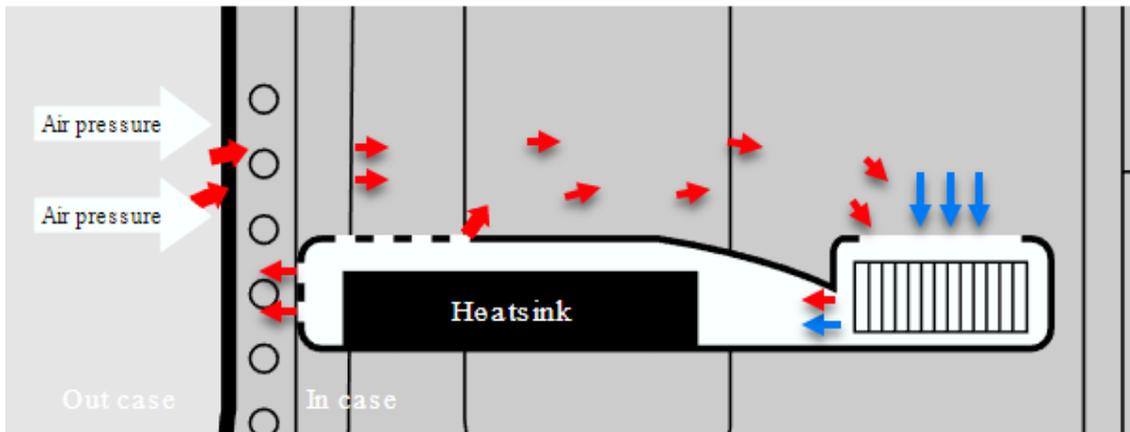


Figura 5- Esquema de pressão negativa

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 5, em um chassi de pressão negativa, o ar aquecido que deve ser expelido no qual entrará novamente no chassi através de aberturas próximas e assim aumentará a temperatura do chassi.

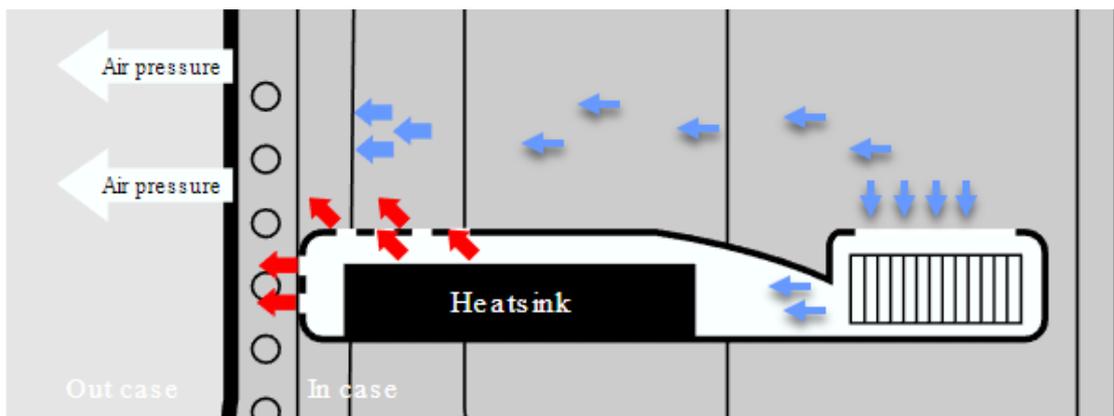


Figura 6- Esquema pressão positiva

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 6, em um chassi de pressão positiva, todo o ar aquecido da placa de vídeo sai do chassi, mantendo a temperatura geral baixa.

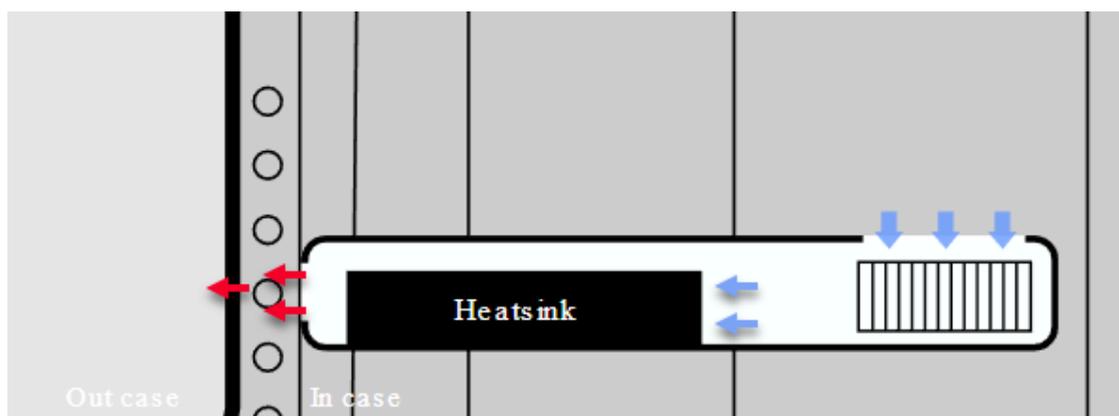


Figura 7- Esquema de placa de vídeo selada

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 7, a placa de vídeo totalmente selada não descarrega ar aquecido no chassi, mas o ventilador no cooler é afetado pela pressão dentro do chassi.

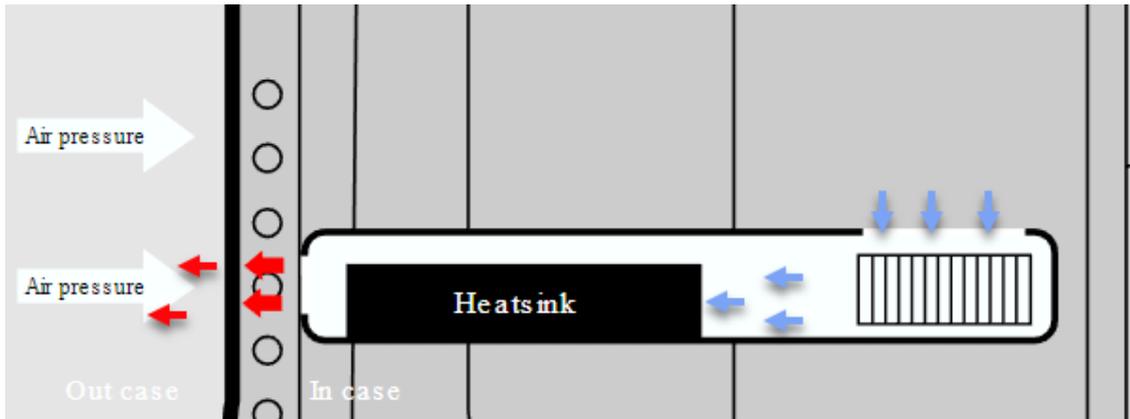


Figura 8- Esquema de pressão negativa no chassi

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 8, em um chassi de pressão negativa, o ar externo tentará entrar no chassi por todas as aberturas, incluindo a abertura de exaustão da placa de vídeo. Como resultado, o ventilador no cooler da placa de vídeo precisa trabalhar mais para empurrar o ar para fora, tornando-se menos eficiente e provavelmente mais barulhento.

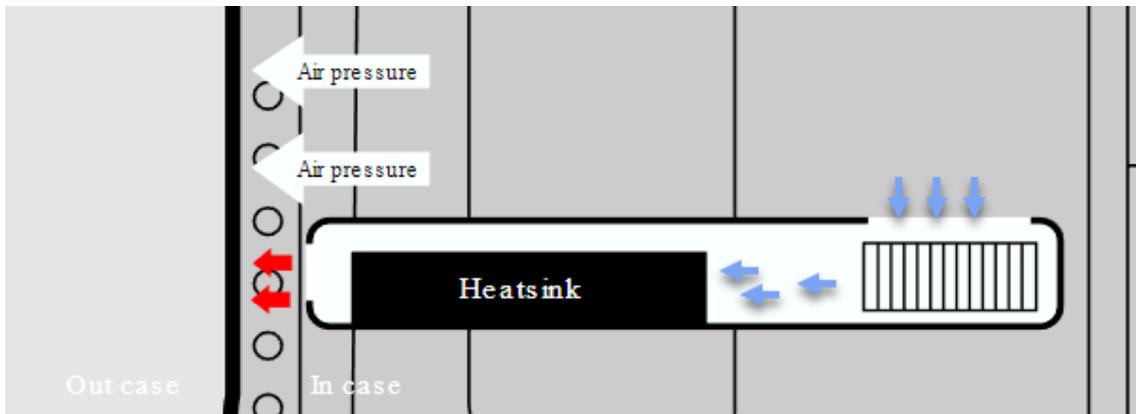


Figura 9- Esquema de pressão positiva no chassi

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme figura 9, em um chassi de pressão positiva, o ar tentará escapar do gabinete através de todas as aberturas e exaustores. Como resultado, o ventilador no cooler da placa de vídeo, projetado para extrair o ar do gabinete, funcionará com mais eficiência com aumento do fluxo de ar e menos ruído. Como organizar o fluxo de ar no interior do gabinete adequadamente. A otimização do fluxo de ar do gabinete pode ajudar a aumentar a eficiência dos ventiladores da caixa, e isso irá proporcionar um melhor desempenho de refrigeração e menor nível de ruído

A seguir estão as situações a serem evitadas:

- Entrada e escape próximo do mesmo lado do chassi.

Isso fará com que o ar quente exaurido retorne ao chassi, diminuindo o desempenho geral de refrigeração.

- Superfície do bloqueio do fluxo de ar.

Existem muitos painéis e componentes que podem atrapalhar o fluxo de ar, como placa gráfica, placa-mãe, discos rígidos, etc.

Quando o ar em movimento encontra uma superfície perpendicular, ele é forçado a girar em outra direção, o que resulta em perda de energia e fluxo de ar reduzido.

- Redução do tamanho do percurso aéreo.

A redução do tamanho da trajetória de ar é frequentemente vista no painel frontal ou na área de exaustão inadequadamente projetados em um chassi em que a área de ventilação de entrada é inferior a 40% e a área de ventilação de exaustão é inferior a 50%. Esta situação resultará em menor volume do fluxo de ar.

- Duto de ar em ângulo estreito.

Este talvez seja o pior cenário, à medida que o duto de ar se torna mais estreito e redirecionado em outra direção, o fluxo de ar é reduzido extensivamente.

- Com exaustão de ar no painel frontal.

Isso não afeta o desempenho do resfriamento em geral, no entanto, soprar ar quente e exausto no painel frontal e geralmente causa desconforto ao usuário.

- Dois ventiladores perpendiculares entre si lutando pelo ar.

Isso causará desequilíbrio na pressão do ar e eficiência de fluxo reduzida, sendo altamente recomendável ter um ventilador e outro como exaustão, figura 10 a seguir.

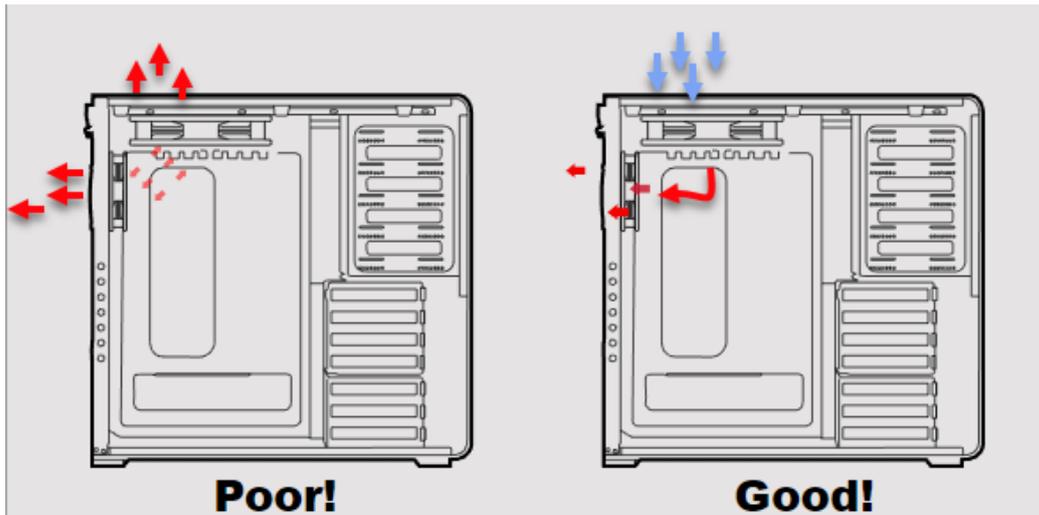


Figura 10 – tipos de instalação dos ventiladores

Fonte: silverstonetek(2019)

- Inúmeros pequenos ventiladores em diferentes direções

Pequenos componentes geradores de calor na maioria dos sistemas, como chipset, mosfet e memória, devem operar normalmente quando o fluxo de ar do chassi for adequado. Adicionar muitos ventiladores de tamanho pequeno pode adicionar mais fontes de ruído agudo, sem necessariamente ajudar o chassi a esgotar o ar aquecido.

Recomenda-se os seguintes métodos para resfriar diferentes partes do sistema

(1)Área CPU

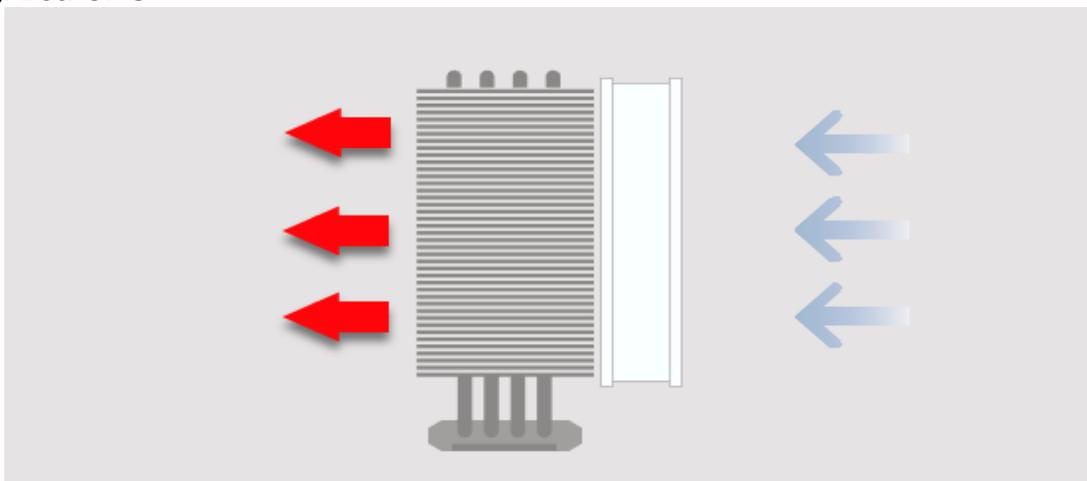


Figura 11 - Fluxo de ar cooler

Fonte: silverstonetek(2019)

O uso de um refrigerador de torre é o preferido na maioria das situações. O cooler de estilo horizontal geralmente acaba combatendo o ar com o ventilador do chassi traseiro e reduzindo a eficiência geral do fluxo de ar. Portanto, o uso de um cooler horizontal da CPU não é recomendado, a menos que o chassi seja grande ou tenha sido projetado especificamente para lidar com esse tipo de cooler. Em um chassi ATX normal, um resfriador de CPU alinhado em torre pode ajudar a expulsar o ar aquecido do chassi, a girar em outra direção ou resultar em perda de energia e fluxo de ar reduzido, a girar em outra direção, o que resulta em perda de energia e fluxo de ar reduzido, conforme a figura 11 anterior.

(2) Área da placa

Atualmente, a maioria das placas gráficas de ponta a ponta utiliza dutos de ar fechados sobre seus resfriadores, esse método ajuda a expelir o ar aquecido em direção à parte traseira do chassi. Se possível, é útil obter um gabinete com aberturas próximas aos slots da placa de vídeo ou mesmo entre os slots (por exemplo, Aero Slots). Ter uma abertura no painel lateral que sopra sobre a placa gráfica pode não ser tão útil quanto o ar aquecido da placa gráfica é facilmente soprado para a área da CPU. A direção do fluxo de ar da frente para trás na placa de vídeo ainda é a escolha preferida. a girar em outra direção, o que resulta em perda de energia e fluxo de ar reduzido conforme mostrado na figura 12.

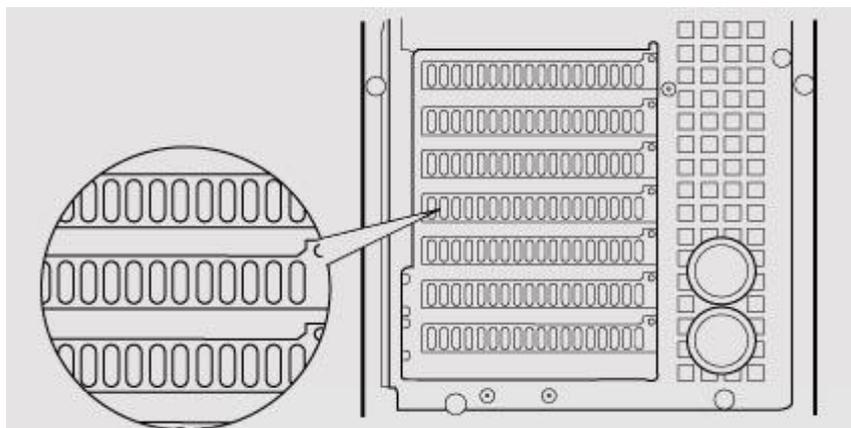


Figura 12 - Área da gpu

Fonte: silverstonetek(2019)

(3) área da placa-mãe

A área da placa-mãe é a combinação da área da CPU e da área da placa de vídeo; portanto, se a placa de vídeo usada for longa o suficiente, é provável que a placa-mãe seja dividida em duas seções separadas. Esse efeito é semelhante ao que alguns entusiastas ou construtores de sistemas fizeram no passado, onde fazem dutos personalizados para isolar a área da CPU da área da placa de vídeo para evitar que o ar quente de uma área afete a outra. No entanto, se o fluxo de ar do chassi for mantido uniformemente da frente para trás, não é necessário fazer um duto personalizado ou separar as duas seções de resfriamento.

(4) área do disco rígido

A maioria dos discos rígidos possui temperaturas operacionais com uma classificação máxima de 55 ° C a 60 ° C. Se essa faixa de temperatura for excedida, a vida útil do inversor pode diminuir. Na prática, manter uma temperatura operacional de 50 ° C ou inferior é suficiente para os discos rígidos e, como não podem ser executados em overclock, a diminuição intencional da temperatura do disco rígido não resulta em melhor desempenho ou longevidade do disco. Portanto, o objetivo principal de um bom resfriamento do disco rígido é pelo menos manter o fluxo de ar sobre as unidades. Ao escolher um chassi, procure lacunas suficientes entre cada espaço na unidade e a direção do fluxo de ar do ventilador para ficar paralelo aos discos rígidos. Deve-se evitar projetos que posicionem os discos rígidos próximos ao ventilador, pois isso pode criar uma grande área de superfície de bloqueio de ar para o ventilador.

(5) área de fornecimento de energia

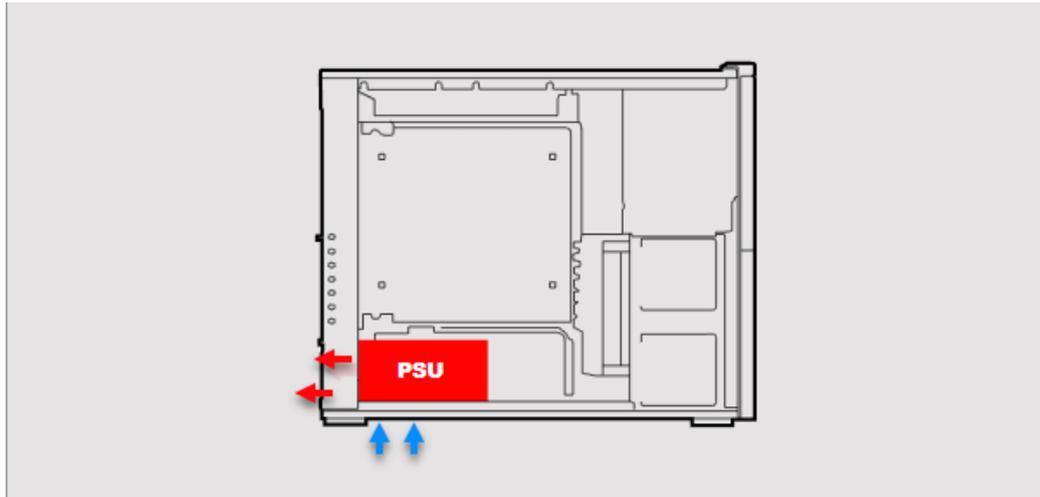


Figura 13 - Fluxo de ar da fonte

Fonte: silverstonetek(2019)

Conforme a figura 13, a maioria das fontes de alimentação no mercado agora possui controle de velocidade do ventilador que varia a velocidade / saída do ventilador, dependendo da temperatura ou das condições de carregamento. Se possível, selecionar um gabinete com a fonte de alimentação mais afastada da área da CPU pode impedir que a fonte de alimentação absorva o ar aquecido e acelere o ventilador. Conclusão: Quando planejado adequadamente, um layout uniforme do fluxo de ar do gabinete pode aumentar drasticamente a eficiência do fluxo de ar e da refrigeração, reduzindo assim a necessidade de mais ventiladores instalados ou funcionando em velocidades mais altas. O modelo do gabinete utilizado durante os testes foi um modelo da corsair, conforme as figuras 14 a seguir, onde temos bons espaços internos e principalmente diversas vias de fluxo de ar, como mostra a figura 15.



Figura 14 - Gabinete Mid-tower ATX compacto Cry 1

Fonte: [Corsair](#)(2019)

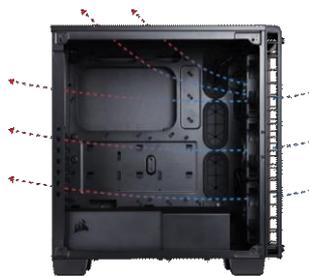


Figura 15 – Ventilação no sistema

Fonte: [Corsair](#)(2019)

Manter o computador em um local limpo e bem arejado ajuda muito, isso porque no dia a dia as aletas, ventoinhas e todo os componentes internos do computador irá juntar poeira, essa poeira interfere bastante no fluxo de ar podendo até mesmo impedir a circulação do mesmo em determinados casos. Simplificando, se o seu computador ficar muito quente, é possível diminuir a vida útil do hardware, levando a danos irreparáveis e até mesmo a perda deles.

2.5. PASTA TÉRMICA E PROCESSADOR

Heat spreader = IHS (integrated heat spreader):

Dissipador de calor, é a placa de cobertura de cobre ou alumínio que protege o microprocessador do sobreaquecimento, podendo ser colado ou soldado.

DIE:

Unidade de processamento, é um pedaço de semicondutor que foi esculpido / gravado / depositado por vários processos de fabricação em uma rede de blocos lógicos.

TIM:

Material térmico ou graxa térmica, usado para melhorar o contato e troca de calor entre o Die e o IHS.

SUBSTRATE:

Placa onde os componentes estão fixados ou soldados como o chip. É usado para conectar os contatos as esferas de solda contendo várias camadas para atender a definição ao qual será usado.

BUMPS:

Esferas de soldas que fazem contato com a placa.

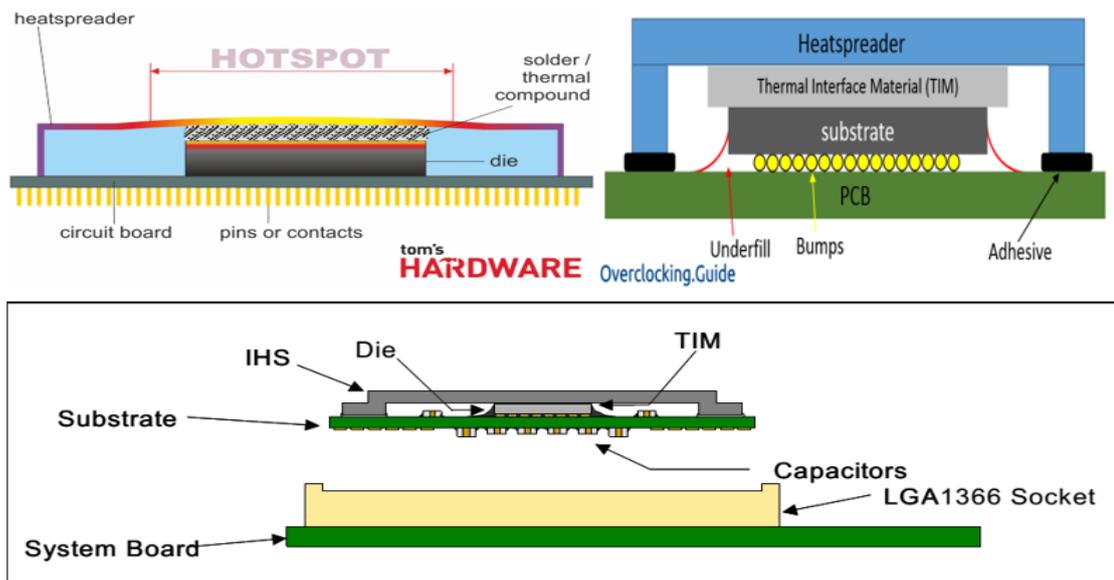


Figura 26- visão explodida do processador

Fonte: [tomshardware](http://tomshardware.com) (2019)

Anteriormente na figura 26, pode-se ver como é um processador dividido ao meio, pode-se notar que o chip (die) é menor do que o tamanho total do processador, então ele entra em contato com uma pequena área do dissipador de calor (Heatspreader), a tarefa do Heatspreader é para distribuir o calor do die da CPU através de uma área maior, o que permitirá que ela passe para o dissipador de calor do Heatsink. (WALLOSSEK, 2013). Analisando a figura 26, devido a diferença de tamanho entre a pastilha do processador (die) e o difusor de calor

(Heatspreader), haverá áreas no difusor de calor que será mais frio do que na área diretamente atingida, a área situada acima da matriz é chamada de ponto quente porque será aquecida diretamente pelo die. O processador Intel tem um ponto de acesso (hotspot), menor, e isso deve ser levado em consideração quando se escolhe um dissipador de calor, pois será necessário retirar primeiramente o calor do ponto de maior temperatura em primeiro lugar.

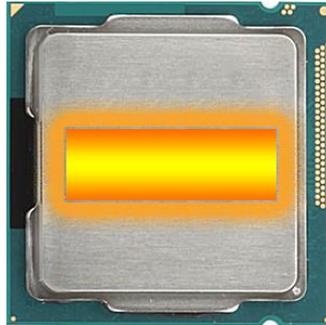


Figura 27- Área de contato real do DIE

Fonte: [tomshardware](http://tomshardware.com) (2019)

“Com a ajuda de um microscópio poderemos ver como é a superfície de um dissipador de calor. Ao olho nu não podemos enxergar as irregularidades e buracos nas superfícies e ranhuras“ (WALLOSSEK, 2013) como na figura 27.

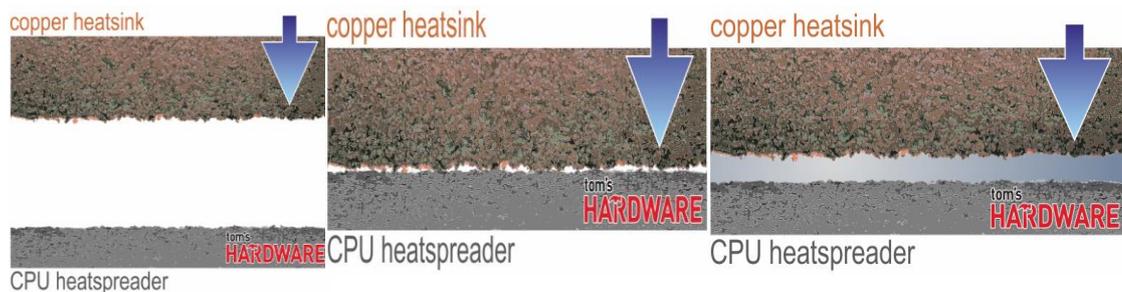


Figura 28- Comportamento da pasta térmica do material

Fonte: [tomshardware](http://tomshardware.com) (2015)

Segundo Igor Wallossek (2013), analisando a Figura 28 quando pressionamos ambas a superfícies, apenas algumas partes de metal iram se tocar, nota-se que existem áreas vazias e estas áreas são preenchidas com ar e sabe-se que o ar é um isolante que dificulta a troca de calor. Então utilizamos um material de condução como a pasta térmica para então preenchermos com o objetivo de retirar

o ar do local, a pasta deve ser fina o suficiente para não criar uma serie de resistência térmica, porem grossa o suficiente para superar as imperfeições.

Existem pastas térmicas de diferentes propriedades umas com mais e outras menos condutividade. A tabela 3 a seguir mostra as suas diferenças.

Tabela 3- Propriedades Térmicas das pastas.

Modelo	Condutividade térmica	Viscosidade	Densidade
Arctic Cooling MX-4	8.5 W/mk	870 poise	2.5 g/cm ³
Cooler master Thermal fusion 400	3.5 W/mk	2.0E+10(ohm–cm)	3.5 g/cm ³

Fonte: Os Autores (2019)

2.6. DISSIPACÃO DE CALOR

Um dissipador de calor Heatpipe é mais complexo do que um cooler tradicional, a maior parte da troca de calor acontece dentro do Heatpipe, eles usam a mudança de fase dos matérias e a capilaridade para resfriar os microprocessadores, o objetivo do dissipador é retirar o calor, parte subjacente, que gera calor através da alta frequência e a corrente elétrica fluindo através dos núcleos, a tensão ampliada na forma de (vCore) conseqüentemente irá gerar mais calor, por isso quando se faz overclock o processador aquece rapidamente elevando sua temperatura ao extremo. “Os dissipadores de ação geralmente são formados pela composição de um ou dois ventiladores montados no topo, aletas de alumínio e uma base de cobre, no centro do corpo temos os Heatpipes de cobre com líquido em seu interior.” (BURKE, 2012) “O ventilador foi projetado para amenizar a resistência do ar nas aletas de cobre ou alumínio para maximizar a superfície da área em uma interface de alta condutividade térmica. Dissipadores e Coolers são capazes de conduzir calor presente na superfície da CPU e assim escoá-la até a parte de traz ou superior do Cooler. “(BURKE, 2012)

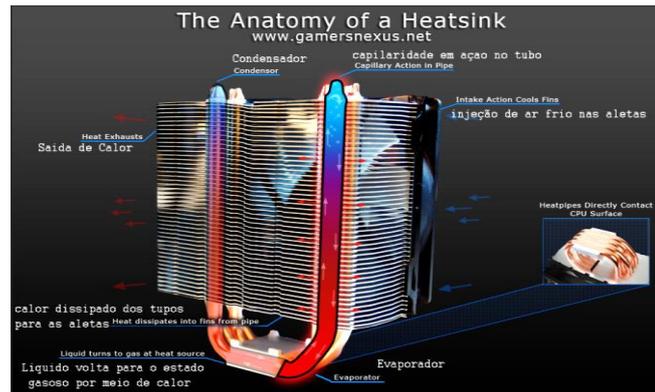


Figura 29 - funcionamento heatsink

Fonte: [gamersnexus](http://www.gamersnexus.net) (2019)

Segundo Steve Burke (2012) as partes principais de um cooler estão citados na figura 29 acima, onde a ação central acontece nos Heatpipes, o dissipador de calor ajuda em todo o processo. Toda a superfície global e a tecnologia de contato são empregadas de transferir o calor dos tubos para as aletas e o ventilador.

O funcionamento do tubo de arrefecimento para o dissipador de calor é bem simples:

- A CPU gera calor: esse calor será absorvido através da placa ou Heatpipes localizados na base do dissipador de calor em contato direto.
- O calor faz com que o líquido presente no interior do tubo sofra uma mudança de fase, resultando em uma transição para o estado gasoso. Uma parte significativa gerada durante essa mudança de fase é consumida em forma de calor sendo responsável por uma grande parte na redução de calor.
- Na parte da dissipação: o calor (vapor) viaja pela tubulação até atingir o condensador na parte superior, onde condensa o gás de volta em forma líquida e a ação capilar irá leva-lo de volta ao evaporador a base do cooler.
- Durante sua viagem através do tubo, o calor será absorvido pelo dissipador de calor adjacente, onde será dissipado através das aletas e arrefecido pelo novo ar fresco a ser injetado pelo ventilador.
- O líquido então será levado até o evaporador no topo da CPU através do tubo material sintetizado, sulco, malha ou tubulação composta, “Estrutura Capilar” isso

faz com que uma pressão seja gerada por diferença de temperatura forçando o líquido frio a voltar até o evaporador. Apesar da diferença do cobre e o alumínio, estamos limitados a eficiência de resfriamento do ventilador no caso, o fluxo de ar, a área da superfície do dissipador de calor e a rugosidade da superfície de contato do material. O cobre e o alumínio são excelentes materiais dissipadores de calor, sendo assim, o cobre é o melhor material a ser usado para dissipar calor e o alumínio é a opção com melhor custo-benefício, mas podendo ter uma boa capacidade de arrefecimento também. (BURKE, 2015).

A transferência de calor é dada pela lei de Fourier:

$$Q=(K.A.dT)/s \quad (1)$$

Onde: Q= transferência de calor (W, j/s, Btu/hr)

A=área de transferência de calor (m²)

K= condutividade térmica do material (W/m K ou W/m oC, Btu/(hr oF ft²/ft))

dT= diferença de temperatura através do material (K, °C, °F)

S= espessura do material (m, Ft)

A condutividade térmica da pasta terá impacto moderado sobre a temperatura, existem pastas térmicas para diversas modalidades então se for o caso de um usuário de overclock, este deverá optar por uma pasta com maior condutividade como no caso da pasta Arctic MX-4 dado suas características na tabela 3, porem quanto maior for a condutividade maior será o preço pois em sua composição haverá maior concentração de prata, um elemento que tem ótima condução de calor. (BURKE, 2012).

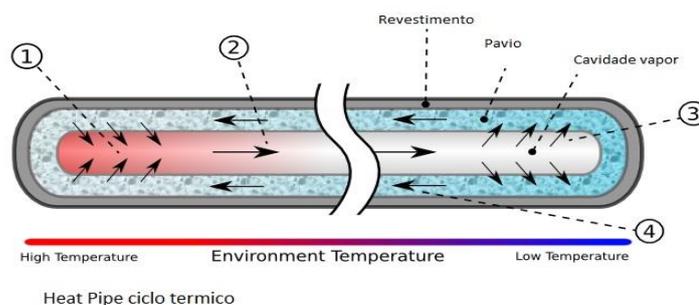


Figura 15- Ciclo heatpipe,

Fonte: [gamersnexus](#) (2019)

Conforme a figura 30 o ciclo heatpipe funciona do seguinte modo:

- 1- Fluido absorve energia térmica e evapora.
- 2- O vapor migra ao longo da cavidade para a extremidade com uma temperatura inferior.
- 3- O vapor condensa e volta em forma de fluido pela mecha.
- 4- Assim voltando novamente para o ponto 1 absorvendo a alta temperatura e repetindo o ciclo.

O tubo de calor contém uma quantidade muito pequena de líquido refrigerante normalmente contendo uma mistura de amônio e etanol ou água destilada, sofrendo mudanças de fases químicas no evaporador situado na superfície da CPU, o líquido evapora viajando em forma gasosa para o condensador, lá ele irá condensar e voltar a forma líquida onde viajará para a parte inferior através ranhuras como resultado da ação capilar. (BURKE, 2012).

3. TESTE DE DESEMPENHO

Os resultados serão obtidos através de testes de estresse e monitoramento de sensores de temperatura. O teste de estresse é uma técnica que consiste na geração de cenários de alto processamento, estes cenários simulam ambientes reais como, por exemplo, renderização de imagens, treinamento de modelos de redes neurais artificiais, processamento numérico, jogos e etc, o usuário escolhe qual cenário devera ser testado. No momento da execução de um teste de estresse haverá um monitoramento com a finalidade de medir os valores captados pelos sensores dos componentes do sistema de computação, dessa forma torna-se possível chegar a certas conclusões em relação ao equipamento utilizado.

Componentes:

- O processador utilizado para os testes será o mesmo, um Intel core I7 7700K.
- Será utilizado dois tipos de coolers, um air cooling convencional e um water cooling AIO da game storm captain 240EX.
- A pasta térmica será a mesma para ambos os testes, modelo Arctic MX-4.
- Placa mãe ASUS ROG MAXIMUS IX HERO

Métodos:

- Softwares:
 - HWiNFO64-v6.14- software para monitoramento do hardware
 - AIDA64 Extreme v6.10.5200- software para gerar estresse de hardware
 - GenericLogViewer v5.2- plug-in do HWiNFO64 para visualizar os resultados obtidos nos testes

Todos estes softwares serão usados para acompanhar em tempo real a forma como o processador se comportará e todas suas variações serão catalogadas para a obtenção de um resultado.

- HWiNFO64- Como na figura 31, é um software livre desenvolvido por Martin Malik e é utilizado para análise e diagnóstico dos periféricos dos computadores bem como o monitoramento dos sensores de temperatura, velocidade da ventoinha e voltagens da fonte de alimentação e também salva as informações obtidas em formatos CSV, XML, HTML e MHTML.

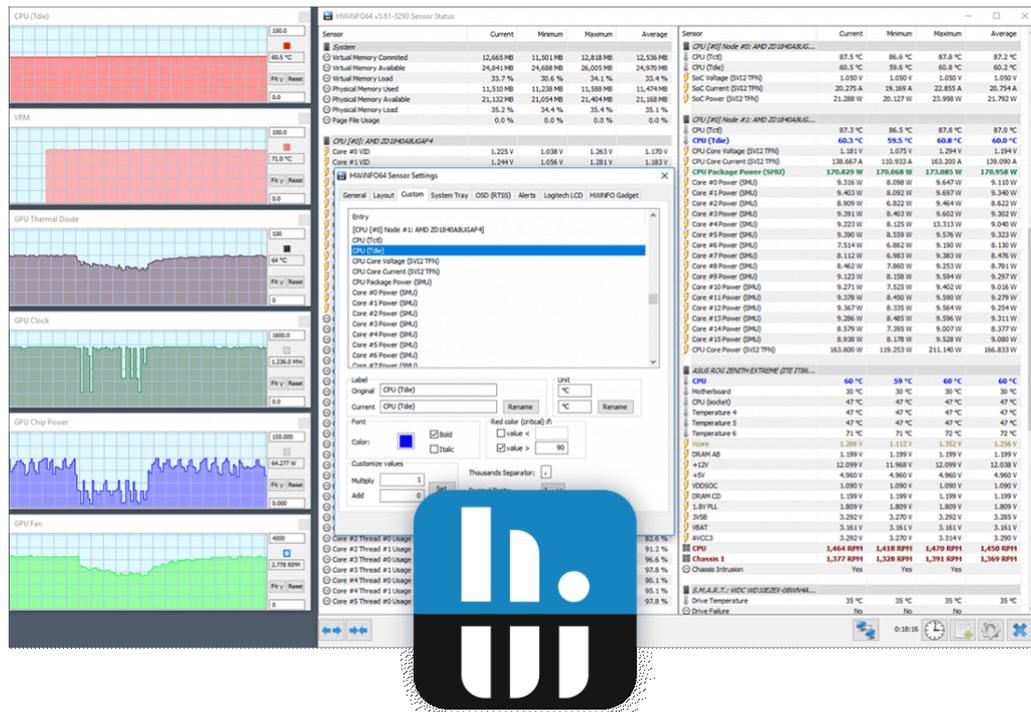


Figura 31 – imagem hwiinfo

Fonte: hwiinfo (2019)

- AIDA64 – Como na figura 32 a seguir, é um software com a finalidade de monitorar e forçar componentes do hardware de um computador, apesar deste software fazer monitoramento dos componentes, este não é seu ponto forte, a real qualidade deste software está em sua função de forçar os componentes desta forma gerando estresse.

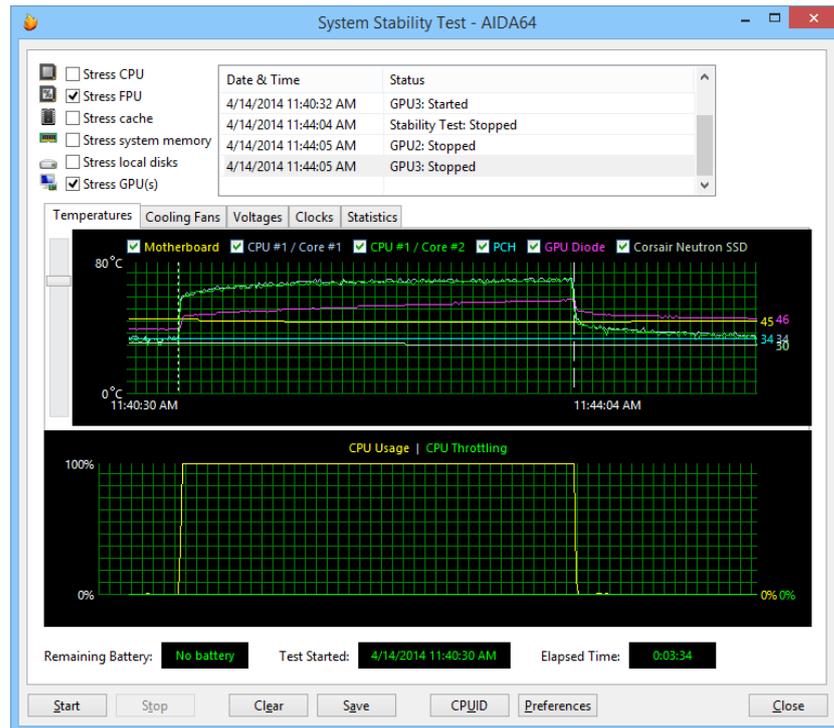


Figura 32 – Imagem AIDA64

Fonte: AIDA64 (2019)

- GenericLogViewer- É um plug-in para HWiNFO64 utilizado para ilustrar dados de log do sensor em gráficos comparativos.

Estes testes foram realizados a uma temperatura ambiente em torno de 28°C a 32°C, lembrando que a temperatura interna do gabinete será a temperatura mínima no dissipador de calor integrado (IHS)

4. RESULTADO E CONCLUSÃO

Foram utilizados teste de estresse para forçar todo o sistema simulando o uso em uma variedade de cenários que acompanham o software AIDA64 de teste de estresse. Isso fornece dados para geração do gráfico que descreve como a temperatura do computador se comporta. Notou-se travamento do sistema quando o processamento alcançou a utilização máxima dos recursos do processador, significando que o teste de estresse realmente utiliza uma alta carga de processamento.

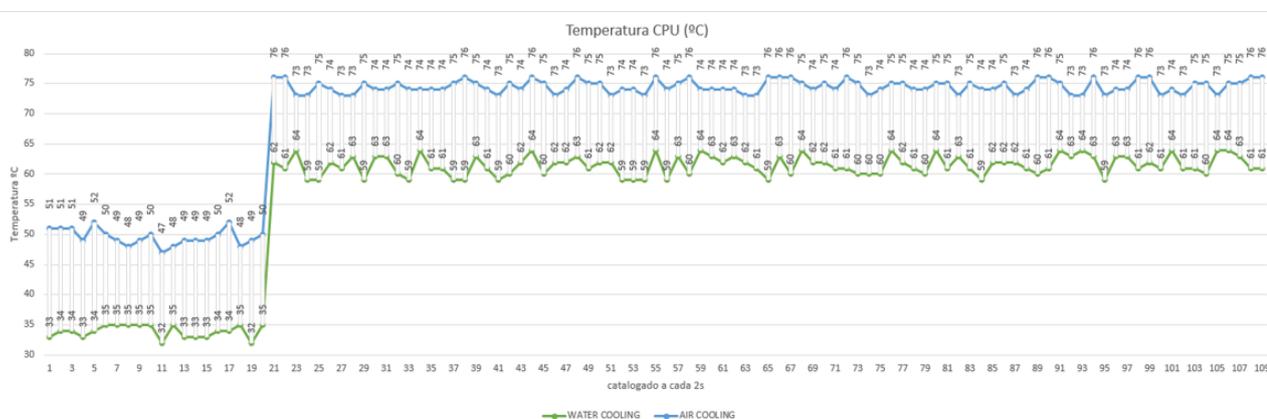


Figura 33 - resultado da diferença de temperatura entre os sistemas de refrigeração

Fonte: Os autores (2019)

Pode-se notar a diferença entre o sistema water cooling representado na cor verde na figura 33 anterior diante do sistema de air cooling representado em azul na figura 32 anterior. Os testes foram realizados sob uma mesma máquina porem com um sistema de resfriamento diferente de cada vez. O teste inicia-se a partir dos 20 segundos, onde o software de estresse consome todos os recursos do processador e isso eleva rapidamente a temperatura do processador. Pode-se notar a vantagem do sistema de water cooling durante todo o monitoramento tornando claro que um sistema de water cooling é um sistema de resfriamento superior ao air cooling, dessa forma o watercooling deve ser utilizado quando houver a necessidade de um sistema de computação de grande processamento e alta disponibilidade, pois sistemas desta natureza trabalham sob altas taxas de clock, e isto significa que as temperaturas destes sistemas são maiores, então um sistema de resfriamento eficiente como water cooling é necessário.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de resfriamento hoje em dia estão cada vez mais avançados, nos testes percebemos que um sistema de refrigeração a água, *water cooling* teve um desempenho melhor que um sistema de refrigeração convencional, *air cooling*, pois durante os testes de estresse ao qual submetemos o computador, com o sistema *air cooling*, pelo software AIDA64 foi detectado que a temperatura do processador elevou-se a 76° C enquanto que no teste de estresse realizado pelo mesmo software, mas com o sistema de refrigeração *water cooling* a temperatura do processador se elevou até 64°C, sendo esse um fator determinante para a escolha do sistema de refrigeração para computadores. Os efeitos quando um processador opera sob elevadas temperaturas podem ser o travamento, desligamento, desgaste físico e em casos extremos a perda do processador. Além disso, não podemos deixar de mencionar a pasta térmica como um fator relevante nos testes apresentados, ela ajudou na condução do calor do processador para o seu aliado cooler estes dois itens trabalhando em conjunto obtém um resultado muito satisfatório.

Sendo assim deixamos a conclusão da pesquisa e resultados, contribuindo para a um melhor processamento de computadores e maior tempo de vida útil do equipamento além de melhorias para os futuros trabalhos dos quais sugerimos pesquisa em relação a temperatura externa de componentes para complemento com os resultados aqui obtidos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTÔNIO, João. **Informática para Concursos-** 4.ed.- Elsevier: Rio de Janeiro, 2009.

BURKE, Steve. **Understing CPU Heatsinks: Picking the Best CPU Cooler**, 2012.

Disponível em: < <http://www.gamersnexus.net/guides/981-how-cpu-coolers-work>>

Acesso 08 setembro 2015

JORDÃO, Fabio. **Oque é o Cooler?**

Disponível em: < <http://www.tecmundo.com.br/cooler/825-o-que-e-o-cooler-.htm>>

Acesso 20 outubro 2015

OSBORNE, Adam. **Introdução aos Microprocessadores**. McGraw-Hill do Brasil: São Paulo, 1983.

TANENBAUM, Andrew S. **Organização estruturada de computadores**. LTC: São Paulo, 2001.

TORRES, Gabriel. **Hardware versão revisada**. Parceria: Nova Terra, 2009

VASCONCELOS, Laércio. Hardware Total, p 9.2-9.26, 2001

WALLOSSEK, Igor. **Thermal Paste Comparison**.

Disponível em: < <http://www.tomshardware.com/reviews/thermal-paste-heat-sink-heat-spreader,3600.html>> Acesso 15 outubro 2015

WOHLWEND, Max. **Processor Cooling**. in seminary: Report for the practical course Chemieingenieurwesen I WS06/07, p 3-15, January 16, 2007

<<https://www.pcgamer.com/pc-cooling-basics/>> Acesso 10 de setembro 2019

<https://www.silverstonetek.com/techtalk_cont.php?area=en&tid=wh_positive>

Acesso 15 novembro 2019

<<https://www.corsair.com/pt/pt/Categorias/Produtos/Gabinetes/Gabinete-Mid-tower-ATX-compacto-Crystal-Series™-460X-RGB/p/CC-9011101-WW>> Acesso 10 novembro 2019

<<http://img.hexus.net/v2/news/thermaltake/frio-big.jpg>> Acesso 9 novembro 2019

<<https://www.nikktech.com/main/articles/pc-hardware/cpu-cooling/liquid-cpu-coolers/5859-silverstone-tundra-td02-lite-aio-liquid-cpu-cooler-review>> Acesso 8 novembro 2019

<<https://www.asus.com/us/Cooling/ROG-RYUJIN-360>> Acesso 25 setembro 2019

<<https://pt.aliexpress.com/item/32962708408.html>> Acesso 8 novembro 2019

<<https://pt.aliexpress.com/item/32962708408.html>> Acesso 8 novembro 2019