

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA MECÂNICA

RICARDO DE SOUZA CAMINHA JUNIOR

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fonseca
N. Class. <i>M 622.391</i>
Cutter <i>C 183c</i>
Ano/Ed. <i>2010</i>

**COMPARATIVO DE DESEMPENHO, MATERIAL E FABRICAÇÃO DE
PROCESSADORES AMD E INTEL**

Varginha - MG

2010

RICARDO DE SOUZA CAMINHA JUNIOR

**COMPARATIVO DE DESEMPENHO, MATERIAL E FABRICAÇÃO DE
PROCESSADORES AMD E INTEL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Professor Alexandre Soriano.

**Varginha - MG
2010**

FOLHA DE APROVAÇÃO

RICARDO DE SOUZA CAMINHA JUNIOR

**COMPARATIVO DE DESEMPENHO, MATERIAL E FABRICAÇÃO DE
PROCESSADORES AMD E INTEL**

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG**

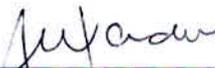
BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS-MG, como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico pela banca Examinadora composta pelos membros: Prof. Esp. Márcio Santana, Prof. Ms. Alexandre Soriano e Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira.

() Aprovado em 25 / 11 / 2010



Prof.º Esp. Márcio Santana



Prof.º Ms. Alexandre Soriano



Prof.º Esp. Fabiano Farias de Oliveira

OBS.:

Dedico este trabalho aos meus familiares, namorada, amigos e profissionais envolvidos, pelo apoio moral, dedicação, companheirismo e incentivo para a conclusão de mais um objetivo da minha vida.

Agradeço aos meus amigos, colegas de trabalho, familiares, namorada, professores e a todos aqueles que ajudaram na construção deste trabalho.

“A realização de algumas etapas da vida
é o princípio de um caminho de
sucessos.”

Ricardo de Souza C. Junior

RESUMO

Os processadores ou microprocessadores obtiveram grandes avanços em sua tecnologia ao decorrer dos anos, estes avanços ocasionaram no aumento da velocidade de processamento e conseqüentemente no desempenho do computador. O estudo a seguir consiste em averiguar os processos abrangentes na fabricação de microprocessadores, assim como, o material utilizado na sua produção, além de, efetuar uma análise comparativa de desempenho de dois microprocessadores de diferentes fabricantes com a mesma frequência. Obtendo então, uma relação de custo-benefício entre eles, a fim de informar qual dos microprocessadores citados será adequado para à sua obtenção. Neste estudo houve a obtenção de dados através de testes com a utilização de alguns programas, e assim, elaborados estudos para que pudesse apresentar o desempenho dos microprocessadores em questão.

Palavras-chave: Microprocessadores. Desempenho. Fabricação. Material.

ABSTRACT

The microprocessors obtained great advancements in his technology while passing of the years, these advancements caused in the increase of the speed of processing and consequently in the performance of the computer. The following study consists in checking the processes comprehensive in the manufacture of microprocessors, as well as, the material used in his production, besides, effectuating a comparative analysis of performance of two microprocessors of different manufacturers with the same frequency. Obtaining then, a relation of cost-benefit between them, relative of informing which of the quoted microprocessors will be adapted for to his attainment. In this study there was the obtention of data through tests with the use of some programs, and so, when studies so that he could present the performance of the microprocessors open to question were prepared.

Key words: *Microprocessors. Performance. Manufacture. Material.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de funcionamento do processador	15
Figura 2 – Silício na forma sólida	20
Figura 3 – Engenheiro utilizando traje igual de astronauta.....	21
Figura 4 – Sala limpa	21
Figura 5 – À esquerda silício derretido e à direita bloco de cristal de silício	22
Figura 6 – Cilindros de silício	23
Figura 7 – Wafer de silício.....	23
Figura 8 – Engenheiro segurando um wafer	24
Figura 9 – Wafer de silício, desperdício da borda.....	24
Figura 10 – Wafer, pastilha (die) e processador	25
Figura 11 – Detalhe de uma trilha de pastilha de silício	26
Figura 12 – Wafer de silício cortado.....	26
Figura 13 – Fina camada de dióxido de silício.....	27
Figura 14 – Máscara de litografia	27
Figura 15 – Camada de fotossensível após banho químico	27
Figura 16 – Transistor simples.....	28
Figura 17 – Transistor após segunda camada de dióxido de silício	28
Figura 18 – Transistor após camada de cristal de silício e material fotossensível.....	29
Figura 19 – Máscara para litografia	29
Figura 20 – Processo de litografia.....	29
Figura 21 – Transistor após segunda remoção da camada de silício e dióxido de silício...	30
Figura 22 – Término da segunda camada do transistor.....	30
Figura 23 – Wafer de silício com impurezas.....	30
Figura 24 – Wafer após adição de diferente cristal de silício e camada fotossensível	31
Figura 25 – Processo de litografia para terceira camada.....	31
Figura 26 – Wafer após remoção do material fotossensível da terceira camada	31
Figura 27 – Término da terceira camada do transistor	32
Figura 28 – Fina camada de metal acoplada no wafer	32
Figura 29 – Transistor	33
Figura 30 – Encapsulamento PPGA.....	34

Figura 31 – Encapsulamento FC-PGA.....	34
Figura 32 – Encapsulamento Spreader.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore do PCMark	41
Gráfico 2 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore TV e Filmes	42
Gráfico 3 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Jogos	42
Gráfico 4 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Música	43
Gráfico 5 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Comunicação	43
Gráfico 6 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Produtividade	44
Gráfico 7 – Desempenho dos processadores no VirtualDub 1.9.5 + DivX 6.8.5	45
Gráfico 8 – Desempenho dos processadores no Photoshop CS4	46
Gráfico 9 – Desempenho dos processadores no After Effects CS4	47
Gráfico 10 – Desempenho dos processadores no WinRAR 3.92	48
Gráfico 11 – Desempenho dos processadores no Cinebench 11.5 (Rendering X CPU's ...	49
Gráfico 12 – Desempenho dos processadores no Call of Duty 4	50
Gráfico 13 – Desempenho dos processadores no Fallout 3	51
Gráfico 14 – Desempenho dos processadores no Crysis Warhead	52
Gráfico 15 – Desempenho dos processadores no Far Cry 2	53

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Introdução.....	15
2.1.1 Clock	17
2.1.2 Registradores.....	18
2.1.3 Contador de instrução.....	18
2.2 História do Processador.....	19
3 MATERIAL UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DO PROCESSADOR.....	20
3.1 Fabricação do processador	21
3.1.1 Fabricação do wafer de silício.....	22
3.1.2 Fabricação do transistor	26
3.1.3 Encapsulamento	33
3.2 Principais empresas fabricantes de processadores	35
3.2.1 AMD (Advanced Micro Devices).....	35
3.2.1.1 História da AMD	36
3.2.2 Intel Corporation	36
3.2.2.1 História da Intel.....	37
4 COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE PROCESSADORES	37
4.1 Materiais utilizados na realização dos testes.....	38
4.1.1 Configuração de Hardware.....	38
4.1.2 Configuração do sistema operacional	39
4.1.3 Versão dos Drivers.....	39
4.1.4 Programas utilizados	39
4.1.5 Margem de Erro	40
4.2 Resultados dos testes.....	40
4.2.1 Escore PCMark Vantage	40
4.2.2 VirtualDub + DivX	44
4.2.3 Photoshop CS4.....	45
4.2.4 After Effects CS4	46
4.2.5 WinRAR.....	47

4.2.6 Cinebench 11.5.....	48
4.2.7 Call Of Duty 4.....	49
4.2.8 Fallout 3.....	50
4.2.9 Crysis Warhead.....	51
4.2.10 Far Cry 2.....	52
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O microprocessador por vezes chamado de processadores ou simplesmente Central Processing Unit (CPU) é um circuito integrado responsável pelo processamento de todos os tipos de dados, sendo assim, considerado como o cérebro do computador.

Entre alguns dos maiores fabricantes de microprocessadores no mercado da informática aos quais podemos citar tem-se: a Advanced Micro Devices (AMD) e a Integrated Eletronics (INTEL). Com foco nestas duas empresas, houve a análise de um processador de cada fabricante, afim de, verificar o desempenho de cada um deles.

Houve então a verificação dos processos abrangentes na fabricação dos microprocessadores, assim como, a obtenção e preparo do silício que é o principal material utilizado na produção dos microprocessadores.

A pesquisa em si, tem como objetivo comparar dados aos quais justifiquem qual dos microprocessadores destes diferentes fabricantes seria vantajoso não só em relação à desempenho, mas também a custos.

No mundo ao qual há um avanço tecnológico extraordinário e gastos excessivos, busca-se um produto ao qual trará satisfação em eficiência e que ao mesmo tempo lhe proporcione economia, para estes fins tornou-se necessário esta análise.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Introdução

O microprocessador é um circuito integrado passível de ser programado para executar uma tarefa predefinida, basicamente manipulando e processando dados, interpretando e executando as instruções fornecidas sob a forma de pulsos elétricos (ou números binários) por aplicativos. Simplificando, o microprocessador recebe os dados, processa esses dados conforme programação prévia e devolve o resultado.

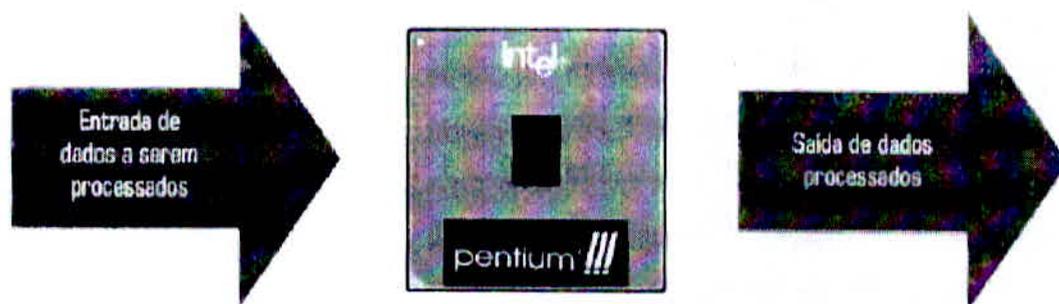


Figura 1 - Esquema de funcionamento do processador. Fonte: TORRES, 2001.

Considerado como um componente de extremamente complexo e o mais caro dentre os componentes de um microcomputador, o microprocessador funciona como um cérebro, transferindo as informações nele processada para a memória, HD, placa de vídeo e rede, dentre outros componentes que são encaixadas nos slots (fendas) da placa mãe. O barramento é o que faz a comunicação entre o microprocessador e as outras placas. O microprocessador manipula dados de acordo com programas que estão na memória. Um programa poderá ordenar que dados sejam armazenados de volta na memória ou retornados ao usuário através de algum dispositivo de saída, como o vídeo ou a impressora.

Desde meados da década de 1970, os processadores e os co-processadores são fabricados em um único circuito integrado, recebendo assim o nome de microprocessador. Tendo um único chip, constituído por milhões de transistores, que são divididos por vários

grupos de componentes, citando entre eles a unidade de execução (onde as instruções realmente são executadas) e os caches.

Os microprocessadores são compostos por diversos componentes, dentre os mais importantes temos: o co-processador matemático, o cache de memória L1 e o cache de memória L2.

- **Co-processador matemático:** é um microprocessador dedicado a utilização de alguma tarefa específica, sendo o co-processador aritmético o mais utilizado, pois o processador não efetuava cálculos matemáticos muito complexos, o programa desmembrava a tarefa em várias instruções para que o processador pudesse entender;
- **Cache de memória L1:** tem a prioridade de armazenar dados e instruções, com isso, aumentando a velocidade de processamento. Chamada de nível 1 (level 1, L1);
- **Cache de memória L2:** fornece um caminho de dados mais rápido para o cache 1. O cache L2 é maior que o cache L1, podendo assim, armazenar mais informações.

O microprocessador ou CPU é composto por:

- **Unidade de Aritmética e Lógica (ULA):** onde realmente executa as operações aritméticas e lógicas entre dois números, é a unidade central do processador;
- **Unidade de Controle (UC):** unidade que armazena a posição de memória que contém a instrução que o computador está executando no momento. Informa a ULA o que precisa para executar. Transferindo o resultado de volta para o local apropriado de memória;
- **Memória Central (principal):** armazena os dados a fim de que os mesmos sejam processados.

Há também outros componentes que são ligados diretamente ao processador: o clock, os registradores e o contador de instrução.

2.1.1 Clock

“O clock fornece a sensibilidade de tempo para o processador, ou seja, ele fornece um sinal que é uma onda quadrada, por isso é freqüentemente chamado de oscilador. A cada nível alto dele, uma instrução no mínimo é executada, dependendo das características físicas do processador. Um ciclo de clock consiste na diferença de tempo entre dois níveis altos dessa onda do oscilador.” (OLIVEIRA & ANDRADE, 2010 p.28)

Torres (1998 p.15), “Normalmente, os leigos julgam que, quanto maior a freqüência de operação (ou seja, o clock), mais rápido será o computador. Sim e não.

Quando estamos nos referindo a um mesmo computador, a elevação de seu clock de 10 MHz para 20 MHz melhorará seu desempenho. Nesse caso, quanto maior a freqüência de operação, melhor o desempenho do computador.

Entretanto, se temos dois microcomputadores diferentes, um trabalhando com um clock de 10 MHz e outro operando com um clock de 20 MHz, não necessariamente o que está trabalhando sob 20 MHz, apresentará melhor desempenho.”

Torres (1998 p.16), “A única forma de compararmos microcomputadores diferentes é através de testes de desempenho, [...]”

O que determina se um processador é mais rápido que o outro é a velocidade de execução de instruções, geralmente medida por seu clock na unidade Mega Hertz (MHz) em processadores mais antigos ou em Giga Hertz (GHz) em processadores atuais.

- Lembrando:
- Mega é um prefixo de origem grega que dá a idéia de grande, aplicado às unidades, utiliza-se "mega" para representar um milhão. Giga são mil milhões;
- Hertz é uma unidade de periodicidade que corresponde a um ciclo por segundo algo como uma "instrução por segundo";

- Logo, 100 Hz possibilita 100 instruções/segundo. 100 MHz são 100 milhões de instruções por segundo. Mil megahertz (1000 MHz), equivale a um gigahertz (1 GHz) que, por sua vez, significa um bilhão de instruções por segundo.

2.1.2 Registradores

“São pequenas unidades de memória para alocação temporária de dados. Ou seja, trabalham diretamente com o processador, armazenando os resultados de suas operações lógicas e aritméticas temporariamente até que esse dado seja reutilizado em outra instrução ou transferido para outra forma de memória.” (OLIVEIRA & ANDRADE, 2010 p.29)

2.1.3 Contador de instrução

“É um registrador cuja função é armazenar o endereço da próxima instrução a ser executada. Quando esta instrução inicia a execução, o conteúdo desse registrador é logo atualizado para o endereço da próxima instrução a ser executada.” (OLIVEIRA & ANDRADE, 2010 p.29)

O processador tem as seguintes funções básicas:

- Buscar uma instrução na memória;
- Interpretar a operação à qual a instrução está se referindo;
- Buscar os possíveis dados necessários para a execução da operação (em memórias ou registros);

- Executar a operação com os dados e armazenar o resultado no lugar definido pela instrução;
- E reiniciar o processo, buscando uma nova instrução.

Esta seqüência de etapas é denominada como ciclo de instrução.

2.2 História do Processador

O primeiro processador ou microprocessador foi inventado em 1971 pela INTEL para atender a uma empresa japonesa que necessitava de um circuito integrado especial. Então, a INTEL projetou o 4004 que era um circuito integral programável que trabalhava com registradores de 4 bits, 46 instruções, clock de 740 KHz e possuía cerca de 2.300 transistores. A Intel ao verificar a utilidade desse invento prosseguiu desenvolvendo novos processadores, como: 8008 (o primeiro de 8 bits) e a seguir o 8080 e o 8085.

O 8080 foi um grande sucesso e conseqüentemente se tornou a base para os primeiros microcomputadores pessoais na década de 1970, nenhum fabricante chegou a ter tanto sucesso como a Intel, que sucessivamente acabou lançando melhorias na sua linha 80x86, surgindo assim por ordem cronológica o 8086, 8088, 80186, 80188, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro, Pentium MMX, Pentium II, Pentium III, Pentium IV, Pentium M, Pentium D, Pentium Dual Core, Pentium Core 2 Duo, Pentium Core 2 Quad, Pentium i3, Pentium i5 e Pentium i7. A AMD é uma grande concorrente da Intel e apareceu inicialmente como fabricante de processadores da linha X86 alternativa, mas com o passar do tempo, deixou de seguir a Intel para desenvolver sua própria linha de processadores: K6, Athlon, Duron, Turion, Sempron, Athlon 64, Phenom X4, Phenom X6, etc.

A evolução tecnológica envolvida é surpreendentemente imensa, de microprocessadores que trabalhavam com clock de dezenas de kHz e que podiam processar

alguns milhares de instruções por segundo, atingiu-se clocks na casa dos 4 GHz e poder de processamento de dezenas de bilhões de instruções por segundo.

É importante notar que quanto mais rápido for o processador, maior será a velocidade com que os dados serão trabalhados e as instruções serão executadas.

Todo processador deve ter um cooler acoplado, peça que lembra um ventilador. O cooler é responsável pela refrigeração do processador em níveis aceitáveis, pois quanto menor for a temperatura, maior será a vida útil do processador. Esta temperatura varia de acordo com o fabricante sendo considerado um valor bom entre 25°C à 35°C.

3 MATERIAL UTILIZADO NA FABRICAÇÃO DO PROCESSADOR

O silício é o principal material utilizado na fabricação de um microprocessador, é um material semicondutor de extrema abundância na Terra, sendo possível extraí-lo da areia, granito, argila, dentre outros, isso faz com que seja um elemento extremamente utilizado pela indústria eletrônica. Porém, na fabricação do microprocessador o silício não pode ser utilizado em sua forma sólida, tendo assim a necessidade de derretê-lo e filtrá-lo por diversas vezes.



Figura 2 - Silício na forma sólida.
Fonte: INTEL

3.1 Fabricação do processador

O processador é fabricado em modernos centros tecnológicos especializados, estes locais são sofisticados além de terem um valor de construção elevado, sendo assim, a existência de poucos no mundo. Os laboratórios das fábricas são locais extremamente limpos e protegidos, denominados como sala limpa, tanto que poucas pessoas que acompanham a produção utilizam roupas que lembram astronautas.

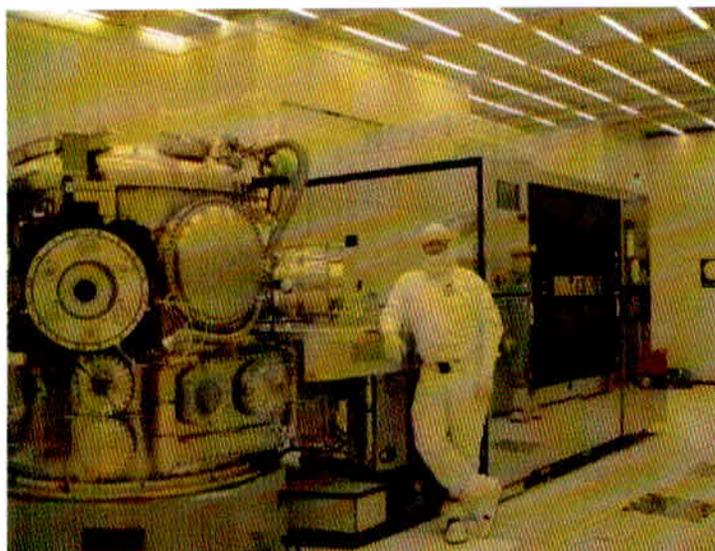


Figura 3 - Engenheiro utilizando traje igual de astronauta. Fonte: INTEL.

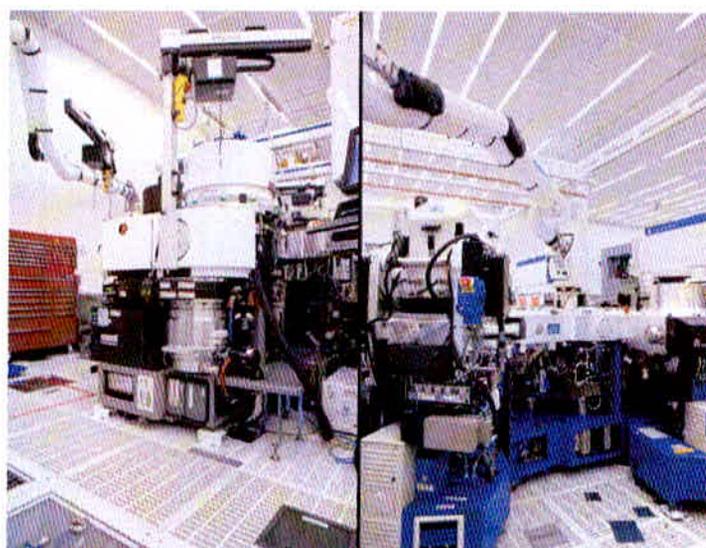


Figura 4 - Sala limpa. Fonte: INTEL.

As máquinas têm de estar perfeitamente ajustadas para seguir as instruções dos projetos dos chips que estão sendo fabricados.

3.1.1 Fabricação do wafer de silício

Uma determinada quantidade de cristal de silício é colocada em uma espécie de haste, depois é inserida em silício fundido, sendo submetido a uma pressão e a uma temperatura extremamente alta. A haste é então retirada e girada ao mesmo tempo, fazendo com que o material que se juntou a haste forme uma espécie de cilindro, também chamado de “ingot”.

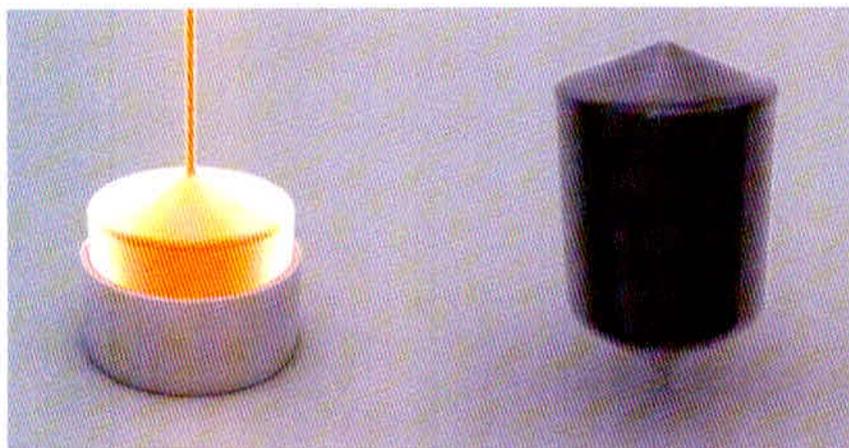


Figura 5 - À esquerda silício derretido e à direita bloco de cristal de silício.
Fonte: INTEL.

Apesar de ser um material extremamente barato, o silício por envolver toda uma tecnologia na produção do wafer, considera-o num dos materiais mais caros produzidos pelo homem.

O silício tem de ser quimicamente purificado com um percentual de 99,9999% de pureza, quando o material atinge a qualidade ideal ele é chamado de “Eletronic Grade Silicon” ou “Silício ao Grau Eletrônico”, caso haja alguma impureza isso ocasionará num chip defeituoso. O componente básico para o chip do microprocessador é o wafer de silício, obtido pela obtenção de silício junto com materiais que permitam a dopagem posterior.



Figura 6 - Cilindros de silício.
Fonte: MORIMOTO, 2009.

Inicialmente são fabricados cilindros de 20 a 30 centímetros de diâmetro que serão cortados em fatias extremamente finas, geralmente menores que 1 milímetro, estas fatias então são polidas e tratadas. Cada wafer de 30 centímetros chega a custar cerca de 20 mil dólares. Depois de terminado o ingot de silício, ele é fatiado, originando o wafer de silício.

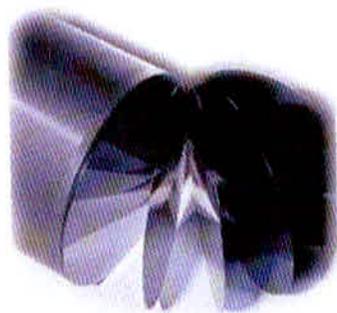


Figura 7 - Wafer de silício.
Fonte: MORIMOTO, 2009

Os wafers de silício podem ser qualificados como de alta ou baixa qualidade. Wafers de alta qualidade são extremamente raros e apropriados para a produção de processadores modernos. Wafers de baixa qualidade são utilizados na construção de circuitos rudimentares com milhares de transistores a menos, podendo ser obtidos de diferentes fabricantes a baixo custo.

Com cada wafer pode-se produzir vários processadores que são separados e encapsulados individualmente.

Cada wafer é polido até ficar perfeito, sem variações, manchas, diferenças de brilho ou qualquer irregularidade em sua composição. Em etapas posteriores, o wafer é dividido em vários quadradinhos “pastilhas”, que serão separados e formarão os processadores.



Figura 8 - Engenheiro segurando um wafer. Fonte: INTEL.

Como os wafers são redondos, o que sobra em sua borda será descartado, assim como qualquer outra unidade que apresentar defeito ou anormalidade. Então, o ideal seria fabricar um wafer quadrado, porém, devido o wafer ser fabricado na forma de cilindros como mostrado anteriormente em seu processo de fabricação, não há esta possibilidade.

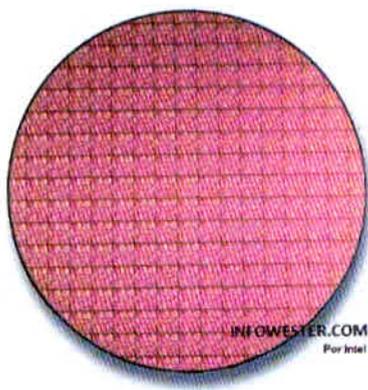


Figura 9 - Wafer de silício, desperdício das bordas. Fonte: INTEL.

Um processador com a frequência de 2.4 GHz e um de 2.93 GHz podem até terem sido fabricados na mesma linha de produção ou até no mesmo wafer, a única diferença é que o microprocessador de 2.93 GHz teve a “sorte” de sair mais perfeito, com isso, ele pode operar com frequências maiores. Isso pode acontecer, em virtude de pequenos desvios nas camadas, em pequenas diferenças na passagem de feixe de luz, entre outros. Por este motivo, os wafers passam por testes que apontam qual a frequência que cada chip

pode utilizar. Depois destes testes é que o wafer é cortado e os chips passam para o encapsulamento.

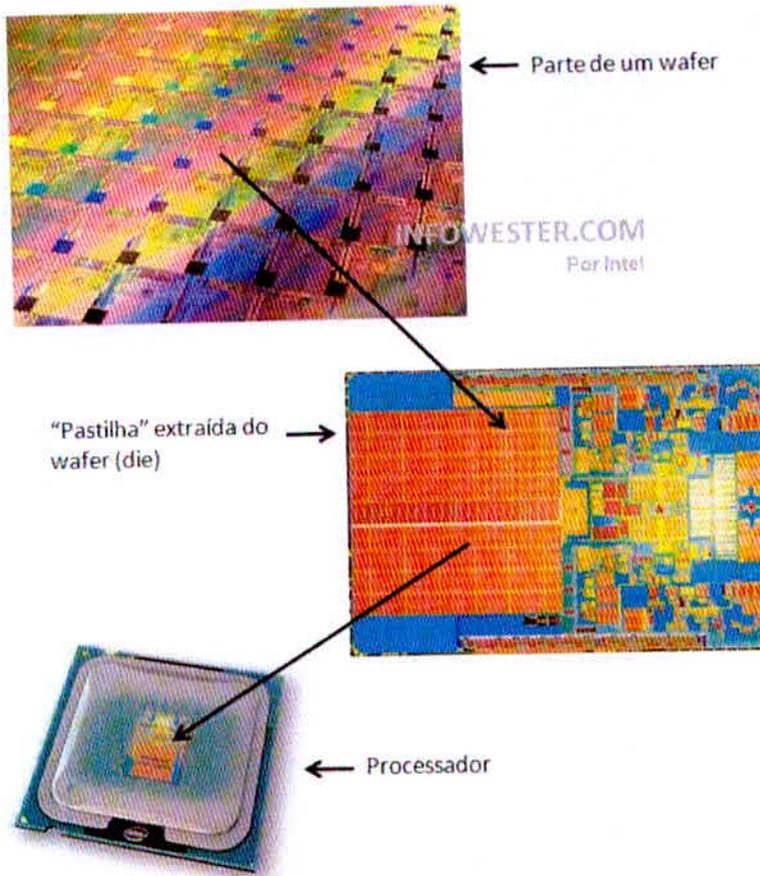


Figura 10 - Wafer, pastilha (die) e processador. Fonte: INTEL.

Com o avanço tecnológico, é possível construir pastilhas de silício com maior densidade e tamanho reduzido, isto é, maior concentração de transistores. Isso, devido à diminuição das trilhas que compõe a pastilha de silício, dada em micron (μm). Um micron equivale a 0,0001 centímetros.

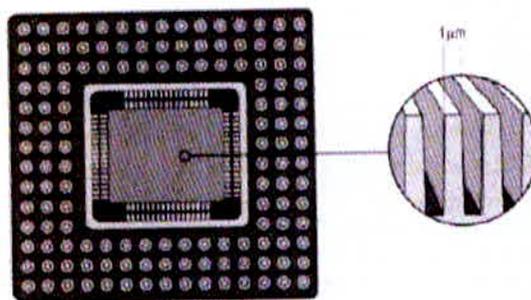


Figura 11 - Detalhe de uma trilha de pastilha de silício de um processador 386. Fonte: TORRES, 2001

Quanto menor for a distância das trilhas da pastilha de silício, menos corrente será necessária para deslocar os elétrons dentro das trilhas, significando:

- Que os elétrons cheguem ao seu destino num tempo menor;
- Frequência de operação maior (clock);
- Menor consumo de energia;
- Menor produção de calor;
- Menor tensão de alimentação (voltagem).

3.1.2 Fabricação do transistor

A fabricação de um processador é extremamente complexa, por isso não será possível mostrar todos os processos utilizados na fabricação do processador, podendo então mostrar a seqüência necessária na fabricação de um transistor.

Inicia-se pelo wafer de silício em seu estado original.

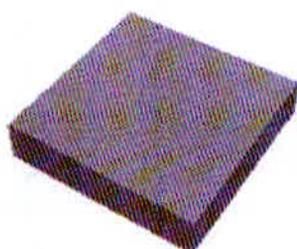


Figura 12 - Wafer de silício cortado
Fonte: MORIMOTO, 2010

A primeira etapa do processo tende em oxidar a parte superior através da exposição do wafer a gases corrosivos, entre estes o oxigênio, em altas temperaturas, para que a transforme em dióxido de silício, para que possa utilizar esta fina camada formada como base para a construção do transistor.



Figura 13. Fina camada de dióxido de silício. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Aplica-se então sobre a camada de dióxido de silício uma camada fina de um material fotossensível.

Com a utilização de uma máscara de litografia, joga-se uma luz ultravioleta em algumas áreas da superfície. A cada área do processador a máscara tem um padrão diferente. Esta técnica é conhecida como litografia óptica.

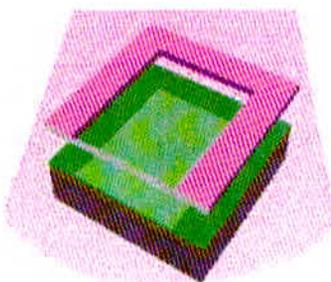


Figura 14 - Camada Fotossensível. Fonte: MORIMOTO, 2010.

A camada fotossensível é sólida, mas devido a aplicação da luz ultravioleta, isso faz com que a camada se torne gelatinosa e podendo ser facilmente removida. Então, as áreas moles da camada fotossensível são removidas por banho químico, deixando algumas áreas de dióxido de silício expostas e outras ainda cobertas pelo que restou da camada:

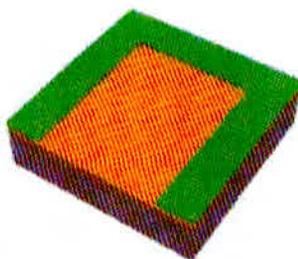


Figura 15 - Camada fotossensível após banho químico. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Então o wafer recebe outro banho químico com compostos diferentes, removendo as partes do dióxido de silício desprotegidas pela camada fotossensível, mantendo o restante intacto. Como há substâncias diferentes, pode-se eliminar uma camada por vez, possibilitando desenhar as estruturas necessárias para a produção do transistor. Em todo este processo foi fabricado um transistor de apenas quatro camadas, dependendo da densidade que o fabricante deseja alcançar utiliza-se mais de vinte camadas.

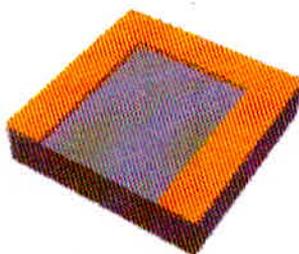


Figura 16 - Transistor simples.
Fonte: MORIMOTO, 2010.

Inicia-se então a segunda camada do transistor. O wafer recebe novamente o processo de oxidação, sendo coberto novamente por uma camada de dióxido de silício, porém desta vez bem mais fina do que a primeira, sendo mantido o desenho anterior.

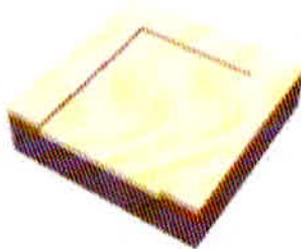


Figura 17 - Transistor após segunda
camada de dióxido de silício. Fonte:
MORIMOTO, 2010.

Aplica-se uma camada de cristal de silício na estrutura anterior e nesta camada uma nova camada de material fotossensível.

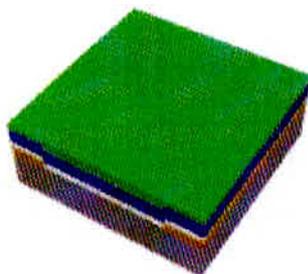


Figura 18 - Transistor após camada de cristal de silício e material fotossensível.
Fonte: MORIMOTO, 2010

O wafer então passa pelo processo de litografia, mas desta vez com uma máscara diferente da primeira.

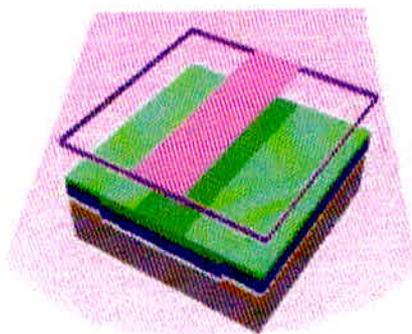


Figura 19 – Máscara para litografia.
Fonte: MORIMOTO, 2010.

O processo de fabricação das diferentes camadas do processador é baseado em repetir o processo básico, utilizando diferentes máscaras de litografia e banhos químicos.

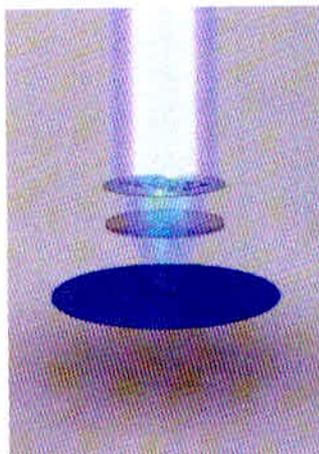


Figura 20 - Processo de litografia.
Fonte: INTEL.

Após a litografia, novamente é adicionado uma nova camada de material fotossensível que é exposto a luz ultravioleta. Deixando algumas partes da camada de cristal de silício e também de dióxido de silício, as quais serão removidas posteriormente.

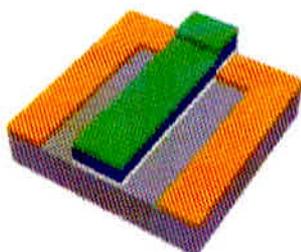


Figura 21 - Transistor após segunda remoção da camada de silício e dióxido de silício. Fonte: MORIMOTO, 2010.

De acordo com a etapa anterior, o restante da camada fotossensível também é removida, terminando assim a segunda camada do transistor.

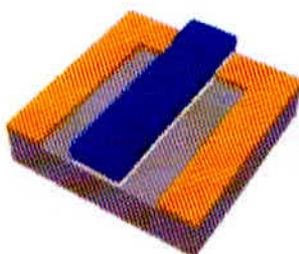


Figura 22 - Término da segunda camada do transistor. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Uma das principais etapas do processo de fabricação é a aplicação de impurezas, também chamadas de íons. Os íons aderem apenas à camada de silício que ficou exposta no processo anterior e não nas camadas de cristal e dióxido de silício e transformará partes do wafer de silício num material condutor.

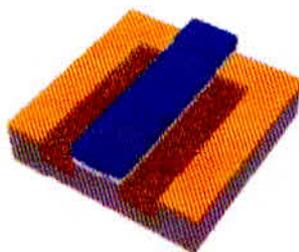


Figura 23 - Wafer de silício com impurezas. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Após a inclusão das impurezas, é adicionado ao wafer uma terceira camada composta por um diferente tipo de cristal de silício e novamente aplica-se a camada fotossensível no material.

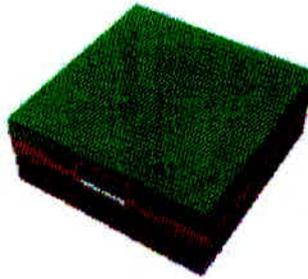


Figura 24 - Wafer após adição de diferente cristal de silício e camada fotossensível. Fonte: MORIMOTO, 2010.

O wafer passa novamente pelo processo de litografia utilizando uma máscara diferente das já utilizadas.



Figura 25 - Processo de litografia para terceira camada. Fonte: MORIMOTO, 2010.

As áreas do material fotossensível exposta a luz ultravioleta são removidas, expondo algumas partes das camadas inferiores, as quais serão removidas a seguir.



Figura 26 - Wafer após remoção do material fotossensível da terceira camada. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Nota-se que após a remoção do material temos pronta a terceira camada do transistor. Faltando apenas os filamentos condutores para completar a estrutura do transistor.

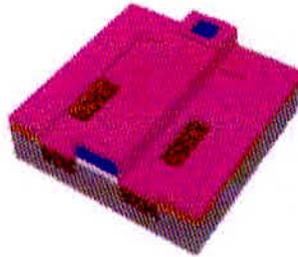


Figura 27 - Término da terceira camada do transistor. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Aplica-se sobre a estrutura anterior uma finíssima camada de metal sendo equivalente a apenas 6 átomos de espessura em processadores atuais, produzidos por uma técnica de produção de 0,13 micron.

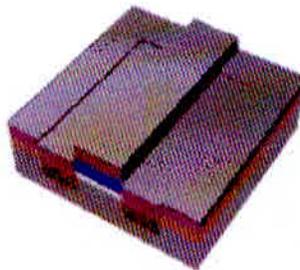


Figura 28 - Fina camada de metal acoplada no wafer. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Mais uma vez é realizada as etapas de aplicação da camada fotossensível, de litografia e de remoção das camadas com o intuito de remover as partes indesejadas da camada de metal, assim, dando origem ao transistor. Um transistor é composto basicamente por três filamentos: base, emissor e coletor. A base controla estado do transistor, o emissor é o pólo positivo e o coletor é o pólo negativo.

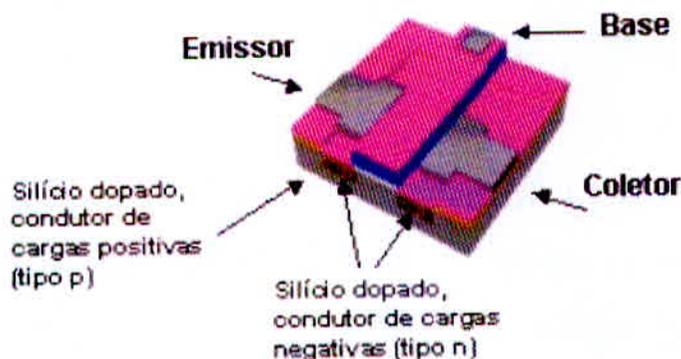


Figura 29 - Transistor. Fonte: MORIMOTO, 2010.

Os transistores são minúsculos componentes capazes de amplificar ou chavear sinais elétricos. A quantidade de camadas varia de acordo com o projeto do processador, mais camadas permitem melhor comunicação entre diferentes componentes do processador, mas por outro lado, encarecem a produção e aumentam o índice de defeitos.

Um único processador pode conter mais de milhões de transistores, como por exemplo, os primeiros processadores da linha Intel Core 2 Duo possuem cerca de 291 milhões de transistores em um único chip. Estes transistores são divididos e organizados em agrupamentos, onde cada um destes agrupamentos será responsável por uma função.

3.1.3 Encapsulamento

Os processadores depois de testados individualmente por um processo automático finalmente são encapsulados.

O encapsulamento do processador é realizado com o intuito de proteger a pastilha de silício, além de facilitar o manuseio e a instalação. O formato do encapsulamento varia de acordo com o processador.

Os encapsulamentos geralmente utilizados é o PGA (Pin Grid Array – Conjunto de Rede de Pinos), FC-PGA e o Spreader.

- PGA – Pin Grid Array : bastante utilizado por processadores, se trata de um circuito integrado quadrado com seus terminais saindo por baixo, para que seja encaixado no

soquete da placa mãe. É um encapsulamento que tem diversas variações, de acordo com o material a ser utilizado. Quando este é cerâmico chama-se CPGA e quando é plástico chama-se PPGA.

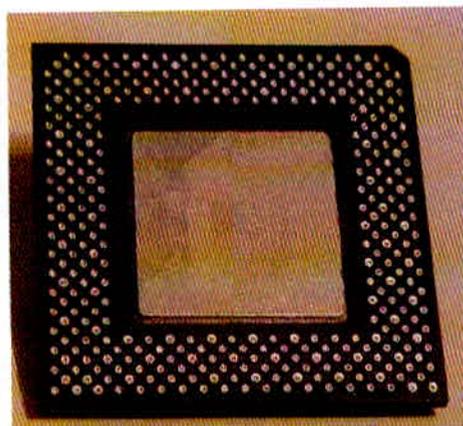


Figura 30 - Encapsulamento PPGA. Fonte: AMD

- FC-PGA: é a forma abreviada de "flip chip pin grid array". Esses chips são virados para baixo de modo que a matriz ou a parte do processador que forma o chip do computador fique exposta na parte superior do processador. O chip exposto permite que a solução térmica possa ser aplicada diretamente a ela, o que acrescenta maior eficiência no resfriamento do chip. Para aperfeiçoar o desempenho do encapsulamento pelo desacoplamento dos sinais de terra e alimentação, há resistores e capacitores separados na base do processador, centro do processador. Os pinos na base do chip são dispostos em ziguezague. Utilizados em processadores Athlons, Durons e Semprons antigos.



Figura 31 - Encapsulamento FC-PGA.
Fonte: INTEL.

- Spreader: é o mais utilizado atualmente. Neste tipo de encapsulamento é adicionado uma proteção de metal sobre o die (pastilha) do processador.

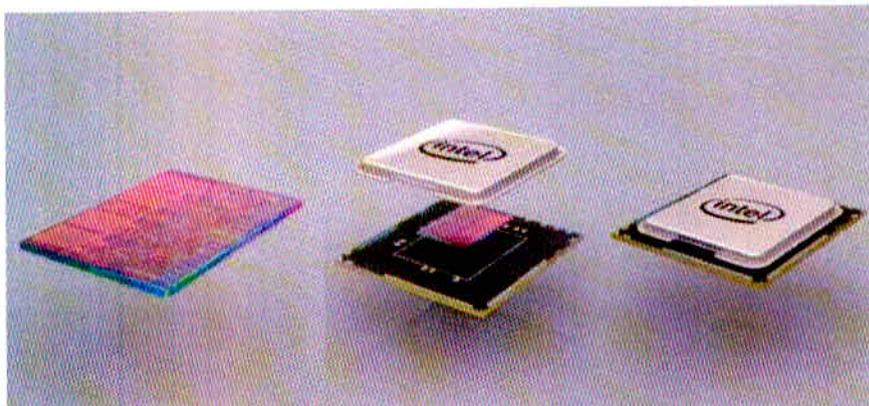


Figura 32 - Encapsulamento Spreader. Fonte: INTEL.

3.2 Principais empresas fabricantes de processadores

Como visto anteriormente, o processo de fabricação do processador é muito complexo e exige cuidados extremos com sua matéria-prima, devido a isso, existem poucas empresas que trabalham neste ramo.

A AMD e a INTEL são as principais empresas de fabricação de processadores, conhecidas mundialmente por seus excelentes produtos.

3.2.1 AMD (Advanced Micro Devices)

A AMD é uma empresa americana fabricante de circuitos integrados que concorre diretamente com a Intel na fabricação de processadores. Seu produto mais famoso na década de 1990 foi o processador Athlon, que eram utilizados em computadores pessoais.

Tornou-se conhecida por seus processadores X86 e X86-64, K5, K6-II, K6-III, Athlon, Duron, Sempron, Athlon 64, Opteron (para servidores), Turion 64 (para notebooks) e Phenom. Alguns de seus produtos também são utilizados pela Apple.

3.2.1.1 História da AMD

A AMD começou a produção de circuitos lógicos em 1969, mas ingressou no mercado de circuitos integrados para memórias RAM apenas em 1975. Foi neste mesmo ano que foi criado um clone do processador Intel 8080, utilizando de engenharia reversa para tal, além de produzir outros tipos de circuitos integrados para uso em microcomputadores de arquiteturas variadas.

A AMD focou em processadores de arquitetura X86 e memórias flash, colocando AMD e Intel em concorrência direta. Lançou em 2004 e 2005 os processadores 64 bits.

Em 2006 a AMD comprou a ATI Technologies, uma das maiores fabricantes de placas gráficas do mundo, em um investimento calculado em 5,4 bilhões de dólares.

3.2.2 Intel Corporation

Empresa de origem americana fabricante de circuitos integrados, especialmente processadores, além de fabricar chips para placas mãe. Foi fundada por Gordon E. Moore (químico e físico) e Roberty Noyce (físico e co-inventor do circuito integrado) em 1968. No Brasil é cadastrada como Intel Semicondutores do Brasil tendo sua sede em São Paulo.

3.2.2.1 História da Intel

O primeiro produto da empresa foi o circuito integrado de memória RAM (random access memory), se tornando líder neste mercado no ano de 1970. Paralelamente, os engenheiros da Intel, Marcian Hoff, Federico Faggin, Stanley Mazor e Masatoshi Shima inventaram o primeiro processador, este, criado para a companhia japonesa Busicom.

A Intel lançou alguns modelos de processadores, como: 8086, 80386, 80486 e 80586. Este último modelo citado foi o que acabou criando a marca registrada Pentium.

Durante o ano de 1990, os Laboratórios da Arquitetura Intel eram responsáveis por muitas das inovações da estrutura do computador pessoal, como o barramento PCI, PCI-Express e Serial Universal (conhecido como USB).

4 COMPARATIVO DE DESEMPENHO ENTRE PROCESSADORES

Para averiguar qual fabricante de processadores tem um produto de melhor qualidade, foi realizado um comparativo entre um processador da AMD do modelo Phenom II X6 1090T e um da INTEL do modelo Core i5-750.

Abaixo estão as configurações dos processadores a serem comparados:

Tabela 1 - Configurações dos processadores

Processador	Núcleos	Clock Interno	Clock Turbo	Clock Base	Núcleo	Tecnologia	TDP	Soquete	Preço
Core i5-750	4	2,66 GHz	3,20 GHz	133 MHz	Lynnfield	45 nm	95 W	1156	US\$ 196
Phenom II X6 1090T	6	3,2 GHz	3,6 GHz	200 MHz	Thuban	45 nm	125 W	AM3	US\$ 295

Fonte: www.clubedohardware.com.br

Tabela 2 - Outras configurações dos processadores

Processador	Cache L1	Cache L2	Cache L3	Suporte à Memória	Canais Memória
Core i5-750	32 KB + 32 KB por núcleo	256 KB por núcleo	8 MB total	DDR3 até 1333 MHz	Dois
Phenom II X6 1090T	64 KB + 64 KB por núcleo	512 KB por núcleo	6 MB total	DDR3 até 1333 MHz	Dois

Fonte: www.clubedohardware.com.br

TDP significa Thermal Design Power e indica a dissipação térmica do processador, fazendo com que o cooler seja capaz de dissipar pelo menos essa quantidade de calor.

Adotei o preço em dólar, devido ao mercado negro, que afeta na conversão do preço para a moeda brasileira, havendo então preços às vezes muito distintos do valor real do produto.

4.1 Materiais utilizados na realização dos testes

Para que os processadores fossem testados, foram utilizados alguns materiais ao qual fizessem que os mesmos funcionassem. Então, na execução deste teste utilizamos as seguintes configurações:

4.1.1 Configuração de Hardware (Equipamento)

- Placa-mãe (soquete 1156): MSI P55-GD85 (BIOS 1.10)
- Placa-mãe (soquete AM3): ASUS Crosshair IV Formula (BIOS 0505)
- Cooler (soquete 1156): Padrão INTEL
- Cooler (soquete AM3): Padrão da AMD
- Memória (soquetes 1156 e AM3): Dois módulos Crucial CT12864BA1339 de 1 GB (DDR3-1333/PC3-10600, CL9, 1.5 V), configurados a 1333 MHz

- Disco rígido: Western Digital Black Caviar 1 TB (WD1001FALS, SATA-300, 7.200 rpm, 32 MB Buffer)
- Placa de vídeo: EVGA GeForce GTX 285 FTW
- Monitor de vídeo: Samsung Syncmaster 305T
- Fonte de alimentação: Silverstone Element ST75EF
- Unidade óptica: Lite-On LH-20A1L.

4.1.2 Configuração do sistema operacional

- Windows 7 Ultimate 64 bits
- Resolução de vídeo: 2560x1600 60Hz

4.1.3 Versão dos Drivers

- Versão do driver de vídeo NVIDIA: 195.62
- Versão do driver do chipset INTEL Inf: 9.1.1.1019
- Versão do driver do chipset da AMD: 3.0.762.0

4.1.4 Programas utilizados

- PCMark Vantage Professional 1.0.2
- VirtualDub 1.9.5 + MPEG-2 Plugin 3.1 + DivX 6.8.5
- Adobe Photoshop CS4 Extended + GamingHeaven Photoshop Benchmark V3
- Adobe After Effects CS4

- WinRAR 3.92
- Cinebench 11.5
- Call of Duth 4 – Patch 1.7
- Fallout 3 – Patch 1.7
- Crysis Warhead – Patch 1.1 + HOC Bench Crysis Warhead Benchmark Tool 1.1.1
- Far Cry 2 – Patch 1.03

4.1.5 Margem de Erro

Foi adotada uma margem de erro de 3%. Então, diferenças de desempenho inferiores a 3% é desprezada, considerando-os como de desempenho similares.

4.2 Resultados dos testes

Foram elaboradas planilhas a fim de melhor visualização da diferença do desempenho dos processadores, em diferentes etapas do PCMark Vantage e dos demais programas e jogos utilizados no comparativo.

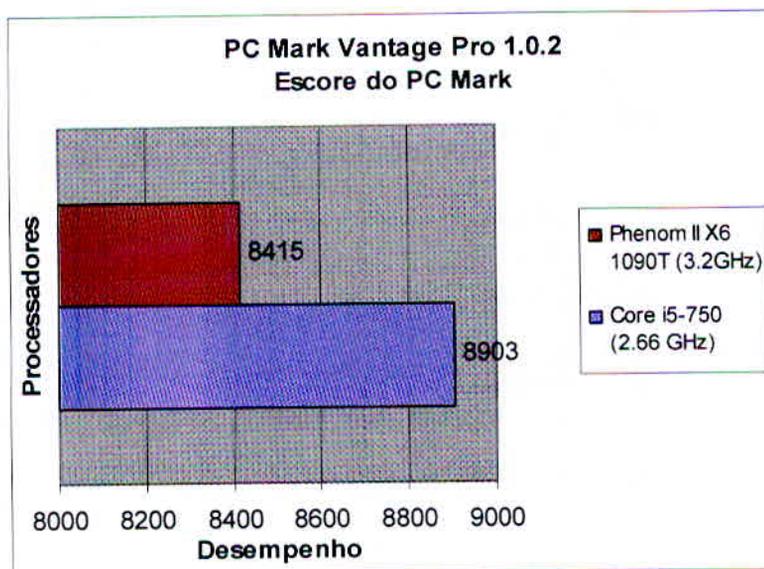
4.2.1 Escore PCMark Vantage

Para a realização deste comparativo, fez-se necessário a utilização do programa PCMark Vantage, que tem como função, simular o uso de aplicativos do mundo real e apresentar resultados para as seguintes categorias: PCMark, memórias, TV e filmes, jogos,

música, comunicação, produtividade e disco rígido. Os dados obtidos tem uma pontuação do próprio sistema do programa PCMark, medindo assim seu desempenho.

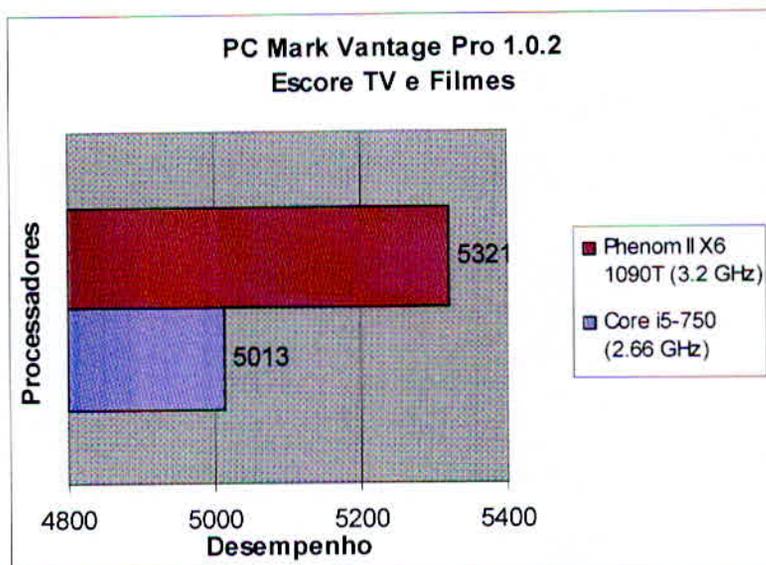
Com a utilização do programa PCMark, conseguiu-se os seguinte resultados:

Gráfico 1 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 **escore do PCMark**



Na bateria Escore do PCMark, o processador Core i5-750 foi aproximadamente 5,5% mais eficiente que o Phenom II X6 1090T.

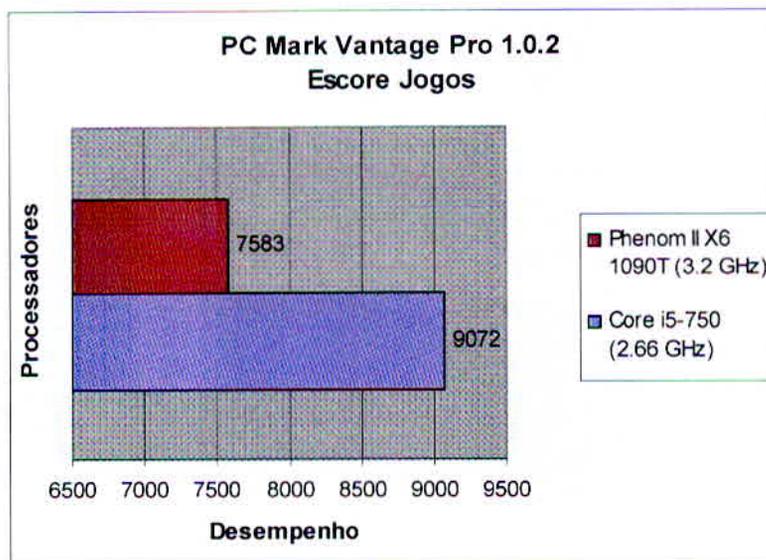
Gráfico 2 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore TV e Filmes



Fonte: O autor.

Na bateria Escore TV e Filmes, o processador Phenom II X6 1090T apresentou uma eficiência de aproximadamente 5,8% a mais do que o Core i5-750.

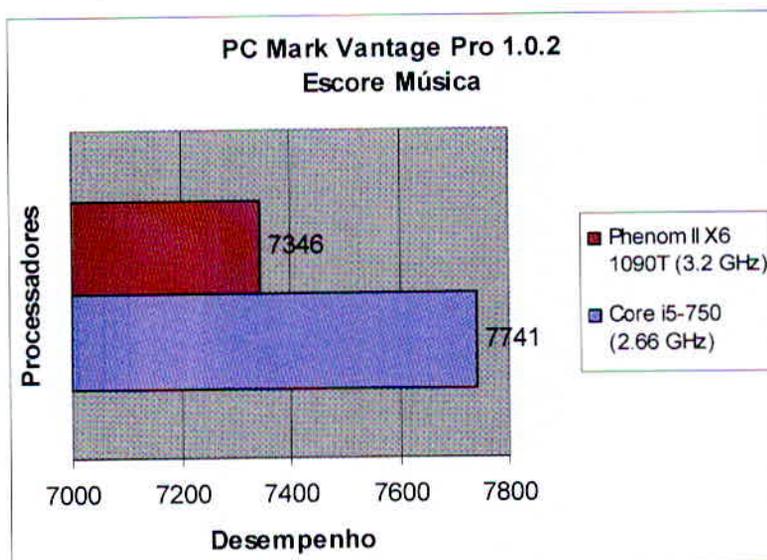
Gráfico 3 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Jogos



Fonte: O autor.

Na bateria Jogos, o processador Core i5-750 obteve uma eficiência de 16,4% a mais do que o Phenom II X6 1090T.

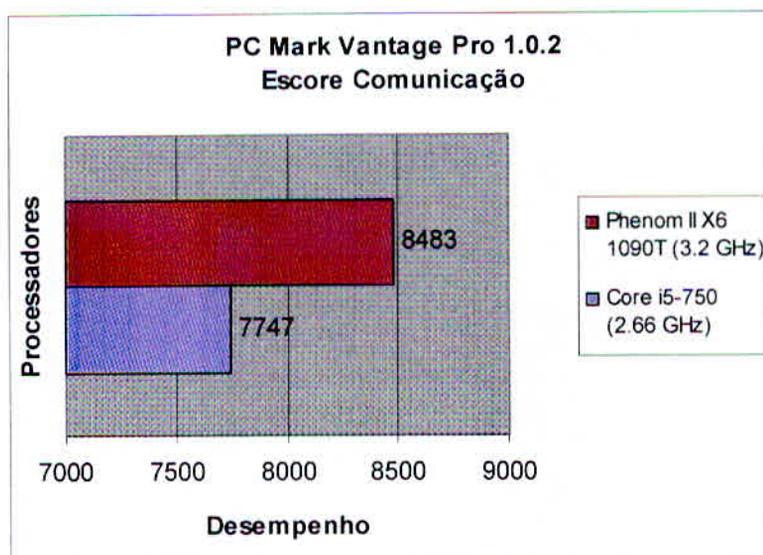
Gráfico 4 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Música



Fonte: O autor.

Na bateria Música, o processador Core i5-750 obteve uma eficiência de 5% a mais em relação ao Phenom II X6 1090T.

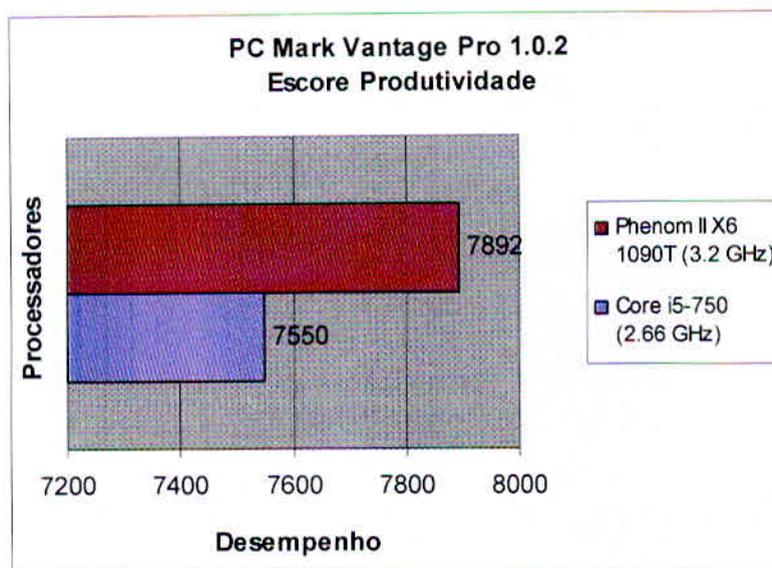
Gráfico 5 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Comunicação



Fonte: O autor.

Na bateria Comunicação, o processador Phenom II X6 1090T obteve aproximadamente 8,7% de eficiência a mais que o Core i5-750.

Gráfico 6 – Desempenho dos processadores no PCMark Vantage Pro 1.0.2 escore Produtividade



Fonte: O autor.

Na bateria Produtividade, o processador Phenom II X6 1090T obteve aproximadamente 4,5% de eficiência a mais que o Core i5-750.

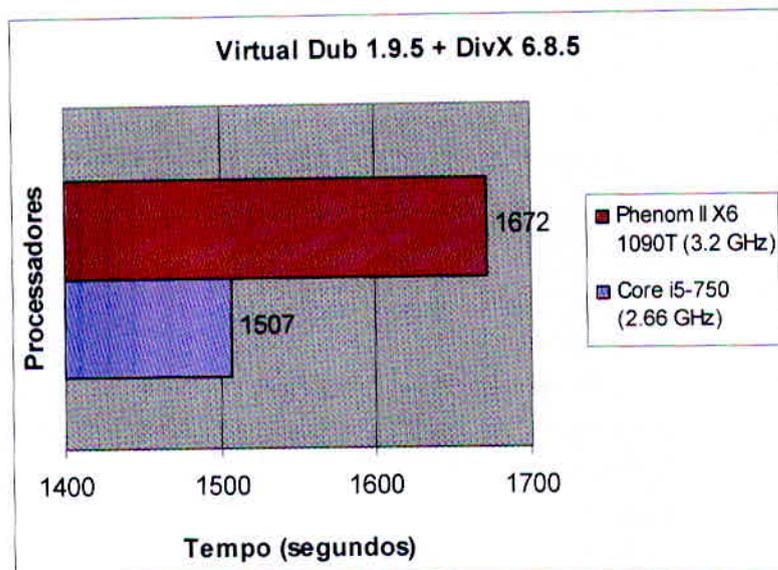
4.2.2 VirtualDub + DivX

O VirtualDub é um programa utilizado na conversão de um filme completo em DVD para o formato DivX. Com isso pode-se verificar quanto tempo cada processador demoraria ao executar esta tarefa. O filme escolhido para conversão foi “Jornada nas Estrelas – O Filme”.

O filme foi copiado para o disco rígido sem compactação, tendo o arquivo um total de 6,79 GB. Após compactação com o DivX o arquivo tinha apenas 767,4 MB.

Os resultados obtidos são dados em segundos, então quanto menor o valor, melhor será o desempenho apresentado.

Gráfico 7 – Desempenho dos processadores no VirtualDub 1.9.5 + DivX 6.8.5



Fonte: O autor.

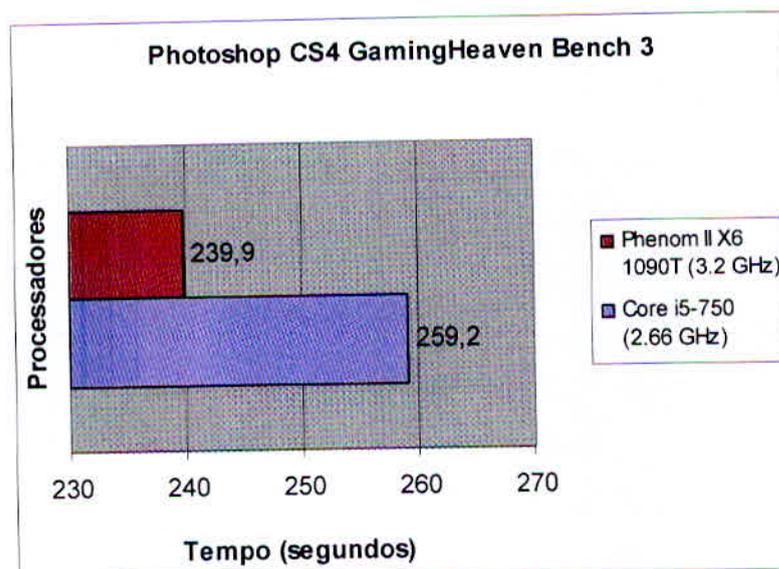
Ao utilizar o programa VirtualDub + DivX o processador Core i5-750 foi aproximadamente 10% mais rápido que o Phenom X6 II 1090T.

4.2.3 Photoshop CS4

O Photoshop CS4 é um programa de edição de fotos, figuras e imagens. Consiste na execução de 15 filtros em uma imagem. Após a obtenção dos resultados de quanto tempo foi utilizado em cada um dos 15 filtros, foram somados todos os resultados a fim de obter o tempo total gasto para executar os 15 filtros.

Os resultados obtidos são dados em segundos, sendo assim, quanto menor o valor obtido, melhor será o desempenho apresentado.

Gráfico 8 – Desempenho dos processadores no Photoshop CS4



Fonte: O autor.

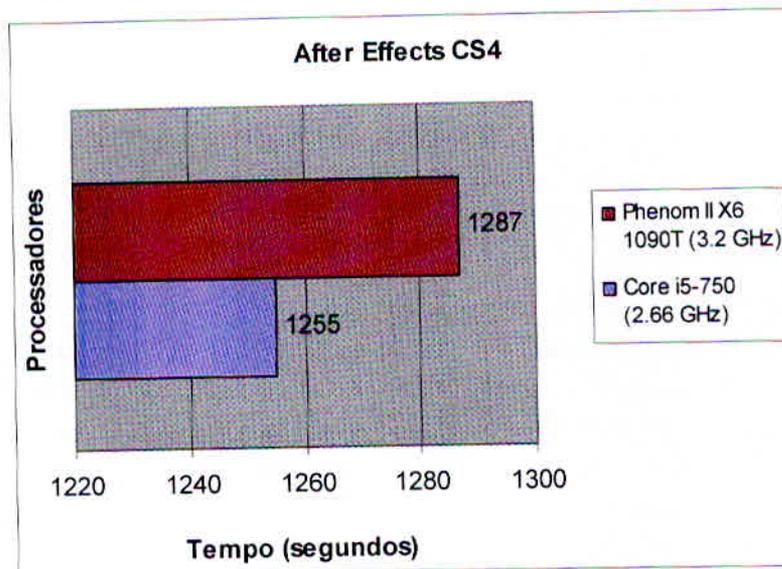
Ao utilizar o programa Photoshop CS4 GamingHeaven Bench 3 o processador Phenom II X6 1090T foi aproximadamente 7,5% mais rápido que o Core i5-750.

4.2.4 After Effects CS4

É um programa utilizado para pós-produção de vídeos, podendo adicionar animações e efeitos visuais aos vídeos. Para avaliar o desempenho dos processadores, foi executado uma carga de trabalho de 25 composições que aplicava vários filtros e efeitos em uma variedade de tipos de arquivos de entrada.

Os resultados obtidos correspondem ao tempo que cada processador demorou para finalizar o lote, adotando o tempo em segundos, sendo assim, quanto menor o valor obtido, melhor será o desempenho apresentado.

Gráfico 9 – Desempenho dos processadores no After Effects CS4



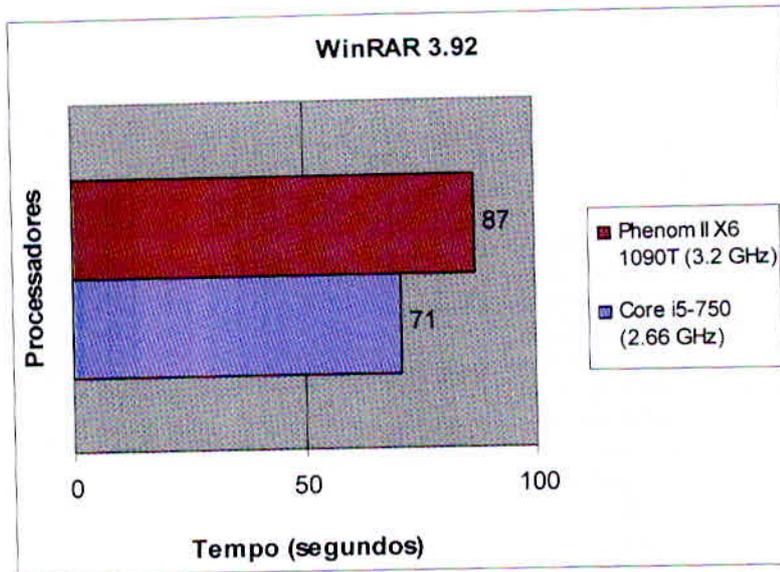
Fonte: O autor.

Ao utilizar o programa After Effects CS4 o processador Core i5-750 foi aproximadamente 2,5% mais rápido que o Phenom II X6 1090T. Como a diferença é menor que 3%, são considerados como processadores de desempenhos similares.

4.2.5 WinRAR

Programa utilizado na compactação de arquivos. Foi cronometrado o tempo que os processadores levaram para compactar cinco imagens de alta resolução para cerca de 70 MB cada no formato RAR. Os resultados obtidos estão em segundos, então, quanto menor o valor, melhor.

Gráfico 10 – Desempenho dos processadores no WinRAR 3.92



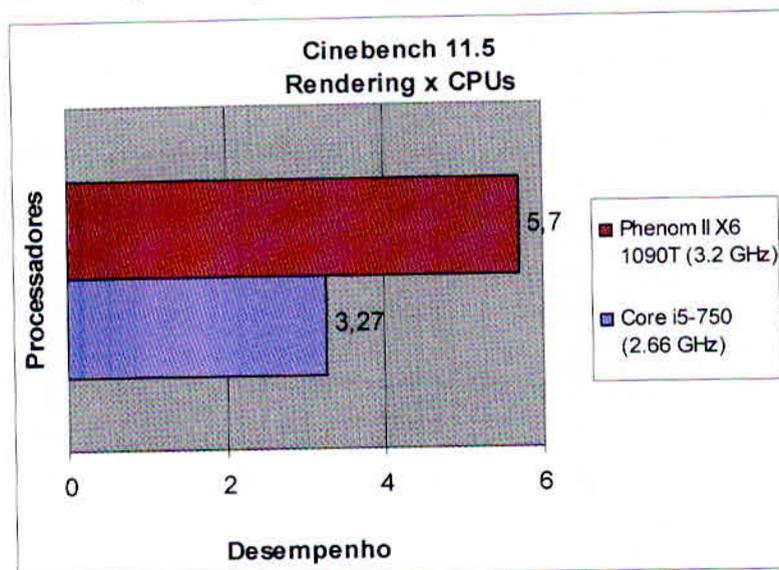
Fonte: O autor.

Ao utilizar o programa WinRAR 3.92 o processador Core i5-750 foi aproximadamente 18,4% mais rápido que o Phenom II X6 1090T.

4.2.6 Cinebench 11.5

Baseado em um programa 3D e cinema 4D, muito útil para medir o ganho de desempenho quando há mais de um processador instalado no micro para a renderização de imagens 3D pesadas. Renderização é uma área que se beneficia do multiprocessamento simétrico (mais de um processador ou núcleo instalado na máquina). O Cinebench reconhece até 16 processadores. Foi medido o desempenho de renderização e comparados os resultados da opção “Rendering x CPU’s”, já que o programa utiliza todos os processadores ou núcleos.

Gráfico 11 – Desempenho dos processadores no Cinebench 11.5 (Rendering X CPU's)



Fonte: O autor.

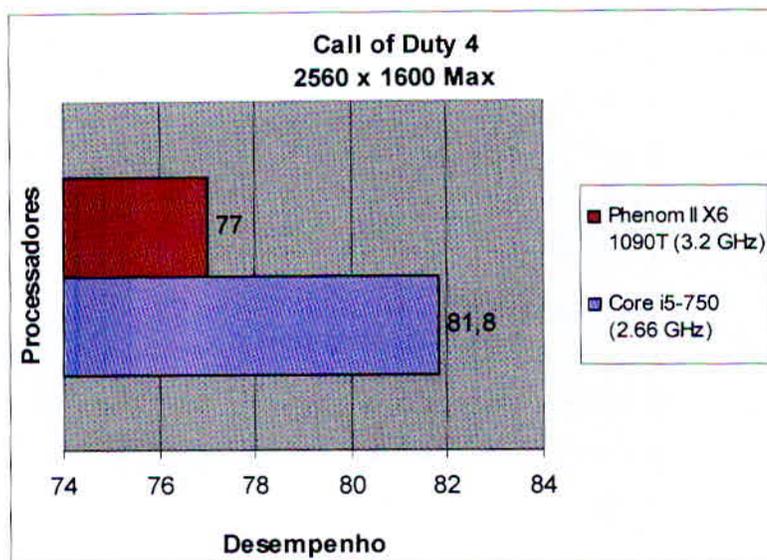
Ao utilizar o Cinebench 11.5 - Rendering x CPU's o processador Phenom II X6 1090T apresentou uma eficiência de aproximadamente 43% a mais que o apresentado pelo Core i5-750.

4.2.7 Call Of Duty 4

É um jogo DirectX 9 que implementará alta faixa dinâmica e tem seu próprio motor de cálculos físicos, utilizado para calcular como os objetos interagem, trazendo uma experiência mais realista ao usuário.

O teste com o jogo foi com a resolução de 2560x1600, o jogo foi ajustado para funcionar na sua máxima qualidade de imagem. Foi utilizado o teste de desempenho interno do jogo. Este teste foi executado cinco vezes, assim, descartados o maior e o menor resultado obtido, efetuou-se uma média aritmética entre os três resultados restantes, dados em quadros por segundos (FPS).

Gráfico 12 – Desempenho dos processadores no Call of Duty 4



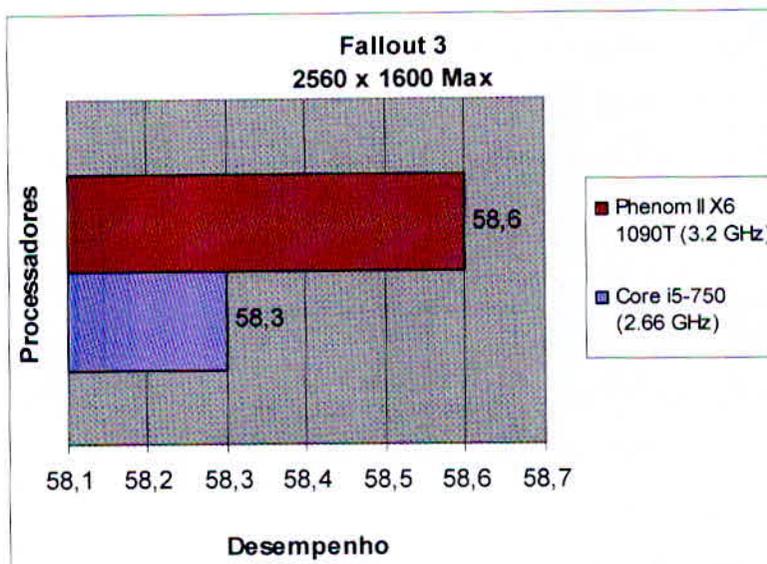
Fonte: O autor.

Ao utilizar o jogo Call of Duty 4 o processador Core i5-750 demonstrou-se ser aproximadamente 6% mais eficiente do que o Phenom II X6 1090T.

4.2.8 Fallout 3

É um jogo DirectX 9 que também abrange um motor de cálculo físico, foi configurado para resolução máxima de 2560x1600. Para medir o desempenho dos processadores, executou-se uma cena onde são utilizados efeitos de pós-processamento e terminando com uma explosão.

Gráfico 13 – Desempenho dos processadores no Fallout 3

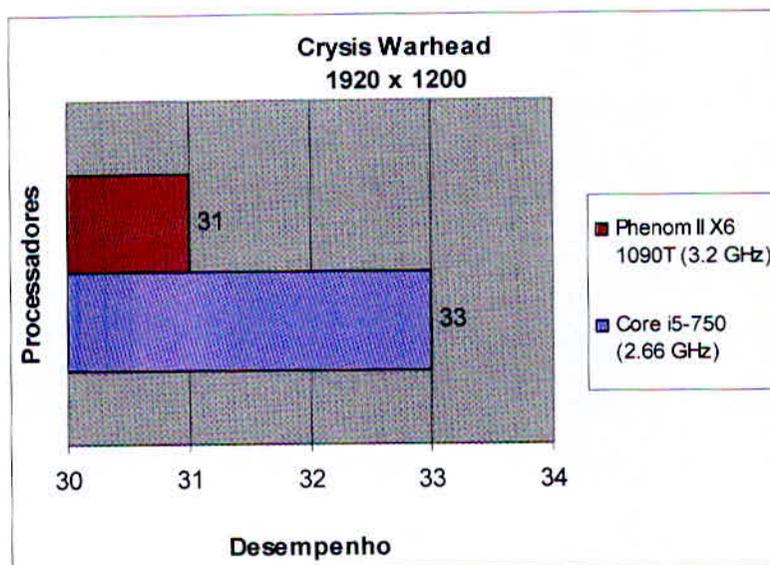


Fonte: O autor.

Ao utilizar o jogo Fallout 3 em sua configuração máxima, o desempenho de ambos os processadores foram próximos, podendo assim considerá-los como de desempenhos similares para esta aplicação.

4.2.9 Crysis Warhead

É um jogo de DirectX 10, o qual foi configurado para a resolução de 1920x1200, definindo a configuração de imagem para high (alta). Os resultados obtidos são valores em quadros por segundo.

Gráfico 14 – Desempenho dos processadores no Crysis Warhead

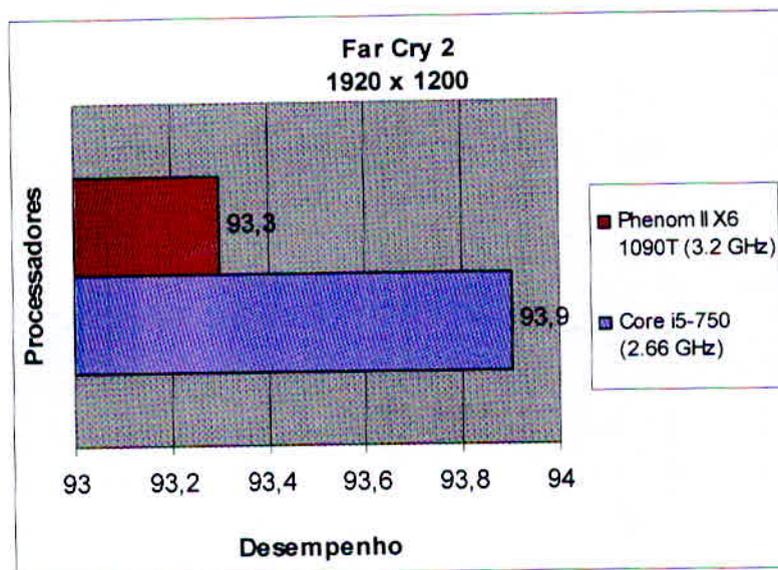
Fonte: O autor.

O processador Core i5-750 apresentou um desempenho melhor do que o Phenom II X6 1090T de aproximadamente 6% no jogo Crysis Warhead.

4.2.10 Far Cry 2

É um jogo baseado no DirectX10, a qualidade de imagem adotada foi a máxima com uma resolução de 1920x1200. Os resultados obtidos são em quadros por segundo (FPS).

Gráfico 15 – Desempenho dos processadores no Far Cry 2



Fonte: O autor.

O nível de desempenho obtido no jogo Far Cry 2 foi de menos de 3% de diferença, assim, considerando os processadores em questão como similares neste jogo.

CONCLUSÃO

Com o a evolução da tecnologia o processador e co-processador tornaram-se um só, fazendo com que o processador efetuasse também as funções aritméticas, das quais não era capaz de realizar.

O silício é o material de extrema importância na fabricação do processador, tendo de passar por processos químicos, a fim de adquirir um percentual de pureza de 99,99%, pois qualquer impureza encontrada neste material fará com que torne inapropriada sua utilização.

Um wafer de silício pode conter processadores de diferentes frequências, depende se o wafer em sua fabricação obteve uma qualidade perfeita em todos os pontos, caso haja algum ponto em que tenha ocorrido algum erro de fabricação ou alguma impureza, isso fará com que o wafer gere processadores de qualidades distintas.

O processador Core i5-750 é 33% mais barato que o processador Phenom II X6 1090T. Em várias aplicações o processador de quatro núcleos Core i5-750 foi mais rápido que o processador de seis núcleos Phenom II X6 1090T (no escore geral, jogos e música do PCMark, no VirtualDub, no WinRAR e em alguns jogos), empataram em algumas aplicações (alguns jogos e no After Effects CS4) e o Phenom II X6 1090T foi superior em algumas aplicações (escore de TV e filmes, comunicação e produtividade do PCMark e no Photoshop CS4), porém quando o Phenom II X6 1090T foi mais rápido, demonstrou uma eficiência superior ao Core i5-750 de 5% à 10%, não justificando assim, o preço adicional.

No entanto ao utilizar o programa Cinebench o processador Phenom II X6 1090T obteve uma eficiência superior ao Core i5-750 de 43%. Portanto o procesador AMD Phenom pode ser uma excelente opção para atuar na área de modelagem e renderização 3D.

Então, para o usuário comum é aconselhável adquirir o Core i5-750, pois, além de ser um processador mais barato e econômico, por atuar com uma frequência menor, este processador não tem uma perda considerável de eficiência em relação ao processador Phenom II X6 1090T.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTEL – Integrated Electronics, Disponível em: www.intel.com.br - Acesso em: 28 de agosto de 2010.
2. AMD – Advanced Micro Devices, Disponível em: www.amd.com.br - Acesso em: 28 de agosto de 2010.
3. TORRES, Gabriel. **Hardware Curso Completo**. 2ª Edição. Ed. Axcel Books do Brasil Editora, 1998. Págs (7 à 9, 27 à 30).
4. TORRES, Gabriel. **Hardware Curso Completo**. 3ª Edição. Ed. Axcel Books do Brasil Editora, 1999. Págs (7 à 9, 16, 28 à 34).
5. TORRES, Gabriel. **Hardware Curso Completo**. 4ª Edição. Ed. Axcel Books do Brasil Editora, 2001. Págs (17 à 27, 50, 52, 53, 392 à 401).
6. OLIVEIRA & ANDRADE. **Sistemas Embarcados: Hardware e Firmware na Prática**. 2ª edição. Ed. Erica, 2010. Págs (28, 29 e 34).
7. CLUBE DO HARDWARE, Disponível em: www.clubedohardware.com.br - Acesso em: 26 de junho de 2010.
8. ALECRIM, Emerson. **Processadores - Parte 2: Fabricação, miniaturização e encapsulamento**. Disponível em: www.infowester.com/processadores2.php - Acesso em: 15 de maio de 2010.
9. MORIMOTO, Carlos. **Hardware, o guia definitivo**. 1ª Edição. GDH Press e Sul Editores, 2007.
10. MORIMOTO, Carlos. **Hardware, o guia definitivo**. 2ª Edição. GDH Press e Sul Editores, 2010. Págs (27, 43 à 49, 60).