

Instituto Paulista de Ensino e Pesquisa  
Curso Pós Graduação em Gestão e Desenvolvimento de  
Sistemas

**GLADYS ZAMPIERI LATORRE**

**A Evolução dos Processadores**

**CAPINAS**

**2005**

**GLADYS ZAMPIERI LATORRE**

## **A Evolução dos Processadores**

Monografia apresentada à Faculdade de Pós Graduação IPEP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de pós graduando em Gestão e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador:

Profa. Fernanda Machado Freitas

**CAMPINAS**

**2005**

## **A Evolução dos Processadores**

Monografia apresentada à Faculdade de Pós Graduação IPEP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Pós Graduando em Gestão e Desenvolvimento de Sistemas.

Data da aprovação: \_\_\_\_/ \_\_\_\_/ \_\_\_\_

Nota:

\_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Prof.

\_\_\_\_\_  
Profa. Ms Fernanda Machado Freitas

Dedico,  
aos meus filhos Aramis e Arthur por  
terem aceito se privar de minha  
companhia pelos estudos, concedendo  
a mim a oportunidade de me realizar  
ainda mais.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, que permite sempre que minha vida seja repleta de momentos de aprendizado.

A professora Fernanda que através de sua competência, organização e dedicação me orientou durante a elaboração desta pesquisa.

Aos professores em geral que nos mostraram a importância dos gestores nos dias atuais, sua influência no ambiente de trabalho, no meio social.

Aos meus filhos que souberam conviver com minha ausência e sempre me apoiaram nos momentos em que o cansaço falava mais alto.

LATORRE, Gladys Zampieri. **A Evolução dos Processadores**. Campinas, 2005. p 58. Monografia (Graduação) – IPEP Campinas.

## RESUMO

Esta pesquisa trata da evolução dos processadores, desde as primeiras máquinas mecânicas que utilizavam válvulas, passando pelos primeiros processadores, simples, mas uma grande evolução para a época, pelos processadores responsáveis pela difusão de micros pessoais e a sua grande utilização na indústria, até processadores atuais que utilizam átomos ao invés de circuitos construídos com silício.

O avanço vertiginoso deste e de outros componentes dos computadores permitido principalmente pela miniaturização, colocou os processadores no topo das tecnologias desenvolvidas nos últimos anos.

Faremos diversas comparações entre os modelos que se sucederam ao longo da história dos processadores, o que mudou de um processador para outro, porque alguns caíram tão rápido no esquecimento e outros se tornaram tão populares.

Mostraremos como os processadores atuais são construídos, como eles funcionam e mantém a compatibilidade com componentes de modelos anteriores.

Faz parte desta pesquisa, descrever o que é nanotecnologia e como ela afeta o desenvolvimento dos processadores e a sua relação com todas as outras áreas em que é possível aplicar tecnologia.

A espantosa escalada tecnológica dos processadores afeta todas as áreas do conhecimento humano, na área de saúde, estudos têm sido feitos na direção da criação de membros, substituição de articulações e especula-se a criação de microscópicos robôs que possam ser injetados no corpo humano podendo chegar exatamente onde houver um problema atacando-o sem que outras células tenham que ser destruídas como acontece hoje em tratamentos convencionais.

Os economistas poderão ter ferramentas de apoio para tomadas de decisão muito mais rápidas o que diminuirá sensivelmente os erros que temos hoje em função de não conseguirmos trabalhar com muitas hipóteses e estabelecer um caminho mais seguro a tomar.

Abordaremos os processadores quânticos e a semelhança entre o que aconteceu no início da fabricação dos processadores que utilizam silício como matéria prima e estes processadores que utilizam átomos e suas reações.

Com este material queremos buscar reflexões sobre a evolução dos computadores e a possibilidade da humanidade dedicar-se inteiramente ao que melhor sabe fazer: Pensar.

**Palavras-chaves:** processador; nanotecnologia; processadores quânticos.

LATORRE, Gladys Zampieri. **A Evolução dos Processadores**. Campinas, 2005. p 58. Monografia (Graduação) – IPEP Campinas.

## **ABSTRACT**

This research deals with processors evolution, since the first mechanical valve machines, the first simple processors, a great evolution at that time, show the processors responsible for the personal computers diffuse and its large utilization in the industry, until actual processors construct with atom technology instead of been made by silicon.

Specially because the miniaturization, the processors and others components dizzy advancement will permit to put the processors on the top of the technology innovation.

We will do several comparisons between models during the processors history, what have changed from one processor to another, why some of them became forgotten so quickly and others became so popular.

We will show how the actual processors are made of, how they work and maintain the component compatibility with old processors.

It is part of this research describe what is nanotechnology, how it works with processors and its relationship with areas where it is possible to apply technology.

The amazing processors technological ascent affect all the human areas knowledge, in the medical area studies are made to create limbs, substitute complex limbs connections and in the future we will create microscope robots that will be injected in human bodies to achieve the illness destroy it and cause nothing for the other cells, instead of what happen today in conventional treatments.

Economists will have support tools to fast decide about the better way to follow. It will reduce today errors. Today we can't work with hypothetical solutions and establish security ways using, for instance, artificial intelligence.

We will approach the quantic processors, the similarity between what happened in the beginning of the processors development, made by silicon and quantic processor whose material are atoms and its reactions.

Based on this material we would like to consider about the computer evolution and the man possibility of to entire dedicate what they really better do: Think

**Key- words:** processors; nanotechnology; quantic processors.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
Figura 1 – Válvula usada na década de 40 .....			17
Figura 2 – Waffer de Silício .....			37
Figura 3 – Desenho do Transistor.....			40
Figura 4 – Processador AMD.....			41

## LISTA DE TABELAS

	<b>Tabela</b>	<b>Página</b>
Tabela 1 – Tamanho dos Transístores.....		44
Tabela 2 – Recursos disponíveis para o projeto.....		47

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1 HISTÓRICO DOS PROCESSADORES</b> .....	<b>18</b>
1.1 Processador 286 .....	20
1.2 Processador 386 .....	21
1.3 Processador 486 .....	21
1.4 Processador Pentium .....	22
1.5 Processador Pentium Pro.....	23
1.6 Processador Pentium II.....	23
1.7 Processador Pentium III.....	24
1.8 Processador Pentium IV.....	25
1.9 Processador Celeron.....	26
1.9 Processador XEON.....	27
<b>2 DIFERENÇAS ENTRE PROCESSADORES</b> .....	<b>29</b>
2.1 Plataformas utilizadas nos processadores.....	29
2.2 Comparações.....	30
2.2.1 8086 x 8088 .....	31
2.2.2 8086 x 286 .....	31
2.2.3 286 x 386.....	32
2.2.4 386 x 486.....	33
2.2.5 486 X Pentium .....	35
2.2.6 AMD x Cyrix .....	35
2.2.7 Pentium MMX x Clássico .....	36
2.2.8 AMD x Pentium MMX.....	36
<b>3 COMO SÃO CONSTRUÍDOS OS PROCESSADORES E COMO ELES FUNCIONAM</b> .....	<b>38</b>
3.1 Como Funciona o Processador .....	39
3.2 Como são Fabricados os Processadores.....	40
<b>4 NANOTECNOLOGIA</b> .....	<b>45</b>
4.1 O que é Nanotecnologia .....	45
4.2 Nanotecnologia e o Brasil.....	49
<b>Item</b> .....	<b>50</b>
<b>5 PROCESSADORES QUÂNTICOS</b> .....	<b>51</b>
5.1 Como funcionam os processadores quânticos.....	53
<b>6 TENDÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>59</b>

---

**REFERÊNCIAS.....62**

## INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem por objetivo, mostrar a evolução dos processadores, suas implicações nos aplicativos desenvolvidos para computadores, a miniaturização como um processo constante desde as válvulas até os processadores que conhecemos hoje, as tendências futuras, como a nanotecnologia que influenciará nossas vidas e a economia brasileira. Os estudos sobre o assunto apontam para processadores quânticos que utilizarão átomos e suas diversas associações ao invés da corrente elétrica utilizada hoje.

Queremos mostrar como são fabricados os processadores apresentando conceitualmente os processadores do fabricante Intel, desde os primeiros processadores até os atuais. Esta pesquisa tem o intuito de desvendar conhecimentos pouco difundidos sobre os processadores, sua influência no mundo atual, apresentar os impactos, as tendências e discuti-las traçando um paralelo entre a evolução das válvulas, primeiros processadores, os processadores atuais e os processadores quânticos uma tendência ainda em estudo. Processador é definido no dicionário Michaelis como:

Dispositivo de *hardware* ou *software* capaz de manipular ou modificar dados de acordo com instruções. *Processador Auxiliar*: a) microprocessador separado (num sistema) que executa certas funções sob o controle de um processador central; b) processadores extras, especializados (um processador numérico, por exemplo), que

---

pode trabalhar junto com um processador principal, melhorando o desempenho. (MICHAELIS,2005, p.549)

Segundo Murphi, mais conhecido por suas teorias pessimistas, a capacidade dos processadores deveria dobrar a cada ano, infelizmente isto não ocorreu a não ser entre um e outro modelo, mas a evolução dos processadores foi, provavelmente, a mais acentuada em toda a obra tecnológica de toda a humanidade. A capacidade deles cresceu de forma espantosa, trazendo benefícios nas mais diversas áreas.

Não foram somente as empresas que se beneficiaram da velocidade em que a produção pode ser aumentada. A tecnologia tem sido aplicada em todas as áreas do conhecimento humano e tem proporcionado através da nanotecnologia, leia-se aqui, processo de miniaturização dos processadores e componentes em geral, chegarmos a locais nunca antes imaginados.

"Nanômetro" segundo o dicionário Michaelis é "Submúltiplo do metro, igual a  $10^{-9}m$ ", é um bilionésimo de metro da mesma forma que um milésimo de metro chama-se "milímetro". "Nano" é um prefixo que vem do grego antigo e significa "anão".

Portanto, o grande segredo para esta evolução vertiginosa pode ser contado em uma única palavra: miniaturização. Foi justamente a miniaturização dos transistores que permitiu criar o circuito integrado, em seguida o microchip e continuar permitindo criar processadores com cada vez mais transistores e operando a frequências cada vez mais altas. Para se ter uma idéia do quanto as técnicas de construção de processadores evoluíram, o 8088 possuía apenas 29,000 transistores, enquanto o Pentium 4 tem 35.000.000 de transistores.

Essa tecnologia abre a possibilidade de criação de produtos e soluções nas mais diversas áreas. Pensa-se em processadores de dados muito mais compactos, potentes e velozes que os atuais, encontrados em nossos computadores pessoais; mecanismos autômatos, como robôs, em dimensões minúsculas que poderiam atuar inclusive na área da saúde; ou então equipamentos montados a partir de estruturas minúsculas que possam vir a substituir membros ou órgãos humanos.

A fim de desenvolver esta análise no primeiro capítulo apresentaremos conceitualmente processadores desde o modelo Intel 8088 até o Xeon (lê-se Zíon), traçando um perfil da evolução em algumas décadas que revolucionaram o uso de equipamentos domésticos e de servidores para grandes ou pequenas aplicações, trata-se de um histórico que mostra a clara tendência de miniaturização.

Desde o ENIAC (Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer), composto por 17,468 válvulas e capaz de processar 5.000 adições, 357 multiplicações e 38 divisões por segundo, projetado para realizar vários tipos de cálculos de artilharia para ajudar as tropas aliadas durante a Segunda Guerra Mundial até o Xeon MP de 64 bits lançado em março de 2005, o último membro da família Intel de processadores que ainda não tinha uma versão de 64 bits: o Xeon MP. O Xeon MP é um processador voltado para servidores multiprocessados contendo quatro ou mais processadores, baseado na microarquitetura do Pentium 4.

No segundo capítulo estabeleceremos as diferenças entre os processadores analisados, o que mudou de um modelo para o outro, tornando-os mais rápidos ou mais economicamente viáveis. Como os

aplicativos desenvolvidos foram sendo adaptados para melhor utilizar as novas estruturas dos processadores e porque alguns deles foram tão rapidamente substituídos por outros modelos.

No terceiro capítulo mostraremos como é construído atualmente um processador, desde a fabricação do chip que tem como matéria-prima básica, fatias muito finas de um cilindro de silício, de 20 a 30 centímetros de diâmetro, fundido a alguns produtos químicos até o encapsulamento do chip formando o processador. Aqui também abordaremos como funciona um processador as características que determinam a sua performance e o que determina sua escalabilidade e compatibilidade com periféricos antigos ou atuais.

Não poderíamos deixar de dedicar um capítulo especial para a nanotecnologia aplicada a processadores, sua escalada nos últimos anos. Segundo Cylon Gonçalves da Silva que é físico e idealizador do Centro Nacional de Referência em Nanotecnologia:

A nanotecnologia é extremamente importante para o Brasil, por que a indústria brasileira terá de competir internacionalmente com novos produtos para que a economia do país se recupere e retome o crescimento econômico. Esta competição somente será bem sucedida com produtos e processos inovadores, que se comparem aos melhores que a indústria internacional oferece. (SILVA, 2005, p.2)

Outro assunto que merece destaque e ilustra o quinto capítulo desta pesquisa são os estudos realizados para construção de processadores quânticos. Temos, atualmente, um cenário parecido com o do início da década de 50, quando surgiu o transistor. O mercado de válvulas estava estagnado, não havia previsão de mais nenhuma grande evolução neste setor. A miniaturização estava avançando a passos cada vez menores, mesmo assim

---

poucos acreditavam que os transistores pudessem substituir as válvulas. Isto demorou quase uma década, mas de fato aconteceu.

Ainda existem várias outras possibilidades a serem exploradas, mas a próxima fronteira parece ser mesmo a dos computadores quânticos. Por que usar filamentos e eletricidade, se podemos usar átomos e energia, um átomo é muito menor que um transistor, e já que a miniaturização é a tendência, parece ser a evolução mais lógica.

Para finalizar, mostraremos as tendências, o que tem acontecido no mundo todo, onde os processadores estão sendo aplicados, quais são as pesquisas mais recentes o que os cientistas tem proposto. Numa reflexão livre, especula-se o que está por vir nas próximas décadas. Como estas tendências influenciarão e modificarão a vida das pessoas, a reação do mercado mediante a informatização constante dos processos chamados braçais e como a humanidade caminhará ao lado destes avanços tecnológicos.

Busca-se levantar reflexões sobre a relação existente entre o avanço dos computadores e a possibilidade da humanidade se dedicar ao que melhor sabe fazer: Pensar.

# 1 HISTÓRICO DOS PROCESSADORES

O processador é a parte mais importante do computador, é o "cérebro" da máquina. Além de controlar as outras partes do micro, faz com que ele consiga executar funções como operações matemáticas, elaboração de textos e armazenamento de dados. Para fazer esses trabalhos, o processador utiliza uma linguagem numérica chamada de binária, que transforma em zeros e uns, toda a informação que circula pelo computador, sejam números, letras ou instruções. Quanto mais sofisticado for o processador, mais funções ele consegue realizar e com maior velocidade.

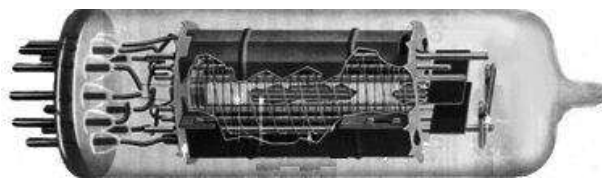
Para falar dos processadores, precisamos antes fazer um breve histórico dos computadores, assim, melhor se entende a vertiginosa escalada na construção dos processadores em um período tão curto de tempo. Computadores já existiam no século XIX, mecânicos, acionados por manivelas, realizavam cálculos através de um sistema de engrenagens, comuns em caixas registradoras da época. Já no final do século surgem os relês, dispositivos eletromecânicos, formados por um magneto móvel que se deslocavam unindo dois contatos metálicos, usados nas centrais telefônicas.

O alto custo, o tamanho exagerado, a lentidão, os relês demoravam mais que um milésimo de segundo para fechar um circuito, acabaram por inviabilizar estes equipamentos. Surgem então, no final da década de 40 os primeiros computadores eletrônicos usando válvulas, utilizados com

propósitos militares para codificação e decodificação de mensagens e cálculos de artilharia, baseavam-se no fluxo de elétrons no vácuo, o princípio termoiônico. Estes computadores tinham custos exagerados, altos consumos de eletricidade e problemas com aquecimento.

Destaca-se em 1945 o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer*). Composto por 17.468 válvulas e capaz de processar 5.000 adições, 357 multiplicações e 38 divisões por segundo, ocupava um pavilhão inteiro e foi projetado para realizar vários tipos de cálculos de artilharia. A programação era feita através de 6.000 chaves manuais. A cada novo cálculo, era preciso reprogramar várias destas chaves e o resultado era dado de forma binária através de um conjunto de luzes.

**FIGURA 1** - Válvula



**Fonte:** Morimoto(2002)

Apesar da complexidade das válvulas e dos muitos esforços para conseguir o seu aperfeiçoamento, vários pesquisadores começaram a procurar outras alternativas. O primeiro projeto do transistor surgiu em 16 de dezembro de 1947, utilizava bloco de germânio, um dos semicondutores mais pesquisado na época e três filamentos de ouro. Um filamento era o pólo positivo, o outro, o negativo, enquanto o terceiro tinha a função de controle. Assim, a válvula foi substituída pelo transistor que gastava uma fração da eletricidade gasta por ela e, ao mesmo tempo, era muito mais rápido.

Durante a década de 50, os modelos foram sendo aperfeiçoados e substituíram as complexas válvulas. Uma grande evolução ocorreu com a substituição do germânio pelo silício o que permitiu redução de custos e miniaturizações. Com eles surgiram os primeiros computadores pessoais já na década de 70.

O primeiro *microchip*, o 4004, foi lançado pela Intel, em 1971, bastante rudimentar, processava apenas 4 bits por vez e operava a apenas 1 MHz.

O clock é uma forma de indicar o número de instruções que podem ser executadas a cada segundo (ciclo). Sua medição é feita em Hz (sendo que KHz corresponde a mil ciclos, MHz corresponde a 1000 KHz e GHz corresponde a 1000 MHz. Algumas instruções podem precisar de vários ciclos para serem executadas, enquanto outras, uma ciclo só (<http://www.infowester.com/processadores2.php>, 16.05.2005)

O processador 4004 demorava 10 ciclos para processar cada instrução, ou seja, processava apenas 100.000 instruções por segundo. Pouco tempo depois, a Intel lançou um novo processador que fez sucesso durante muitos anos, o 8080, um processador de 8 bits que operava a 2 MHz.

## 1.1 Processador 286

Na década de 80, surgiu o primeiro PC (*Personal Computer*), lançado pela IBM, sem disco rígido, com 2 unidades de disquetes e apenas 64 KB de memória o que era suficiente para rodar a maioria dos programas da época.

Bit (b) - é menor informação que um computador pode processar. Corresponde a um pulso elétrico. Se existe, tem valor 1 e, se não existe, tem valor 0. Isto forma o código binário (0-1). Por ser muito pequeno, não é utilizado para medir memória. No entanto, é a unidade de medida da capacidade de processamento dos computadores. Byte (B) - conjunto de 8 bits; representa um caractere. Kilobyte (KB) - conjunto de 1024

---

Bytes. Megabyte (MB) - conjunto de 1024 KB ou 1 048 576 Bytes.  
Gigabyte (GB) - conjunto de 1024 MB ou 1 048 576 KB  
ou 1 073 741 824 Bytes. (<http://www.vas-y.com/dicas/curso/hardware/salto.htm>, 05.05.2005)

A partir daqui, surge a segunda geração de processadores sendo o processador 286 o seu único exemplar. Este processador tomou de assalto os processadores da primeira geração, trazendo diferenças significativas. Um marco no desenvolvimento dos processadores.

## 1.2 Processador 386

O próximo processador, o 386, foi o primeiro processador totalmente de 32 bits, ou seja, ele operava tanto internamente quanto externamente a 32 bits. Este processador continuou a ter uma modalidade real para manter compatibilidade com os processadores anteriores. Mas o modo protegido era mais evoluído que o do processador 286. Foi a partir daqui que começaram a aparecer os sistemas operacionais multitarefa, habilidade para poder executar vários programas em separado, protegidos um da capacidade destrutiva do outro. Os sistemas operacionais gráficos só se tornaram possíveis com este novo recurso do processador 386.

## 1.3 Processador 486

Já o processador 486 foi um melhoramento do 386. Foram adicionadas algumas instruções e a versão original possuía co-processador matemático interno e não em um circuito à parte, como era antigamente. Dessa forma, a velocidade de processamento matemático é inerente ao processador. Unidade de Ponto Flutuante (*FPU, Floating Point Unit*) é outro nome pelo qual o co-processador matemático é também chamado.

## 1.4 Processador Pentium

O processador seguinte foi o Pentium de 64 bits de barramento (basicamente, um conjunto de sinais digitais com os quais o processador comunica-se com o seu exterior, ou seja, com a memória, chips da placa-mãe, periféricos). A Intel registrou a marca Pentium para ter um nome próprio para novo e poderoso processador. Ele tinha vários *clocks* internos diferentes e chegou a 200 MHz, possuía *cache* interno, um banco de memória pequena, porém rápida, que armazena o conteúdo das últimas posições de memória solicitadas pelo processador. Assim, o processador primeiro consulta o *cache* e se o conteúdo da posição necessária já estiver no *cache*, não será necessário esperar que ele seja transferido da memória. Na verdade, um processador Pentium são dois processadores 486 em um só com um algoritmo de processamento paralelo.

O processador Pentium foi lançado no mercado em Março de 1993, algumas instruções foram agregadas, mas é a melhora de desempenho que destaca o Pentium em relação aos anteriores, a partir dele foi usado, nos

processadores da família Intel, o recurso do paralelismo. Assim, todas as operações possíveis são desmembradas em operações elementares e executadas aos pedaços.

## 1.5 Processador Pentium Pro

A seguir, foi desenvolvido o processador Pentium Pro ele monitora 20 a 30 instruções à frente no *software*, antecipando-os, analisa quais instruções são dependentes de cada resultado, criando uma lista otimizada dessas instruções. Baseadas nesta lista, instruções são carregadas especulativamente. Isto permite que ele consiga realizar três instruções em um único ciclo, agilizando o trabalho em sistemas que utilizam processamento paralelo.

## 1.6 Processador Pentium II

O Microprocessador Pentium II foi lançado em fevereiro de 1997, sendo compatível com todas as arquiteturas Intel anteriores. Ele é um processador baseado no Pentium Pro, com *cache* L1 separada de dados e instruções de 16 KB, *cache* L2 interna de 512 KB e suporte para a tecnologia MMX (Math Matrix Extensions). Estruturalmente, a principal alteração do Pentium II foi utilizar um conector em vez de um soquete para efetuar a montagem na placa mãe. A Intel também utilizou a tecnologia AGP (*Advanced Graphics Support*), que é um conjunto de chips gráficos com acesso dedicado à memória principal do

---

computador, memória ECC e compatibilidade com discos rígidos com ultra DMA (*Dynamic Memory Access*).

Podemos observar que, em dois momentos, houve um aumento significativo das instruções dos processadores, a primeira vez em 1985 no lançamento dos *chips* 386 que viabilizaram o conceito de multitarefa e com o MMX em que foram adicionadas 57 novas e poderosas instruções especificamente desenhadas para manipular e processar dados de vídeo, de áudio e gráficos eficientemente. Essas instruções são orientadas às seqüências altamente repetitivas e paralelas geralmente existentes nas operações de multimídia. Estas instruções são capazes de manipular dados agrupados em pacotes de 64 bits enquanto que as instruções existentes até então manipulavam dados de 8 ou 16bits. Estas instruções usam um processo chamado Instrução Única de Múltiplos Dados (SIMD) que permite que uma operação, em vez de ser executada em um único bloco, possa ser executada ao mesmo tempo em vários blocos de 8 e 16 bits tornando o processamento muito mais rápido.

O tamanho do *cache* passou para 32 KB no processador Pentium com tecnologia MMX. Assim, mais instruções e dados podem ser armazenados no *chip*, reduzindo o número de vezes que o processador tem para acessar áreas de memória mais lentas para obter informação.

## 1.7 Processador Pentium III

Os primeiros modelos de Pentium III, lançados no mercado eram montados em um cartucho parecido com o usado pelo Pentium II, chamado SECC-2. Esses modelos são encaixados na placa-mãe através de um conector. Tempos depois, foi lançado um outro modelo de processadores Pentium III, onde o sistema de encaixe é um soquete. Os primeiros modelos de Pentium III utilizavam um circuito de *cache* de memória que trabalhavam na metade da frequência de operação do processador. Os modelos seguintes tinham um *cache* que trabalhava na mesma frequência de operação do processador.

Uma importante inovação do Pentium III foi a utilização da tecnologia SSE (*Streaming SIMD Extentions*) que era um conjunto de 70 novas instruções. Além disto, utilizava arquitetura com dois barramentos independentes (DIB) (*Dual Independent Bus Architecture*).

Quando o processador trabalha com a memória, ele faz uso de um "barramento de endereços" (também chamado de "clock externo"), pois é através de um "endereço" que o processador localizará os dados que precisa e que estão armazenados na memória do computador.  
(<http://www.infowester.com/processadores2.php>, 13.05.2005)

Assim como no Pentium II o processador Pentium III adotou o sistema de memória *cache* externa ao processador.

## 1.8 Processador Pentium IV

O Pentium IV é um processador de sexta geração, assim como ocorre com o Pentium Pro, Pentium II, Pentium III e Celeron. Em outras palavras, apesar de usar um novo nome, esse processador usa a mesma estrutura interna de seu antecessor, Pentium III. Com algumas modificações para torná-

lo mais rápido, A sua Unidade Lógica Aritmética (ULA ou ALU) responsável pelas operações elementares (soma, subtração, multiplicação e divisão) e pelas decisões lógicas isto é, comparações entre informações; por exemplo, decidir se  $5 \leq 3$  ou se  $5 > 3$ , trabalha com o dobro do *clock* interno do processador, aumentando o desempenho em cálculos usando números inteiros.

O processador Pentium IV contém 144 novas instruções em relação à tecnologia SSE ("MMX2") que é usada pelo Pentium III. A novidade é o uso de registradores de 128 bits, permitindo a manipulação de mais dados pequenos por vez (16 dados de 8 bits por vez).

O Pentium IV conversa com a memória RAM usando 128 bits por vez. Esse processador continua sendo um processador de 32 bits, pois utiliza a mesma arquitetura básica do 386. A nomenclatura "processador de 32 bits" ou "processador de 64 bits" normalmente refere-se ao *software* que o processador poderá executar

## 1.9 Processador Celeron

A idéia do Celeron é ser o processador mais simples da Intel, mantendo uma boa relação custo/benefício. Muitas características são similares no Pentium IV e no Celeron, onde as unidades lógicas aritméticas (ULA), trabalham no dobro da frequência do núcleo do processador.

As instruções deste processador aceleram a operação de aplicações que tenham sido compiladas usando estas instruções. Aplicações típicas que se

beneficiam dessas instruções são codificação de vídeo, sincronização de threads e conversão de números de ponto flutuante em inteiros. As instruções SSE3 utilizam o conceito SIMD (*Simple Instruction, Multiple Data*), que foi introduzido com as instruções MMX: uma só instrução substitui tarefas que antes necessitariam de várias instruções para serem efetuadas.

## 1.9 Processador XEON

Desde o Pentium II, para cada processador que a Intel lança, ela lança também uma versão voltada para o mercado de servidores. Essa versão é chamada Xeon (pronuncia-se "zión"). Significa que o processador reconhece mais memória RAM, permite trabalhar em ambiente multiprocessado (com placas-mãe com vários processadores instalados sobre ela) e possui um desempenho muito maior que os processadores convencionais. A configuração de multiprocessamento simétrico (ter mais de um processador em seu micro) não funciona em sistemas operacionais comuns como o Windows 9x e o Windows ME e os recursos oferecidos pelas placas-mãe para esses processadores têm recursos caros que normalmente só são interessantes para servidores.

Em março de 2005 a Intel lançou oficialmente o último membro de sua família de processadores que ainda não tinha uma versão de 64 bits: o Xeon MP. O Xeon MP é um processador voltado para servidores multiprocessados contendo quatro ou mais processadores, baseado na microarquitetura do Pentium 4.

Clocks de 2,83 GHz a 3,66 GHz, permitindo o endereçamento de até 1 TB de memória RAM. Memória cache L2 de 1 MB. Memória cache L3 de até 8 MB (a quantidade exata depende do modelo). Esta memória está localizada no corpo

---

do processador, porém não em seu núcleo, mas em uma pastilha ao lado, sendo acessada no *clock* externo do processador. Permite que os processadores da máquina diminuam o seu *clock* dependendo da carga de uso do processador, economizando energia.

Permitem técnicas de *memory sparing* e espelhamento de memória (*memory mirroring*), técnicas também conhecidas como "RAID de memória". Com a primeira tecnologia, se o processador encontra um módulo de memória queimado, ele automaticamente desabilita aquele módulo. Esta tecnologia pode desligar somente um dos *chips* do módulo caso exista somente um *chip* queimado. Já o espelhamento permite que o conteúdo de uma memória seja copiado para outro em tempo real e caso um módulo de memória se queime, o módulo de *backup* continua ativado e não há qualquer perda de dados. O Xeon MP, ao contrário do Xeon "simples", permite que os módulos de memória sejam trocados com o servidor ligado (*hot swap*).

## 2 DIFERENÇAS ENTRE PROCESSADORES

O processador é o principal componente de um computador, isto é tão notório que os computadores são chamados pelos nomes de seus processadores. Contudo, é importante entender que o desempenho de um computador não é determinado apenas pelo processador, e sim pelo trabalho conjunto de todos os componentes. Caso apenas um desses componentes ofereça uma performance muito baixa, o desempenho do computador ficará seriamente prejudicado.

### 2.1 Plataformas utilizadas nos processadores

Para iniciar um comparativo entre processadores é importante esclarecer, antes, que existem duas plataformas que são utilizadas nos processadores, a plataforma RISC e a CISC. Um processador CISC (*Complex Instruction Set Computer*), é capaz de executar várias centenas de instruções complexas, sendo extremamente versátil. Exemplos de processadores CISC são os 386 e os 486. No começo da década de 80, a tendência era construir *chips* com conjuntos de instruções cada vez mais complexos, mas alguns fabricantes resolveram seguir o caminho oposto, criando o padrão RISC (*Reduced Instruction Set Computer*).

Ao contrário dos complexos CISC, os processadores RISC são capazes de executar apenas algumas poucas instruções simples. Justamente por isso, os *chips* baseados nesta arquitetura são mais simples e muito mais baratos. Outra vantagem dos processadores RISC, é que por terem um menor número de circuitos internos, podem trabalhar com *clocks* mais altos. Um processador RISC é capaz de executar instruções muito mais rapidamente.

Assim, em conjunto com um *software* adequado, estes processadores são capazes de desempenhar todas as funções de um processador CISC, compensando as suas limitações com uma velocidade maior de operação.

Atualmente, vemos processadores híbridos, que são essencialmente processadores CISC, porém que possuem internamente núcleos RISC. Assim, a parte CISC do processador pode cuidar das instruções mais complexas, enquanto que o núcleo RISC pode cuidar das mais simples, nas quais é mais rápido. Parece que o futuro nos reserva uma fusão destas duas tecnologias. Um bom exemplo de processador híbrido é o Pentium Pro.

## 2.2 Comparações

Alguns processadores fracassaram porque não existiam componentes que os acompanhassem ou sistemas escritos de forma a aproveitar as instruções que neles existiam.

### 2.2.1 8086 x 8088

Um grande exemplo de fracasso é o processador 8086, na época não existiam circuitos de apoio que trabalhassem a 16 bits. Já o processador 8088 foi popularizado porque apesar de funcionar a 16 bits externamente trabalhava com palavras de 8 bits. Isto permitiu o seu uso em conjunto com periféricos muito mais baratos.

### 2.2.2 8086 x 286

Três grandes diferenças importantes diferenciavam o processador 286 dos processadores anteriores, a capacidade de utilizar até 16 MB de memória, dezesseis vezes mais que os da geração anterior, a criação da memória virtual que permitiu ao processador utilizar outras fontes de memória externas para simular memória interna e a multitarefa de *hardware*. Não significa que o processador era capaz de executar multitarefa real como conhecemos hoje. Esta é a multitarefa cooperativa, onde o processador executa os programas em intervalos, pulando de um para o outro numa velocidade tão alta que os programas parecem estar rodando simultaneamente.

O processador 286 podia trabalhar em modo protegido e real (como trabalhavam os de primeira geração) o que manteve a compatibilidade entre gerações. Programas eram executados em porções protegidas da memória, individualmente. Problemas em determinada aplicação não afetariam as outras.

O 286 trabalhava usando palavras de 16 bits tanto interna quanto externamente. Foi lançado quando já existiam circuitos de apoio 16 bits a preços acessíveis, conseguindo uma espantosa aceitação. No modo real, o 286 se comporta exatamente como um 8086, apesar de mais rápido, oferecendo total compatibilidade com os programas já existentes. Já no modo protegido, ele incorpora funções mais avançadas, como a capacidade de acessar até 16 MB de memória RAM, multitarefa e memória virtual em disco.

O problema é que, quando em modo protegido, o 286 deixava de ser compatível com os programas escritos para 8088. E uma vez em modo protegido, não havia uma instrução que o fizesse voltar para o modo real, somente reiniciando o computador. Assim, apesar de oferecer os recursos do modo protegido, poucos foram os programas capazes de usá-lo.

### 2.2.3 286 x 386

Já o processador 386 trabalhava interna e externamente com palavras de 32 bits, ao contrário do 286, ele podia alternar entre o modo real e o modo protegido. Foram então desenvolvidos vários sistemas operacionais como o Windows 3.1, OS/2, Windows 95 e Windows NT que funcionavam usando o modo protegido do 386 enquanto que era possível utilizar antigos aplicativos em DOS no modo real. Muito rápidos para as memórias RAM existentes na época, tinham que esperar os dados serem liberados pela memória RAM para poder concluir as suas tarefas, perdendo muito em desempenho. Para solucionar esse problema, foram inventadas as memórias *cache* (SRAM). Esta memória *cache* é um tipo de memória ultra-rápida que armazena os dados da

memória RAM mais usados pelo processador, evitando que o processador tenha que buscar dados na memória convencional.

O 386 exigia o uso de periféricos de 32 bits, muito caros para a época, por isso, a Intel lançou uma versão do 386 de baixo custo, que internamente trabalhava a 32 bits, porém externamente funcionava a 16 bits, possibilitando o uso de componentes do processador 286. O processador 386 já permitia o uso dos co-processadores aritméticos.

#### 2.2.4 386 x 486

O processador 486 não trouxe nenhuma grande inovação a não ser a velocidade, ele é cerca de duas vezes mais rápido do que um 386 de mesmo *clock*. Como o 386, ele trabalha a 32 bits, a diferença foi o acréscimo de um *cache* interno (L1) e da adoção de um co-processador aritmético interno que tem a função de auxiliar o processador principal no cálculo de números fracionários, ou de ponto flutuante. Em aplicações que fazem uso intenso deste tipo de cálculo, como programas gráficos e jogos com gráficos poligonais, a presença deste auxiliar é indispensável. Apesar do processador principal também ser capaz de executar tais funções, isto prejudicaria muito o desempenho. Por isso, a partir dos computadores 486, o co-processador passou a ser um item obrigatório.

Foram lançadas várias versões do 486, foi criado o recurso de Multiplicação de *Clock* que consiste em fazer o processador trabalhar internamente a uma frequência maior do que a placa mãe e os demais componentes do computador. Assim, apesar do processador trabalhar à sua

velocidade nominal, ele comunica-se com os demais componentes na frequência da placa mãe. Os custos diminuem quando se trata de desenvolvimento de processadores e não de outros componentes, para melhorar a velocidade.

Outra novidade trazida pelos processadores 486 foi a necessidade do uso de um ventilador (*cooler*) sobre o processador para evitar que ele aqueça demais. O uso do *cooler* é obrigatório em todos os modelos de processadores posteriores.

### 2.2.5 486 X Pentium

O processador Pentium apresenta basicamente duas vantagens em relação ao 486, a primeira, é que ao contrário do 486, o Pentium acessa a memória usando palavras binárias de 64 bits. São processados dois bits por vez ao contrário de apenas um o que melhora a velocidade de acesso às memórias, ajudando a solucionar o problema da lentidão da memória RAM. Funciona internamente com dois processadores de 32 bits distintos, sendo capaz de executar 2 instruções por ciclo, preservando também a compatibilidade com programas escritos para processadores mais antigos.

A segunda é que o Pentium possui um *cache* L1 de 16 KB embutido e trabalha com velocidades de barramento de 50 a 66 MHz, o que somado à maior velocidade de acesso à memória RAM, o torna cerca de 2 vezes mais rápido do que um 486 de mesmo *clock*. Como no 486, os processadores Pentium possuem um co-processador aritmético embutido e usam multiplicador de *clock*.

### 2.2.6 AMD x Cyrix

O processador AMD 586 foi lançado pela AMD pouco depois do lançamento do Pentium pela Intel. Ele usa placas de 486 a única diferença é que ele é um pouco mais rápido. A Cyrix também lançou um processador muito parecido, chamado de Cyrix 586. O AMD K5 oferece um desempenho bastante semelhante ao Pentium da Intel. Perde apenas no

desempenho do co-processador aritmético que é mais lento, não se tornou popular porque a Intel antecipou- se tornando a concorrência difícil.

### 2.2.7 Pentium MMX x Clássico

O Pentium MMX é bastante semelhante ao Pentium Clássico, foram adicionadas 57 novas instruções que visam melhorar o desempenho do processador em aplicações multimídia e processamento de imagens. Nestas aplicações, algumas rotinas podem ficar até 4 vezes mais rápidas com o uso das instruções MMX. É necessário, porém, que o *software* faça uso de tais instruções, caso contrário não haverá nenhum ganho de *performance*. Foi aumentado também o *cache* primário (L1) do processador, que passou a ser de 32 KB o que o torna cerca de 10% mais rápido do que um Pentium clássico, mesmo em operações que não façam uso das instruções MMX.

### 2.2.8 AMD x Pentium MMX

O processador AMD K6 é semelhante ao Pentium MMX, apresenta vantagens e desvantagens sobre ele. O K6 possui um *cache* L1 de 64 KB, contra os 32 KB do MMX, porém, é capaz de executar apenas uma instrução MMX por ciclo contra duas do concorrente, perdendo em aplicativos que façam uso destas instruções. O co-processador aritmético interno também é bem mais lento do que o encontrado nos processadores Pentium, por isso, o K6 perde também em aplicativos que façam muito uso de cálculos de ponto flutuante como a maioria dos jogos, por exemplo.

Outro problema do K6 é o aquecimento exagerado apresentado por esse processador, apesar das limitações, o K6 é mais veloz do que um MMX, de mesmo

*clock*, em muitas aplicações. Os processadores não-Intel, tipicamente apresentam um desempenho matemático inferior ao dos processadores Intel.

### 3 COMO SÃO CONSTRUÍDOS OS PROCESSADORES E COMO ELES FUNCIONAM

Algumas características são essenciais para determinar a performance de um processador, a frequência do relógio (*clock*), estabelece o sincronismo para a comunicação entre os elementos do *hardware* (memória, processador, periféricos). Quanto maior for o *clock*, mais operações poderão ser executadas ao mesmo tempo. O barramento interno e externo dos processadores tem evoluído em relação ao comprimento do código que pode ser trabalhado em uma única operação.

Os primeiros processadores permitiam trabalhar com palavras de 8 bits, depois vieram os processadores de 16, 32 e atualmente estes trabalham com códigos de 64 bits. Outro detalhe importante é que a rápida evolução dos processadores não é acompanhada por muitas placas periféricas por questões econômicas e para permitir, também, a compatibilidade dos novos equipamentos com equipamentos antigos o processador permite a comunicação com estas placas através de um barramento de menor capacidade, ou seja, é possível mesmo para um processador 64 bits, trocar informações com placas de 8, 16 ou 32bits.

Um processador pode realizar todas as operações com um número bem pequeno de instruções. Como os primeiros processadores eram de 8/16 bits, as instruções manipulavam então 8 e 16 bits. Para garantir a compatibilidade

com o processador anterior a cada novo processador são mantidas as anteriores e introduzidas novas instruções para garantir um aproveitamento maior do seu novo potencial

Devido à organização dos programas, o processador geralmente acessa repetidas vezes durante o processamento as mesmas posições da memória ou a posições próximas desta. Criou-se então o *cache* de memória, um banco de memória pequena porém rápida que armazena o conteúdo das últimas posições de memória solicitadas pelo processador. Assim o processador primeiro consulta o *cache* e se o conteúdo da posição necessária já estiver no *cache*, não será necessário esperar que ele seja transferido da memória.

Os primeiros processadores a terem *cache* possuíam-no externos. Depois começaram a possuir um *cache* bem pequeno muito rápido, chamado de nível um (L1), utilizado para armazenar instruções e dados da execução dinâmica do processador e um segundo mais lento (porém de acesso muito mais rápido que o da memória), chamado *cache* de nível dois (L2), que armazena dados gerais da memória.

### 3.1 Como Funciona o Processador

A mudança de estado de um transistor é feita através de uma corrente elétrica. Esta mudança de estado por sua vez pode comandar a mudança de estado de vários outros transistores ligados ao primeiro, permitindo processar dados. Em um transistor esta mudança de estado pode ser feita bilhões de vezes por segundo, porém, a cada mudança de estado é gerada uma certa

quantidade de calor e é consumida uma certa quantidade de eletricidade. É por isso que quanto mais rápidos tornam-se os processadores, mais eles se aquecem e mais energia consomem.

### 3.2 Como são Fabricados os Processadores

Quando se descobriu que era possível construir vários transistores sobre o mesmo *waffer* de silício, cilindro de matéria-prima fatiado muito fino, a fabricação de processadores teve o custo bastante reduzido. O primeiro *microchip* comercial foi lançado pela Intel em 1971 e chamava-se 4004. Era um processador de apenas 4 bits composto por pouco mais de 2000 transistores.

O componente básico para qualquer *chip* é o *waffer* de silício que é obtido através da fusão do silício com alguns produtos químicos que permitem sua dopagem posteriormente. Inicialmente são produzidos cilindros, com de 20 a 30 centímetros de diâmetro, que posteriormente são cortados em fatias bastante finas. Estas “fatias” por sua vez são polidas, obtendo os *waffers* de silício. A qualidade do *waffer* determinará o tipo de *chip* que poderá ser construído com base nele.

**FIGURA 2** – *Waffer* de Silício



**Fonte:** Morimoto (2002)

Cada *waffer* é usado para produzir vários processadores, que no final da produção são separados e encapsulados individualmente. São muitos os processos usados na fabricação de um processador. Imagine que o mesmo projeto será repetido alguns milhões de vezes, formando um processador funcional.

Tudo começa com o *waffer* de silício em seu estado original, a primeira etapa do processo é oxidar a parte superior do *waffer*, transformando-o em dióxido de silício. Isto é obtido expondo o *waffer* a gases corrosivos e altas temperaturas. A fina camada de dióxido de silício que se forma é que será usada como base para a construção do transistor.

Em seguida é aplicada uma camada bastante fina de um material fotossensível sobre a camada de dióxido de silício. Usando uma máscara especial, é jogada luz ultravioleta apenas em algumas áreas da superfície. Esta máscara tem um padrão diferente para cada área do processador, de acordo com o desenho que se pretende obter. A técnica usada aqui é chamada de litografia óptica.

A camada fotossensível é originalmente sólida, mas ao ser atingida pela luz ultravioleta transforma-se numa substância gelatinosa, que pode ser facilmente removida. Depois de remover as partes moles da camada

fotossensível temos algumas áreas do dióxido de silício expostas, e outras que continuam cobertas pelo que restou da camada. O *waffer* é banhado com um produto especial que remove as partes do dióxido de silício que não estão protegidas pela camada fotossensível. O restante continua intacto.

Finalmente, é removida a parte que restou da camada fotossensível. Como temos substâncias diferentes é possível remover uma camada de cada vez, ora o dióxido de silício, ora a própria camada fotossensível. Com isto é possível desenhar as estruturas necessárias para formar os transistores. Cada transistor é formado por várias camadas, dependendo do projeto do processador.

Começa, então, a construção da segunda camada do transistor. Inicialmente o *waffer* passa novamente pelo processo de oxidação inicial, sendo coberto por uma nova camada (desta vez bem mais fina) de dióxido de silício. Apesar da nova camada de dióxido, o desenho conseguido anteriormente é mantido. Em seguida é aplicada sobre a estrutura uma camada de cristal de silício. Sobre esta é aplicada uma nova camada de material fotossensível.

Novamente, o *waffer* passa pelo processo de litografia, desta vez utilizando uma máscara diferente e novamente, a parte da camada fotossensível que foi exposta à luz é removida, deixando expostas partes das camadas de cristal de silício e dióxido de silício, que são removidas em seguida. Como na etapa anterior, o que restou da camada fotossensível é removida. Termina então, a construção da segunda camada do transistor.

Uma das principais etapas do processo de fabricação é a aplicação das impurezas, que transformarão partes do *waffer* de silício num material

condutor. Estas impurezas também são chamadas de íons. Os íons aderem apenas à camada de silício que foi exposta no processo anterior e não nas camadas de dióxido de silício ou na camada de cristal de silício.

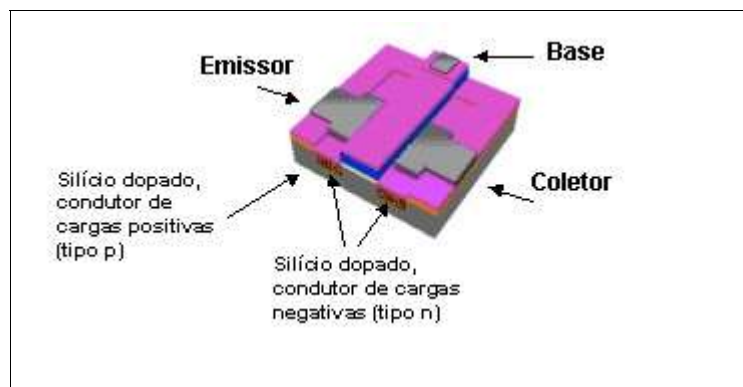
É adicionada então uma terceira camada, composta de um tipo diferente de cristal de silício e novamente é aplicada à camada fotossensível sobre tudo. O *waffer* passa novamente pelo processo de litografia, usando mais uma vez uma máscara diferente.

As partes dos materiais fotossensíveis expostas à luz são removidas, expondo partes das camadas inferiores, que são removidas em seguida. A terceira camada do transistor está pronta, faltam apenas os três filamentos condutores.

Uma finíssima camada de metal é aplicada sobre a estrutura anterior. Nos processadores atuais, que são produzidos através de uma técnica de produção de 0,13 microns, esta camada metálica tem o equivalente a apenas 6 átomos de espessura.

O processo de aplicação da camada fotossensível, de litografia e de remoção das camadas é aplicado mais uma vez, com o objetivo de remover as partes indesejadas da camada de metal. Finalmente temos o transistor pronto.

**FIGURA 3** – Desenho do transistor

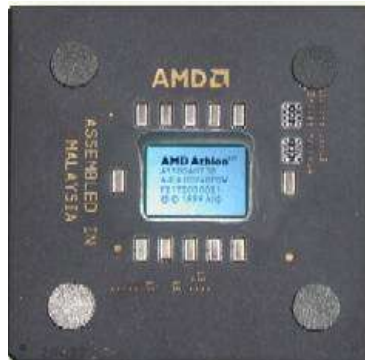


**Fonte:** Morimoto (2002)

Cada processador é constituído por vários milhões de transistores. Um Pentium II possui pouco mais de 9 milhões de transistores. Um Pentium III já possui 22 milhões. Um Athlon possui 35 milhões de transistores, enquanto um Pentium 4 possui incríveis 42 milhões. Graças ao nível de miniaturização que temos atualmente, estas quantidades fabulosas de transistores ocupam uma área muito pequena. Um Athlon, por exemplo, mede apenas 112 milímetros quadrados. Com isto, um único *waffer* de silício é suficiente para produzir vários processadores, que são separados no final do processo de fabricação.

Finalmente, os processadores são encapsulados numa estrutura de silício, que os protege e facilita o manuseio e instalação. O formato do encapsulamento varia de processador para processador.

**FIGURA 4** – Processador AMD



**Fonte:** Morimoto(2002)

## 4 NANOTECNOLOGIA

Há mais de 2.500 anos, alguns filósofos gregos se perguntavam se a imensa variedade do mundo que nos cerca não pode ser reduzida a componentes mais simples. A própria palavra 'átomo' vem daquele tempo e significa indivisível. A última fração da matéria, segundo esses filósofos a parte fundamental de tudo o que existe, não poderia mais ser dividida em outras partes mais simples.

Entre os gregos e a nossa época, muito se aprendeu, sabemos que os átomos são formados por um núcleo positivo onde reside praticamente toda sua massa e por elétrons negativos, que circulam em torno do núcleo. Sabemos, também, que ocorrem naturalmente no universo apenas noventa e dois tipos de átomos diferentes e que esses átomos podem não ser o fim da história, pois pode haver no universo, partículas ou alguma forma de energia ainda não descobertas.

### 4.1 O que é Nanotecnologia

Instrumentos como o microscópio de tunelamento e outros estendem nossa visão até tamanhos na faixa de bilionésimo de metro. Um bilionésimo de metro chama-se nanômetro, da mesma forma que um milésimo de metro

chama-se milímetro. Nano é um prefixo que vem do grego antigo e significa anão.

A nanotecnologia é o desenvolvimento de técnicas para manipulação direta de átomos e moléculas. No futuro essas técnicas serão usadas em inúmeras aplicações, como por exemplo, a construção de máquinas microscópicas. A fabricação de *chips* é uma área que ruma cada vez mais ao uso da nanotecnologia.

Os *chips* modernos são formados por milhões de transistores. Como já vimos a velocidade dos processadores aumentou muito enquanto que esta passando a utilizar a unidade nm (nanômetros) para medir os minúsculos transistores que formam os *chips*. Um nm é igual a 0,001 micron, o mesmo que 0,000001 milímetro ou 0,000000001 metro.

Com transistores menores, os *chips* ficam menores, o que reduz o seu custo de fabricação. Cada transistor passa a operar com menos corrente elétrica, e por isso o *chip* produz menos aquecimento. O *chip* pode passar a operar com *clocks* maiores e podem ser produzidos *chips* mais avançados.

O processo de miniaturização permitiu à Intel criar novas versões do Pentium 4 com *cache* L2 maior (512 KB, contra 256 KB das primeiras versões). Permitiu também a AMD reduzir o aquecimento dos *chips* Athlon XP. Podemos afirmar que toda a evolução dos *chips*, desde a sua criação em meados da década de 1960, se deveu à miniaturização dos seus transistores.

**TABELA 1** – Tamanhos dos transistores

Processador/Ano	Tam. Transistor
Intel 4004 (1971)	15 microns
8088 (1979)	3 microns
486	1 micron
Pentium 60 MHz	0.80 micron
Pentium 100 MHz	0.60 micron
Pentium 166 MHz	0.40 micron
Pentium MMX	0.35 micron
Pentium III 350 MHz	0.25 micron
Celeron 366 (soquete)	0.22 micron
Pentium III Coppermine	0.18 micron
Athlon Thunderbird	0.18 micron
Pentium 4 Northwood	0.13 micron
Athlon Thoroughbred	0.13 micron
Até 2005 (segundo a Intel)	0.07 micron
Até 2010 (segundo a Intel)	0.03 micron

Fonte: Riberiro(2005, p.1)

Especula-se que esta miniaturização continuará pelo menos até o ano de 2015, utilizando os processos, até então adotados, baseados no aumento da precisão óptica na fabricação. Como ocorre em todas as áreas, a pesquisa está sempre vários anos à frente da produção. A tecnologia de 90 nm está pronta para ser utilizada, entretanto já existem protótipos em laboratório com transistores muito menores, com até 8 nm. Obviamente muito ainda precisa ser feito para que possam ser produzidos em escala industrial. Mas estão

previstas para os próximos anos, novas gerações de chips com 65, 45, 32 e 25 nm.

Com o passar do tempo, os transistores que formam os *chips* serão tão pequenos que serão formados por apenas algumas poucas camadas de átomos. Os processos atuais de projeção de raios ultravioleta não serão suficientes para manipular essas camadas de átomos de forma precisa. Será preciso criar novos métodos de manipulação atômica para a construção desses novos nanotransistores. A nanotecnologia estuda também novos processos.

A Nanotecnologia tem Richard Feynman, um dos maiores físicos do século XX, como pioneiro. Em 1959, em uma palestra no Instituto de Tecnologia da Califórnia, Feynman sugeriu que, em um futuro não muito distante, os engenheiros poderiam pegar átomos e colocá-los onde bem entendessem, desde que, é claro, não fossem violadas as leis da natureza. Com isso, materiais com propriedades inteiramente novas, poderiam ser criados. Esta palestra, intitulada "Há muito espaço lá embaixo" é, hoje, tomada como o ponto inicial da nanotecnologia. A idéia de Feynman é que não precisamos aceitar os materiais com que a natureza nos provê como os únicos possíveis no universo. O objetivo da nanotecnologia, seguindo a proposta de Feynman, é o de criar novos materiais e desenvolver novos produtos e processos baseados na crescente capacidade da tecnologia moderna de ver e manipular átomos e moléculas.

Segundo Merkle, os métodos atuais são muito rudimentares, compara a manipulação dos átomos com a manipulação de Legos utilizando luvas de boxing, você pode movimentar os blocos, mas não exatamente como gostaria. Somente a evolução da nanotecnologia nos fará retirar estas luvas e permitirá

uma revolução nas próximas décadas com uma geração de produtos mais precisos:

Today's manufacturing methods are very crude at the molecular level. Casting, grinding, milling and even lithography move atoms in great thundering statistical herds. It's like trying to make things out of LEGO blocks with boxing gloves on your hands. Yes, you can push the LEGO blocks into great heaps and pile them up, but you can't really snap them together the way you'd like.

In the future, nanotechnology will let us take off the boxing gloves. We'll be able to snap together the fundamental building blocks of nature easily, inexpensively and in most of the ways permitted by the laws of physics. This will be essential if we are to continue the revolution in computer hardware beyond about the next decade, and will also let us fabricate an entire new generation of products that are cleaner, stronger, lighter, and more precise. (MERKLE, 05.05.2005)

## 4.2 Nanotecnologia e o Brasil

Os países desenvolvidos investem muito dinheiro na nanotecnologia, portanto a nanotecnologia é extremamente importante para o Brasil por que a indústria brasileira terá de competir internacionalmente com novos produtos para que a economia do país continue com crescimento econômico. Esta competição somente será bem sucedida com produtos e processos inovadores, que se comparem aos melhores que a indústria internacional oferece. Isto significa que o conteúdo tecnológico dos produtos ofertados pela indústria brasileira terá de crescer substancialmente nos próximos anos e que a força de trabalho do país terá de receber um nível de educação em ciência e Tecnologia muito mais elevada do que o de hoje. Este é um grande desafio.

Existe hoje uma produção científica significativa no Brasil, nos temas de manipulação de nanoeletrônica há projetos sendo executados por empresas, isoladamente ou em cooperação com universidades ou institutos de pesquisa.

Isto evidencia a existência de uma preocupação de incentivar, mobilizar as mais diversas áreas nas atividades de nanotecnologia.

O Governo Brasileiro, através do Ministério da Ciência e Tecnologia, tem o Plano Plurianual 2004 –2005, Desenvolvimento da Nanociência e Nanotecnologia, cujo objetivo é definido pelo Grupo de Trabalho do Projeto.

O objetivo do Programa é criar e desenvolver novos produtos e processos em Nanotecnologia, implementando-os para aumentar a competitividade da indústria nacional e capacitando pessoal para o aproveitamento das oportunidades econômicas, tecnológicas e científicas da Nanotecnologia. Seu impacto deverá impulsionar vários setores da economia: eletroeletrônica, veículos e equipamentos de transportes, tecnologia da informação, construção civil, química e petroquímica, energia, agronegócio, biomedicina e terapêutica, ótica, metrologia, metalurgia, produção mineral, proteção e remediação ambiental. Além disso, haverá um impacto sobre áreas estratégicas como as de segurança nacional, pessoal, patrimonial e alimentar. (AS, Gilberto Fernandes, de 2003, p. 8).

A tabela a seguir apresenta os recursos do tesouro nacional e/ou de outras fontes, inclusive os Fundos Setoriais, necessárias à execução deste Programa.

**TABELA 2 – Recursos disponíveis para o projeto**

<b>Item</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>Total</b>
Implantação de Laboratórios e redes de nanotecnologia	71.130.000	71.130.000	71.130.000	71.130.000	284.520.000
Apoio às redes e laboratórios de nanotecnologia	3.720.000	5.990.000	9.012.000	11.278.000	30.000.000
Gestão de programa	350.000	350.000	350.000	350.000	1.400.000
Pesquisa e Desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia	21.500.000	21.500.000	21.500.000	21.500.000	86.000.000
<b>Total</b>	<b>96.700.000</b>	<b>98.970.000</b>	<b>101.992.000</b>	<b>104.258.000</b>	<b>401.920.000</b>

---

**Fonte:** SÁ, Gilberto Fernandes de, (2003, p.28)

A esses recursos deverão somar-se recursos de empresas e de órgãos estaduais ou regionais, especialmente para as atividades de pesquisa e desenvolvimento em nanociência e nanotecnologia. Ao final da execução deste Programa, o Governo espera entre outros, alcançar a criação, expansão e consolidação de pequenas e médias empresas de alta tecnologia, desenvolvendo, produzindo e comercializando produtos nanotecnológicos, gerar riqueza e empregos qualificados e bem remunerados, assim como, maior competitividade industrial em nível internacional.

## 5 PROCESSADORES QUÂNTICOS

Os processadores continuam evoluindo e cada vez mais rápido. Já se fala nos limites permitidos pelo uso do silício e novos materiais e tecnologias despontam na indústria de semicondutores.

Não existe um limite muito bem definido sobre até onde os transistores poderiam ser miniaturizados. Há alguns anos, boa parte dos projetistas acreditava que seria impossível produzir transistores menores que 0.13 microns, hoje a Intel já transpôs esta barreira, mesmo usando silício.

Quando se reduz a quantidade de material utilizado para fabricar o processador, esbarramos nas possibilidades de alteração das propriedades dos materiais. Além disso, quanto menor é o transistor, menos elétrons são necessários para mudá-lo de estado. A 0.02 micron são necessárias apenas algumas dezenas de elétrons, o que abre uma margem gigantesca para todo tipo de interferência.

Com exceção dos gases nobres, todos os materiais são instáveis, reagem com outros, formando moléculas. A chave desta união são sempre os elétrons. Ao retirar ou acrescentar um elétron de um átomo qualquer, faríamos com que ele passasse a reagir com outros átomos próximos, que poderiam reagir com outros, gerando uma reação em cadeia. Isso lembra muito o funcionamento dos processadores atuais, onde um impulso elétrico pode ser usado para abrir ou fechar um transistor, que faz com que outros adiante também mudem de estado, processando dados e permitindo que, por exemplo, você possa ler textos na tela do seu PC.

Este é o princípio básico dos computadores quânticos, atualmente, eles necessitam de uma aparelhagem enorme para fazer qualquer coisa, como acontecia com os primeiros computadores. As moléculas precisam ser resfriadas a uma temperatura próxima do zero absoluto e são necessários aparelhos de ressonância caríssimos, que são usados para manipular os átomos. O computador quântico ainda tem pela frente várias décadas de evolução. Um dos maiores problemas atuais é descobrir uma forma de manter as moléculas estáveis à temperatura ambiente

Esta tecnologia precisa ser desenvolvida e aperfeiçoada sendo que um dos pontos mais importantes para sua viabilização é a redução de custos.

Segundo o Prof. Newton Frateschi da Unicamp em entrevista cedida ao jornalista Paulo Henrique Amorim (na ocasião do anúncio da Intel sobre o transistor de 0,02 micron),

Com certeza, os computadores quânticos, que nem são uma realidade tão distante assim serão muito mais poderosos que os atuais, muito mais poderosos até mesmo que os que teremos daqui a 10 anos. Não será de uma hora para a outra, mas algumas décadas provocam verdadeiras revoluções. Comparar um Deep Blue atual com "Handheld" do final do século será como comparar um Eniac com um Athlon. O mais interessante é que como num computador quântico, cada átomo tem potencial para substituir vários transistores, existe um potencial de evolução muito grande. Isso sem falar de que ainda existe muito a se descobrir no universo quântico. (Frateschi, 2005- 05- 18)

## 5.1 Como funcionam os processadores quânticos

Num processador quântico, temos átomos ao invés de transistores. Ao invés de bits temos bits quânticos, ou qubits. A idéia fundamental é que num átomo, a rotação de cada elétron corresponde a um pequeno movimento magnético, que pode ser controlado caso o átomo seja colocado sobre uma superfície magnética suficientemente sensível.

Enquanto um transistor permite apenas dois estados, ou seja, ligado ou desligado, cada qubit possui três estados diferentes. Dois estados são determinados pela rotação dos elétrons, horário ou anti-horário, o terceiro estado é a capacidade dos elétrons de girar simultaneamente nos dois sentidos. Assim, combinando com os dois estados anteriores temos um total de 4 estados possíveis, o que permite que cada qubit processe ou armazene dois bits simultaneamente.

A capacidade dos processadores quânticos segue uma progressão geométrica permitindo que 10 qubits sejam suficientes para 1024 bits, enquanto 20 correspondem a mais de um milhão. Isto mudará sensivelmente a capacidade de processamento dos computadores e cálculos que os computadores atuais levariam anos para resolver poderão ser resolvidos em muito menos tempo.

Ninguém sabe com certeza o quão rápido as pesquisas nesta área poderão avançar. Pode demorar cem anos para vermos estas aplicações que descrevi, ou pode demorar apenas duas ou três décadas. Como é um campo muito novo, não se sabem de onde podem surgir as soluções para os enormes problemas que ainda dificultam a vida dos pesquisadores.(MORIMOTO, Carlos E., 13.05.2005).

No início de 2001, na 12<sup>o</sup> Conferência anual na universidade de Palo Alto, a IBM anunciou seu primeiro computador quântico, um projeto bastante rudimentar, com apenas 5 qubits, trabalhando a 215 Hz, necessitando de um aparato gigantesco de equipamentos para funcionar. Neste projeto, o chip é uma molécula com 5 átomos responsáveis pelo processamento e alguns outros que interagem com estes cinco mudando seu estado, 5 qubits correspondem a 32 bits devido às possíveis combinações.

Um dos problemas nesta experiência, foi como manter esta molécula estável. A solução encontrada foi conservá-la numa solução altamente resfriada, numa temperatura próxima do zero absoluto. Outro foi como manipular os átomos que compõe a molécula. A solução dos projetistas da IBM foi usar radiação, num sistema semelhante à ressonância magnética que temos nos hospitais, porém muito mais preciso. As duas soluções adotadas são muito caras e, portanto inviabilizam a comercialização destes processadores.

---

Contudo, abre caminho para pesquisas já se descobriu, por exemplo, que o caminho inicial que era manipular elétrons muito suscetíveis a influências externas era muito complexo e que a manipulação dos núcleos dos átomos torna o processo muito mais simples.

Os cientistas do laboratório nacional de Los Alamos, nos EUA, divulgaram experiências usando um sistema óptico para manipular prótons. A idéia da nova técnica é que os prótons podem ser usados tanto na forma de partículas (a fim de interagir com os átomos que compõe o sistema quântico), quanto na forma de onda, podendo ser transportados através de um sistema óptico. (MORIMOTO, Carlos E., 13.05.2005).

Alguns anos atrás, os computadores quânticos eram considerados ficção científica, hoje já temos protótipos funcionando que podem torná-los realidade mais rápido do que podemos imaginar.

## 6 TENDÊNCIAS

Já é possível para processadores detectar quando um código malicioso, como um vírus esta tentando rodar e automaticamente desabilitar o tal código. Esta tecnologia é conhecida por vários nomes, como NX (*No eXecute*), EVP (*Enhanced Virus Protection*), XD (*eXecute Disable*) ou DEP (*Data Execution Protection*) e funciona criando, na memória RAM do micro, áreas separadas para a execução de programas e para o armazenamento de dados. Se um código presente na área reservada para o armazenamento de dados tentar ser executado, o processador percebe essa atitude como sendo algo suspeito e impede a execução do código.

O processador não tem a capacidade de sozinho, remover o vírus do computador. Caso um micro com a tecnologia NX habilitada, seja infectado por um vírus, o processador avisará através do sistema operacional que também precisa reconhecer esta tecnologia, que o micro está possivelmente com um vírus e não o deixará rodar, de qualquer forma para remover o vírus será necessário passar um antivírus.

Exemplos de processadores que já utilizam esta tecnologia são Athlon 64 e Opteron da AMD. A Intel planeja adotá-la em futuros processadores Pentium 4, mas já a incorporou em processadores para servidores, Itanium, usando o nome XD, *eXecute Disable*.

Outra grande tendência são os processadores de 64 bits. É necessário ter um sistema de 64 bits compatível com esta tecnologia para utilizar suas vantagens. Por enquanto, somente algumas versões de Linux são capazes de reconhecer esta tecnologia (SuSE SL9.1 e SLES9)., Nesta tecnologia ainda é possível rodar programas escritos para 32 bits. A principal vantagem desta tecnologia é fazer com que o processador consiga acessar mais memória RAM. Os processadores sem esta tecnologia acessam a até 4 GB de memória RAM. Já os processadores Pentium 4 série 6 são capazes de acessar até 32 TB de memória RAM.

Um bom exemplo para processadores de 64 bits é o Xeon MP, um processador voltado para servidores multiprocessados contendo quatro ou mais processadores, baseado na microarquitetura do Pentium 4.

Os novos processadores deverão utilizar memória *cache* L3 localizada no corpo do processador, porém não em seu núcleo, mas em uma pastilha ao lado, sendo acessada no *clock* externo do processador. Outro recurso interessante é o DBS (*Demand Based Switching*), que permite que os processadores da máquina diminuam o seu *clock* dependendo da carga de uso do processador, economizando energia.

Já existem no mercado processadores com RAS (*Reliability, Accessibility and Support*) que permitem técnicas de *memory sparing* e espelhamento de memória (*memory mirroring*), técnicas também conhecidas como RAID de memória. Com a primeira tecnologia, se o processador encontra um módulo de memória queimado, ele automaticamente desabilita aquele módulo. Esta tecnologia pode desligar somente um dos *chips* do módulo caso exista somente um *chip* queimado. Já o espelhamento permite que o conteúdo

de uma memória seja copiado para outro em tempo real e caso um módulo de memória se queime, o módulo de *backup* continua ativado e não há qualquer perda de dados.

E não para por aí, recursos antes específicos de discos rígidos agora podem ser encontrados nos processadores como é o caso do *hot swap* que permite que os módulos de memória sejam trocados com o servidor ligado.

Outra grande tendência da atualidade é a robótica antes mera curiosidades, agora são máquinas capazes de tarefas sempre mais complexas já têm feiras comerciais e até eventos científicos inteiramente dedicados a elas. O grande desenvolvimento da tecnologia dos sensores é um dos fatores responsáveis por esse aparentemente repentino deslanchar dos robôs. Infelizmente, até agora, nenhum robô possui nada que possa ser realmente chamado de inteligência. Microprocessadores de última geração, programas de inteligência artificial, redes neurais e a última palavra em sensores conseguem gerar apenas seres com mobilidade reduzida e pouca capacidade de interação, quando os robôs forem capazes de se movimentar livremente, já estará dado um passo gigantesco na sua utilização prática.

Pesquisadores estão tentando reproduzir o cérebro de um inseto para dar mobilidade aos robôs, descobrir como reproduzir um cérebro mesmo que muito simples como o dos insetos é uma tarefa árdua que levará muito tempo, mas podemos imaginar o que trará para a humanidade com relação à reconstrução, por exemplo, de membros do corpo humano.

## CONCLUSÃO

A evolução dos processadores é notória, sabemos que não para por aqui, muito ainda está por vir, por descobrir. Vivemos hoje um momento ímpar, como o que ocorreu quando as válvulas foram substituídas pelos transistores, o desenvolvimento dos transistores está chegando ao seu limite, os átomos. Os processadores são tão pequenos que muito mais não poderão ser diminuídos. Hoje os processadores quânticos são uma forte tendência e como no início dos transistores, são caros, ainda precisam ser desenvolvidos para tornarem-se comerciais.

É uma tecnologia que assusta, pois trata de manipulação de átomos e como toda novidade tem adeptos e não adeptos. Como no passado, irá tornar-se uma realidade talvez ainda venhamos a descobrir outros tipos de energia, condutores e os rumos sejam mais uma vez alterados.

Todas as áreas do conhecimento humano foram beneficiadas com os avanços tecnológicos, há alguns anos atrás as empresas começaram a informatizar-se e os primeiros PC's surgiram para num processo de aceitação muito rápido se incorporassem ao dia a dia da indústria.

Cada vez mais velocidade tem sido exigida nos processos, o processador mais rápido ajuda na tomada de decisão mais acertada, consegue trazer um maior número de informações e informação precisa é o diferencial que faz com que uma indústria seja mais competitiva que outra.

A nanotecnologia tem sido um fator determinante, processadores compactos e muito mais potentes têm sido desenvolvidos, cada vez mais e menores transistores são agrupados em um único processador, até o limite do átomo muito ainda pode ser desenvolvido.

Desde o ENIAC, o primeiro grande computador idealizado para cálculos de artilharia que os processadores exercem um fascínio nos pesquisadores, alguns arriscam dizer que a capacidade dos processadores pode crescer a uma progressão geométrica o que faria com que em algumas décadas os processadores que hoje se assemelham a cérebros de insetos, estejam tão evoluídos que possam reproduzir cérebros de outros animais e porque não o de seres humanos.

Os avanços registrados até agora levam a crer que em um futuro não muito distante a nanotecnologia aplicada aos processadores será capaz de criar recursos nunca antes imaginados. Tanto que os pesquisadores foram buscar na Física a palavra “singularidade” para definir a grande escalada tecnológica dos processadores.

A idéia de singularidade é que as tecnologias das várias áreas evoluam cada vez mais aceleradamente, se integrando e mudando rapidamente a realidade. O termo “singularidade” na física designa fenômenos tão extremos que as equações não são mais capazes de descrevê-los, como buracos negros, lugares de densidade infinita, que levam as leis da ciência ao absurdo.

Para os pessimistas as máquinas evoluirão tanto que serão capazes de dominar o Mundo, destruir a raça humana para terem a supremacia absoluta já que seriam capazes de reproduzir o cérebro humano e superá-lo em pouco

---

tempo respeitando o crescimento em progressão geométrica. O mundo se transformará numa *matrix* exatamente como prevê o filme.

Para os otimistas esta evolução trará cura para doenças, minúsculos robôs serão injetados no corpo humano e poderão buscar apenas as células doentes e destruí-las sem causar dano para o restante do corpo. Membros, órgãos poderão ser reconstruídos ou substituídos por partes eletrônicas trazendo vida onde houver falta dela.

Especulações à parte, o importante é vislumbrar para as próximas décadas a possibilidade de retirar do homem tarefas braçais, permitir que o tempo gasto hoje com estas tarefas seja ocupado com o que de melhor o homem sabe fazer: PENSAR

## REFERÊNCIAS

- COSTA, G da, *Hardware*. Disponível em <<http://www.vas-y.com/dicas/curso/hardware/salto.htm>> Acesso em 05 de maio de 2005.
- INFOWESTER, *Processadores*. Disponível em <<http://www.infowester.com/processadores2.php>> Acesso em 16 de maio de 2005.
- MELO, Bruno Leonardo Martins de, et al. *Computação Quântica: Estado da Arte*. Disponível em <http://>
- MERKLE, Dr. Ralph. *Nanotechnology*. Disponível em <<http://www.zyvex.com/nano/>>, Acesso em 05 de maio de 2005.
- MORIMOTO, Carlos E. *E-Book Manual do Hardware Completo*. Disponível em <<http://guiadohardware.net/livros/hardware>> , Acesso em 01 de abril de 2005.
- MORIMOTO, Carlos E. *Processadores Quânticos*. Disponível em <<http://guiadohardware.net/analises/quanticos/index.asp>> , Acesso em 05 de abril de 2005.
- ROSH, Winn L. *Desvendando o Hardware do PC*. 1ª ed. São Paulo: Campus, 1990.
- RUSSU, Marius, et al. *Theoretical and Practical Issues upon Evolution of Microtechnology Towards Nanotechnology*, Moldavian Journal of the Physical Sciences Romania, 2002.
- SÁ, Gilberto Fernandes de, et al. *Programa de Tecnologia do Governo do Brasil*. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/Temas/Nano/programanano.htm>>, Acesso em 10 de maio de 2005.
- SILVA, Cylon Gonçalves da. *O que é Nanotecnologia*. Disponível em <[www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm](http://www.comciencia.br/reportagens/nanotecnologia/nano10.htm)> , Acesso em 01 de maio de 2005.

---

TORRES, Gabriel. *Artigos*. Disponível em <[www.clubedohardware.com.br](http://www.clubedohardware.com.br)>, Acesso em 24 de abril de 2005.