

Laboratório de Hardware

6 - Memórias

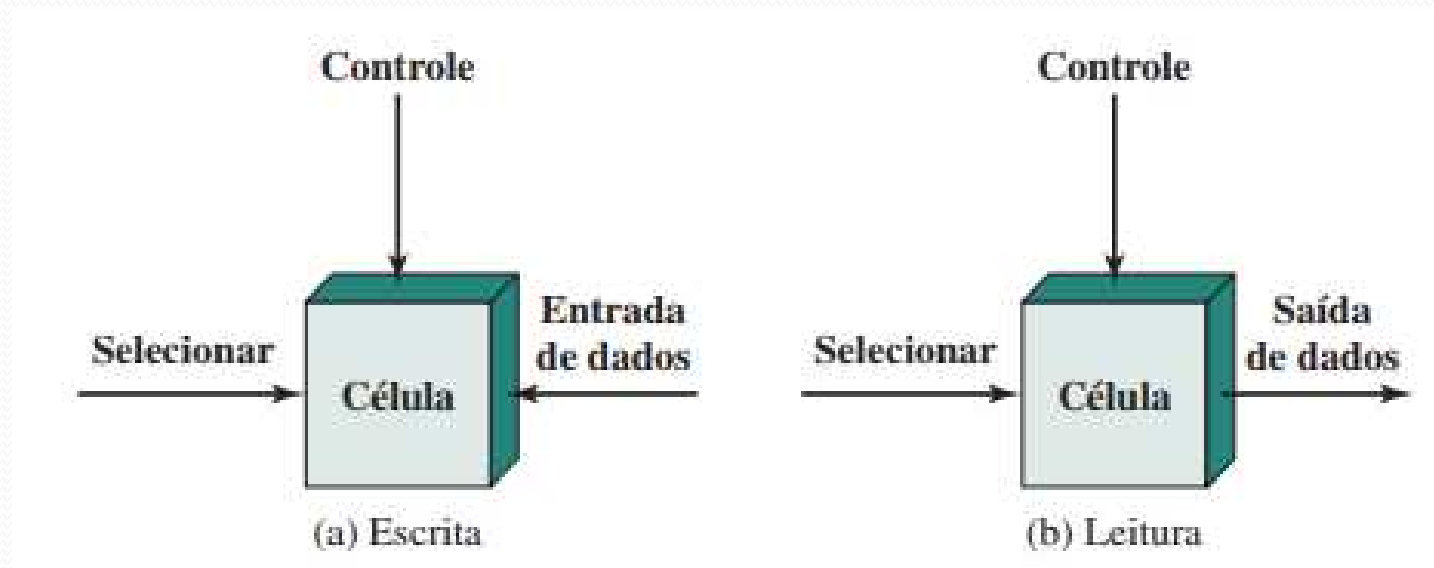
Prof. Valdenir Silva

Memória

Construção → chips semicondutores.

Elemento básico → célula de memória com as características:

- Dois estados estáveis (0 ou 1)
- Permitem gravação (definição do estado)
- Permitem leitura (verificação do estado)



Sistemas de memória – Características

➤ **Sistemas de memória** → Simples em conceito, a memória do computador apresenta talvez a mais variada gama de tipos, tecnologia, organização, desempenho e custo comparado com qualquer outro recurso de um sistema de computação.

➤ **Classificação de acordo com as principais características:**

- Localização
- Desempenho
- Método de acesso
- Tipo físico
- Unidade de transferência
- Características físicas
- Capacidade
- Organização

Sistemas de memória – Características

Localização		Desempenho	
Interna (por exemplo, registradores do processador, memória principal, cache)		Tempo de acesso	
Externa (por exemplo, discos ópticos, discos magnéticos, fitas)		Tempo de ciclo	Referente ao barramento
		Taxa de transferência	
Método de acesso		Tipo físico	
Sequencial	Ex.: fitas	Semicondutor	
Direto	Ex.: discos. Endereços exclusivos	Magnético	
Aleatório	Ex.: memória principal	Óptico	
Associativo	Ex.: cache. Exame do conteúdo	Magneto-óptico	
Unidade de transferência		Características físicas	
Palavra	Bits lidos/escritos de uma vez	Volátil/não volátil	
Bloco		Apagável/não apagável	
Capacidade		Organização	
Número de palavras		Módulos de memória	Disposição física
Número de bytes			

Hierarquia de memória

Restrições de projeto - três questões:

Quanto? Com que velocidade? A que custo?

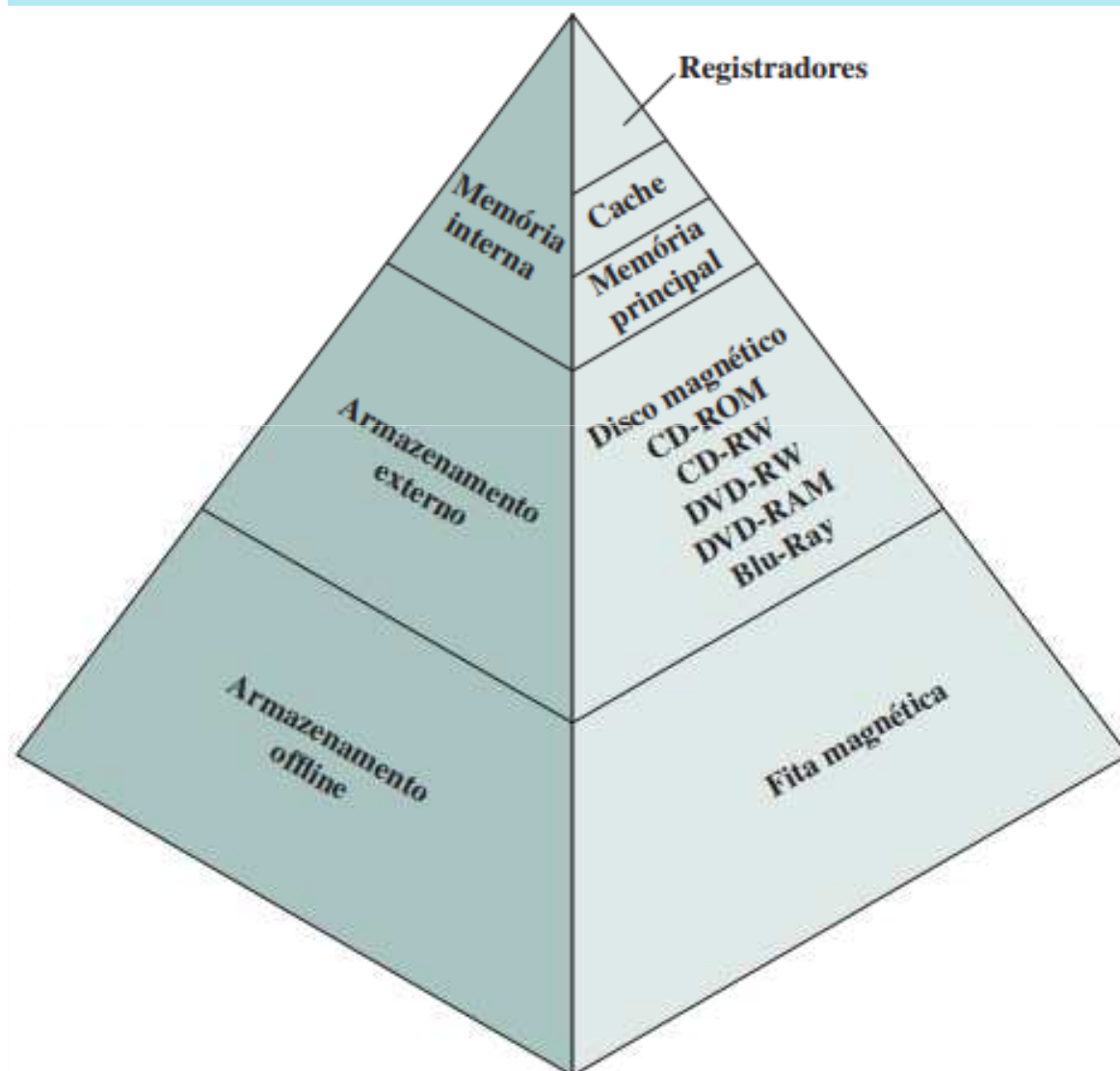
- **Capacidade** → Aplicações desenvolvidas para utilizar certas capacidades de memória.
- **Velocidade** → Maior desempenho se acompanhar a velocidade do processador.
- **Custo** → Deve ser razoável em relação a outros componentes.

Relações:

- Tempo de acesso mais rápido, maior custo por bit.
- Maior capacidade, menor custo por bit.
- Maior capacidade, tempo de acesso mais lento.

Dilema capacidade-tempo de acesso → Hierarquia de memória

Hierarquia de memória



Conforme se desce na hierarquia, ocorre o seguinte:

- a.** Diminuição do custo por bit.
- b.** Aumento da capacidade.
- c.** Aumento do tempo de acesso.
- d.** Diminuição da frequência de acesso à memória pelo processador.

Memórias menores, mais caras e mais rápidas são complementadas por memórias maiores, mais baratas e mais lentas.

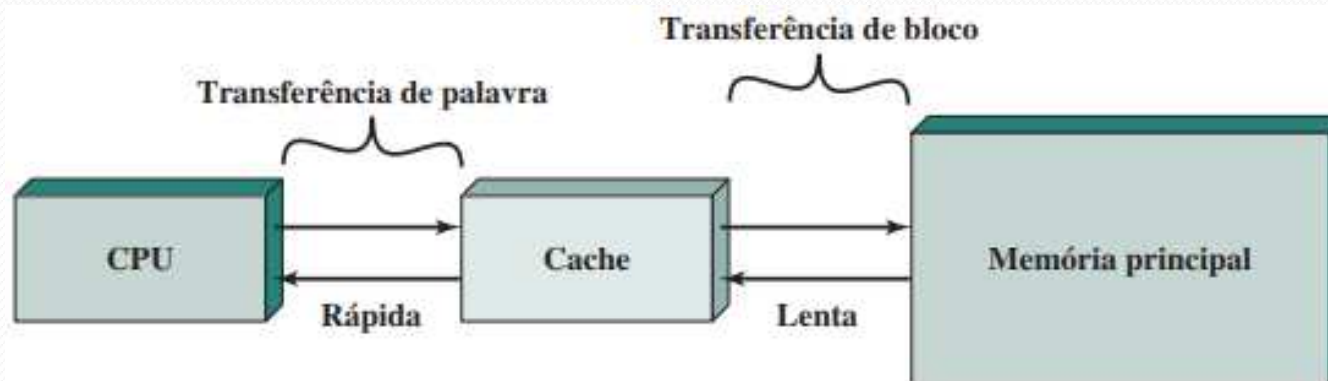
Hierarquia de memória

- **Forma de organização de dados pela hierarquia:** a porcentagem de acessos em cada nível imediatamente inferior é muito menor que para o nível acima.
- O tipo de memória mais rápido, menor e mais caro consiste nos **registradores internos** ao processador. Em geral, um processador terá poucas dúzias desses registradores, embora algumas máquinas contenham centenas de registradores.
- A **memória principal** é o principal sistema de memória interna do computador. Cada localização na memória principal tem um endereço exclusivo.
- A memória principal costuma ser estendida com uma **memória cache** menor, de maior velocidade. A cache normalmente não é visível ao programador ou, na verdade, ao processador. Esse é um dispositivo para **organizar a movimentação de dados** entre a memória principal e os registradores do processador, para **melhorar o desempenho**.
- Os 3 tipos citados de memórias são voláteis e semicondutoras.

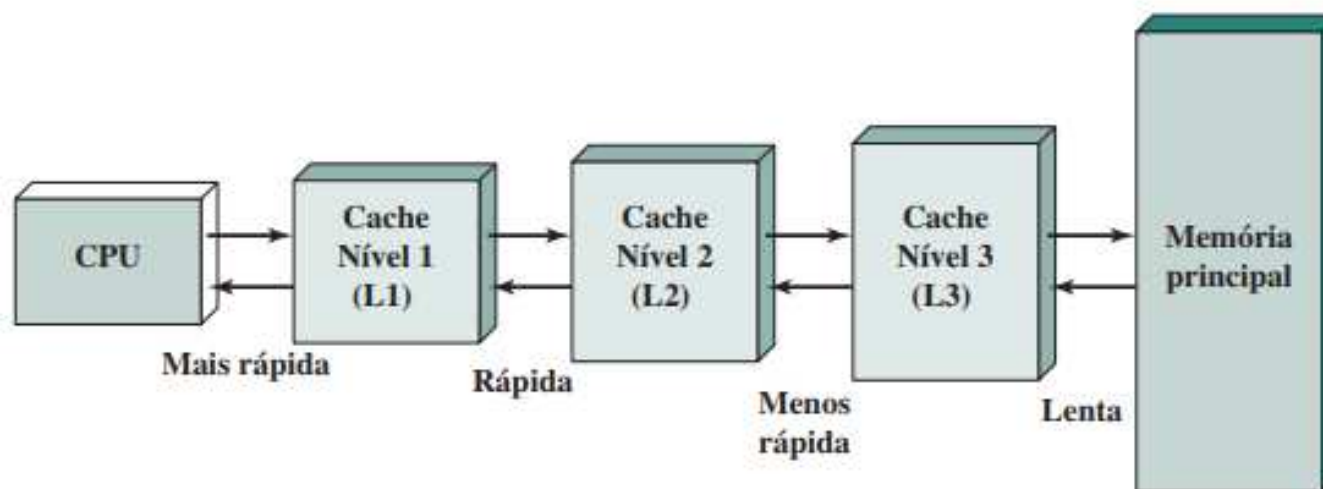
Hierarquia de memória

- Os dados são armazenados de forma mais permanente em dispositivos externos, de armazenamento em massa, sendo os mais comuns o **disco rígido**, o **disco de estado sólido** e a **mídia removível**, pen drive, disco magnético removível, fita e armazenamento óptico.
- A memória externa, não volátil, também é chamada de **memória secundária** ou **memória auxiliar**. Estas são usadas para armazenar arquivos de programa e dados e, normalmente, são visíveis ao programador apenas em termos de arquivos e registros, ao contrário de bytes ou palavras individuais.
- O disco também é usado para oferecer uma extensão à memória principal, conhecida como **memória virtual**.
- **Cache de disco** → Técnica de software com a qual uma parte da memória principal pode ser usada como um buffer para manter temporariamente os dados que devem ser levados ao disco. Melhora o desempenho da gravação.

Memória Cache



(a) Cache única



(b) Organização de cache de três níveis

Memória Cache

Cache antigo L2 na placa-mãe. Memórias SRAM.



Memória Cache

- Desenvolvida para **combinar** o tempo de acesso de memórias de alto custo e alta velocidade com as memórias de menor velocidade, maior tamanho e mais baixo custo.
- Contém uma **cópia de partes da memória principal**. Quando o processador tenta ler uma palavra da memória, é feita uma **verificação** para determinar se a palavra está na cache. Se estiver, ela é entregue ao processador. Se não, um bloco da memória principal, consistindo em algum número fixo de palavras, é transferido para a cache, e depois a palavra é fornecida ao processador.
- **Múltiplos níveis** de cache. A cache L2 é mais lenta e em geral maior que a cache L1, e a cache L3 é mais lenta e normalmente maior que a cache L2.
- A memória cache conecta-se ao processador por meio de linhas de **dados, controle e endereço**.
- **Tamanho** → Caches grandes tendem a ser ligeiramente mais lentas que as pequenas.

Memória Cache

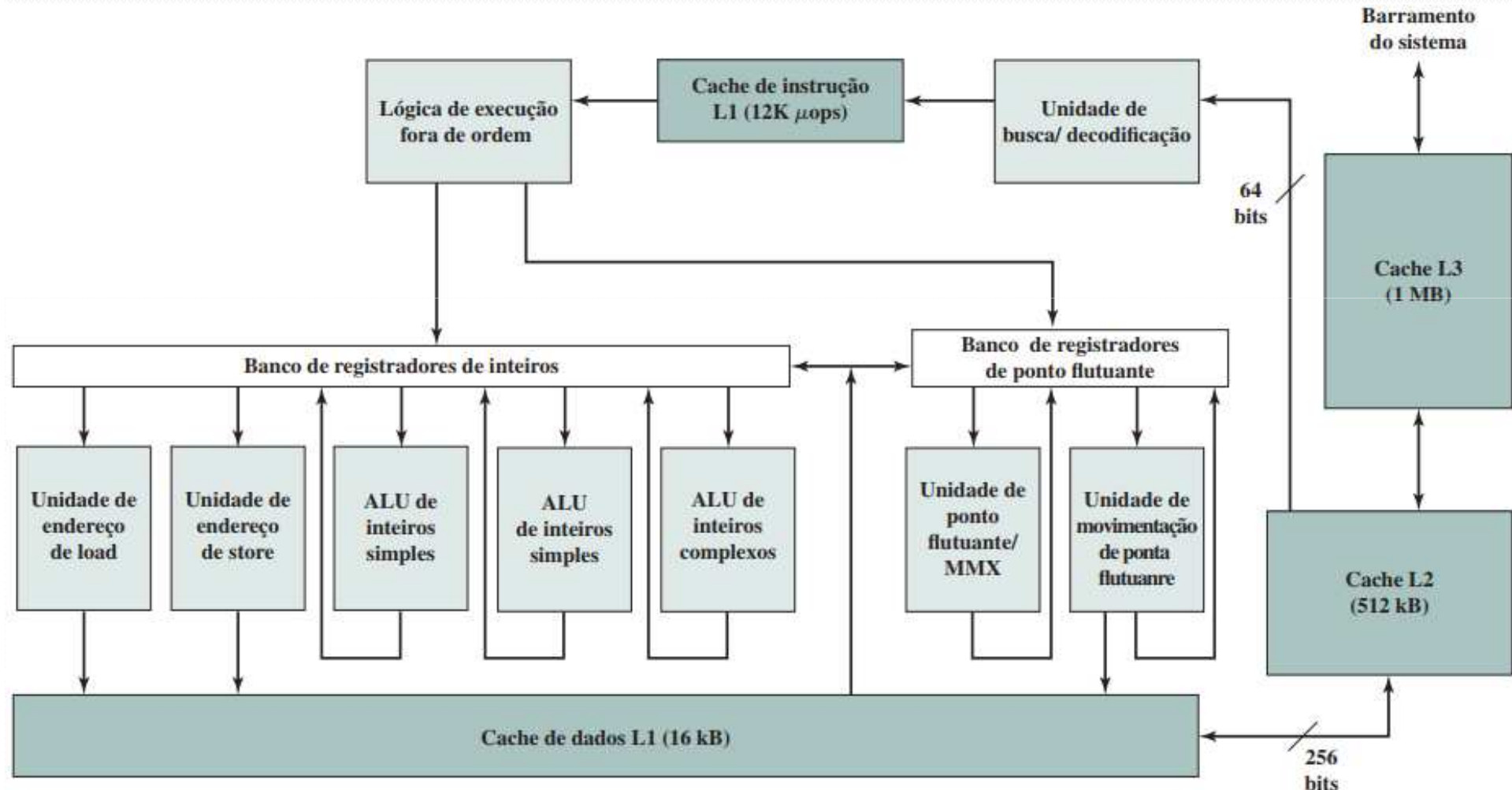
Características:

- L2 tem tempo de acesso maior que o L1.
- Sistemas de prefetch, que monitoram o fluxo de instruções e carregam antecipadamente dados que serão necessários nos ciclos seguintes.
- L1 para dados e L1 para instruções. Essa divisão permite que o controlador de cache use o espaço de forma mais eficiente e melhora a velocidade de acesso, já que os dois blocos passam a se comportar como dois caches independentes, permitindo que o processador leia dados e instruções simultaneamente.

Cache unificada/separada

- **Duas funções** de cache: uma dedicada a **instruções** e uma dedicada a **dados**.
- Existem no **mesmo nível**, normalmente como duas caches L1.
- Quando o processador tenta buscar uma instrução da memória principal, ele primeiro consulta a cache L1 de instrução, e quando o processador tenta buscar dados da memória principal, ele primeiro consulta a cache L1 de dados.
- A **tendência** é em direção a **caches separadas** no L1 e caches unificadas para altos níveis, particularmente para máquinas superescalares, que enfatizam a execução de instrução paralela e a pré-busca de instruções futuras previstas.
- A principal vantagem do projeto de cache separada é que isso elimina a **disputa** pela cache entre a unidade de busca/decodificação de instrução e a unidade de execução. Isso é importante em qualquer projeto que conta com o **pipeline** de instruções.

Memória cache – Exemplo de organização



Memória principal

Principais tipos de memória semicondutora

Tipo de memória	Categoria	Apagamento	Mecanismo de gravação	Volatilidade
Memória de acesso aleatório (RAM)	Memória de leitura-gravação	Eletricamente, em nível de byte	Eletricamente	Volátil
Memória somente de leitura (ROM)	Memória somente de leitura	Não é possível	Máscaras	Não volátil
ROM programável (PROM — do inglês, <i>Programmable ROM</i>)			Eletricamente	
PROM apagável (EPROM — do inglês, <i>Erasable PROM</i>)	Luz UV, Em nível de chip			
PROM eletricamente apagável (EEPROM — do inglês, <i>Electrically Erasable PROM</i>)	Eletricamente, em nível de byte			
Memória flash	Memória principalmente de leitura	Eletricamente, em nível de bloco		

Memória principal – Aumento de desempenho da DRAM

➤ Inserção de um ou mais níveis de **memória cache SRAM** de alta velocidade entre a memória principal DRAM e o processador.

- Problemas → SRAM é cara. Redução da velocidade com o aumento do tamanho.

➤ **SDRAM – DRAM síncrona**

- Diferentemente da DRAM tradicional, que é assíncrona, a SDRAM troca dados com o processador sincronizado com um sinal de clock externo e executando na velocidade plena do barramento do processador/memória, sem imposição de estados de espera.
- Arquitetura interna de múltiplos bancos, que melhora oportunidades para paralelismo no chip.
- Mode Register → mecanismo para personalizar a SDRAM ajustando-a às necessidades específicas do sistema, como a latência entre o recebimento de uma solicitação de leitura e o início da transferência de dados.

Memória principal – Aumento de desempenho da DRAM

➤ **DDR SDRAM – DRAM síncrona *Double-Data-Rate***

- Proporciona características que aumentam a taxa de dados.
- A transferência de dados é sincronizada tanto na borda de subida como na de descida do clock, em vez de somente na borda de subida. Isso dobra a taxa de dados.
- Utiliza frequência de clock mais alta no barramento para aumentar a taxa de transferência.
- Um esquema de buffering é usado.
- Buffer de pré-busca → consiste em uma memória cache localizada no chip da SDRAM.

	DDR1	DDR2	DDR3	DDR4	DDR5
Buffer de pré-busca (bits)	2	4	8	8	8
Nível de voltagem (V)	2,5	1,8	1,5	1,2	1,1
Taxas de dados do barramento frontal (Mbps)	200–400	400–1.066	800–2.133	2.133–4.266	4.800–6.400

Memória RAM

Antigamente...



Memória RAM

Soquetes



https://br.freepik.com/fotos-premium/instalando-uma-nova-memoria-ram-ddr-para-um-soquete-de-processor-de-computador-pessoal-em-um-servico_18209347.htm

Memória RAM

Módulo SIMM "Single In line Memory Module"



Memória RAM

DDR

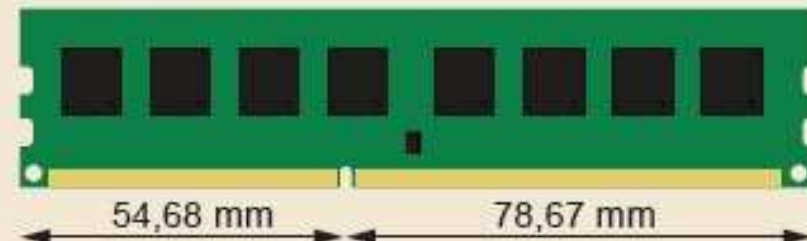
Diferenças físicas

➤ Um tipo de RAM é para ser usado em soquetes específicos.

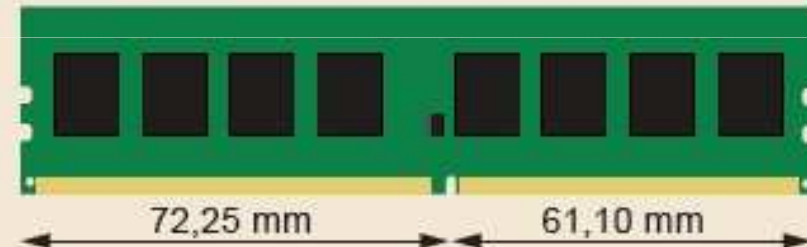
➤ Outras diferenças

- Frequência
- Latência
- Tensão de trabalho

DDR3 DIMM



DDR4 DIMM



DDR5 DIMM



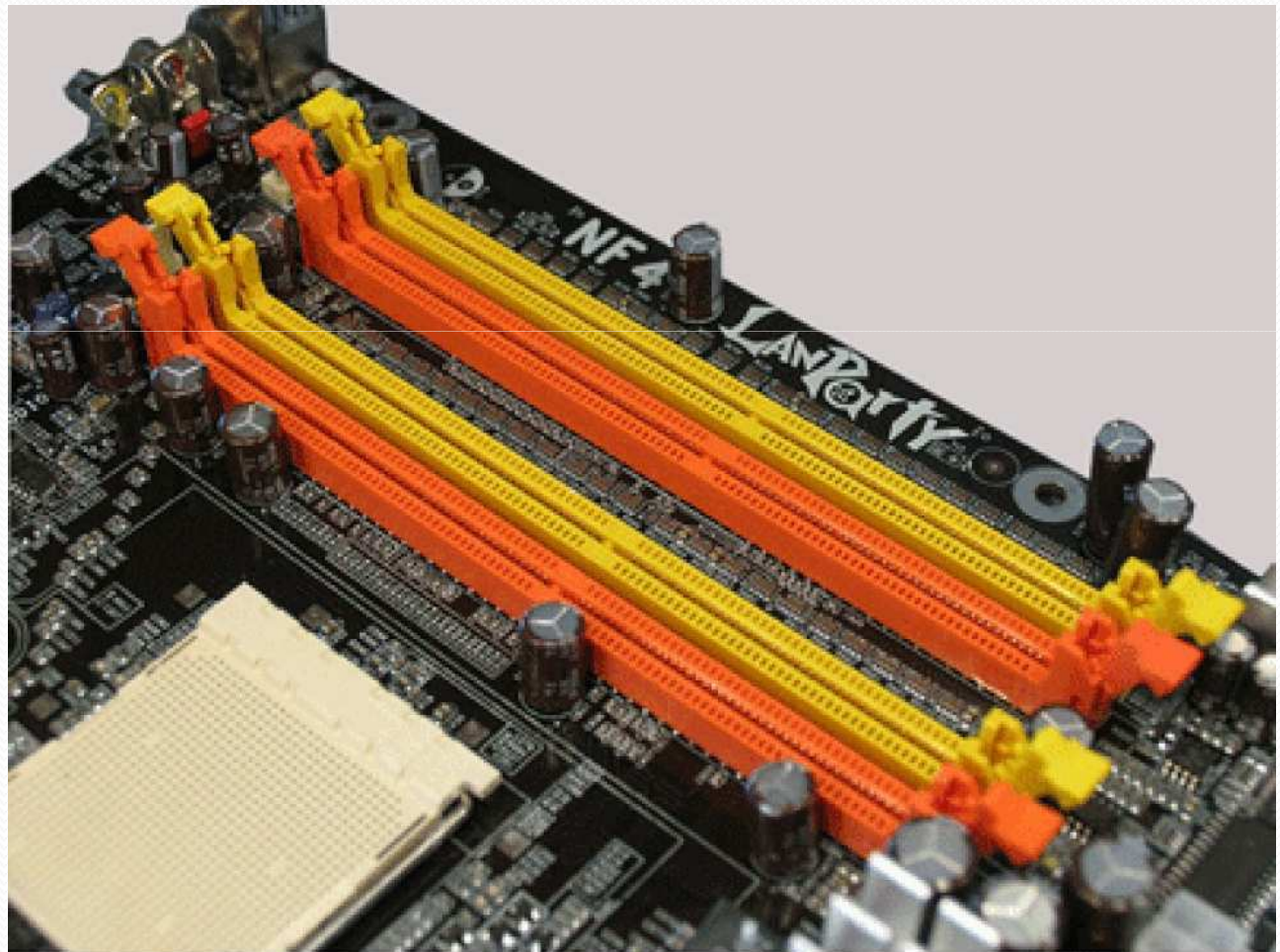
Figura 4.3: Diferença física entre módulos DIMM DDR3, DDR4 e DDR5.

Gabriel Torres. "Montagem de micros".

Memória RAM

RAM Dual Channel

- Memórias idênticas
- Opção de usar dois módulos (acessados simultaneamente) para melhorar a velocidade de acesso.



<https://www.techtudo.com.br/noticias/2012/01/dual-channel-o-que-e-e-como-habilitar.ghtml>

Memória RAM

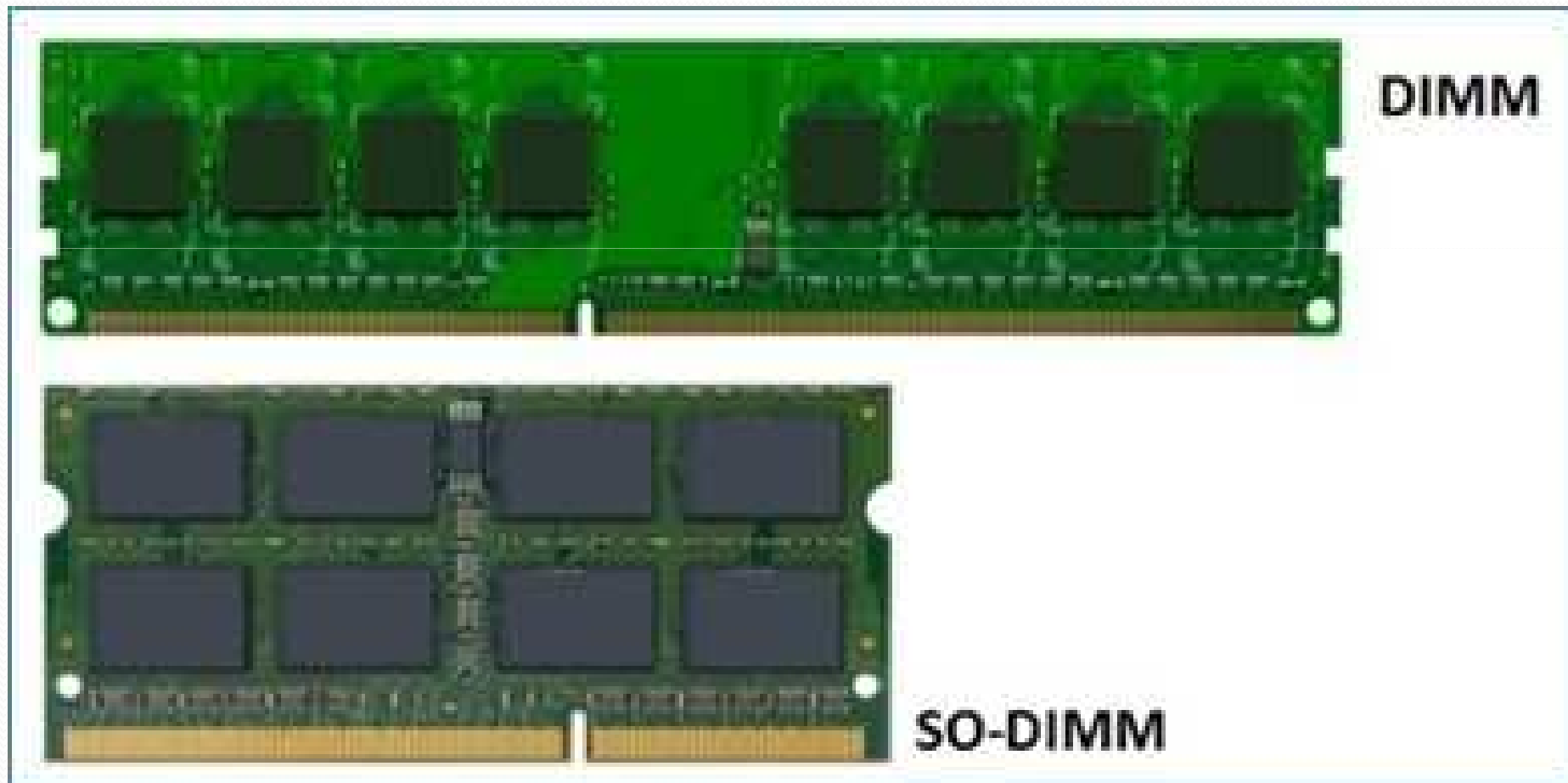
RAM SODIMM (Small Outline DIMM)



<https://www.amazon.com.br/Crucial-Single-PC4-21300-SODIMM-260-Pin/dp/B07Q3HNC79>

Memória RAM

RAM DIMM x SODIMM



Memória RAM

RAM com cooler ativo



Carlos Morimoto. *Hardware II, O Guia Definitivo.*

Memória RAM

RAM com dissipador de calor



Carlos Morimoto. *Hardware II, O Guia Definitivo.*

Novas tecnologias de memórias de estado sólido não-voláteis

➤ STT-MRAM – Spin Transfer Torque Magnetic RAM

- É um tipo de RAM magnética, baseada numa célula transistor + elemento MTJ (Magnetic Tunnel Junction).
- Memória não-volátil.
- Alta velocidade de escrita/leitura.
- Alta durabilidade.
- Tendência de uso para cache e para memória principal.

Novas tecnologias de memórias de estado sólido não-voláteis

➤ **PCRAM - RAM de mudança de fase**

- Baseada em um material de liga de calcogeneto, que é similar aos usados em geral nos meios de armazenamento óptico.
- A capacidade de armazenamento de dados é alcançada a partir das diferenças de resistência entre uma fase amorfa (alta resistência) e uma fase cristalina (baixa resistência) do material baseado em calcogeneto.
- Na operação SET, o material de mudança de fase é cristalizado ao aplicar o pulso elétrico que aquece uma porção significativa da célula acima de sua temperatura de cristalização. Na posição RESET, uma corrente elétrica maior é aplicada e então abruptamente cortada, de modo a derreter o material, deixando-o no estado amorfo.
- Tendência a substituir ou suplementar a DRAM para a memória principal.

Novas tecnologias de memórias de estado sólido não-voláteis

➤ ReRAM - RAM Resistiva

- Trabalha criando variação de resistência em vez de carga direta de armazenamento.
- Uma corrente elétrica é aplicada a um material, mudando a resistência desse material. O estado de resistência pode então ser mensurado, e 1 ou 0 é lido como resultado.
- Muito dos trabalhos feitos na ReRAM para dados focou em encontrar materiais apropriados e medir o estado de resistência das células.
- Os projetos de ReRAM são de baixa voltagem.
- A resistência é de longe superior à da memória flash.
- As células são muito menores.
- Tendência para substituir ou suplementar tanto o armazenamento secundário como a memória principal.

Memória secundária – Disco magnético

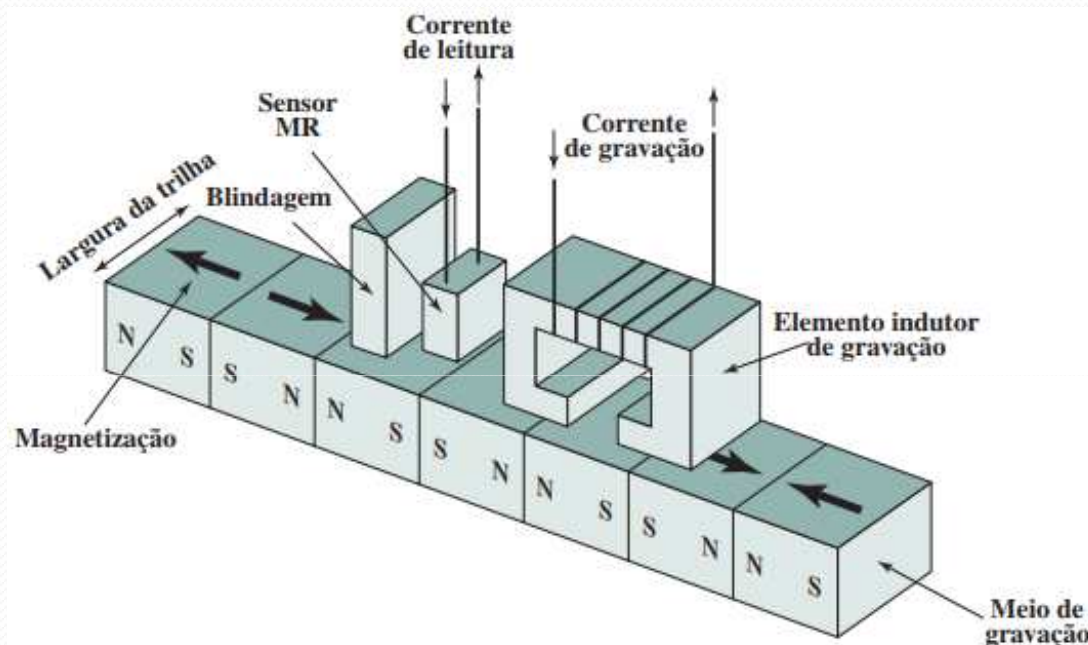
➤ Disco magnético

- É um prato circular construído de material não magnético, chamado de **substrato**, coberto por um **material magnetizável**.
- Tradicionalmente, o substrato tem sido **alumínio ou um material de liga de alumínio**. Mais recentemente, foram introduzidos substratos de vidro. O **substrato de vidro** apresenta diversos benefícios incluindo os seguintes:
 - ✓ Melhoria na **uniformidade** da superfície do filme magnético, aumentando a confiabilidade do disco.
 - ✓ **Redução significativa nos defeitos** gerais da superfície, ajudando a diminuir os erros de leitura-gravação.
 - ✓ Capacidade de aceitar **alturas de vôo mais baixas**.
 - ✓ **Melhor rigidez**, para reduzir a dinâmica do disco.
 - ✓ Maior capacidade de **suportar choque e danos**.

Memória secundária – Disco magnético

Cabeça de gravação e de leitura

- Cabeça fixa ou móvel.
- Pulsos elétricos são enviados à cabeça de **gravação**, e os padrões magnéticos resultantes são gravados na superfície abaixo com diferentes padrões para correntes positivas e negativas.

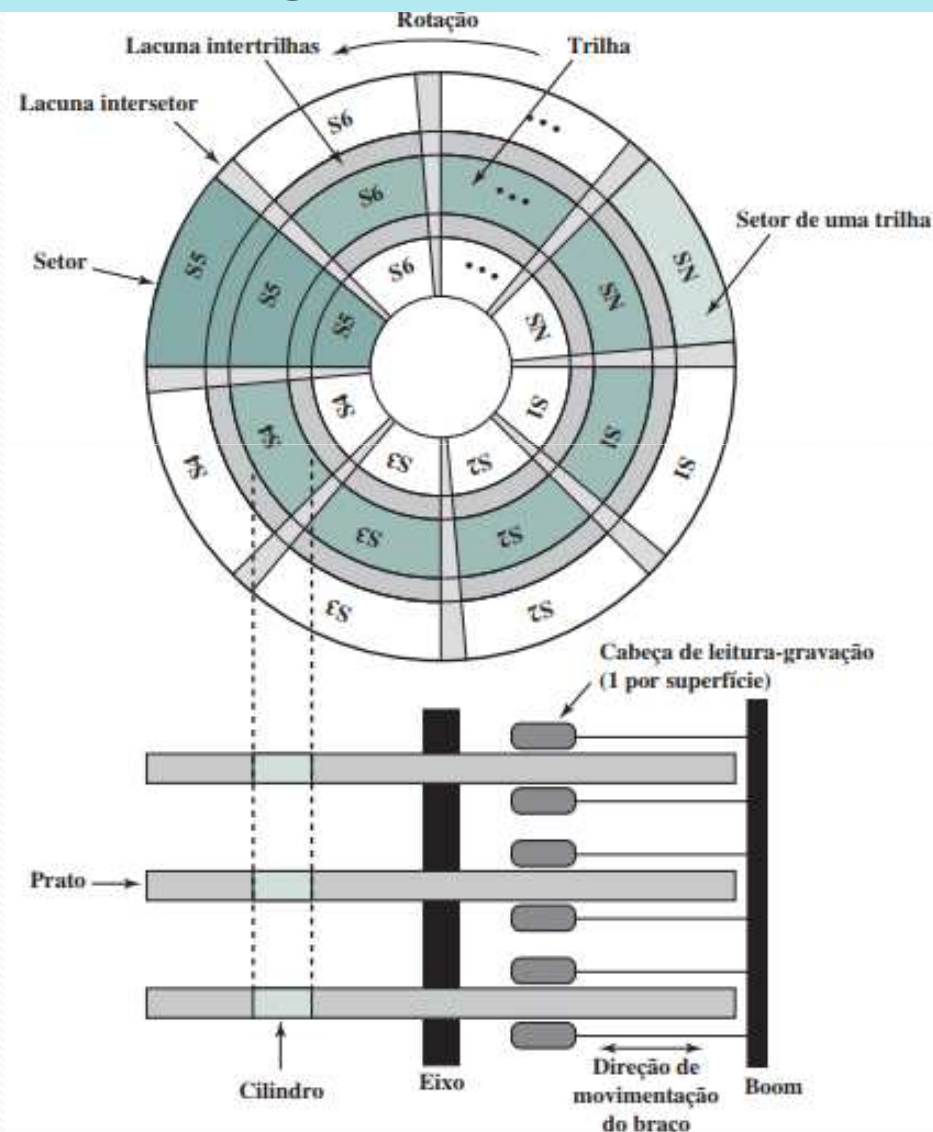


Fonte: Stallings, W.. *Arquitetura e Organização de Computadores*, Ed. Pearson, 10ª ed.

- Na **leitura**, a superfície do disco passa sob a cabeça que gera uma corrente com a mesma polaridade daquela já gravada.
- Em sistemas modernos a cabeça de **leitura** é baseada em **sensores magnetorresistivos (MR)** compostos por filmes finos cuja resistividade varia com o campo magnético.

Memória secundária – Disco magnético

- A organização dos dados no prato é feita em um conjunto concêntrico de anéis, chamados de **trilhas**.
- Cada trilha tem a mesma largura da cabeça. Existem milhares de trilhas por superfície.
- As trilhas adjacentes são separadas por **lacunas (gaps) intertrilhas**. Isso minimiza os erros causados pela falta de alinhamento da cabeça ou pela interferência dos campos magnéticos.
- Os dados são transferidos de e para o disco em **setores**.
- Na maioria dos sistemas modernos, são usados setores de extensão fixa, com 512 bytes.
- Os setores adjacentes são separados por lacunas intersetores.



Memória secundária – Disco magnético

Parâmetros típicos

Características	Seagate Enterprise	Seagate Barracuda XT	Seagate Cheetah NS	Seagate Laptop HDD
Aplicações	Empresarial	Desktop	Armazenamento ligado à rede, servidores de aplicação	Laptop
Capacidade	6 TB	3 TB	600 GB	2 TB
Tempo médio de busca	4,16 ms	N/A	Leitura de 3,9 ms Gravação de 4,2 ms	13 ms
Velocidade de eixo	7.200 rpm	7.200 rpm	10.075 rpm	5.400 rpm
Latência média	4,16 ms	4,16 ms	2,98	5,6 ms
Máxima taxa sustentada de transferência	216 MB/seg	149 MB/seg	97 MB/seg	300 MB/seg
Bytes por setor	512/4.096	512	512	4.096
Trilhas por cilindro (número de superfícies do prato)	8	10	8	4
Cache	128 MB	64 MB	16 MB	8 MB
Interface	SATA	SATA	SAS	SATA

Memória secundária – Disco magnético

- **Controlador de disco** → chip que controla o drive. Alguns controladores contêm uma CPU completa. Entre as tarefas do controlador estão: aceitar comandos do software, como READ, WRITE e FORMAT (escrevendo todos os preâmbulos), controlar o movimento do braço, detectar e corrigir erros e converter bytes de 8 bits lidos na memória em uma corrente serial de bits e vice-versa.
- **Drive IDE (Integrated Drive Electronics – eletrônica integrada ao drive)**
- **EIDE (Extended IDE – IDE Estendido)** suportavam um segundo esquema de endereçamento linear denominado **LBA (Logical Block addressing – endereçamento de blocos lógicos)**. Esse esquema requer que o controlador converta endereços LBA para endereços de cabeçote, setor e cilindro.
- **ATA-3 (Advanced Technology Attachment)**
- **ATAPI-4 (ATA Packet Interface – Interface de Pacotes ATA)** , ATAPI-5, ATAPI-6
- **ATAPI-7 (Serial ATA)**
- **SCSI (Small Computer System Interface – interface para sistemas computacionais pequenos)**. Interface diferente e taxas de transferências maiores.
- **SAS - Serial Attached SCSI – taxas da ordem de 6Gbps.**

Memória secundária – Disco magnético

Parâmetros típicos

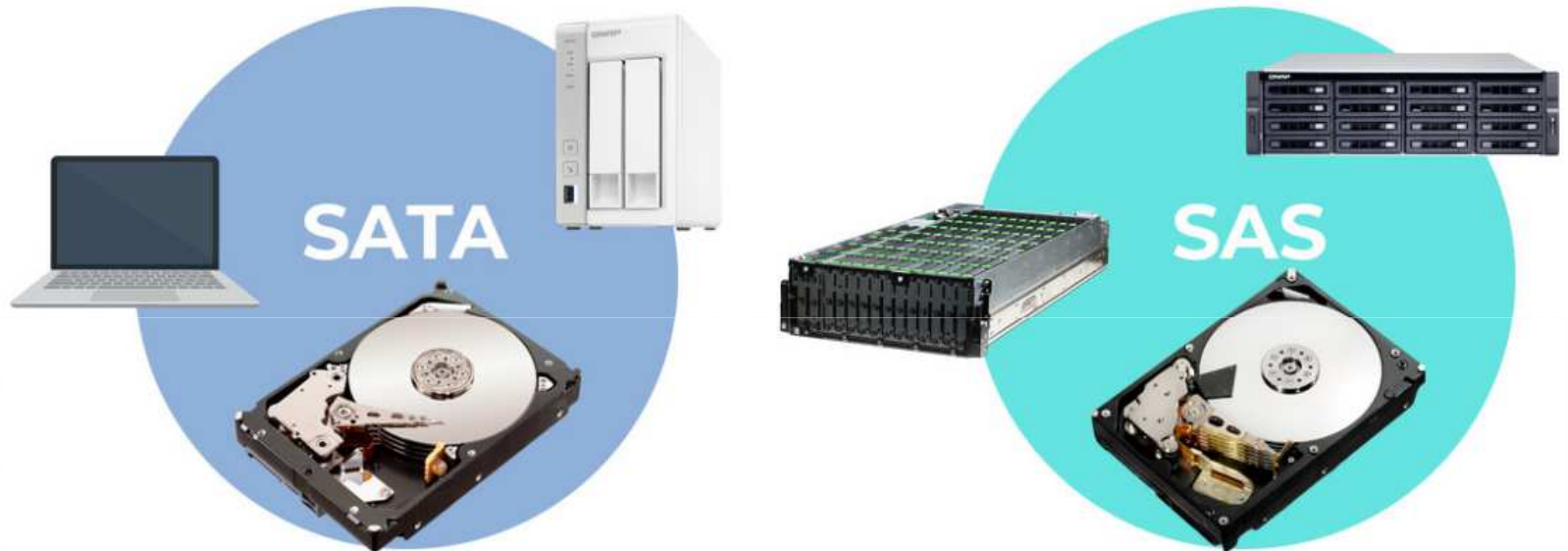
Nome	Bits de dados	Frequência do barramento (MHz)	MB/s
SCSI-1	8	5	5
Fast SCSI	8	10	10
Wide Fast SCSI	16	10	20
Ultra SCSI	8	20	20
Wide Ultra SCSI	16	20	40
Ultra2 SCSI	8	40	40
Wide Ultra2 SCSI	16	40	80
Wide Ultra3 SCSI	16	80	160
Wide Ultra4 SCSI	16	160	320
Wide Ultra5 SCSI	16	320	640

Memória secundária – Disco magnético

Parâmetros típicos

Padrão	Quantidade de Pinos	Velocidade de transferência (em MB/s)
IDE/ATA	40	133
SATA 150	07	150
SATA II (300)	07	300
SATA (600)	07	600

Memória secundária – Disco magnético



SATA é o acrônimo de Serial ATA; a sigla SAS significa Serial Attached SCSI.

SAS -> Mais rápidos e mais confiáveis. Uso em servidores.

SATA mais atual: 600 MB/s. SAS - > 1,5 GB/s.

Memória secundária – Disco magnético

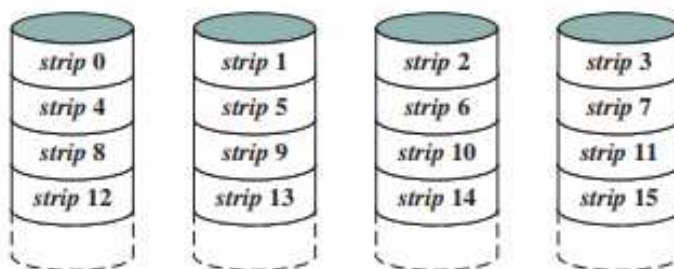
RAID - Redundant Array of Independent Disks

- Conjunto de drives de discos físicos, vistos pelo sistema operacional como um único drive lógico.
- Os dados são distribuídos pelos discos físicos de um array em um esquema conhecido como *striping* (distribuição de dados).
- A capacidade de disco redundante é usada para armazenar informações de paridade, o que garante a facilidade de recuperação dos dados no caso de uma falha de disco.
- Há 7 diferentes organizações possíveis, cada qual com uma mistura diferente de características de confiabilidade e desempenho.

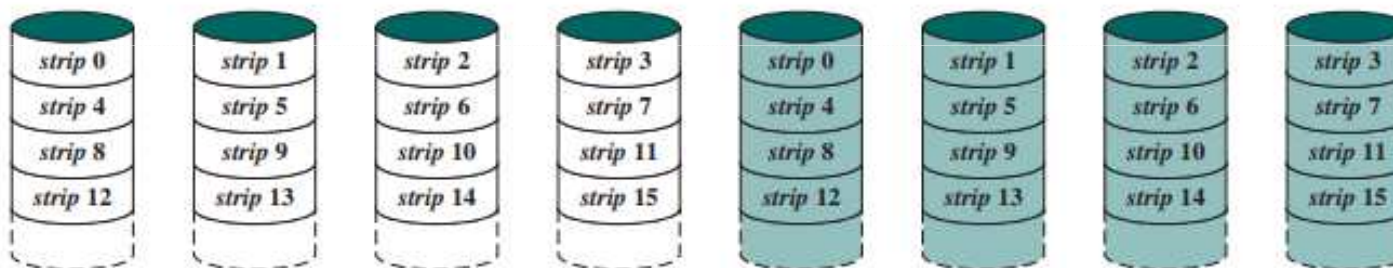
➤ RAID 0

- Os dados são segmentados e distribuídos por todos os discos.
- Não há redundância. Se um dos discos falhar, haverá perda de dados.
- Acesso rápido aos dados.

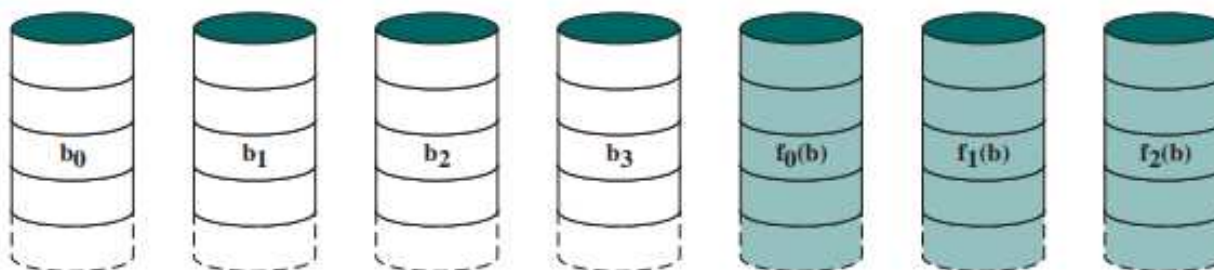
Memória secundária – Disco magnético



(a) RAID 0 (não redundante)



(b) RAID 1 (espelhado)



(c) RAID 2 (redundante por meio do Código de Hamming)

Memória secundária – Disco magnético

➤ RAID 1

- Denominado mirroring ou espelhamento. Os dados são duplicados em um outro conjunto de discos.
- Redundância. Se um dos discos falhar, os dados estarão presentes inteiramente em outro disco.
- Leitura mais rápida em relação ao RAID 0.
- Custo alto.

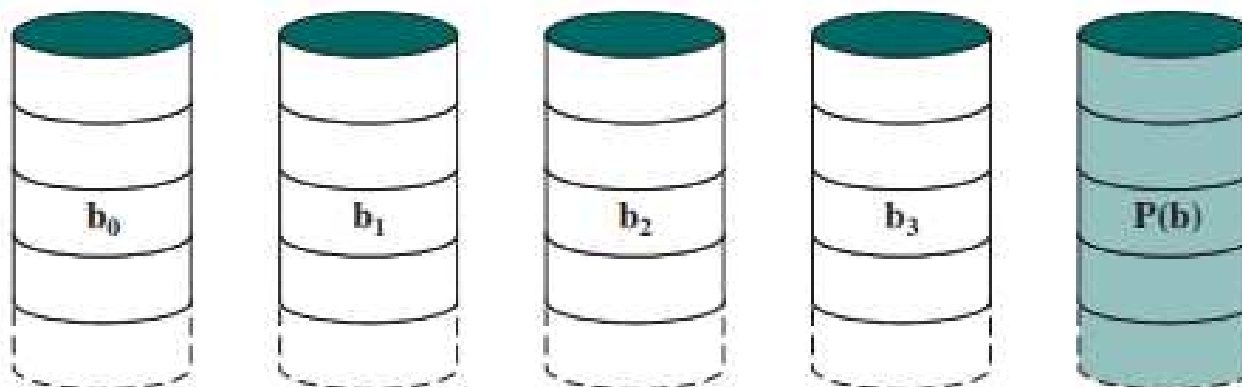
➤ RAID 2

- Uso de discos de paridade para redundância.
- Redundância por algoritmo de correção de erro.
- Acesso paralelo de todos os discos a cada solicitação.
- Dada a alta confiabilidade dos discos atuais, é um sistema pouco utilizado.

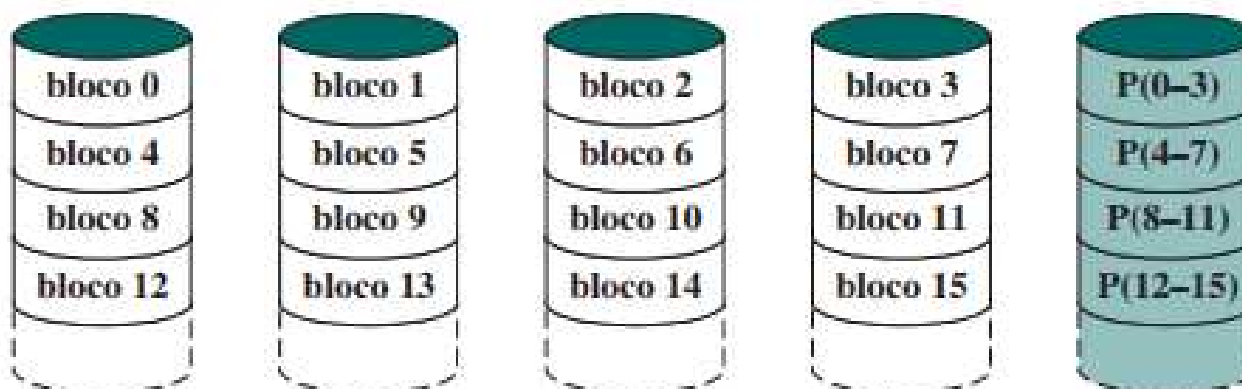
➤ RAID 3

- Uso de disco único de paridade para redundância em nível de bit.
- Redundância pela gravação de bits de paridade em 1 dos discos. No caso de falha de drive, o drive de paridade é acessado e os dados são reconstituídos a partir dos dispositivos restantes.
- Acesso paralelo de todos os discos a cada solicitação.

Memória secundária – Disco magnético



(d) RAID 3 (paridade intercalada por bit)



(e) RAID 4 (paridade em nível de bloco)

Memória secundária – Disco magnético

➤ RAID 4

- Um disco para paridade.
- Redundância em nível de bloco.
- Caso um disco falhe, haverá recuperação através do strip de paridade.

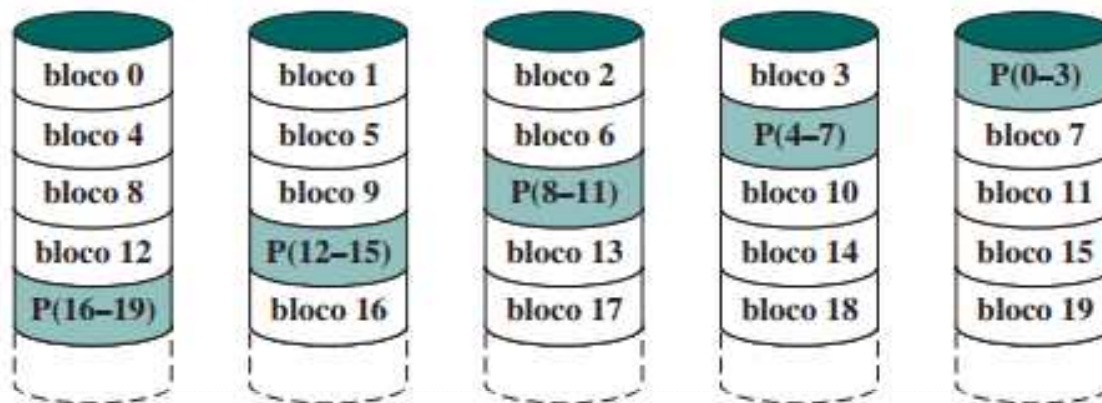
➤ RAID 5

- Vários discos para paridade.
- Redundância em nível de bloco com paridade distribuída por todos os discos.
- Caso um disco falhe, haverá recuperação através das informações de paridade distribuídas.

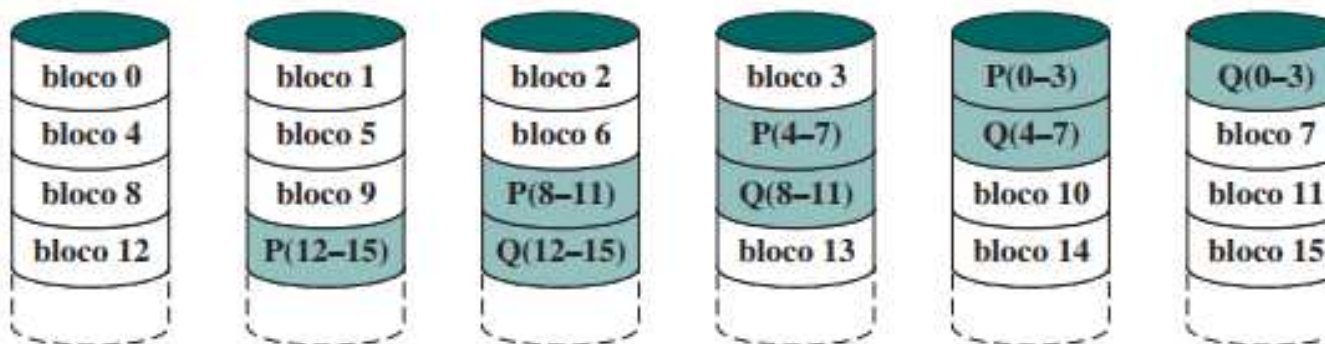
➤ RAID 6

- Redundância dupla, distribuída, em nível de bloco.
- Podem falhar 2 discos que os dados poderão ser recuperados.
- Escrita mais lenta.

Memória secundária – Disco magnético



(f) RAID 5 (paridade distribuída em nível de bloco)



(g) RAID 6 (redundância dupla)

Memória secundária – SSD

SSD (Solid State Drive) x HDD

- Inexistência de peças móveis
- Não sofrem influências magnéticas
- Memórias flash de estado sólido
- Menor consumo de energia
- Tamanho reduzido
- Amplo uso em dispositivos portáteis
- Silencioso
- Mais resistente a movimentações e quedas
- Mais leves.
- Suporta temperaturas maiores
- Transferência de dados à RAM em menor tempo
- Mais caros
- Menor capacidade de armazenamento



Memória secundária – SSD - Tipos



Fonte: <https://canaltech.com.br/hardware/o-que-e-ssd/>

- **SATA**, utilizados em SSDs mais básicos.
- **M.2**, que pode usar tanto os padrões SATA quanto NVMe (Non-Volatile Memory Express)
- **U.2**, padrão NVMe.
- **AIC** (Add-in card), que usam o conector PCIe da máquina (em desktops, naturalmente).

Tecnologia de fabricação:

<https://www.youtube.com/watch?v=5Mh3o886qpg>

Memória secundária – SSD Tipos

SATA

Até 600MB/s



Memória secundária – SSD Tipos

SATA
Express

1580MB/s



Memória secundária – SSD Tipos

PCI Express

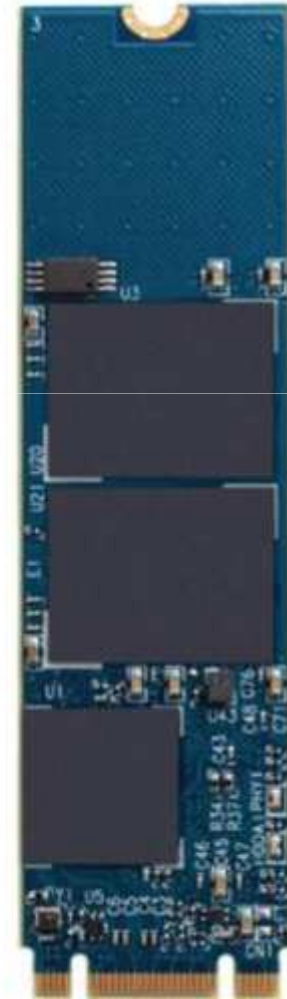
2400MB/s



Memória secundária – SSD Tipos

M.2

4000MB/s



Memória secundária – SSD Tipos

NVMe (Non-Volatile Memory Express)

- Protocolo que otimiza o tempo de acesso aos dados. Análogo ao AHCI (Advanced Host Controller Interface) dos HDDs.
- Multiplica em muitas vezes a capacidade da unidade de receber comandos simultaneamente de leitura e escrita. Assim, há menos latência (tempo que o dado leva para ser acessado e lido) e a obtenção dos dados acaba sendo mais rápida.
- Padrão de conexão que pode ocorrer tanto no SSD PCIe quanto no M.2, com conexão em slots.

Memória secundária – SSD Tipos

NVMe M.2



Memória secundária – SSD Tipos

NVMe U.2

- Possível conexão com cabos
- 4000MB/s
- Hot swap
- Melhor dissipação de calor
- Mais caro
- Uso em servers



Fonte: https://www.vortez.net/news_story/kingstons_dc1000m_u_2_drive_augments_their_datacentre_lineup.html

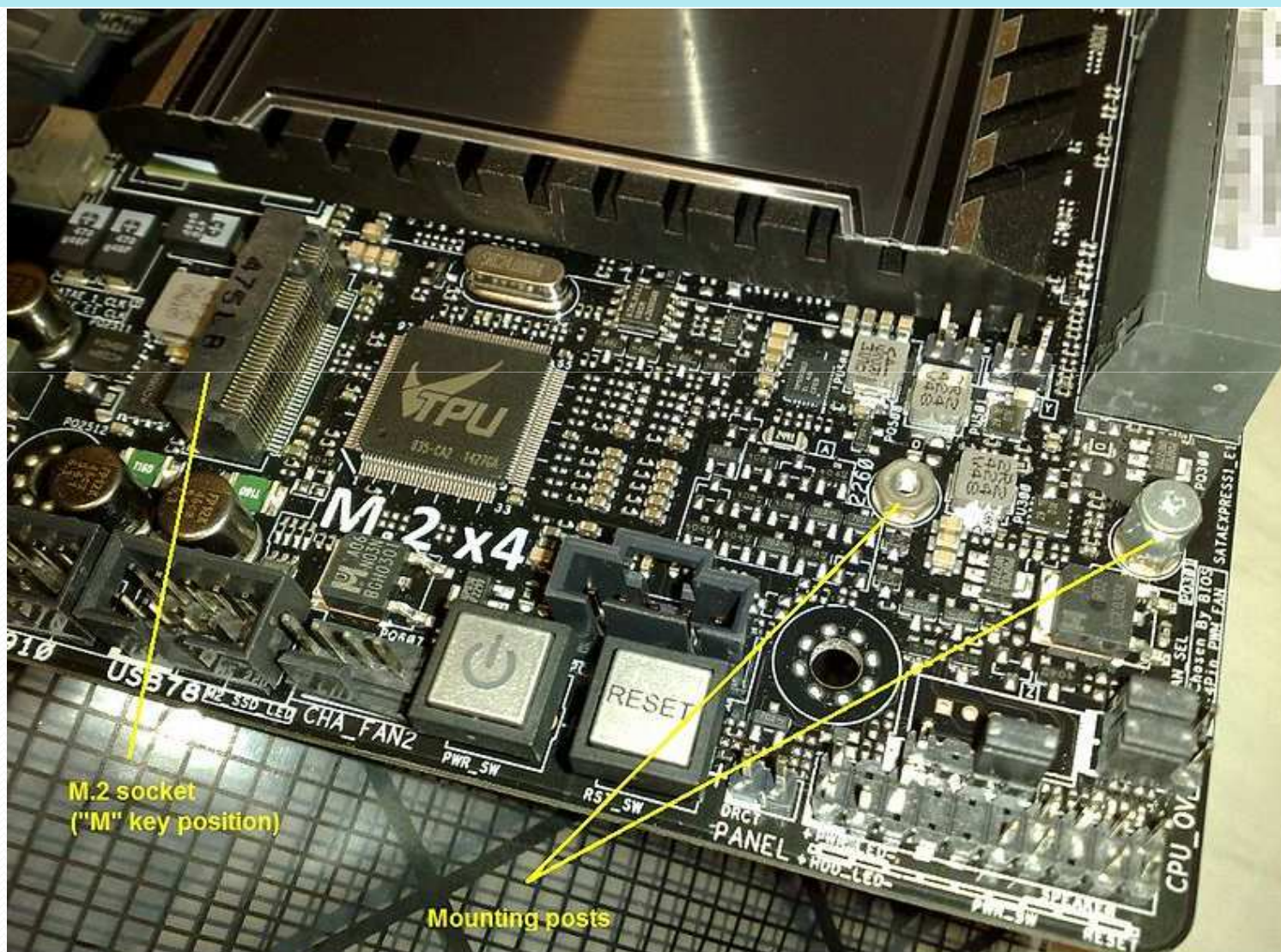
Memória secundária – SSHD

SSHD – Disco Híbrido de Estado Sólido



	 Velocidade	 Capacidade	 Preço	 Confiabilidade	 Formato	 Durabilidade	 Duração da bateria
HDD	★	★★★★	★★★★	★★★★	★★	★★	★★
SSHD	★★	★★★★	★★	★★★★	★★	★★	★★
SSD	★★★★	★	★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★

M.2



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/M.2#/media/Ficheiro:M.2_connector_on_a_computer_motherboard.jpg

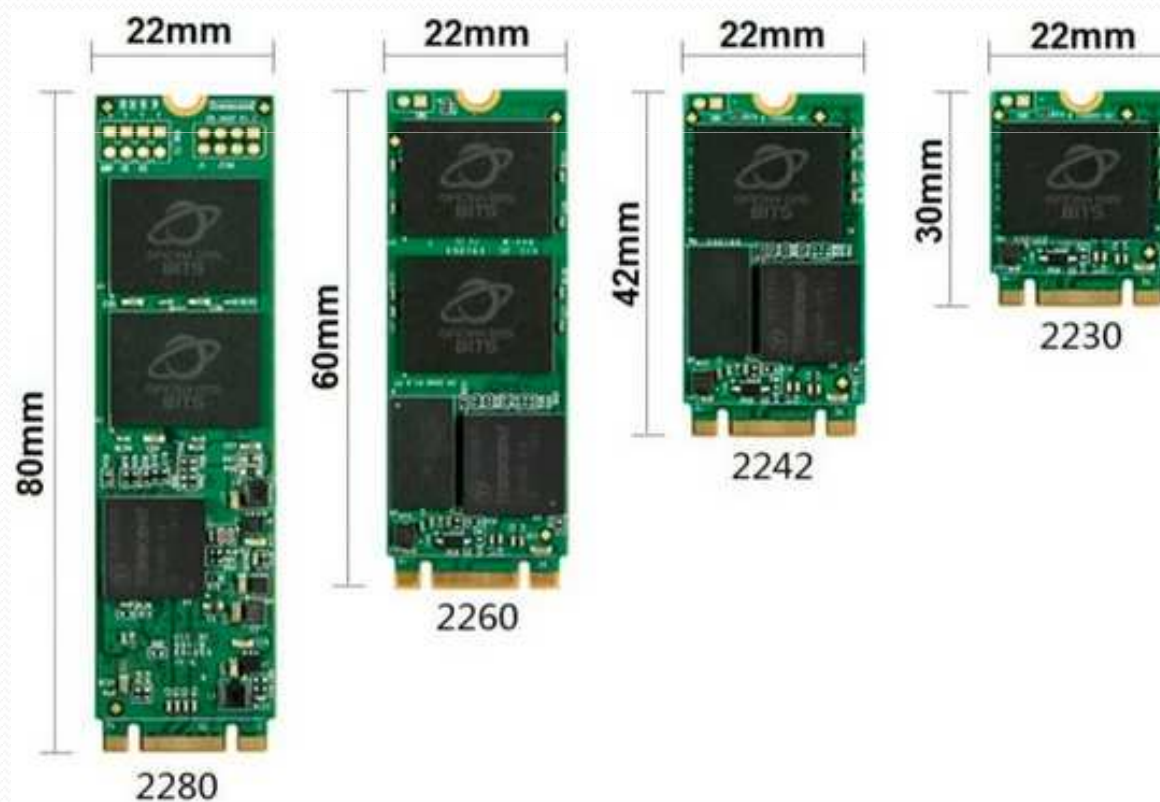
M.2



Fonte: https://avell.com.br/blog/ssd-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-m-2-e-nvme/?gad=1&gclid=Cj0KCQjwmN2iBhCrARIsAG_G2i5W2dSMpOJsFbr5Kncjc-lcvgefGuJJkPUsh1zYUNcmA7b8PPiTy8aAgW3EALw_wcB

M.2

- Intel 2012 como NGFF – Next Generation Form Factor.
- Uso universal, por exemplo: SSD, placa WiFi, placa NFC.
- Classificada pelo tamanho físico no **formato LLCC** em mm.



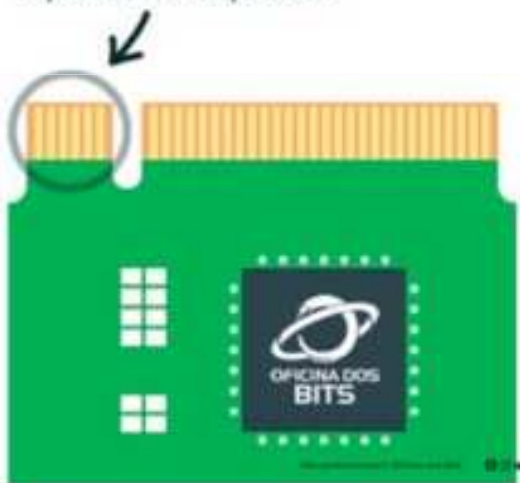
<https://blog.oficinasdosbits.com.br/ssd-m-2-qual-a-diferenca-entre-cada-formato-e-tamanho/>

M.2

Chave – Determina a interface e a utilização.

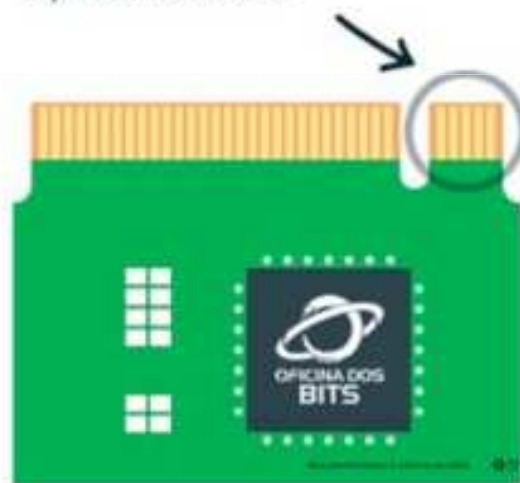
Chave B

6 pinos na esquerda



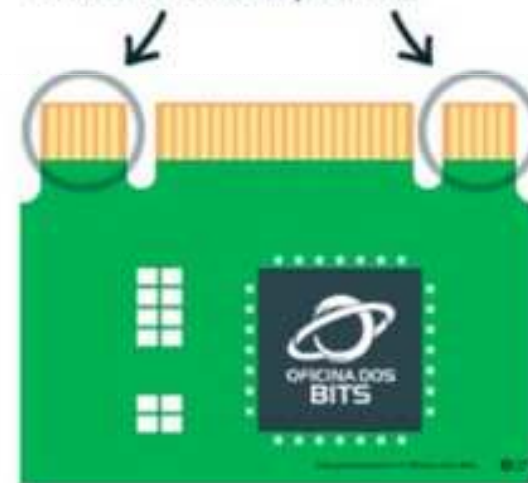
Chave M

5 pinos na direita



Chave B + M

Combina os dois padrões



<https://blog.oficinasdosbits.com.br/ssd-m-2-qual-a-diferenca-entre-cada-formato-e-tamanho/>

M.2

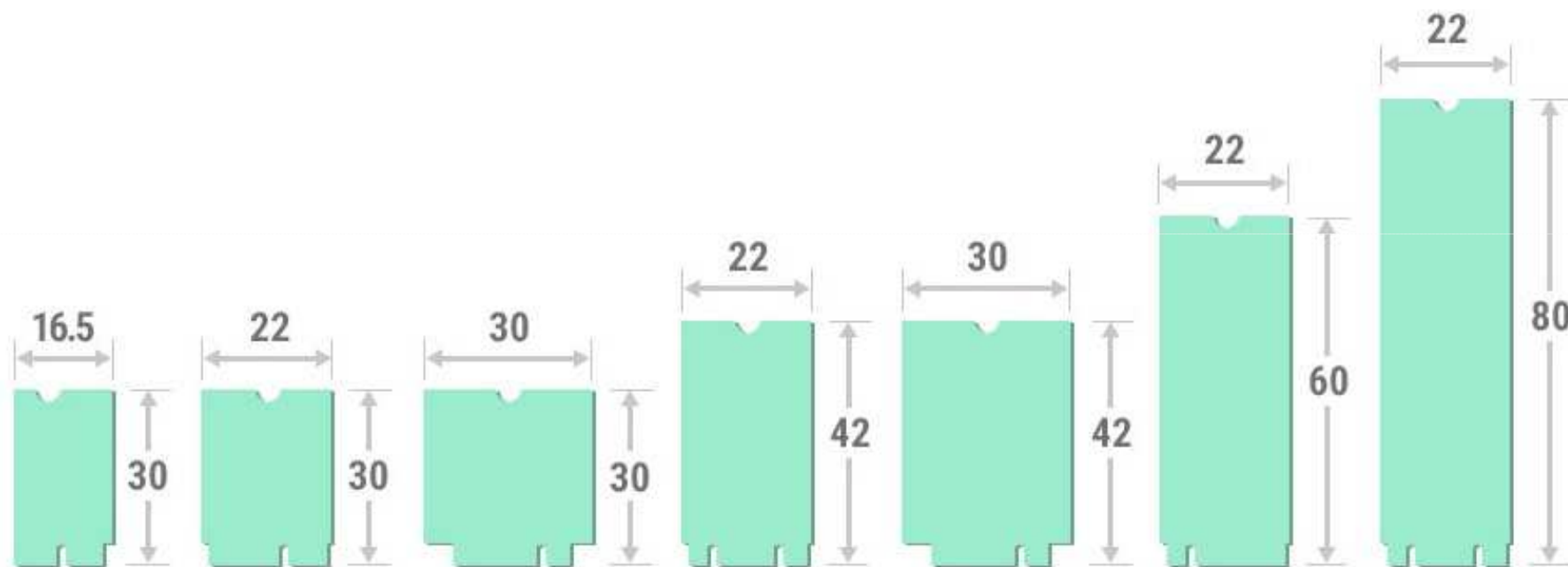
Chave

Chave	Tamanhos disponíveis	Interfaces	Usos comuns
A	1630, 2230, 3030	PCIE x2/USB 2.0/I2C/DisplayPort (DP) x4	Wi-Fi/Bluetooth/WWAN
B	2230, 2242, 2260, 2280, 3042, 22110	PCIe x2/USB 2.0/USB 3.0/Áudio/PCM/IUM/SSIC/I2C	SATA/PCIe x2/SSD
E	1630, 2230, 3030	PCIe x2/USB 2.0/I2C/SDIO/UART/PCM	Wi-Fi/Bluetooth/WWAN
M	2230, 2242, 2260, 2280, 22110	PCIe x4/SATA	PCIe x4/SSD

<https://www.dell.com/support/kbdoc/pt-br/000212264/how-to-distinguish-the-differences-between-m-2-cards>

M.2

Chave

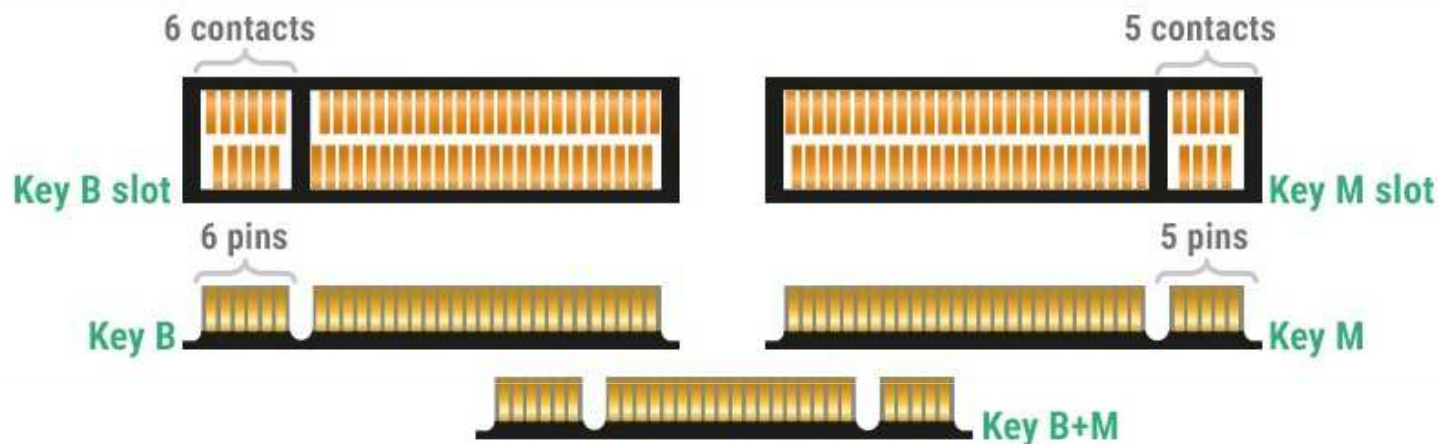


Form factors e. g. >>> 1630 Key E • 2230 Key E • 3030 Key A • 2242 Key B+M • 3042 Key A • 2260 Key M • 2280 Key B+M

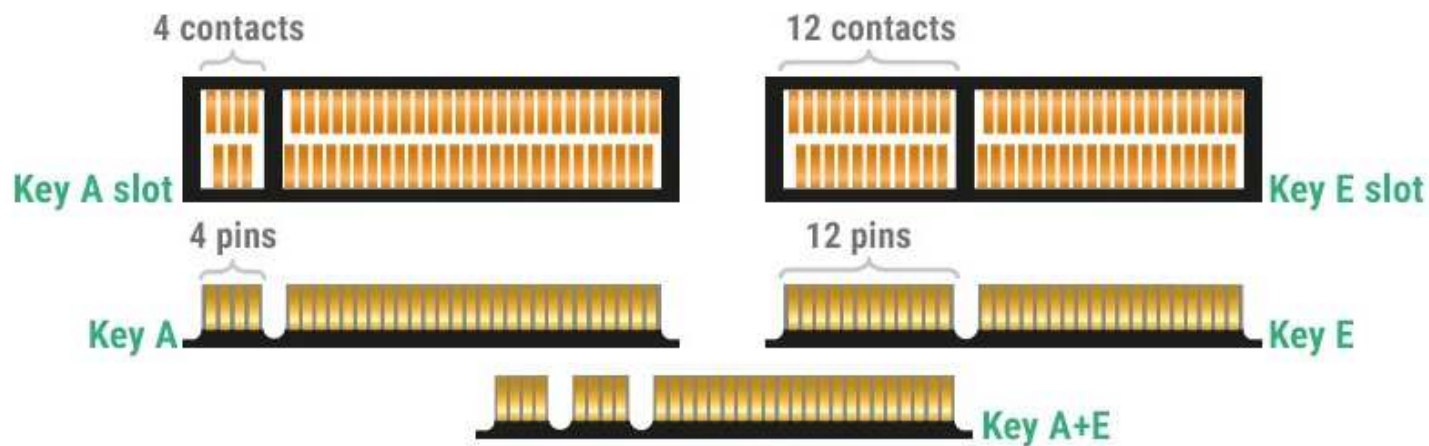
https://www.delock.com/infothek/M.2_2022/M.2_e.html

M.2

Chave



Schematic figure of contact shapes of Key B, Key M, Key B+M



Schematic figure of contact shapes of Key A, Key E, Key A+E

M.2

Exemplos de módulos



**A/E keyed
WiFi card**



**B/M keyed
SSD using
the PCIe
x2 bus**



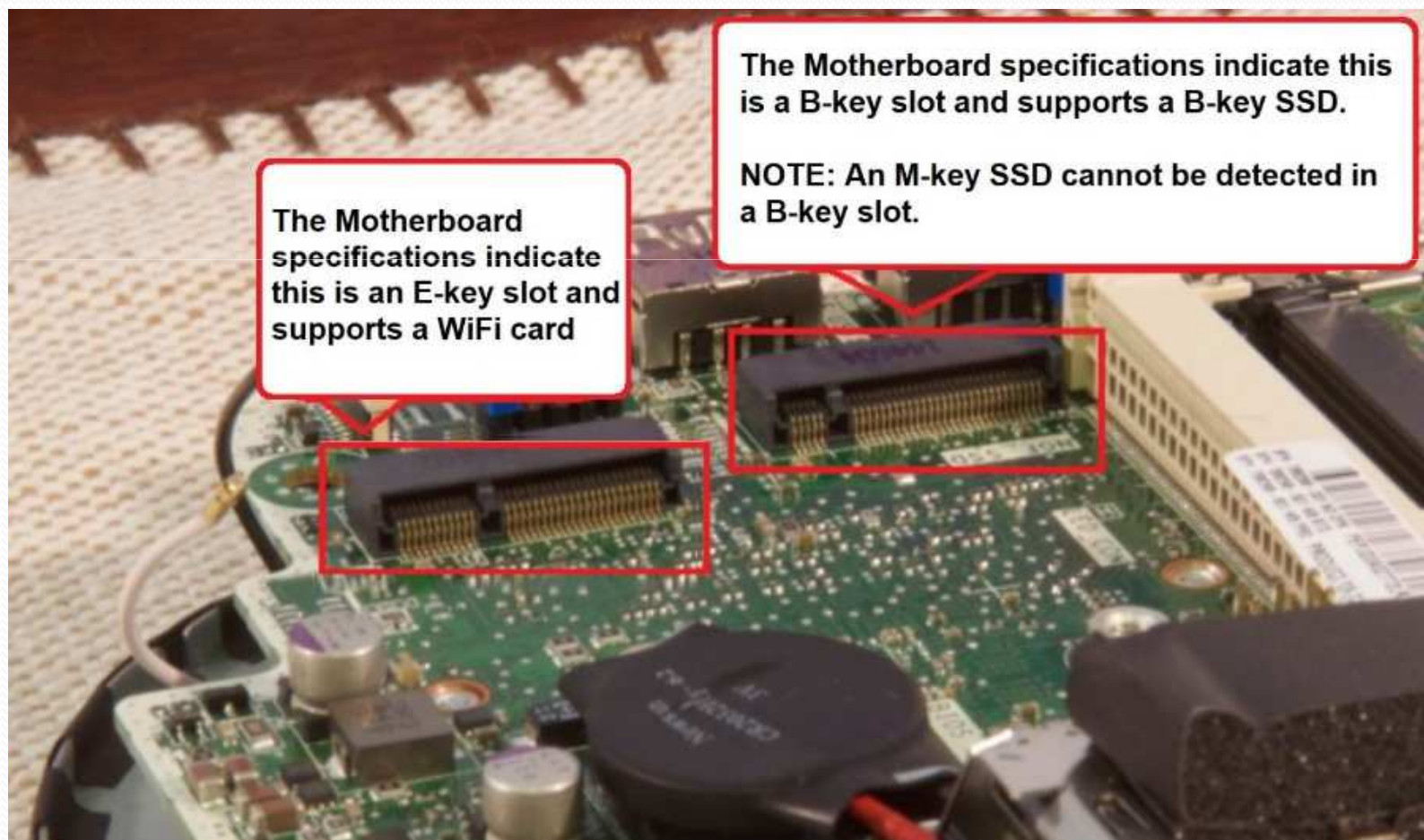
**B/M keyed
SSD using
the PCIe
x2 bus**



**M keyed
SSD using
the PCIe
x4 bus**

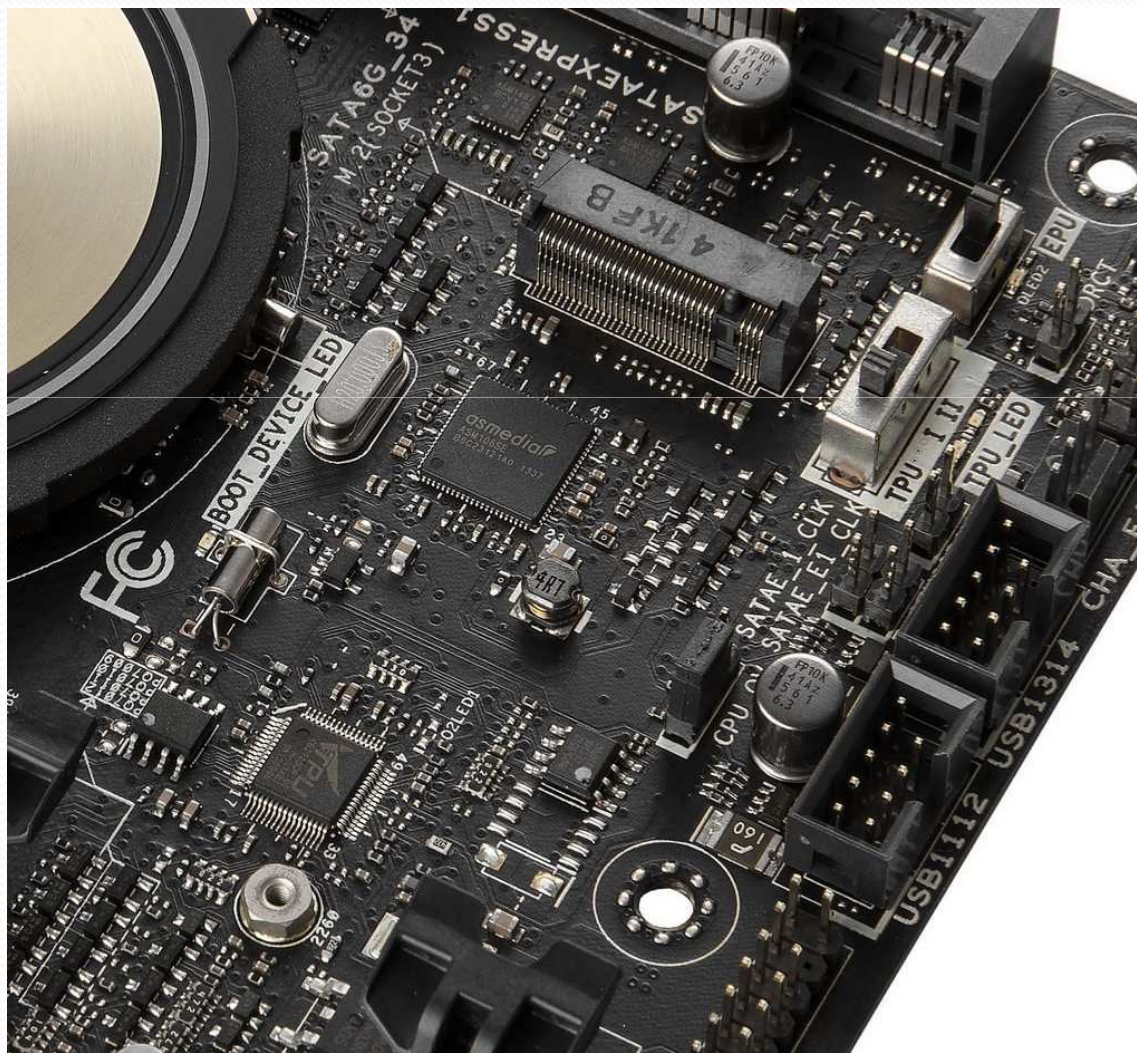
M.2

Diferenças no encaixe



M.2

Encaixe



<https://adrenaline.com.br/artigos/v/25616/a-que-e-m2-e-para-que-ele-servir>

M.2

Encaixe



<https://guiadecompra.org/como-escolher-o-ssd-m2-certo/>

M.2

SSD



M.2

Protocolos de transferência de dados

➤ **AHCI – Advanced Host Controller Interface**

- ✓ Modo de operação da interface SATA (Serial Advanced Technology Attachment).
- ✓ Compatibilidade com hardwares e softwares mais antigos.
- ✓ Suporte a Plug&Play.
- ✓ Eficiência melhorada em relação aos modos de operação antigos (IDE - Integrated Drive Electronics).

✓ **NVMe – Non-Volatile Memory Express**

- ✓ 2011. NVM Express Work Group. Otimização com mente no SSD.
- ✓ Modo de operação da interface PCIe para armazenamento não volátil.
- ✓ Comunicação ponto-a-ponto com a CPU.
- ✓ Suporte a tarefas em paralelo.
- ✓ Baixa latência.

M.2

NVMe

Além dos números: Benefícios da Tecnologia NVMe

Desempenho otimizado



Armazenamento superior

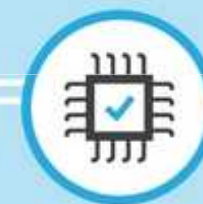
Os soquetes PCIe transferem
>25x mais dados do que
seus equivalentes SATA



Velocidade superior

NVMe começa enviando comandos
2x mais rápido do que os drivers AHCI

As operações de Entrada/Saída NVMe
ultrapassam 1 milhão e são até **900% mais
rápidas** do que suas equivalentes AHCI



Compatibilidade superior

NVMe elimina o intermediário
comunicando-se diretamente
com a CPU do sistema

Os drivers com base em NVMe funcionam
com todos os principais Sistemas
Operacionais, independente do formato

M.2

NVMe

Exemplo



<https://www.kingston.com/br/ssd/nv1-nvme-pcie-ssd>

M.2

NVMe

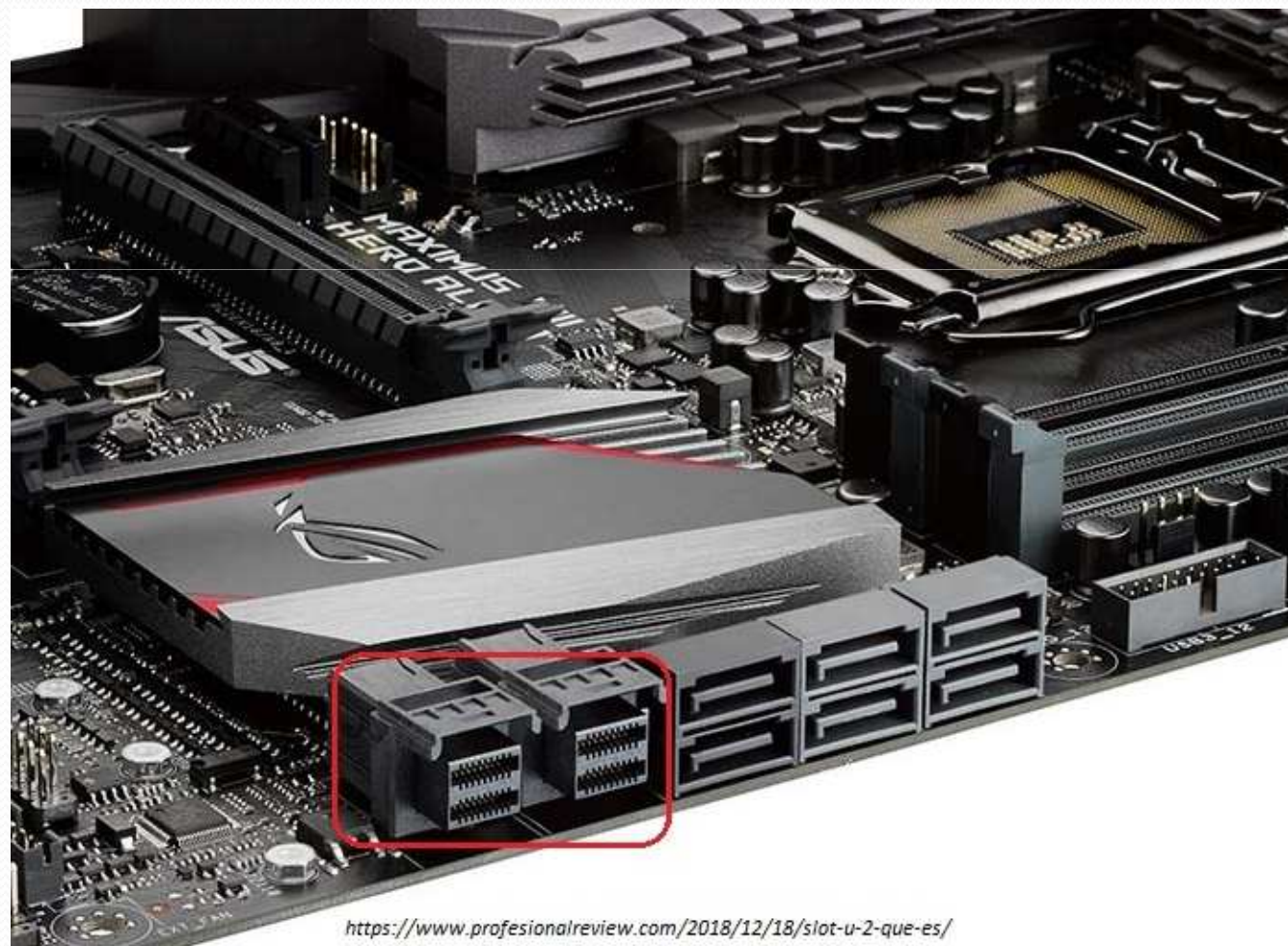
Comparações de velocidades de transferência

DATA TRANSFER RATES BY COMPARISON	
Memory	Speed
HDD	~ 0,1 GB/s
SSD (AHCI) with SATA connector	~ 0,5 - 0,6 GB/s
SSD (AHCI) with PCIe connector	~ 1 GB/s (1 lane)
SSD (NVMe) with PCIe connector	~ 4 GB/s (4 lanes)

Fonte: https://www.delock.com/infothek/U.2-NVMe/u2-nvme_e.html

U.2

- 2015. SFFWG - SSD Form Factor Working Group .
- Interface externa SFF-8643.



<https://www.profesionalreview.com/2018/12/18/slot-u-2-que-es/>

U.2

- Interface usada em SSDs aplicados a workstations e servidores.
- Suporte a Plug & Play. Diferente do M.2.
- Fator de forma 2,5" semelhante aos SSDs SATA. M.2 são pequenos e flats.
- SSDs U.2 têm interfaces externas, M.2 é interno.
- NVMe PCIe de 4 linhas, tal qual o M.2.
- SSD de alta capacidade em relação aos M.2.



Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/U.2#/media/File:OCZ_Z6300_NVMe_flash_SSD_U.2_\(SFF-8639\)_form-factor.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/U.2#/media/File:OCZ_Z6300_NVMe_flash_SSD_U.2_(SFF-8639)_form-factor.jpg)

U.2

➤ Cabo adaptador SFF-8643 (placa-mãe) para SFF-8639 (SSD)



U.2

➤ Adaptador U.2-M.2



<https://www.amazon.com.br/Ableconn-M2-U2-131-conector-SFF-8643-PCIe-NVMe/dp/B01D2PXUQA>

U.2

➤ Conversor



→ Item 62704

3.5" Converter SATA 22 pin / SFF-8643 NVMe > 1 x M.2 Key M + 1 x M.2 Key B

■ Connectors:

- 1 x SATA 6 Gb/s 22 pin female (for SATA SSDs)
- 1 x 36 pin SFF-8643 female (for PCIe SSDs 2 or 4 lanes)
- 1 x 67 pin M.2 key M slot (PCIe SSD)
- 1 x 67 pin M.2 key B slot (SATA SSD)

■ Interface: SATA / PCIe (2 or 4 lanes)

- Supports M.2 modules in format 2280, 2260, 2242 and 2230 with key M or key B+M based on PCIe or SATA
- Maximum height of the components on the module: 1.5 mm, application of double-sided assembled modules supported
- SATA 15 pin power connector always necessary
- LEDs for power and activity
- Supports NVM Express (NVMe)
- Maximum output current: 4 A (PCIe) and 3 A (SATA)

Fonte: https://www.delock.com/infothek/U.2-NVMe/u2-nvme_e.html