

# **William Stallings** **Arquitetura e Organização** **de Computadores** **8ª Edição**

## **Capítulo 6** **Memória externa**



## Tipos de memória externa

- Disco magnético:
  - RAID.
  - Removível.
- Óptica:
  - CD-ROM.
  - CD-Recordable (CD-R).
  - CD-R/W.
  - DVD.
- Fita magnética.

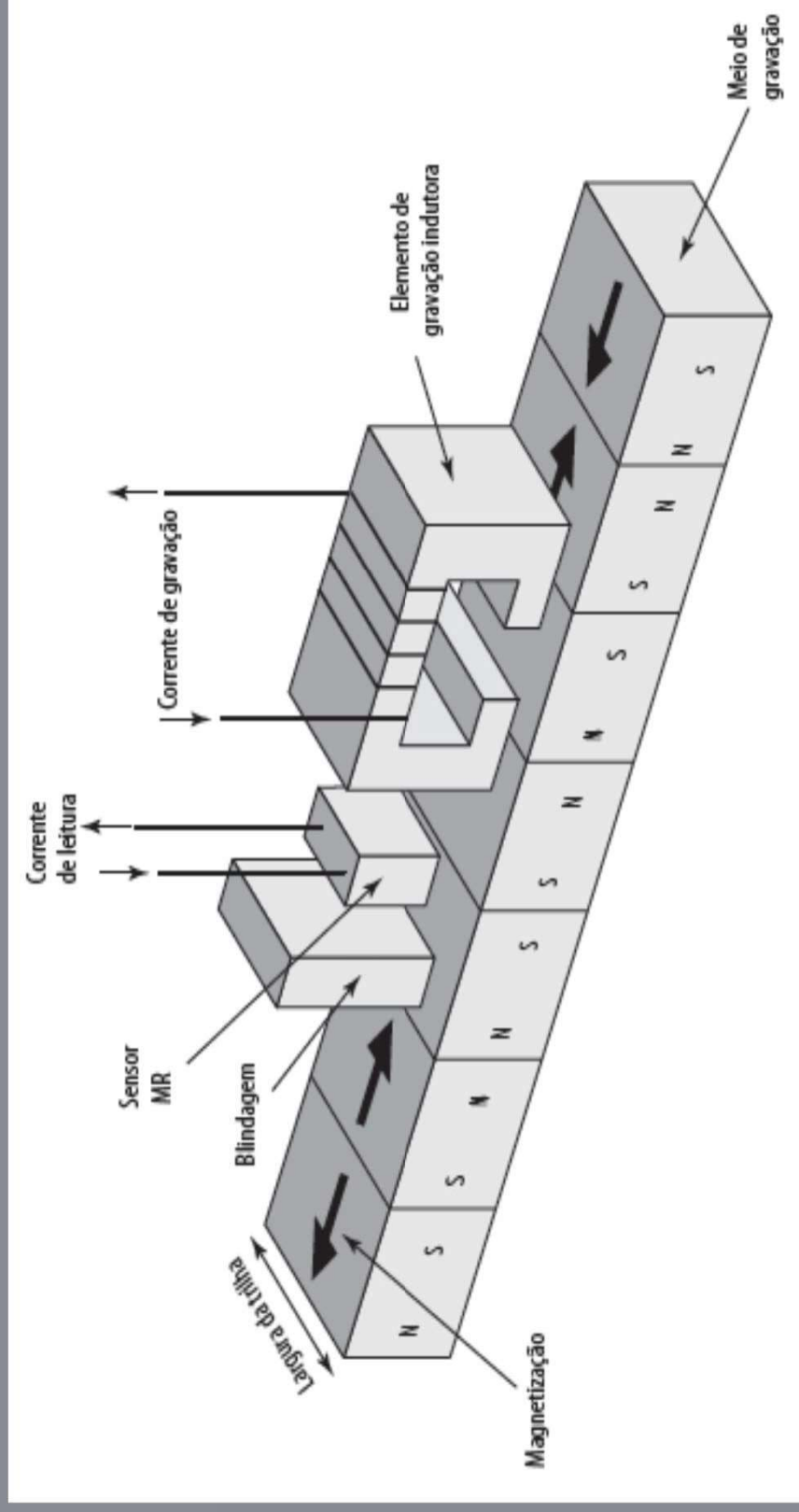
## Disco magnético

- Substrato de disco coberto com material magnetizável (óxido de ferro... ferrugem)
- Substrato era alumínio.
- Agora é vidro.
  - Maior uniformidade da superfície.
    - Aumenta confiabilidade.
  - Redução nos defeitos da superfície.
    - Erros reduzidos de leitura/gravação.
  - Alturas de voo mais baixas (veja adiante).
  - Melhor rigidez.
  - Maior resistência a choques e dados.

## Mecanismos de leitura e gravação

- Gravação e leitura por bobina condutora, chamada cabeça.
- Pode ser única cabeça de leitura/gravação ou separadas.
- Durante leitura/gravação, cabeça fica parada, placas giram.
- Gravação:
  - Corrente pela bobina produz campo magnético.
  - Pulsos enviados à cabeça.
  - Padrão magnético gravado na superfície abaixo dela.
- Leitura (tradicional):
  - Campo magnético movendo-se em relação à bobina produz corrente.
  - Bobina é a mesma para leitura e gravação.
- Leitura (contemporânea):
  - Cabeça de leitura separada e próxima da cabeça de gravação.
  - Sensor magnetorresistivo (MR) parcialmente blindado.
  - Resistência elétrica depende da direção do campo magnético.
  - Operação em alta frequência.
    - Densidade de armazenamento e velocidade mais altas.

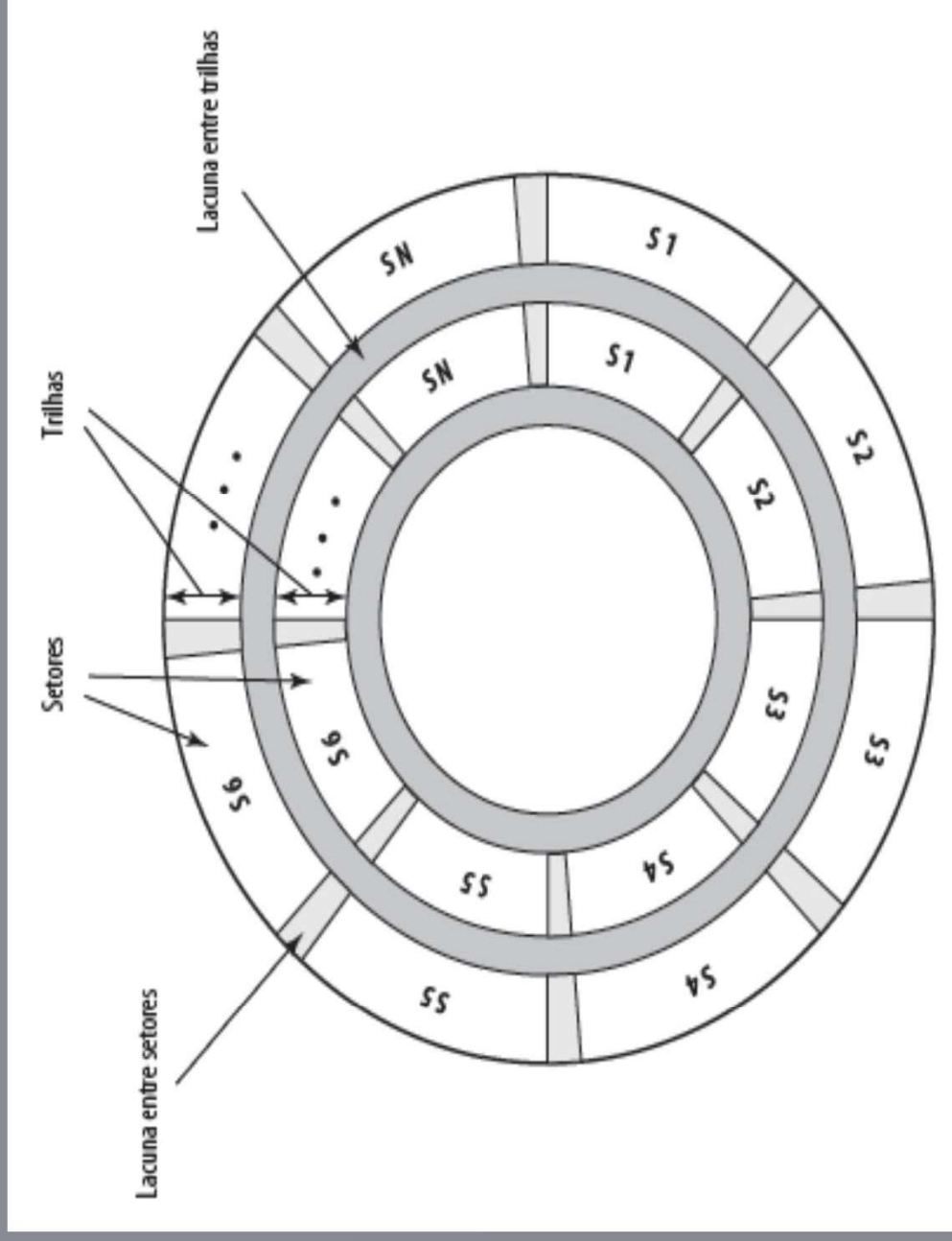
## Cabeça de gravação indutora/leitura MR



## Organização e formatação de dados

- Anéis ou trilhas concêntricas.
  - Lacunas entre as trilhas.
  - Reduza a lacuna para aumentar a capacidade.
  - Mesmo número de bits por trilha (densidade de compactação variável).
  - Velocidade angular constante.
- Trilhas divididas em setores.
- Tamanho de bloco mínimo é de um setor.
- Pode haver mais de um setor por bloco.

## Layout de dados de disco



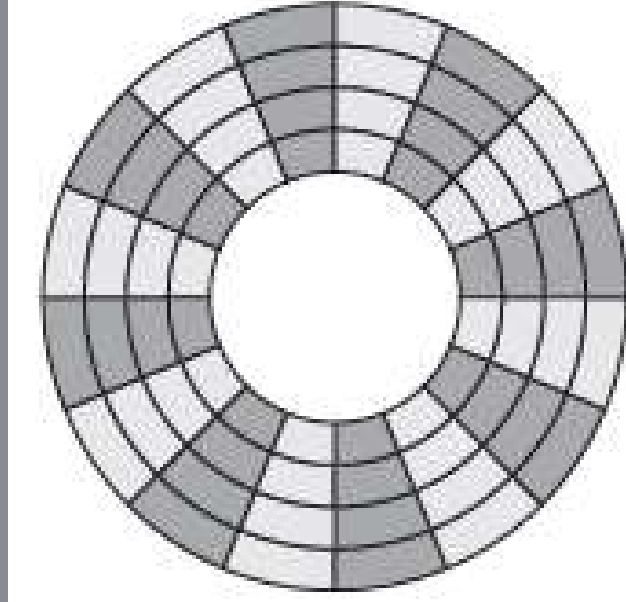


## Velocidade do disco

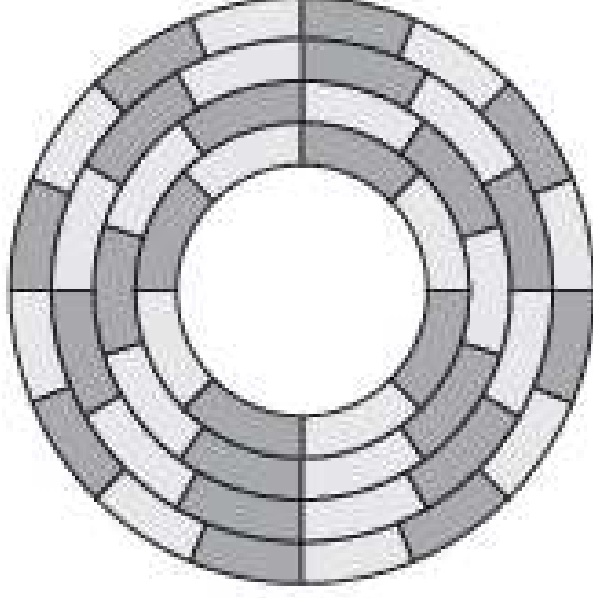
- Bit próximo do centro do disco girando passa por ponto fixo mais lento que o bit na borda do disco.
- Aumente espaçamento entre bits de diferentes trilhas.
- Gire disco em velocidade angular constante (CAV).
  - Setores em forma de fatia de torta e trilhas concêntricas.
  - Trilhas e setores individuais endereçáveis.
  - Mova cabeça para determinada trilha e espere por determinado setor.
  - Perda de espaço nas trilhas externas.
    - Menor densidade de dados.
- Pode usar zonas para aumentar capacidade.
  - Cada zona tem número fixo de bits por trilha.
  - Circuito mais complexo.



## Diagrama de métodos de layout de disco



(a) Velocidade angular constante

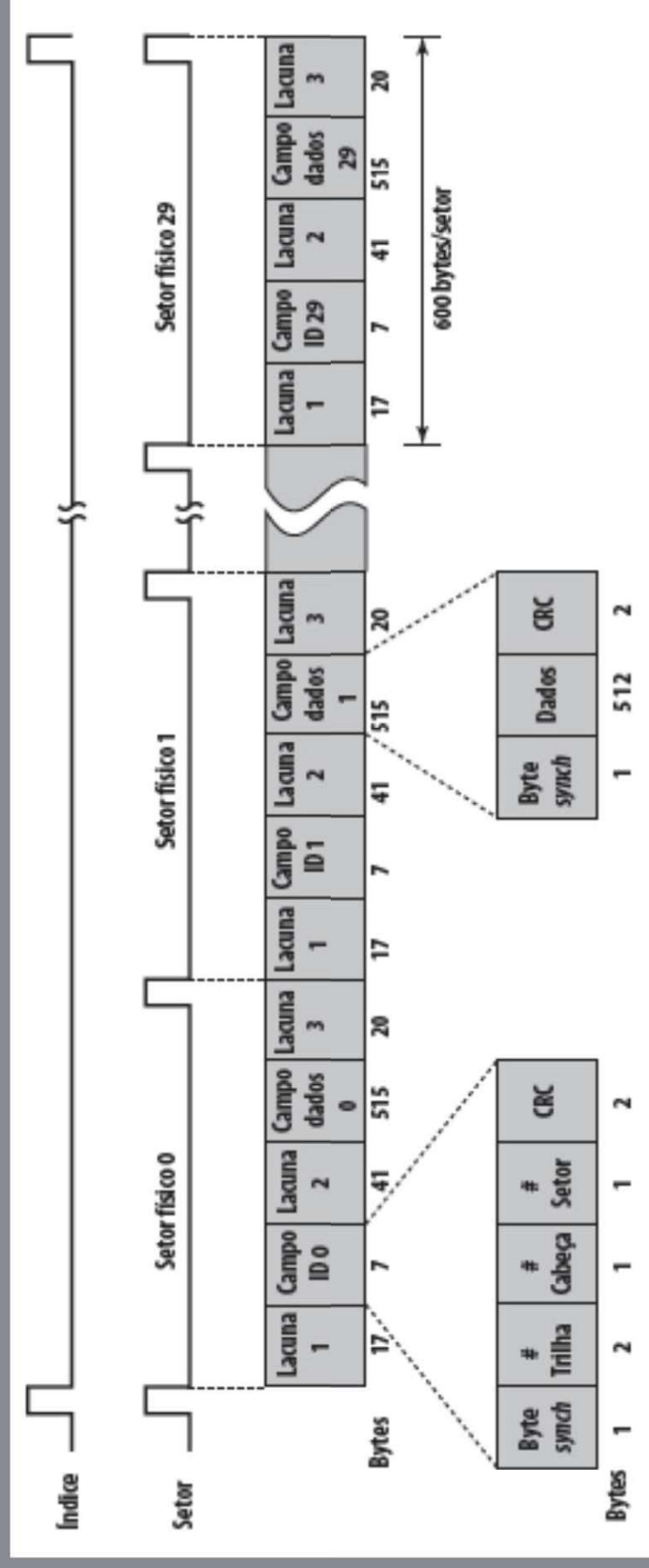


(b) Gravação em múltiplas zonas

## Localizando setores

- Deve ser capaz de identificar início da trilha e setor.
- Formatar disco:
  - Informações adicionais não disponíveis ao usuário.
  - Marca trilhas e setores.

## Formato de disco Winchester (Seagate ST506)



## Características

- Cabeça fixa (rara) ou móvel.
- Removível ou fixo.
- Única ou dupla (mais comum) face.
- Prato único ou múltiplos.
- Mecanismo da cabeça:
  - Contato (disquete).
  - Lacuna fixa.
  - Lacuna aerodinâmica (Winchester).

## Disco de cabeça fixa/móvel

- Cabeça fixa:
  - Uma cabeça de leitura por trilha.
  - Cabeças montadas sobre braço rígido fixo.
- Cabeça móvel:
  - Uma cabeça de leitura e escrita por lado.
  - Montada sobre um braço móvel.

## Removível ou não

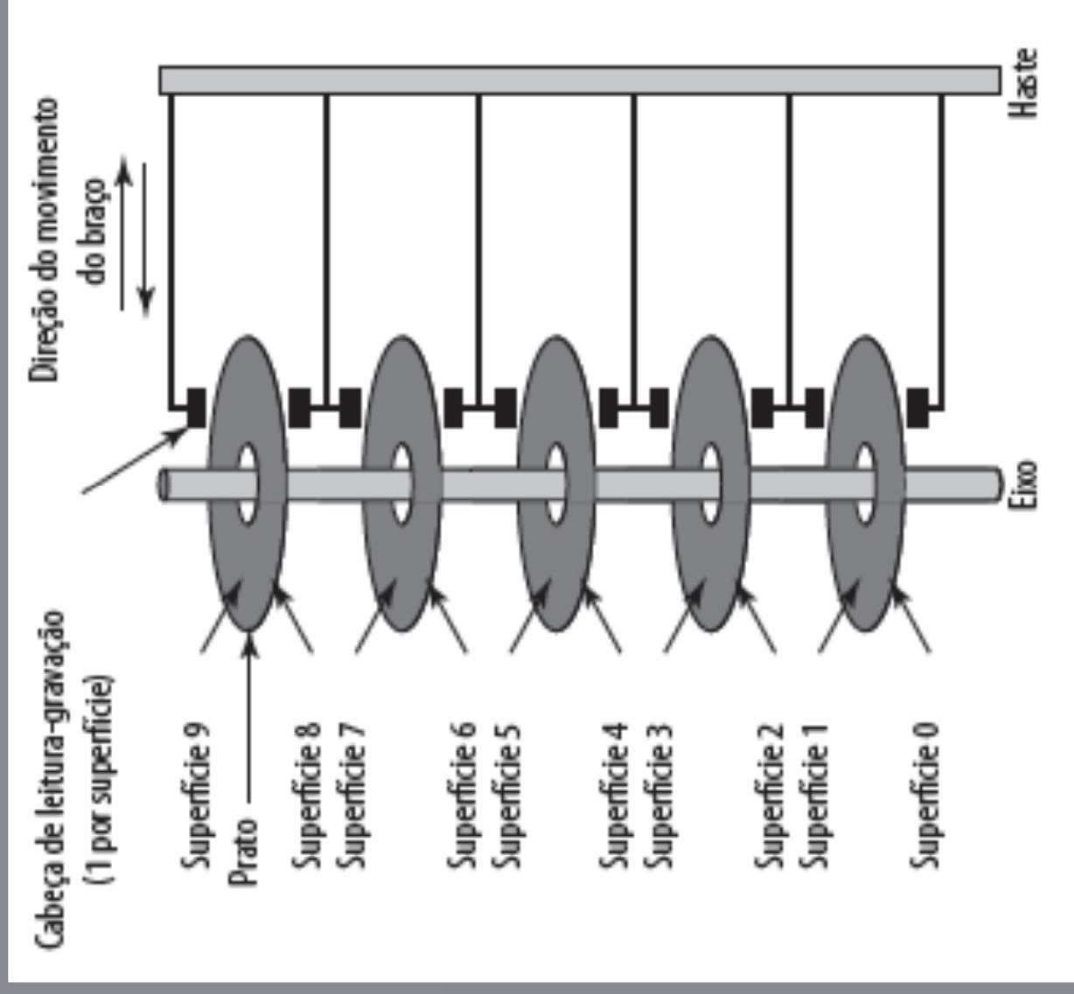
- Disco removível:
  - Pode ser removido da unidade e substituído por outro disco.
  - Oferece capacidade de armazenamento ilimitada.
  - Transferência de dados fácil entre sistemas.
- Disco não removível:
  - Montado permanentemente na unidade.

## Múltiplas placas

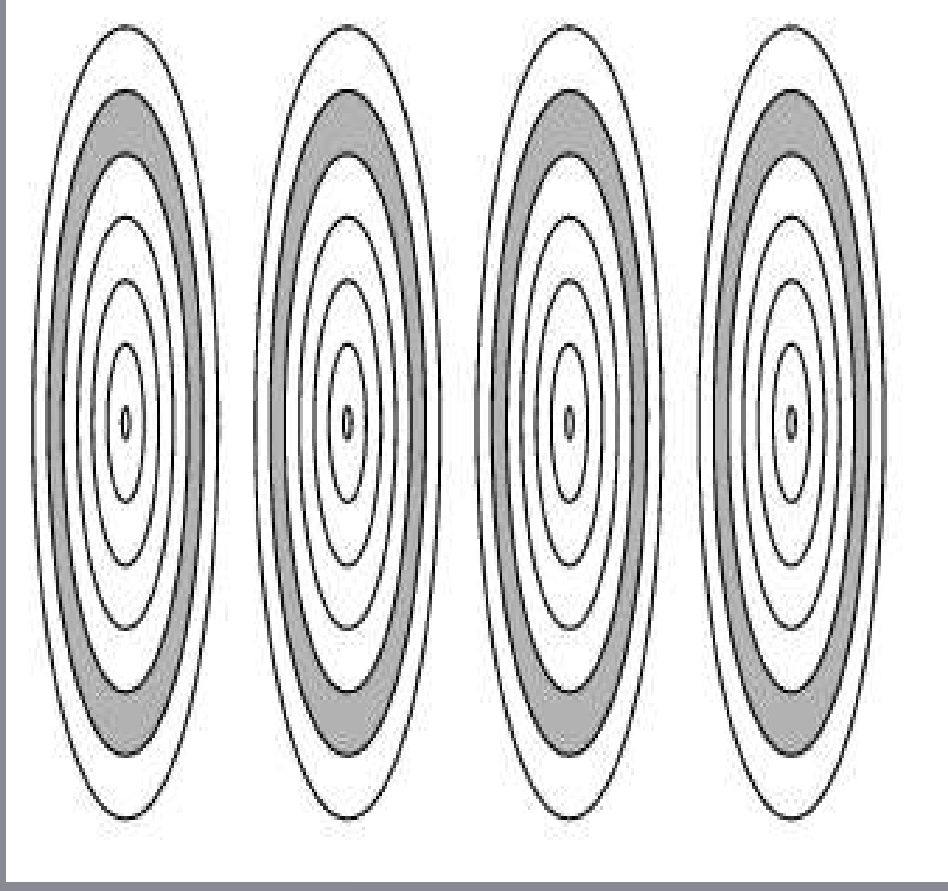
- Uma cabeça por lado.
- Cabeças são unidas e alinhadas.
- Trilhas alinhadas em cada placa formam cilindros.
- Dados são espalhados pelo cilindro:
  - Reduz movimento da cabeça.
  - Aumenta velocidade (taxa de transferência).



## ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES



## Trilhas e cilindros



## Disquete

- 8" , 5,25" , 3,5" .
- Pequena capacidade.
  - Até 1,44 MB (2,88 MB nunca foi popular).
- Lento.
- Universal.
- Barato.
- Obsoleto?

## Disco rígido Winchester

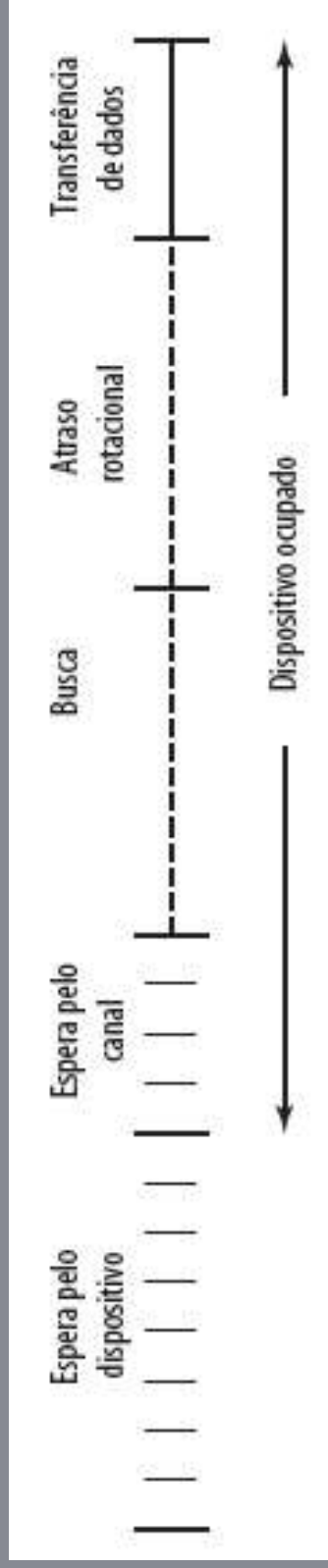
- Desenvolvido pela IBM em Winchester (USA).
- Unidade selada.
- Uma ou mais placas (discos).
- Cabeças voam na camada de limite de ar enquanto o disco gira.
- Cabeça muito pequena para lacuna do disco.
- Tornando-se mais robusto.

- Universal.
- Barato.
- Armazenamento externo mais rápido.
- Tornando-se maior o tempo todo.
  - 250 GB agora facilmente disponível.

## Velocidade

- Tempo de busca:
  - Movendo cabeça para trilha correta.
- Latência (rotacional):
  - Esperando dados passarem sob a cabeça.
- Tempo de acesso = Busca + Latência.
- Taxa de transferência.

## Temporização de transferência de E/S de disco





## RAID

- Mais do que simplesmente guardar dados, soluções de armazenamento devem fornecer acesso à informação de maneira eficiente, em tempo hábil e, dependendo do caso, oferecendo algum tipo de proteção contra falhas. É neste ponto que os sistemas **RAID (Redundant Array of Independent Disks)** entram em ação.
- Trata-se, basicamente, de uma solução computacional que combina vários discos rígidos (HDDs) para formar uma única unidade lógica de armazenamento de dados.

## RAID

- Redundant Array of Independent Disks.
- Redundant Array of Inexpensive Disks.
- 6 níveis de uso comum.
- Não é uma hierarquia.
- Conjunto dos principais discos vistos como uma única unidade lógica pelo S/O.
- Dados distribuídos pelas unidades físicas.
- Pode usar capacidade redundante.
- Pode usar capacidade redundante para armazenar informação de paridade.

## RAID 0

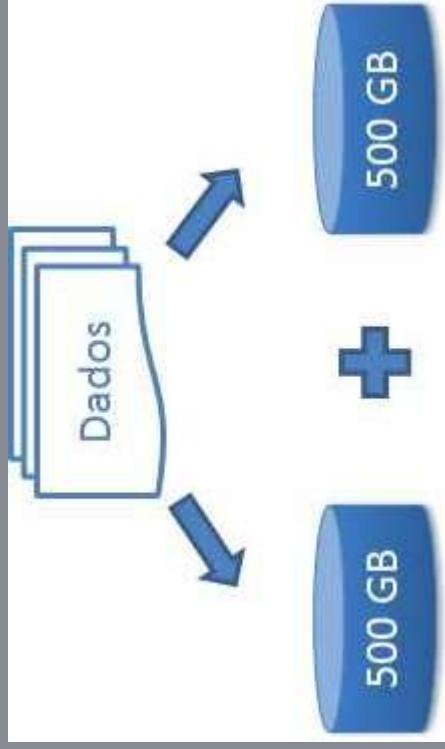
- Não redundante.
- Dados espalhados por todos os discos.
- Mapeamento Round Robin.
- Maior velocidade.
  - Múltiplas solicitações de dados provavelmente não no mesmo disco.
  - Discos buscam em paralelo.
  - Um conjunto de dados provavelmente será espalhado por múltiplos discos.

## RAID 0

- o nível **RAID 0** é aquele onde os dados são divididos em pequenos segmentos e distribuídos entre os discos. Trata-se de um nível que não oferece proteção contra falhas, já que nele não existe redundância. Isso significa que uma falha em qualquer um dos discos pode ocasionar perda de informações para o sistema todo, especialmente porque "pedaços" do mesmo arquivo podem ficar armazenados em discos diferentes.

## RAID 0

- O foco do RAID 0 acaba sendo o desempenho, uma vez que o sistema praticamente soma a velocidade de transmissão de dados de cada unidade. Assim, pelo menos teoricamente, quanto mais discos houver no sistema, maior é a sua taxa de transferência



## RAID 1

- Discos espelhados.
- Dados espalhados pelos discos.
- 2 cópias de cada stripe em discos separados.
- Leitura de qualquer um deles.
- Gravação em ambos.
- Recuperação é simples:
  - Troca entre disco com defeito e espelho.
  - Sem tempo de paralisação.
- Caro.

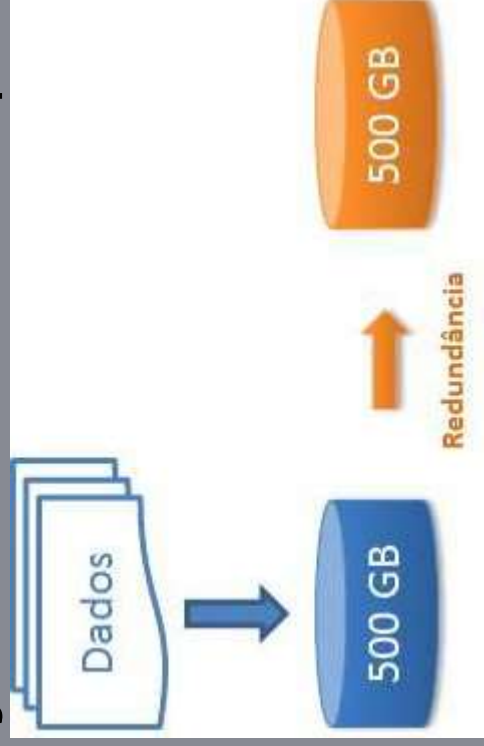
## RAID 1

- O **RAID 1** é, provavelmente, o modelo mais conhecido. Nele, uma unidade "duplica" a outra, isto é, faz uma "cópia" da primeira, razão pela qual o nível também é conhecido como *mirroring* (espelhamento). Com isso, se o disco principal falhar, os dados podem ser recuperados imediatamente porque existe cópias no outro.



## RAID 1

- Perceba que, por conta desta característica, sistemas RAID 1 devem funcionar em pares, de forma que uma unidade sempre tenha um "clone". Na prática, isso significa que um sistema RAID composto por dois HDs com 500 GB cada terá justamente esta capacidade, em vez de 1 TB.



## RAID 2

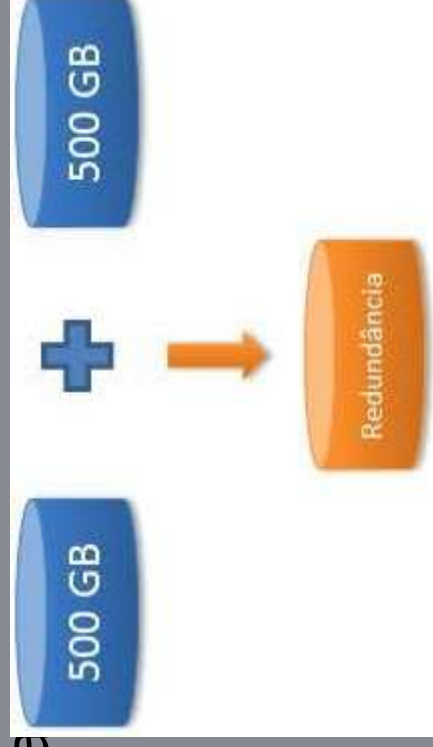
- Discos são sincronizados.
- Stripes muito pequenos.
  - Normalmente, único byte/palavra.
- Correção de erro calculada pelos bits correspondentes nos discos.
- Múltiplos discos de paridade armazenam correção de erro via código de Hamming em posições correspondentes.
- Muita redundância.
  - Caro.
  - Não usado.

## RAID 2

- RAID é um tipo de solução de armazenamento que surgiu no final dos anos 1980. Naquela época e nos anos seguintes, os HDs não tinham o mesmo padrão de confiabilidade que têm hoje. Por este motivo, foi criado o **RAID 2**. Ele é, até certo ponto, parecido com o RAID 0, mas conta com um mecanismo de detecção de falhas do tipo ECC (*Error Correcting Code*). Hoje, este nível quase não é mais utilizado, uma vez que praticamente todos os HDs contam com o referido recurso.

## RAID 3

- Semelhante a RAID 2.
- Somente um disco redundante, não importa o tamanho do array.
- Bit de paridade simples para cada conjunto de bits correspondentes.
- Dados sobre unidade com defeito podem ser reconstruídos a partir de dados sobreviventes e informação de paridade.
- Taxas de transferência muito altas



## RAID 4

- Cada disco opera independentemente.
- Bom para taxa de solicitação de E/S alta.
- Grandes stripes.
- Paridade bit a bit calculada por stripes em cada disco.
- Paridade armazenada no disco de paridade.

## RAID 5

- Como RAID 4.
- Paridade espalhada por todos os discos.
- Alocação round-robin para stripe de paridade.
- Evita gargalo do RAID 4 no disco de paridade.
- Normalmente usado em servidores de rede.
- N.B. NÃO SIGNIFICA 5 DISCOS!!!!

## RAID 5

- O **RAID 5** é outro nível bastante conhecido. Nele, o aspecto da redundância também é considerado, mas de maneira diferente: em vez de existir uma unidade de armazenamento inteira como réplica, os próprios discos servem de proteção. Deste modo, pode-se inclusive montar o sistema com quantidade ímpar de unidades. Mas, como isso é possível? Com o uso de um esquema de *paridade*.

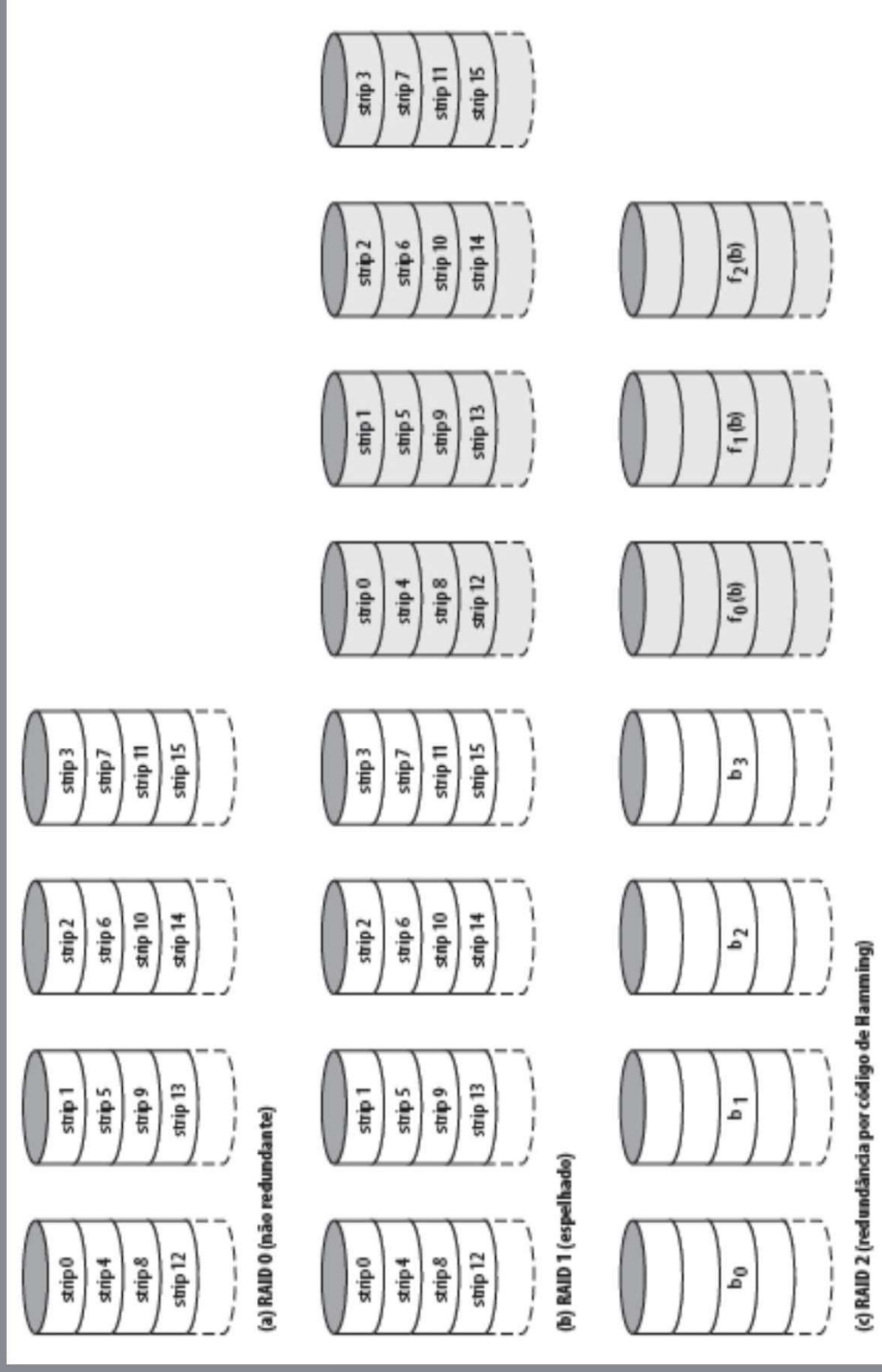




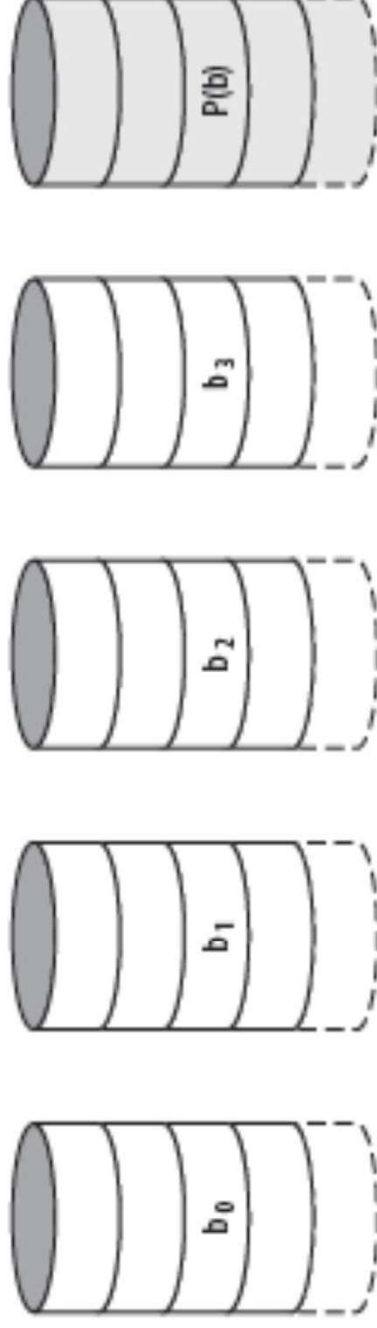
## RAID 6

- Dois cálculos de paridade.
- Armazenado em blocos separados em discos diferentes.
- Requisito do usuário de N discos precisa de  $N+2$ .
- Alta disponibilidade de dados.
  - Três discos precisam falhar para haver perda de dados.
  - Penalidade de gravação significativa.

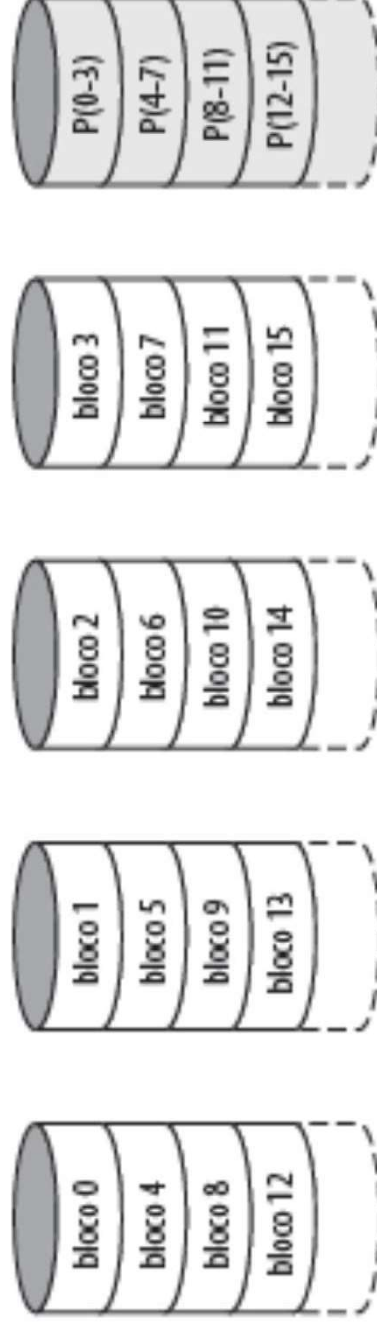
## RAID 0, 1, 2



# RAID 3 & 4

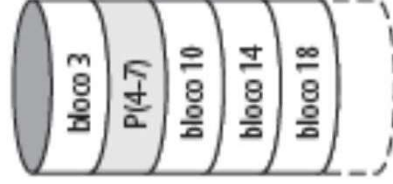
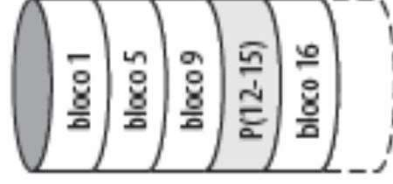


(d) RAID 3 (paridade de bit intercalada)

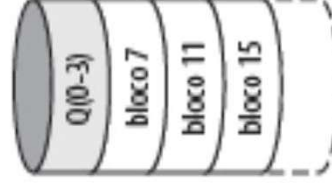
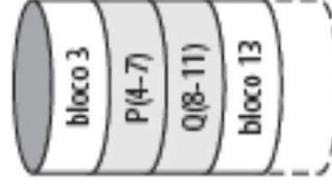
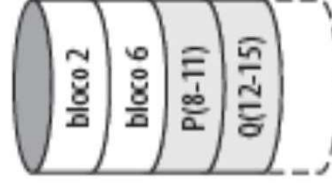
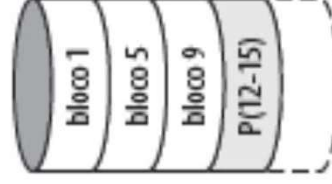
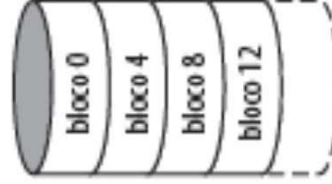


(e) RAID 4 (paridade em nível de bloco)

## RAID 5 &amp; 6

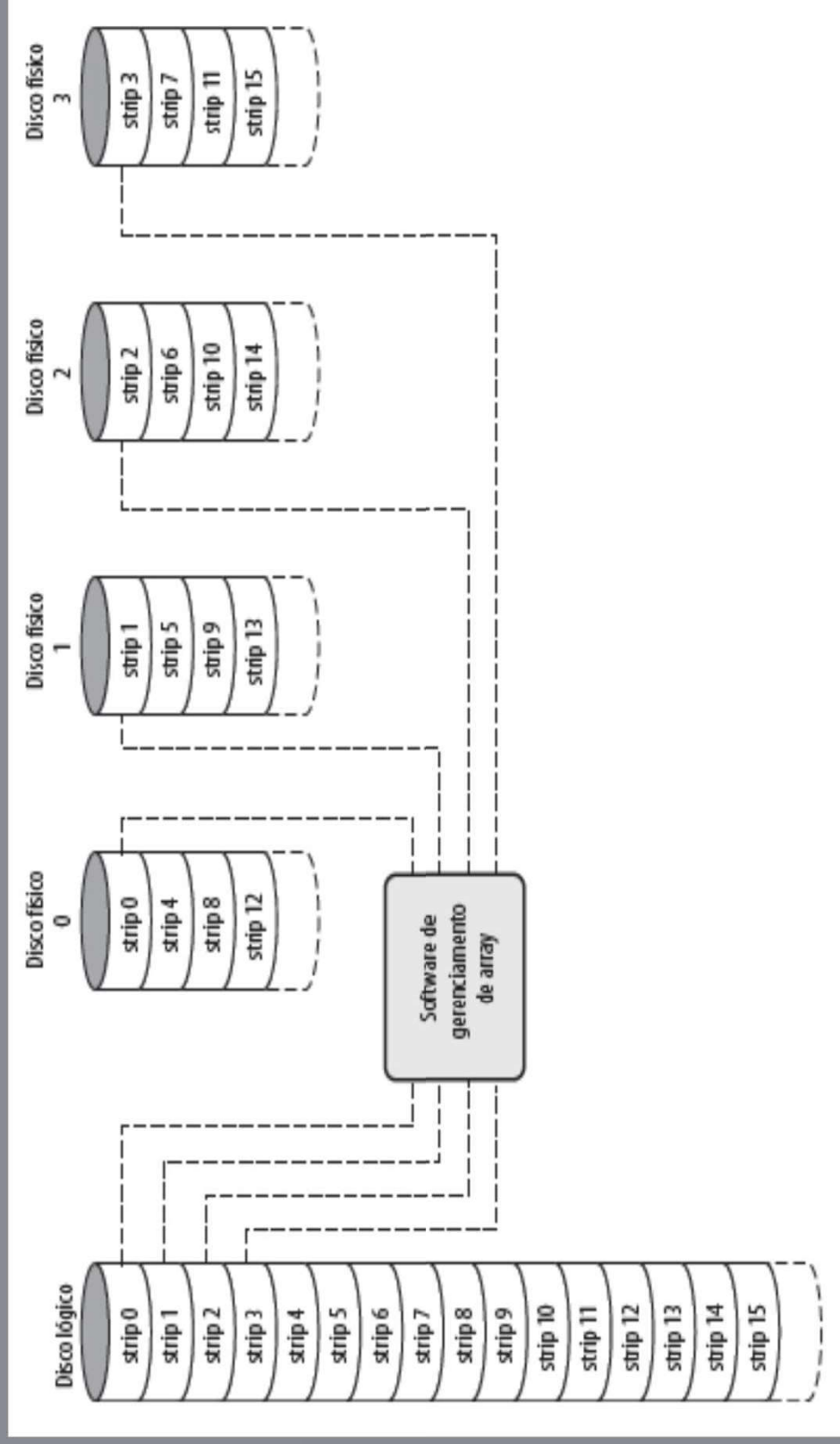


(f) RAID 5 (paridade em nível de bloco distribuída)



(g) RAID 6 (redundância dual)

## Mapeamento de dados para RAID 0





## Implementação de RAID

- Antigamente, montar sistemas RAID não era uma tarefa das mais simples e seu uso normalmente se limitava a servidores. Hoje, no entanto, é possível implementá-los até mesmo em computadores pessoais, mesmo porque praticamente qualquer sistema operacional moderno (Windows, Linux, Mac OS X, entre outros) suporta este recurso.
- A maneira mais fácil de fazer isso é adquirindo uma placa-mãe que conta com uma controladora RAID. Em poucas palavras, este dispositivo, que pode funcionar com interfaces [PATA](#), [SATA](#) ou [SCSI](#), identifica as unidades de armazenamento conectadas e as fazem trabalhar como um sistema RAID. Sua configuração geralmente é feita a partir do setup do BIOS, embora algum software de controle possa ser fornecido para funcionar no sistema operacional.

## Implementação de RAID

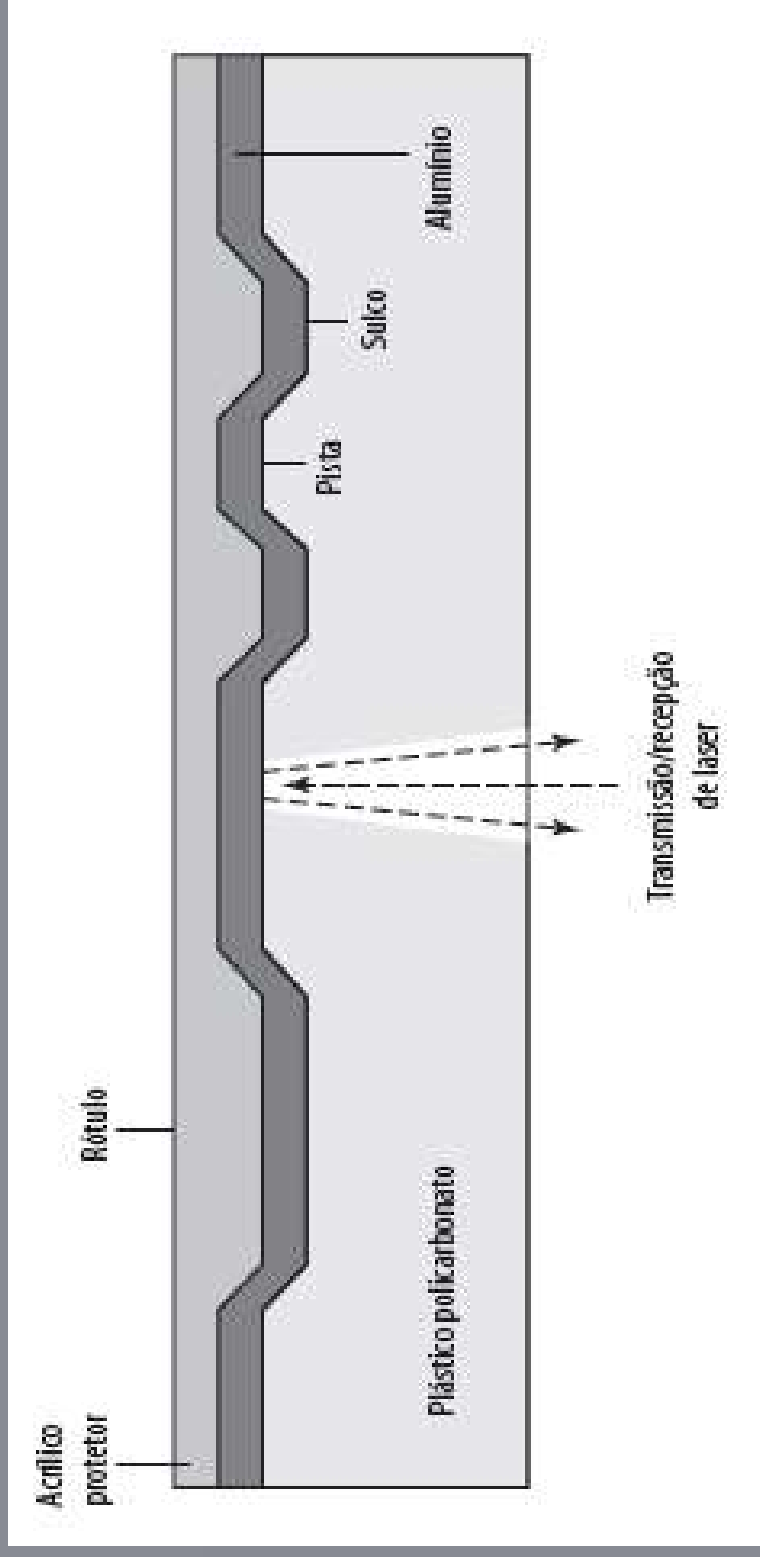
- Se a placa-mãe não possuir controladora RAID, é possível adicionar placas que acrescentam esta função. Estes dispositivos normalmente podem ser encontrados utilizando interface PCI ou [PCI Express](#). A placa abaixo é um exemplo. Ela é conectada ao computador por meio de um slot PCI Express e possui quatro conectores SATA. São neles que os HDs (ou SSDs) que farão parte do sistema RAID deverão ser ligados.
- Um sistema RAID também pode ser implementado via software, sem a necessidade de controladoras. Nestes casos, o gerenciamento todo é feito a partir do sistema operacional, portanto, é necessário contar com uma boa configuração de hardware para que o computador não fique sobrecarregado.

## CD-ROM de armazenamento óptico

- Originalmente para áudio.
- 650 MB gerando mais de 70 minutos de áudio.
- Policarbonato com cobertura altamente reflexiva, normalmente alumínio.
- Dados armazenados como sulcos.
- Lidos pela reflexão do laser.
- Densidade de empacotamento constante.
- Velocidade linear constante.



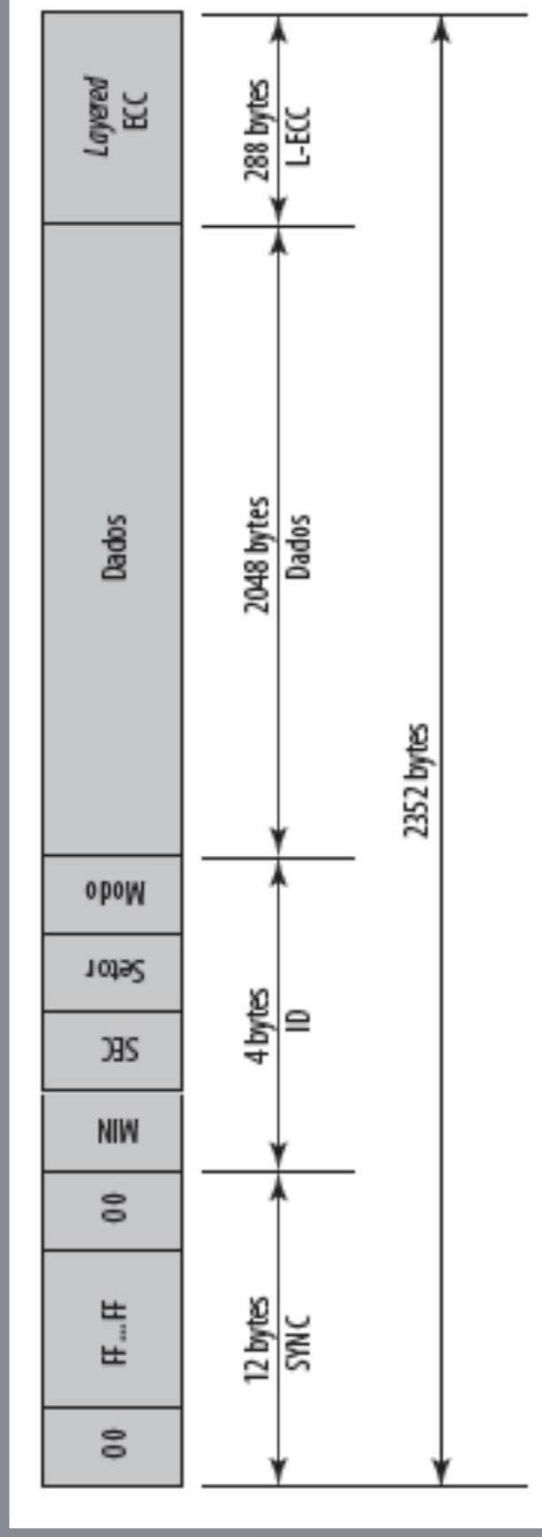
## Operação do CD



## Velocidade de unidade de CD-ROM

- Áudio tem velocidade única:
  - Velocidade linear constante.
  - 1,2 ms<sup>-1</sup>.
  - Trilha (espiral) tem 5,27 km de extensão.
  - Oferece 4391 segundos= 73,2 minutos.
- Outras velocidades indicadas por múltiplos.
- P.e., 24x.
- Valor indicado é o máximo que a unidade pode conseguir.

## Formato do CD-ROM



- Modo 0 = campo de dados em branco.
- Modo 1 = 2048 bytes de dados+correção de erro.
- Modo 2 = 2336 bytes de dados.

## Acesso aleatório no CD-ROM

- Difícil.
- Move cabeça para posição aproximada.
- Define velocidade correta.
- Lê endereço.
- Ajusta para local solicitado.
- (Boceja!)

## CD-ROM – prós e contras

- Grande capacidade (?).
- Fácil de produzir em massa.
- Removível.
- Robusto.
- Caro para pequenas quantidades.
- Lento.
- Somente de leitura.

## Outro armazenamento óptico

- CD-Recordable (CD-R):
  - WORM.
  - Agora com preço acessível.
  - Compatível com unidades de CD-ROM.
- CD-RW:
  - Apagável.
  - Ficando mais barato.
  - Em grande parte compatível com unidade de CD-ROM.
  - Mudança de fase:
    - Material tem duas refletividades diferentes em diferentes estados de fase.

## DVD – O que há no nome?

- Digital Video Disk:
  - Usado para indicar um player para filmes.
    - Só toca discos de vídeo.
- Digital Versatile Disk:
  - Usado para indicar uma unidade de computador.
    - Lerá discos de computador e tocará discos de vídeo.
- Dogs Veritable Dinner (jantar verdadeiro de cães)
- Oficialmente - nada!!!

## DVD – tecnologia

- Multicamadas.
- Capacidade muito alta (4,7 G por camada).
- Filme de tamanho completo em único disco.
  - Usando compactação MPEG.
- Finalmente padronizado (honesto!).
- Filmes transportam codificação regional.
- Players só tocam filmes da região correta.
- Pode ser “reparado”.

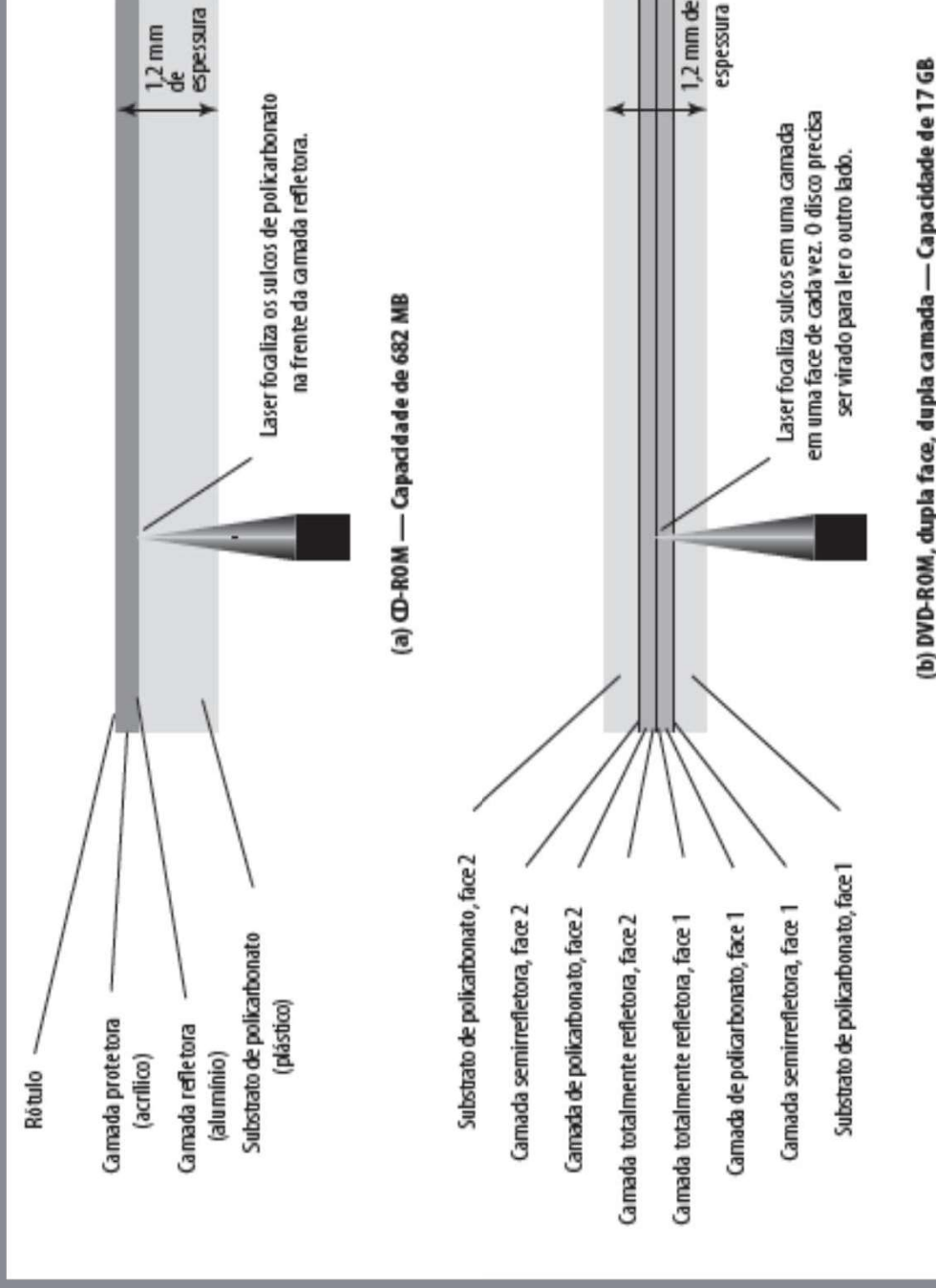


## DVD – gravável

- Muito trabalho com padrões.
- Unidades de DVD de primeira geração podem não ler discos DVD-W de primeira geração.
- Unidades de DVD de primeira geração podem não ler discos CD-RW.
- Espere até que a situação se estabilize antes de comprar!

# ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES

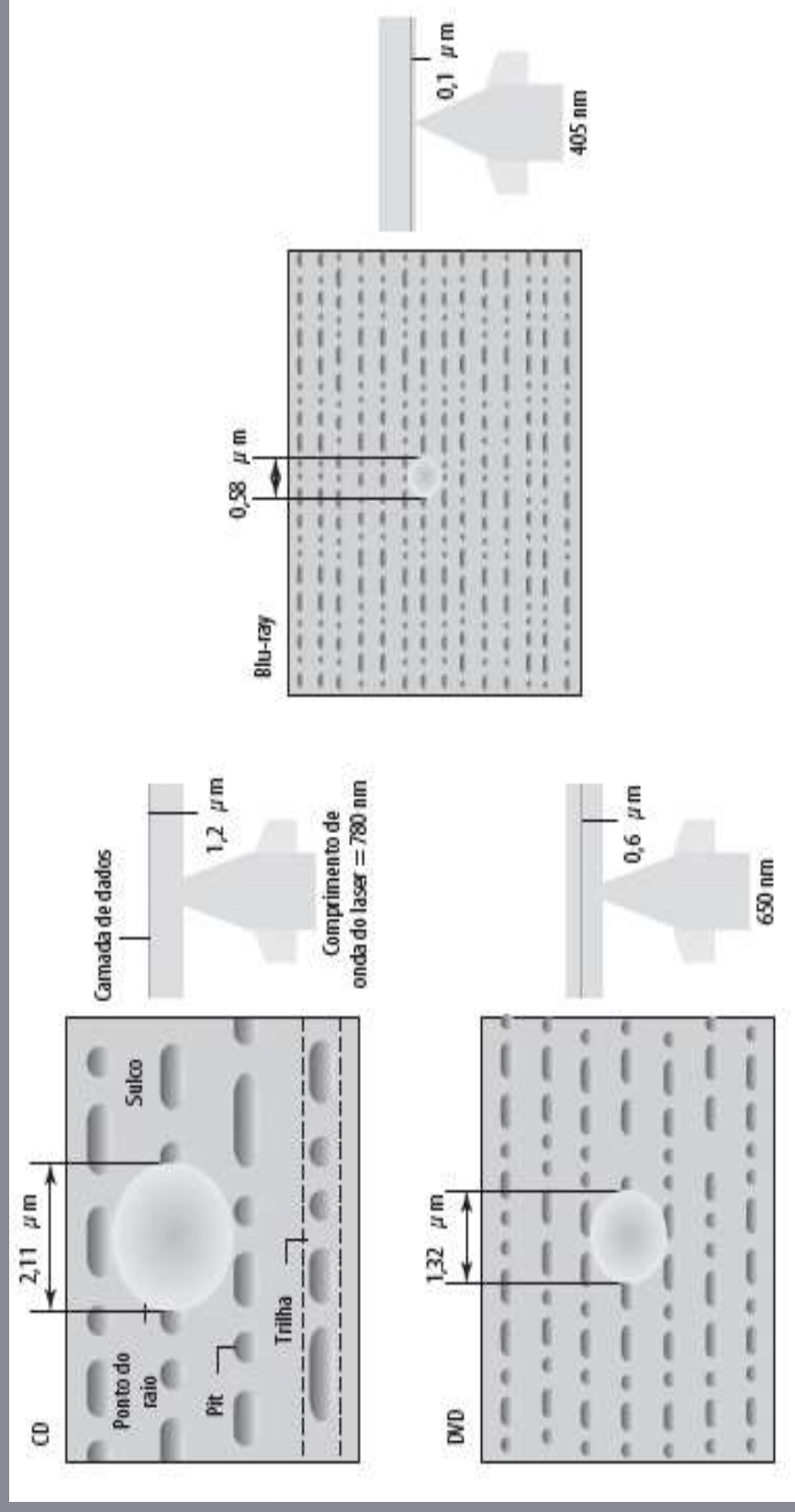
## CD e DVD



## Discos ópticos de alta definição

- Projetados para vídeos de alta definição.
- Capacidade muito mais alta que DVD.
  - Laser com comprimento de onda mais curto.
    - Faixa do azul violeta.
  - Sulcos menores.
- HD-DVD:
  - 15 GB de único lado, única camada.
- Blue-ray:
  - Camada de dados mais próxima do laser.
    - Foco mais estreito, menos distorção, sulcos menores.
  - 25 GB em única camada.
  - Disponível para apenas leitura (BD-ROM), regravável uma vez (BR-R) e re-regravável (BR-RE).

## Características da memória óptica



## Fita magnética

- Acesso serial.
- Lenta.
- Muito barata.
- Backup e arquivamento.
- Unidades de fita Linear Tape Open (LTO).
  - Desenvolvida no final da década de 1990.
  - Alternativa de fonte aberto para os diversos sistemas de fita patenteados.

## Unidades de fita Linear Tape Open (LTO)

	LTO-1	LTO-2	LTO-3	LTO-4	LTO-5	LTO-6
Data de lançamento	2000	2003	2005	2007	TBA	TBA
Capacidade compactada	200 GB	400 GB	800 GB	1 600 GB	3,2 TB	6,4 TB
Taxa de transferência compactada (MB/s)	40	80	160	240	360	540
Densidade linear (bits/mm)	4 880	7 398	9 638	13 300		
Trilhas de fita	384	512	704	896		
Comprimento da fita	609 m	609 m	680 m	820 m		
Largura da fita (cm)	1,27	1,27	1,27	1,27		
Elementos de gravação	8	8	16	16		

## Recursos da Internet

- Optical Storage Technology Association:
  - Boa fonte de informações sobre tecnologia e fornecedores de armazenamento óptico.
  - Extensa lista de links relevantes.
- DLTtape:
  - Boa coleção de informações técnicas e links para vendedores.
- Procure sobre RAID.