

# **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.

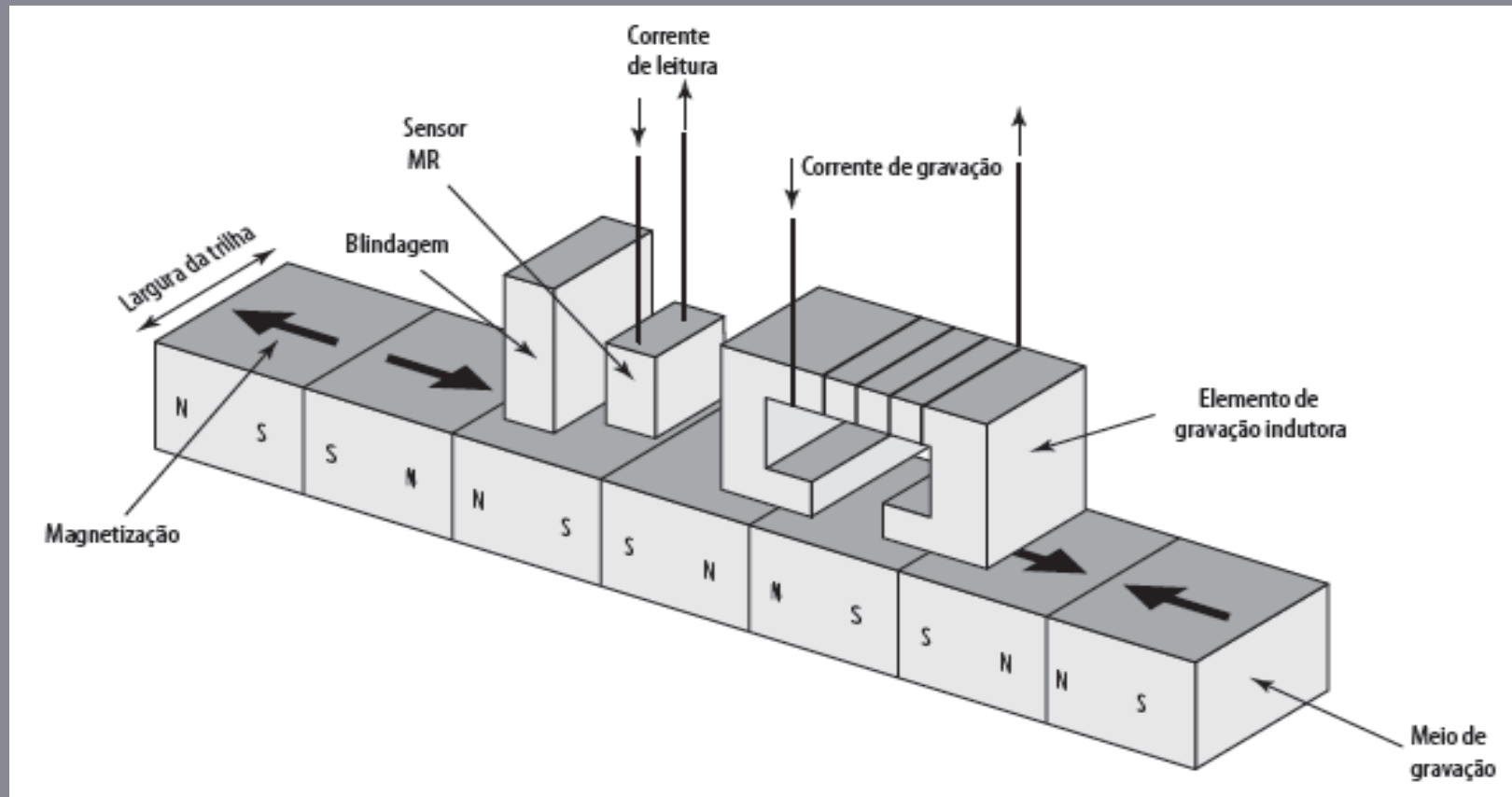
## Disco magnético

- 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.

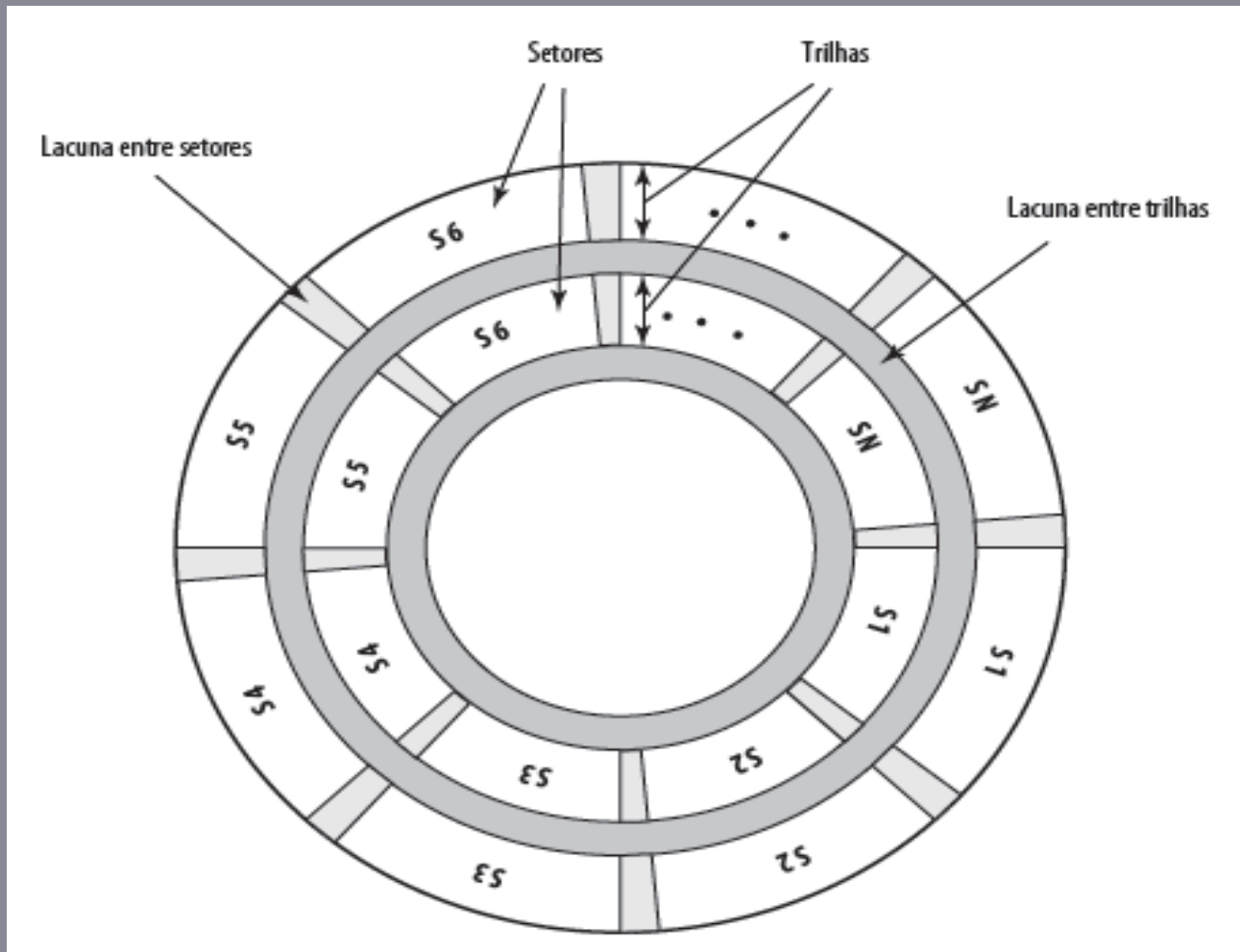
## Cabeça de gravação indutora/leitura MR



## 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

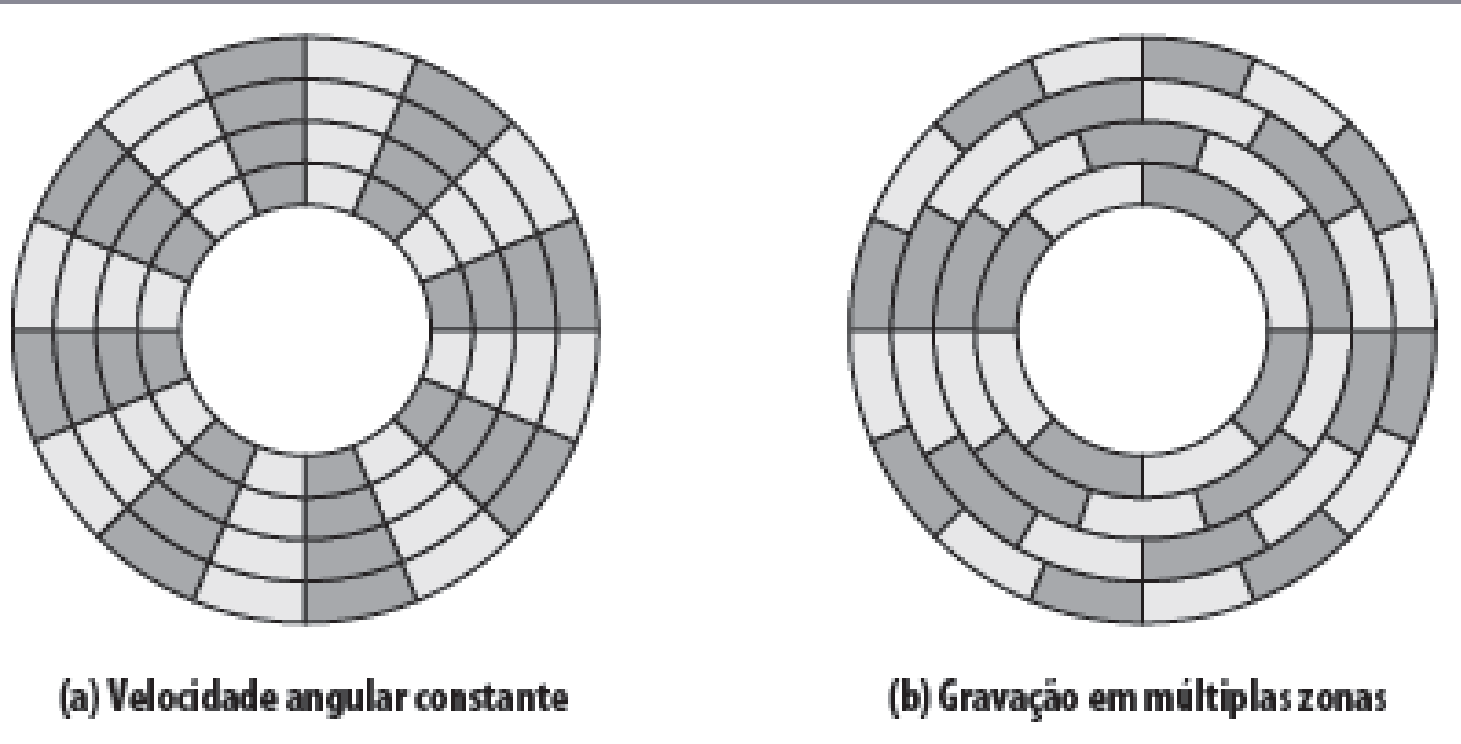


## Velocidade do disco

- 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.



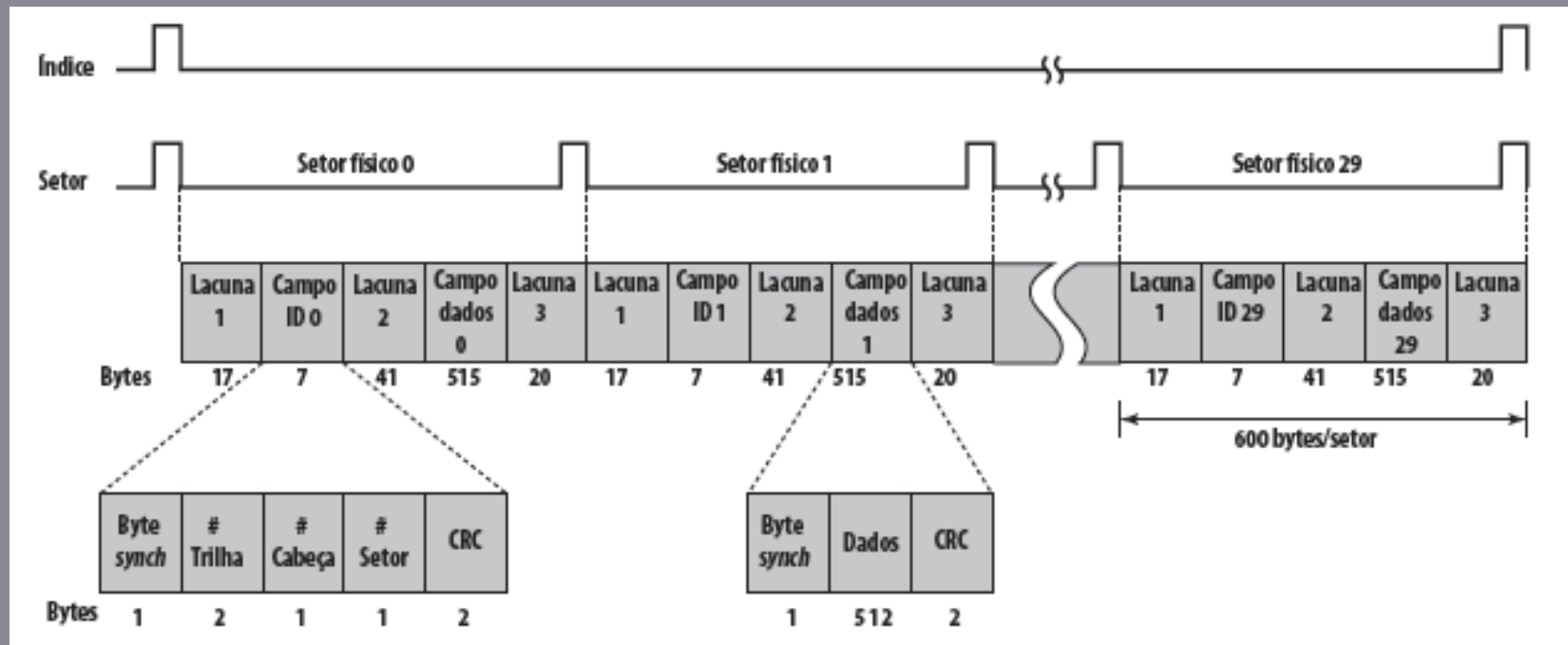
## Diagrama de métodos de layout de disco



## 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

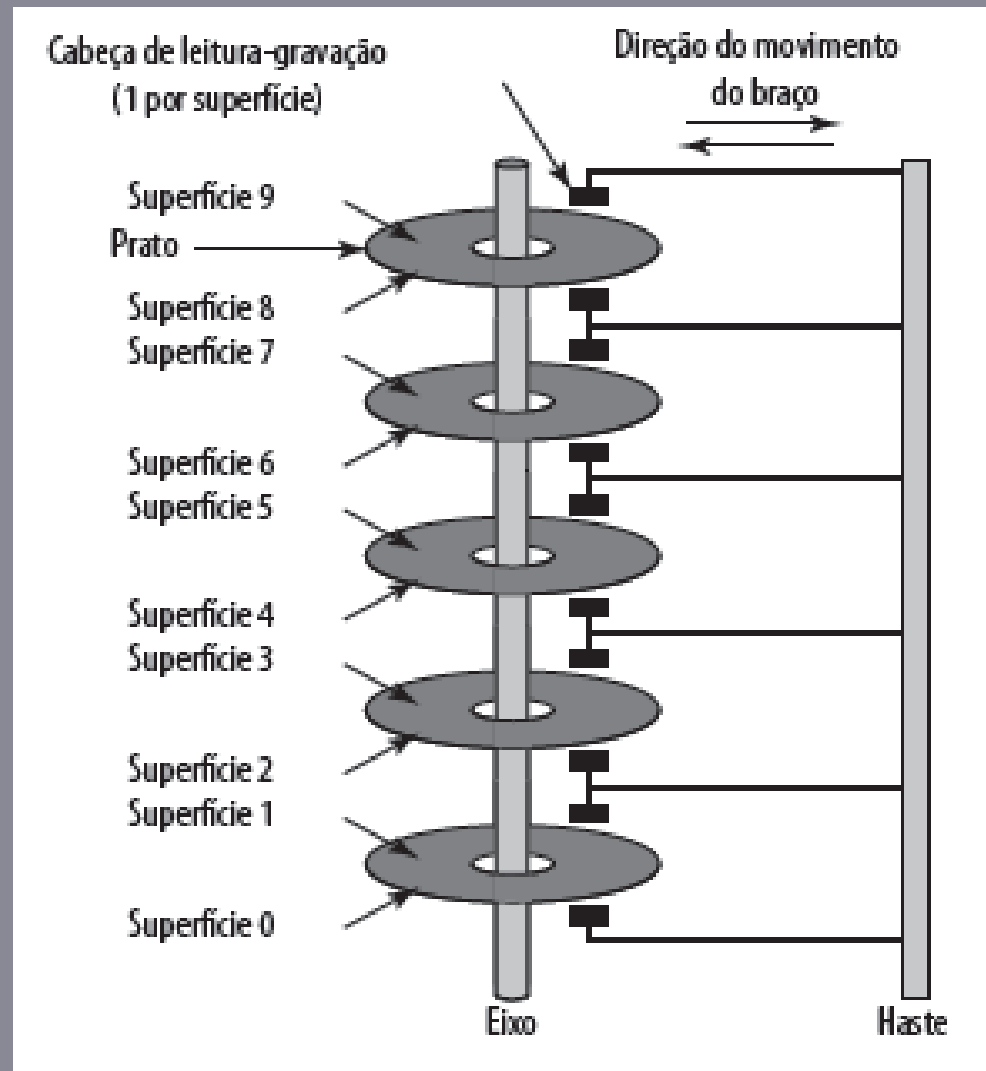
- Cabeça fixa:
  - Uma cabeça de leitura por trilha.
  - Cabeças montadas sobre braço rígido fixo.
- Cabeça móvel:
  - Uma cabeça de leitura e escrita por lado.
  - Montada sobre um braço móvel.

## 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.

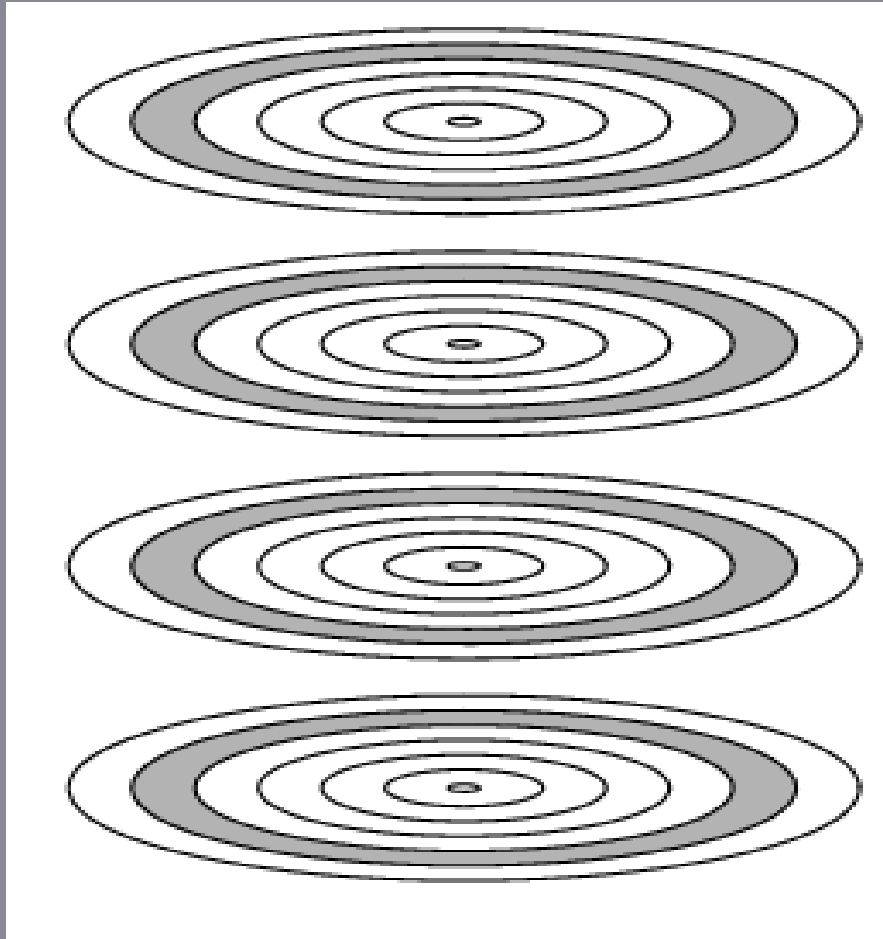
## Múltiplas placas

- 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

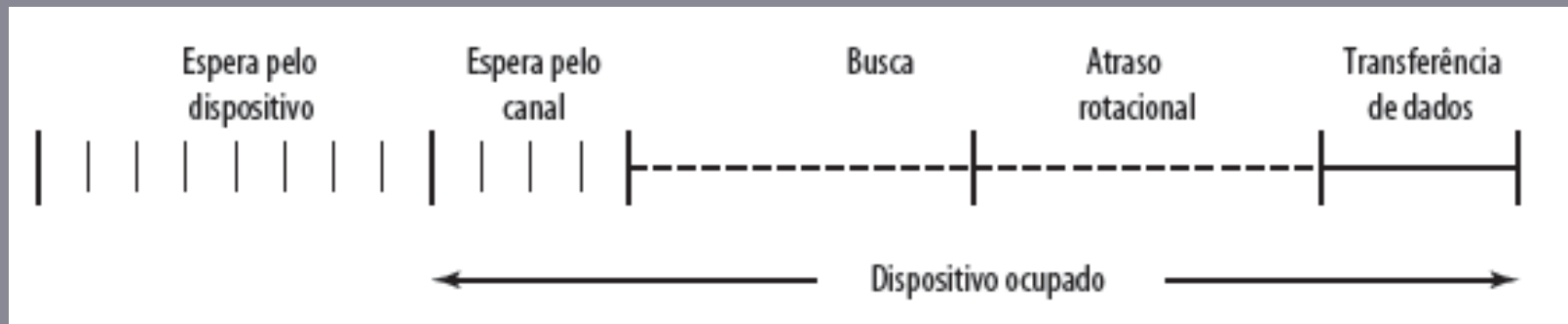
- Desenvolvido pela IBM em Winchester (USA).
- Unidade selada.
- Uma ou mais placas (discos).
- Cabeças voam na camada de limite de ar enquanto o disco gira.
- Cabeça muito pequena para lacuna do disco.
- Tornando-se mais robusto.

- 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



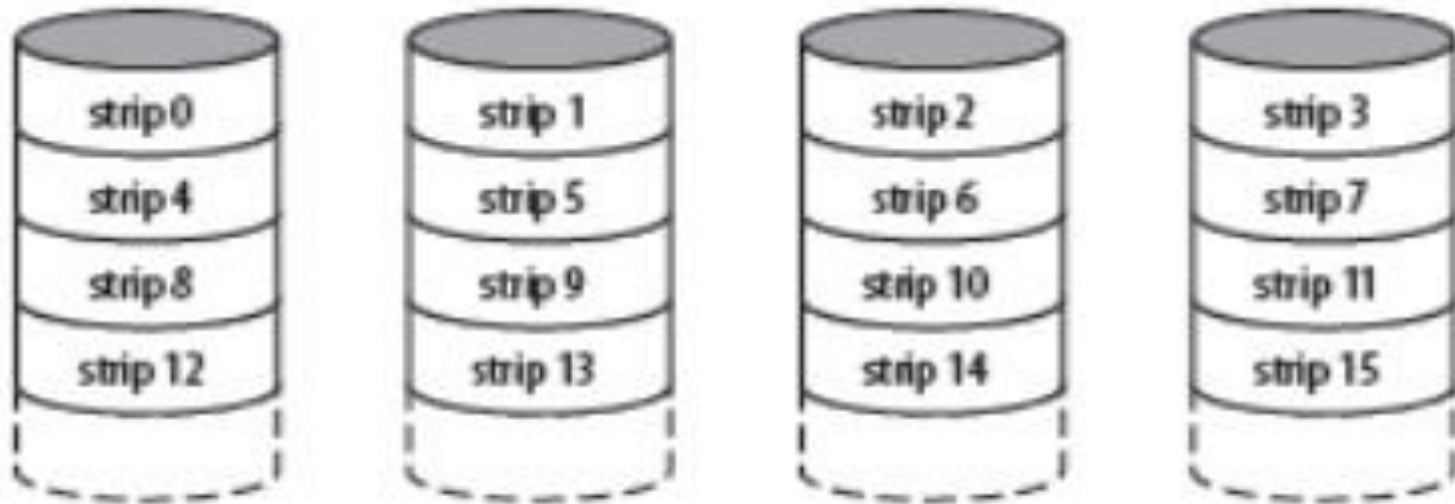
# RAID

- 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 SO.
- Dados distribuídos pelas unidades físicas.
- Pode usar capacidade redundante.
- Pode usar capacidade redundante para armazenar informação de paridade.

## RAID 0

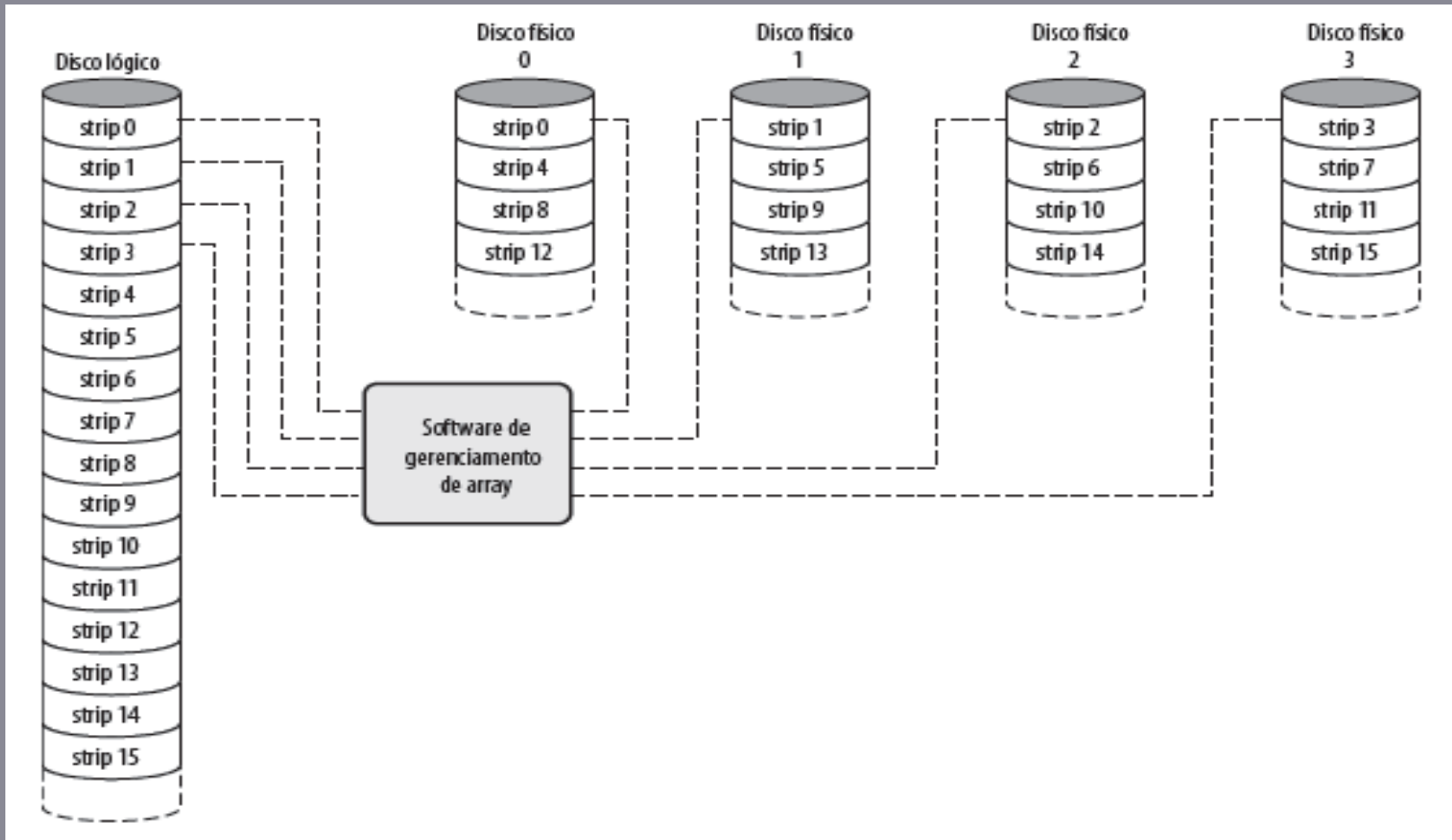
- Não redundante.
- Dados espalhados por todos os discos.
- Mapeamento Round Robin.
- Maior velocidade.
  - Múltiplas solicitações de dados provavelmente não no mesmo disco.
  - Discos buscam em paralelo.
  - Um conjunto de dados provavelmente será espalhado por múltiplos discos.



**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES**

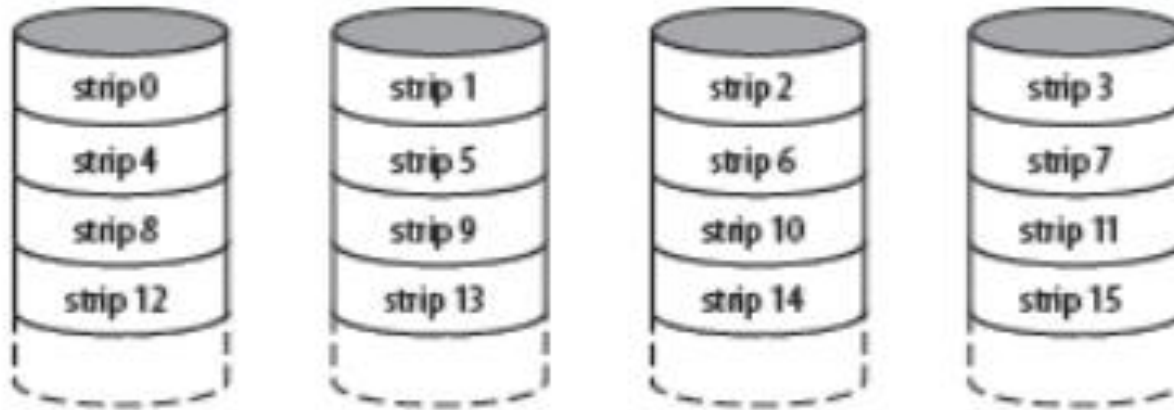
(a) RAID 0 (não redundante)

## Mapeamento de dados para RAID 0

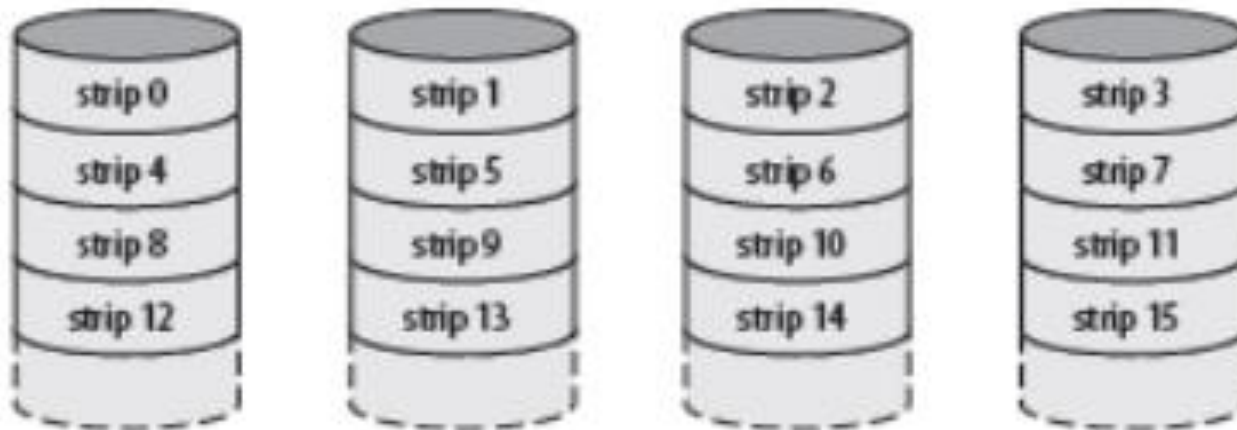


## RAID 1

- 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.

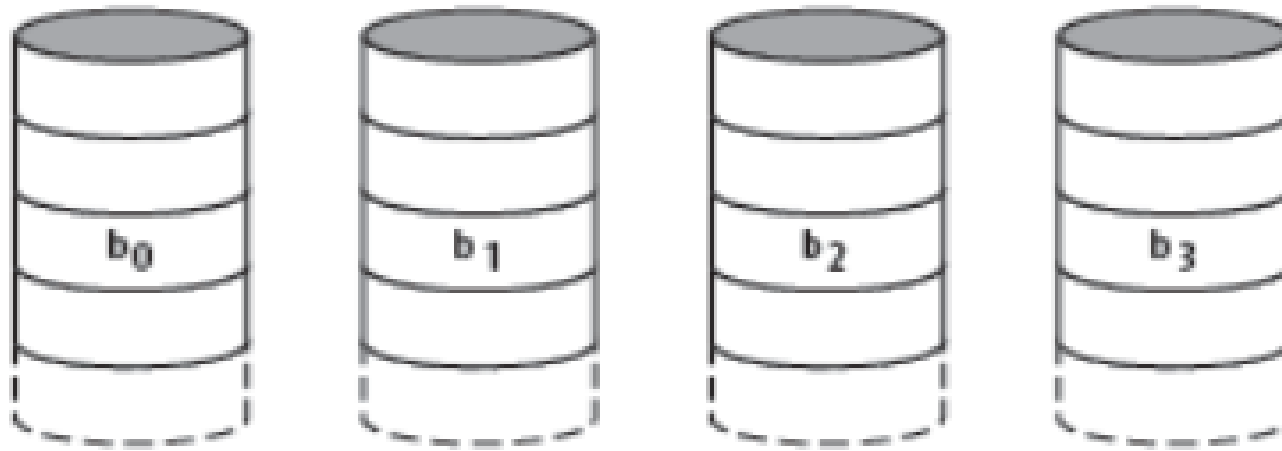


(b) RAID 1 (espelhado)

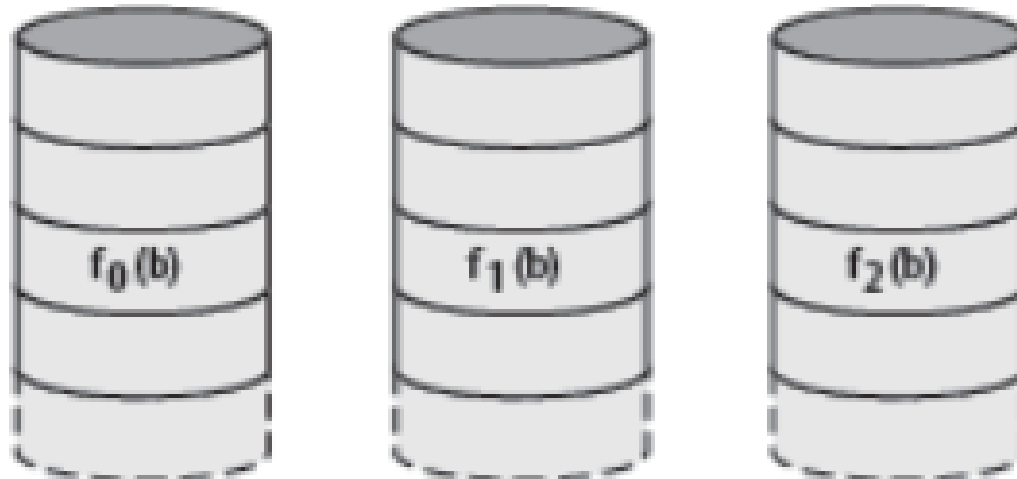


## RAID 2

- 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.

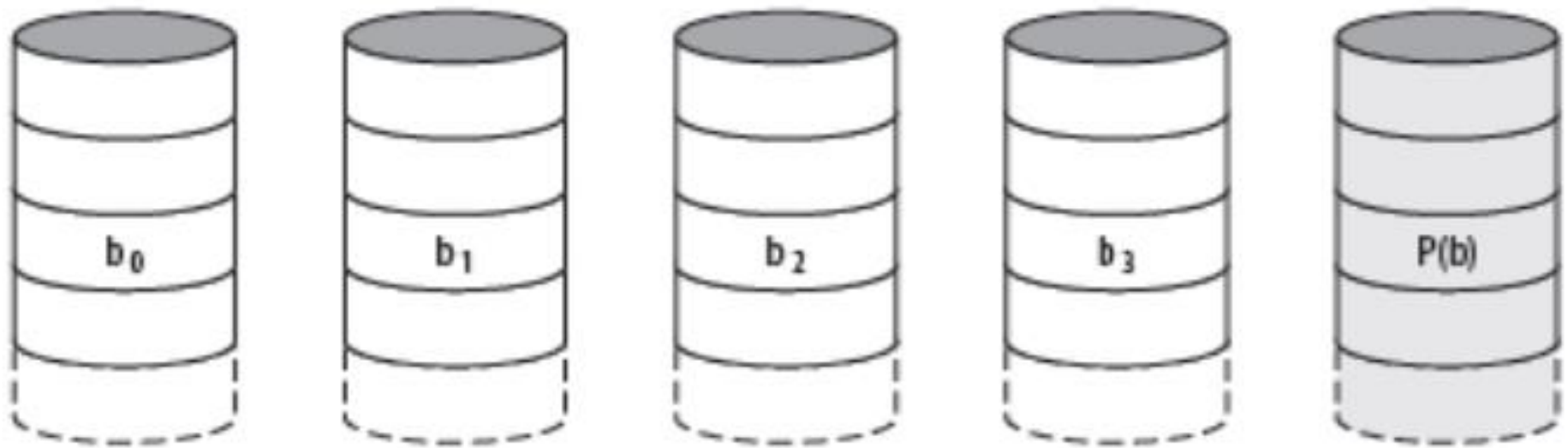
**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES**

(c) RAID 2 (redundância por código de Hamming)



## 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.

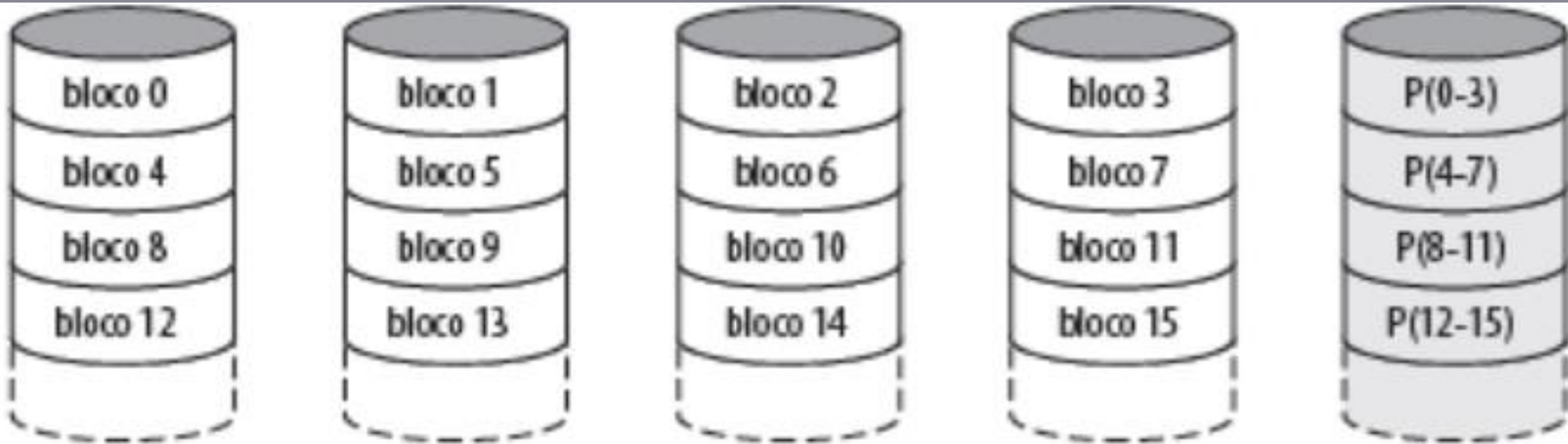
**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES**

**(d) RAID 3 (paridade de bit intercalada)**



## 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.

**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES**

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

## RAID 5

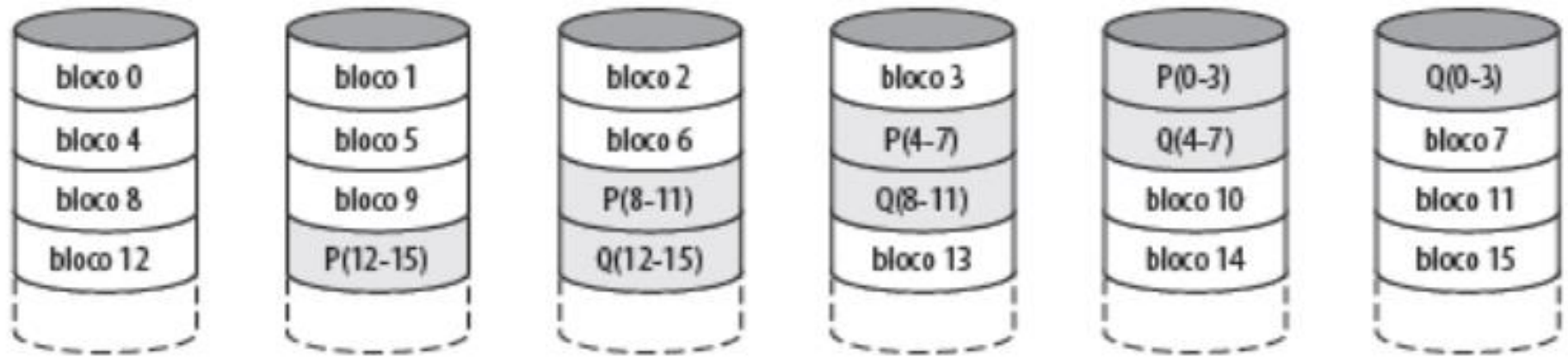
- Como RAID 4.
- Paridade espalhada por todos os discos.
- Alocação round-robin para stripe de paridade.
- Evita gargalo do RAID 4 no disco de paridade.
- Normalmente usado em servidores de rede.
- N.B. NÃO SIGNIFICA 5 DISCOS!!!!

**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES**

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

## RAID 6

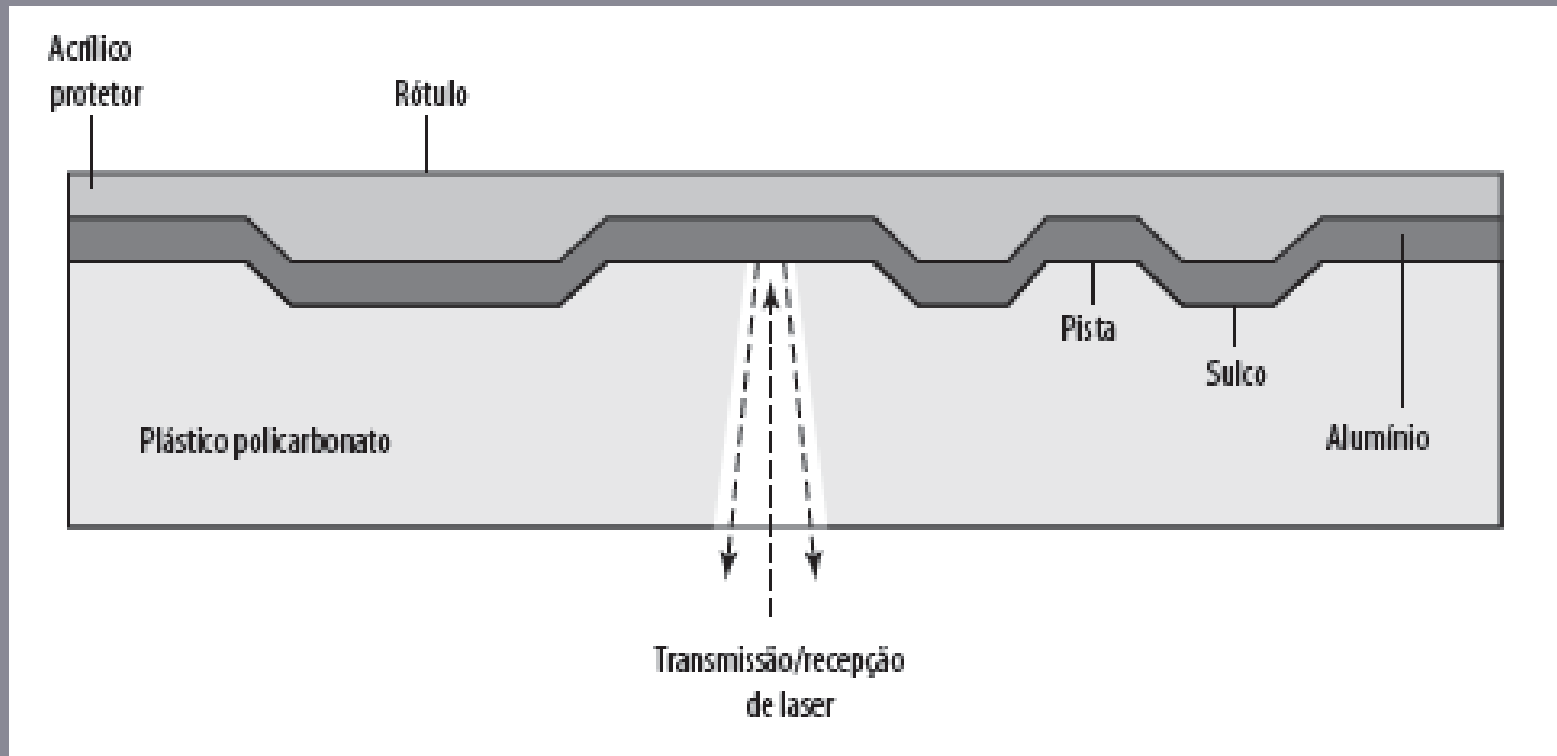
- Dois cálculos de paridade.
- Armazenado em blocos separados em discos diferentes.
- Requisito do usuário de  $N$  discos precisa de  $N+2$ .
- Alta disponibilidade de dados.
  - Três discos precisam falhar para haver perda de dados.
  - Penalidade de gravação significativa.

**ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO  
DE COMPUTADORES****(g) RAID 6 (redundância dual)**

## 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

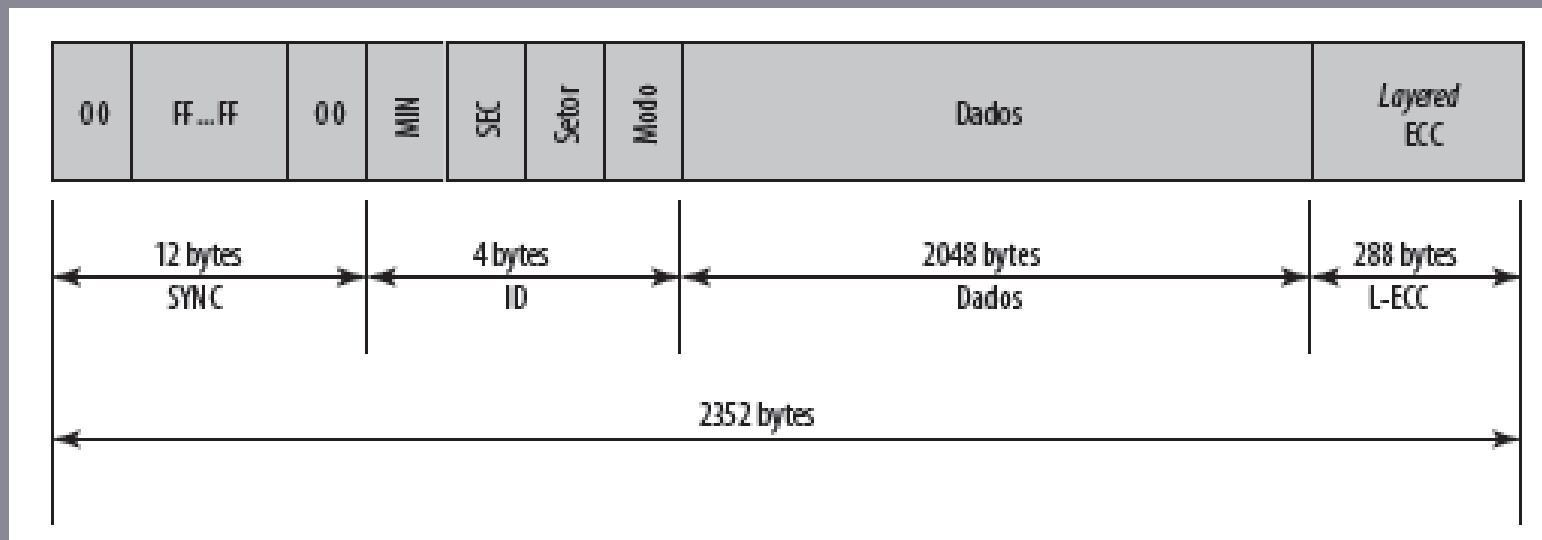




## Velocidade de unidade de CD-ROM

- Áudio tem velocidade única:
  - Velocidade linear constante.
  - $1,2 \text{ ms}^{-1}$ .
  - 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

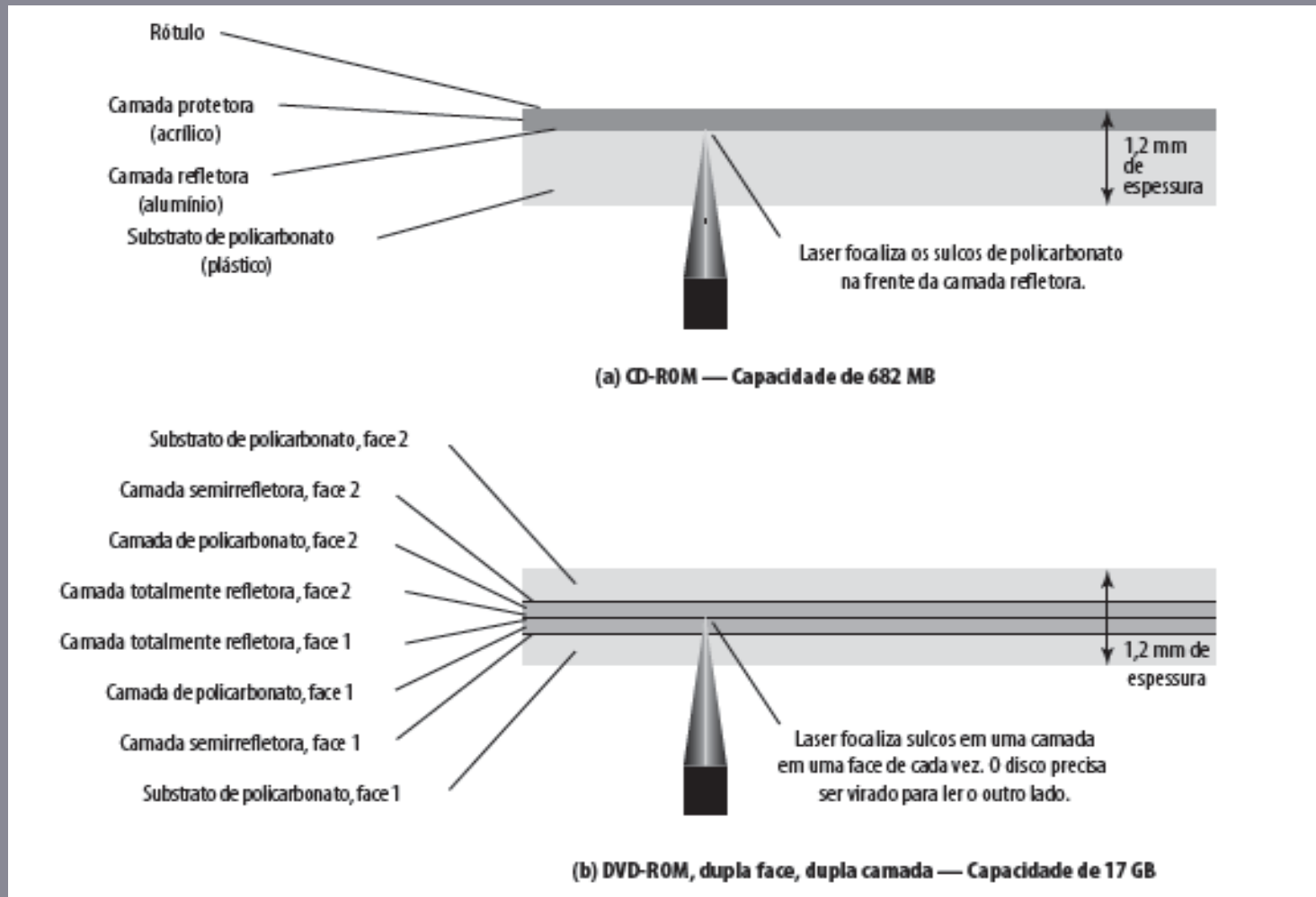
- Multicamadas.
- Capacidade muito alta (4,7 G por camada).
- Filme de tamanho completo em único disco.
  - Usando compactação MPEG.
- Finalmente padronizado (honesto!).
- Filmes transportam codificação regional.
- Players só tocam filmes da região correta.
- Pode ser “reparado”.

## 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!



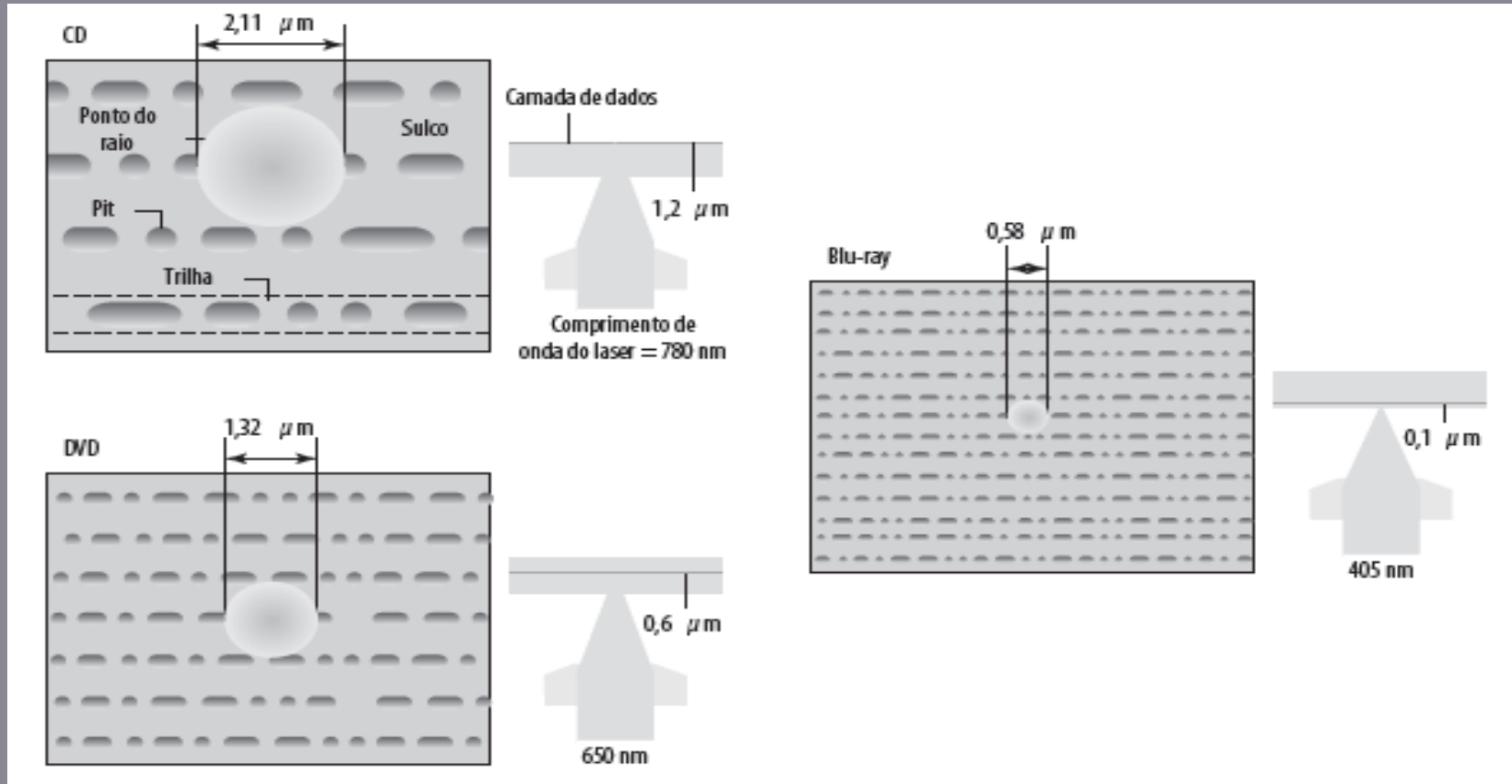
## CD e DVD



## 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.