

Arquitetura e Organização de Computadores - 5cop090

Memória Externa



Memória Externa

Objetivos do módulo

- ▶ Compreender as propriedades-chave dos discos magnéticos.
- ▶ Entender as questões envolvidas no acesso ao disco magnético.
- ▶ Explicar o conceito de RAID e descrever seus vários níveis.
- ▶ Comparar os drives de discos rígidos com os de disco sólido.
- ▶ Compreender as diferenças entre as mídias de armazenamento de disco óptico.

Memória Externa

Tipos de memória externa

- ▶ Disco magnético:
 - ▶ RAID* (*Redundant Array of Independents Disks*)
 - ▶ Removível
- ▶ Óptica:
 - ▶ CD-ROM
 - ▶ CD-Recordable (CD-R)
 - ▶ CD-R/W
 - ▶ DVD
 - ▶ Blu-ray
- ▶ Fita magnética
- ▶ SSD (solid-state drive)

*RAID: família de técnicas para utilização de múltiplos discos como um *array* paralelo de dispositivos de armazenamento de dados, com redundância embutida para compensar falha futura.

Memória Externa

Disco magnético

- ▶ Substrato de disco coberto com material magnetizável (óxido de ferro)
- ▶ Substrato era de alumínio
- ▶ Substituído por vidro
 - ▶ Maior uniformidade da superfície do filme magnético
 - ▶ Aumenta confiabilidade
 - ▶ Redução nos defeitos gerais da superfície
 - ▶ Erros reduzidos de leitura/gravação
 - ▶ Melhor rigidez (para reduzir a dinâmica do disco)
 - ▶ Maior resistência a choques e danos

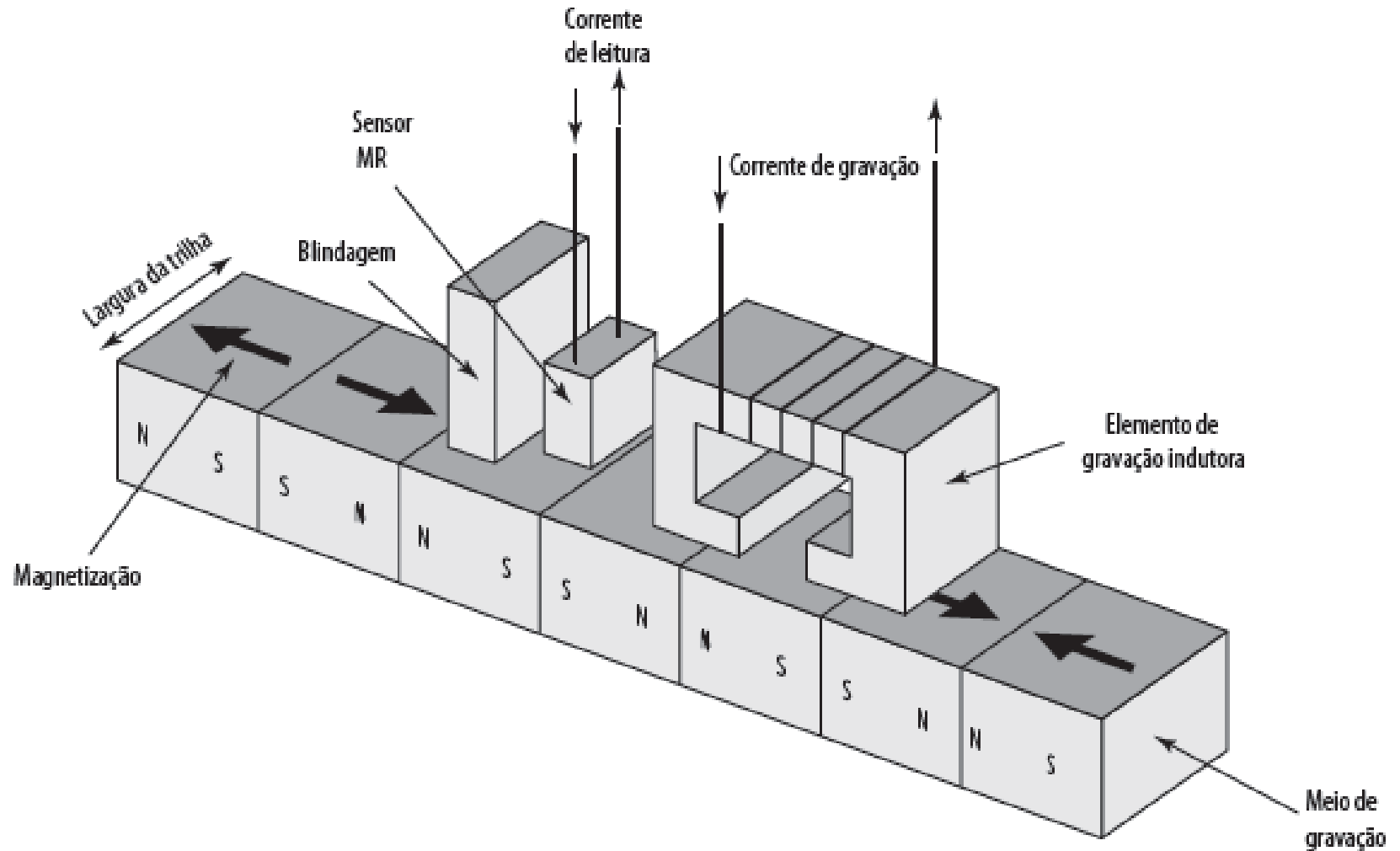
Memória Externa

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 (corrente positiva e negativa)
- ▶ Leitura (tradicional): - disquetes e discos rígidos mais antigos
 - ▶ 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

Memória Externa

Cabeça de gravação indutora/leitura MR



Memória Externa

Disco rígido



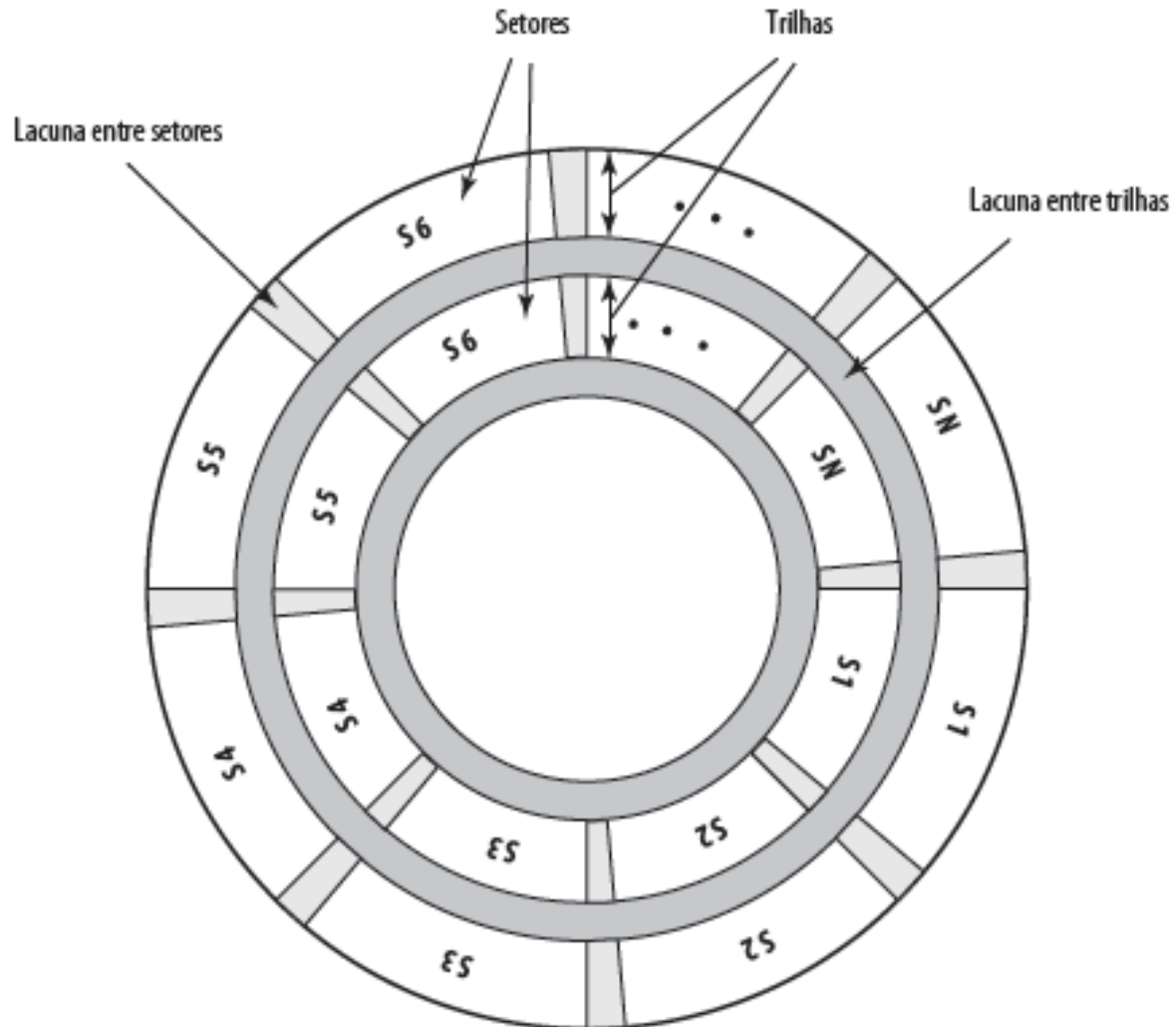
Memória Externa

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

Memória Externa

Layout de dados de disco



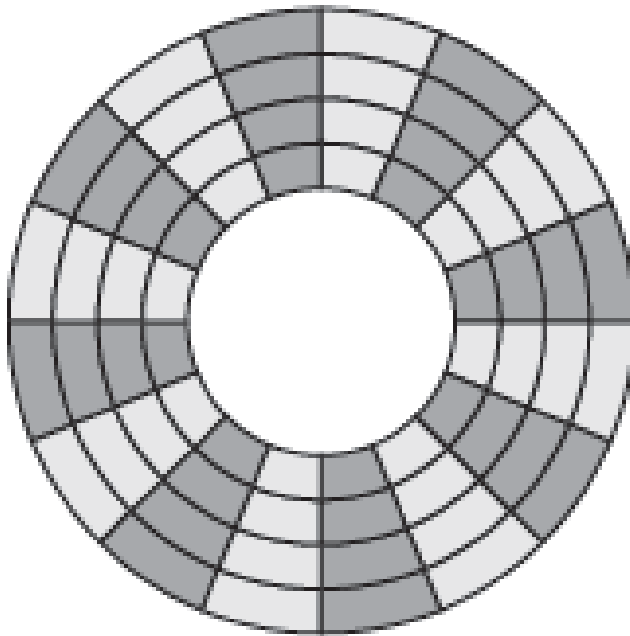
Memória Externa

Velocidade do disco

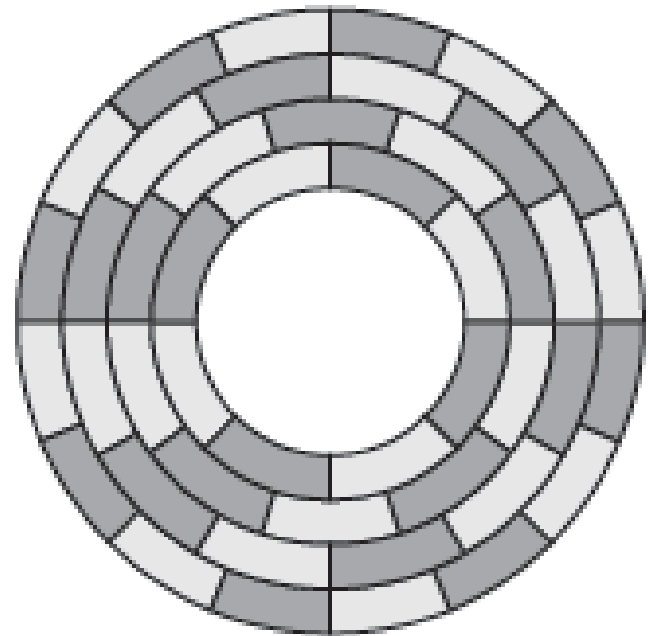
- ▶ Bit próximo do centro do disco girando passa por ponto fixo mais lento que o bit na borda do disco
- ▶ Aumente espaçamento entre bits de diferentes trilhas
- ▶ Gire disco em velocidade angular constante (CAV)
 - ▶ Setores em forma de fatia de torta e trilhas concêntricas
 - ▶ Trilhas e setores individuais 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

Memória Externa

Diagrama de métodos de layout de disco



(a) Velocidade angular constante



(b) Gravação em múltiplas zonas

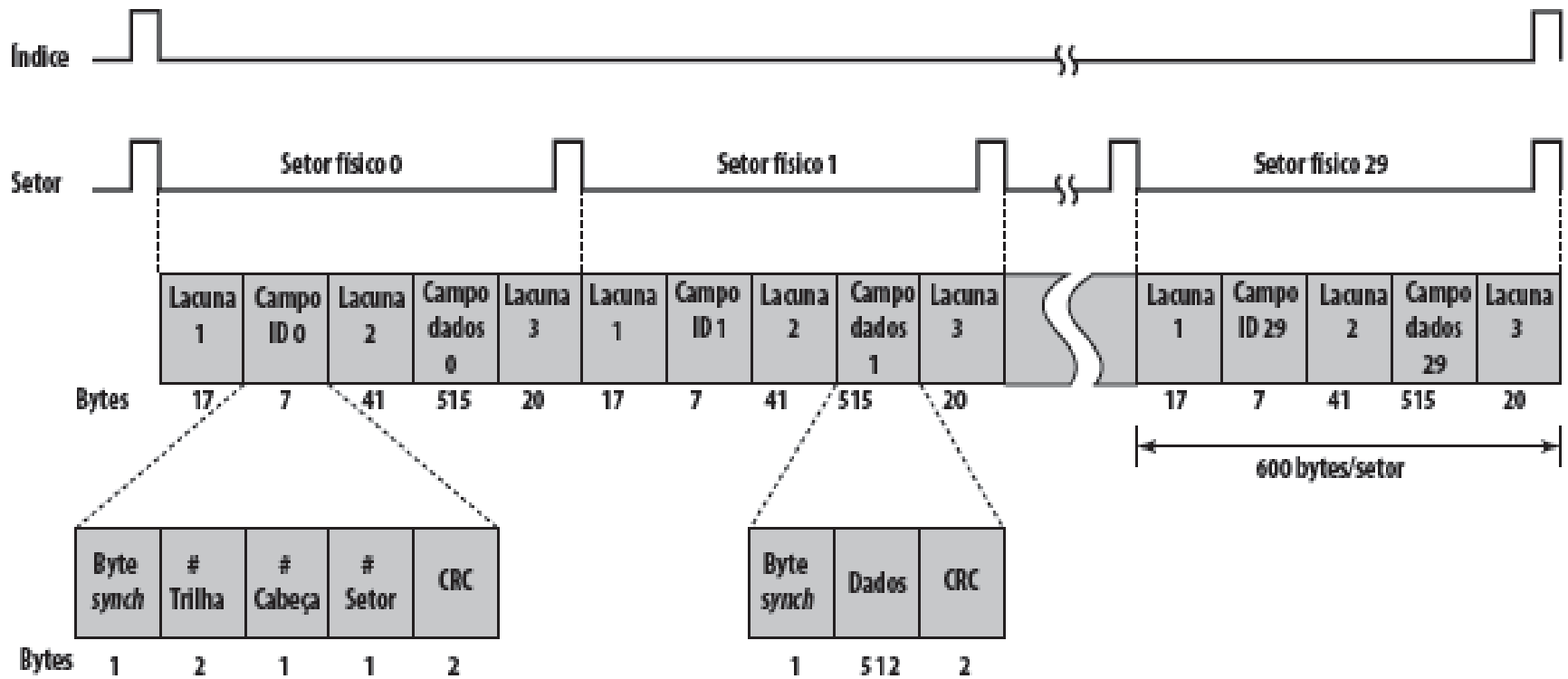
Memória Externa

Localizando setores

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

Memória Externa

Formato de disco Winchester (Seagate ST506)



Memória Externa

Características

- ▶ Cabeça fixa (rara) ou móvel em relação à direção radial do prato
- ▶ Removível ou fixo
- ▶ Única ou dupla (mais comum) face
- ▶ Prato único ou múltiplos
- ▶ Mecanismo da cabeça:
 - ▶ Contato (disquete)
 - ▶ Lacuna fixa
 - ▶ Lacuna aerodinâmica (Winchester)

Memória Externa

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

Memória Externa

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

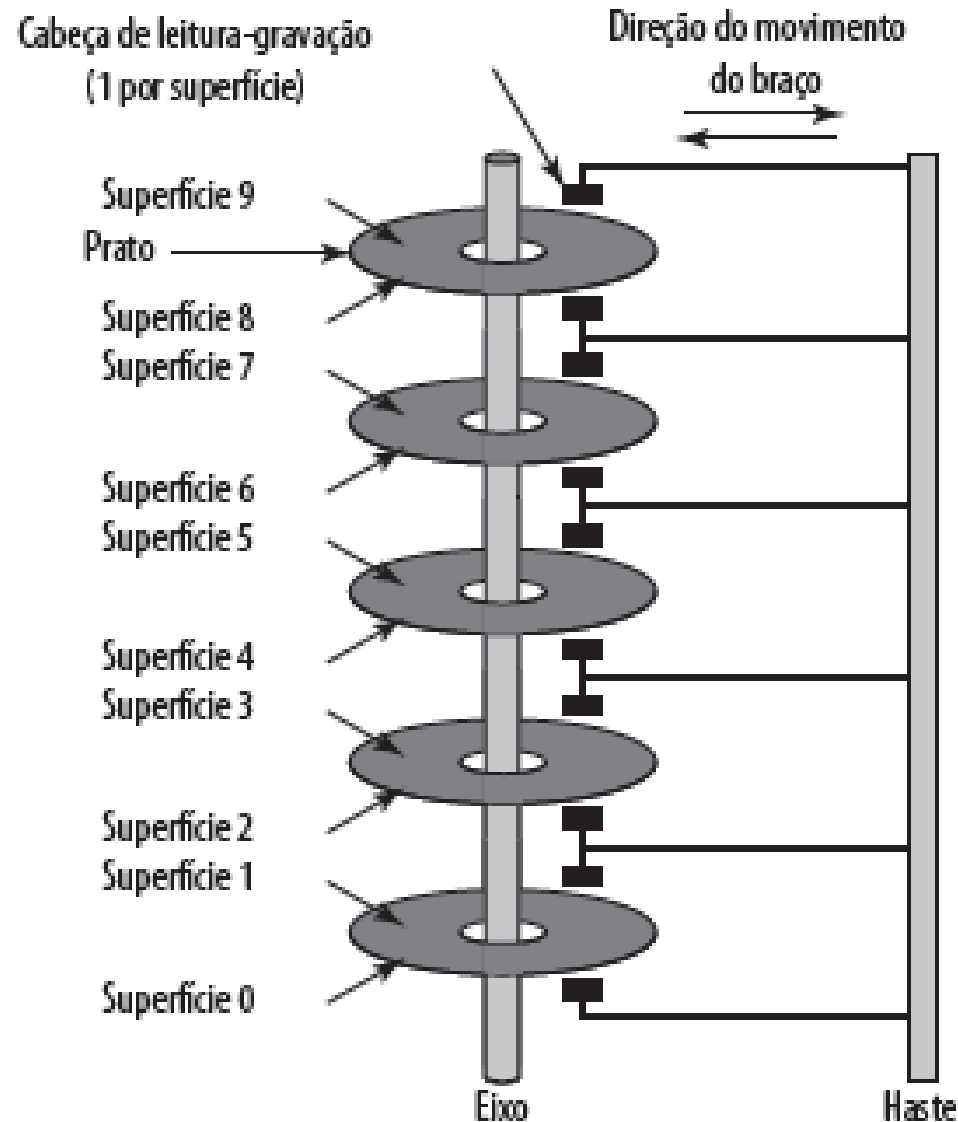
Memória Externa

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)

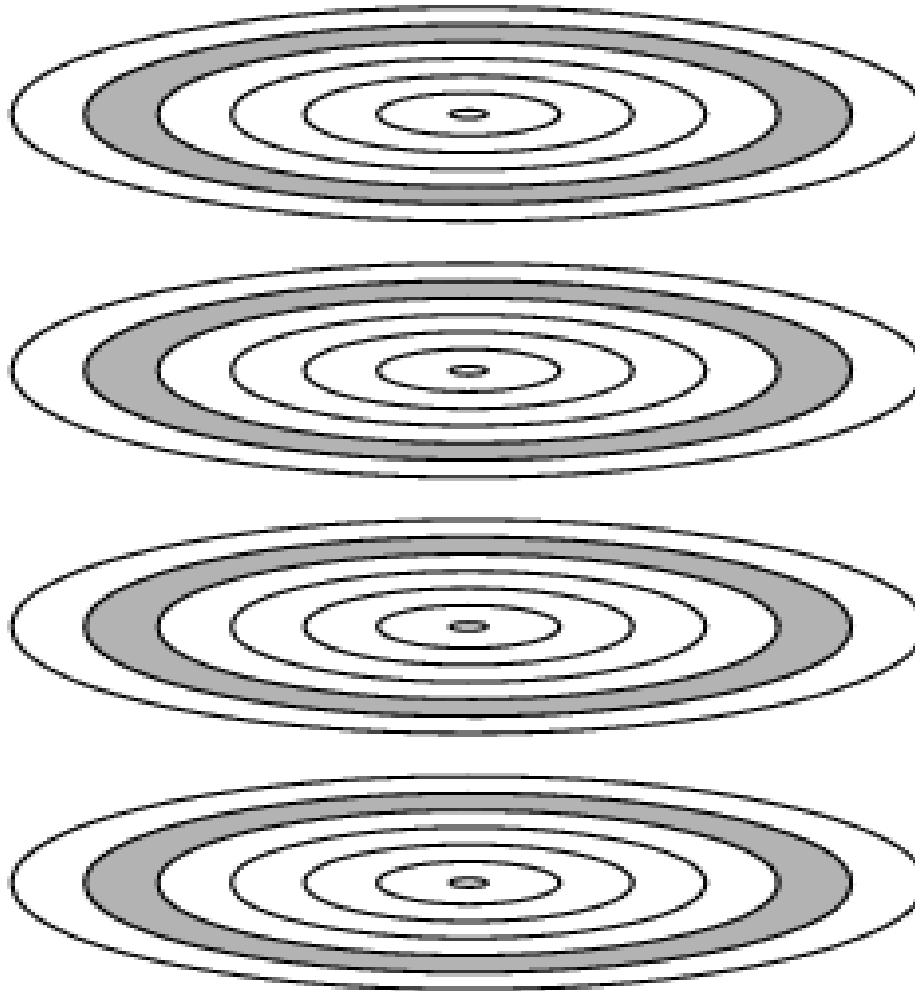
Memória Externa

Múltiplas placas



Memória Externa

Trilhas e cilindros



Memória Externa

Disquete

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

Memória Externa

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
- ▶ Mais robusto

Memória Externa

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.

Memória Externa

Parâmetro se desempenho de disco

- ▶ Tempo de busca (*seek time*):
 - ▶ Movendo cabeça para trilha correta
- ▶ Latência (rotacional):
 - ▶ Esperando dados passarem sob a cabeça
- ▶ Tempo de acesso = Busca + Latência
- ▶ Tempo de transferência = de ou para o disco depende da velocidade de rotação do disco

$$T = \frac{b}{r.N}$$

onde :

T = tempo de transferência

b = número de bytes a ser transferido

N = número de bytes em uma trilha

r = velocidade de rotação, em rotações por segundo

$$T_a = T_s + \frac{1}{2.r} + \frac{b}{r.N}$$

onde :

T_a = tempo de acesso médio total

T_s = tempo médio de busca

Memória Externa

Exercícios

1) Considere uma unidade de disco magnético com 8 superfícies, 512 trilhas por superfícies e 64 setores por trilha. O tamanho do setor é de 1 KB. O tempo de busca médio é de 8 ms, o tempo de acesso de uma trilha pra outra é de 1,5 ms, e a unidade gira a 3600 rpm. As trilhas sucessivas de um cilindro podem ser lidas sem movimento da cabeça.

a. Qual a capacidade do disco?

b. Qual é o tempo médio de acesso?

c. Estime o tempo necessário para transferir um arquivo de 5 MB. Suponha que esse arquivo seja armazenado em setores sucessivos e trilhas de cilindros sucessivos, começando no setor 0, trilha 0 do cilindro i.

d. Qual a taxa de transferência de rajada (burst)?

Memória Externa

Exercícios

2) Considere um disco com um único prato, com os seguintes parâmetros: velocidade de rotação de 7200 rpm; número de trilhas de um lado da placa: 30.000; número de setores por trilha: 600; tempo de busca: um ms para cada cem trilhas atravessadas. Considere que o disco recebe uma solicitação para acessar um setor aleatório em uma trilha aleatória e suponha que a cabeça do disco comece na trilha 0.

- a. Qual é o tempo médio de busca?
- b. Qual é o atraso rotacional médio?
- c. Qual é o tempo de transferência para um setor?
- d. Qual é o tempo total médio para atender uma solicitação?

Memória Externa

Exercícios

3) Considere um disco que gira a 3600 rpm. O tempo de busca para mover a cabeça entre trilhas adjacentes é de 2 ms. Existem 32 setores por trilha, que são armazenados em ordem linear a partir do setor 0 até o setor 31. A cabeça vê os setores em ordem ascendente. Suponha que a cabeça de leitura/gravação esteja posicionada no início do setor 1 na trilha 9. Existe um buffer de memória principal grande o suficiente para manter uma trilha inteira. Os dados são transferidos entre os locais do disco lendo da trilha de origem para o buffer da memória principal e depois gravando os dados do buffer para a trilha de destino.

- a) Quanto tempo levará para transferir o setor 1 na trilha 8 para o setor 1 na trilha 9?
- b) Quanto tempo levará para transferir todos os setores da trilha 8 para os setores correspondentes da trilha 9?

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos

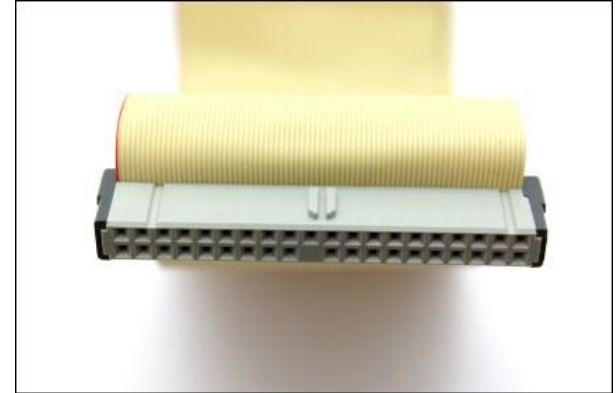
- ▶ Diversos padrões de comunicação (interfaces)
- ▶ Interfaces: especificam a forma que os dispositivos devem ser conectados fisicamente aos outros dispositivos do computador e qual o protocolo de comunicação a ser utilizado (envio e recebimento de dados)
- ▶ Interfaces:
 - ▶ IDE (*Integrated Drive Electronics*)
 - ▶ SCSI (*Small Computer System Interface*)
 - ▶ SATA (*Serial ATA*)
 - ▶ SAS (*Serial Attached SCSI*)

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos

▶ IDE: cabo utilizado composto por 40 fios (pinos)

- ▶ 16 pinos para enviar e receber dados
- ▶ 7 pinos terra para evitar ruído
- ▶ 1 pino para seleção do modo *master* ou *slave*



▶ Padrões

- ▶ IDE ou ATA I: endereçamento CHS (*Cylinder, Head, Sector*), com 4, 10 e 6 bits respectivamente gerando uma capacidade máxima de endereçamento de 504 MB (16x63*1024*512 bytes). Taxa de transmissão máxima de **8.3 MB/s** e ciclo de transferência de **240 ns**.
- ▶ EIDE (*Extend IDE*) ou ATA II: suporte a LBA (*Logical Block Address*), suporte a comando de transferência em blocos e funções de auto-deteção das características físicas do disco. Taxa de transmissão máxima de **16.7 MB/s** e ciclo de transferência de **120 ns**.
- ▶ ATA III: tecnologia de auto-deteção de condições adversas e falhas (*Self Monitoring Analysis and Reporting Technology - SMART*), proteção do disco por senha. Mesma taxa de transmissão máxima e ciclo de transferência do padrão ATA II.

Memória Externa

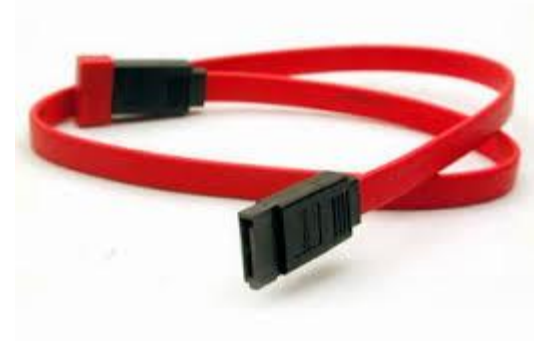
Tecnologia em discos magnéticos



- Padrões
 - ATA/ATAPI IV: permite que unidades de disquete, cd-rom, dvd-rom, utilize da mesma interface e se comportem como um disco ATA. Taxa de transmissão máxima de **33.3 MB/s** e ciclo de transferência de **120 ns**.
 - ATA/ATAPI V: utiliza cabo de 80 vias em vez de 40, com o objetivo de diminuir a interferência entre as vias. Taxa de transmissão máxima de **66.7 MB/s** e ciclo de transferência de **60 ns**.
 - ATA/ATAPI VI: controle automático de ruídos no disco. Taxa de transferência de **100 MB/s**.
 - ATA/ATAPI VII: taxa de transferência máxima de **133 MB/s**.
 - ATA/ATAPI VIII: taxa de transferência acima de **133 MB/s**. Taxas acima desse valor aumentava o problema de interferência no cabo da interface.

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos



- SERIAL ATA/SATA
 - Nova tecnologia que veio a substituir a IDE, ATA.
 - Tecnologia serial (transmissão de 1 bit por vez)
 - Permite trabalhar com frequências maiores
 - Cabo com 7 pinos: 3 pinos terra e os outros são os dois canais separados
- Padrões
 - SATA 150 ou SATA I: taxa de transferência de 150 MB/s
 - SATA II: recursos como *NCQ (Native Command Queueing)*, técnicas para diminuir o movimento da cabeça de leitura (também utilizada na tecnologia SCSI). Taxa de transferência máxima de 150 MB/s.
 - SATA 300 ou SATA/300: taxa de transferência máxima de 300 MB/s.
 - SATA 600: taxa de transferência máxima de 600 MB/s.

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos

- SCSI



- Tecnologia desenvolvida por Howard Shugart (inventor do disco flexível) em 1979 e em 1986 a ANSI padronizou a tecnologia com o nome de SCSI (*scuzzi*).
- Discos com a tecnologia SCSI são utilizados (padrão) em estações de trabalho SUN, HP, entre outras, e servidores de rede.
- A tecnologia (barramento) suporta a conexão de outros dispositivos como scanner, unidades de fita e outros periféricos SCSI. Os dispositivos recebem uma ID (15 no total) e tem dois conectores (I/O).
- Permite o acesso simultâneo de todos os dispositivos e utiliza o modo de transmissão *full-duplex* (envio e recebimento de dados de forma simultânea).
- O cabo possui 50 pinos: 25 são pinos terra, 8 utilizados para dados, 1 de paridade, 9 de controle e o restante dos pinos para energização. Os dispositivos de 16 bits (e 32 bits) precisam de um segundo cabo para sinais adicionais.

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos

- Padrões
 - SCSI I: padrão do barramento SCSI, protocolo de sinalização e um conjunto de comandos de 6 a 10 bytes. Suporta 8 dispositivos no mesmo cabo. Taxa de transferência máxima de 3.5 MB/s em modo assíncrono, 5 MB/s em síncrono e tamanho máximo do cabo de 6 metros.
 - SCSI II: conjunto mínimo de comandos utilizados por todos os dispositivos (Common Command Set - CCS). Suporte a cd-rom, scanner, capacidade de execução de múltiplas requisições de I/O de forma simultânea. Taxa de transferência máxima de 10 MB/s na *Fast SCSI* e 20 MB/s com a *Fast Wide SCSI*.
 - SCSI III: diversas versões - SPI (*SCSI Parallel Interface*) foram normatizadas num conjunto de documentos de especificação do protocolo de comunicação e das características da camada física. Taxa de transferência máxima de 640 MB/s.

Memória Externa

Tecnologia em discos magnéticos

- SERIAL SCSI/SAS



- Tecnologia SAS (*Serial Attached SCSI*) utiliza os comandos SCSI de forma serializada.
- **Compatível com a tecnologia SATA**
- Possui conexão dedicada ou exclusiva para evita concorrência, porém pode ser compartilhada com o uso de um expensor
- Permite o uso de discos de várias taxas de transmissão , usando a taxa máxima do dispositivo
- Melhoria no desempenho e confiabilidade
- Capacidade de redundância de cabos no mesmo disco
- Interface serial ponto-a-ponto de simples cabeamento
- Possibilidade de aumento de configuração e desempenho
- Capacidade de expansão e atualização
- Possibilidade de clientes e usuários escolherem entre discos
- SAS de dupla redundância de cabos e alto desempenho ou discos SATA de alto desempenho e baixo custo no mesmo sistema.

Memória Externa

RAID (*Redundant Array of Independet Disks*)

Família de técnicas para utilização de múltiplos discos como um *array* paralelo de dispositivos de armazenamento de dados, com a redundância embutida para compensar a falha futura.

- ▶ 7 níveis (de 0 a 6)
- ▶ Não é uma hierarquia
- ▶ Conjunto dos principais discos vistos como uma única unidade lógica pelo S/O
- ▶ Dados distribuídos pelas unidades físicas (intercalação de dados - *striping*)
- ▶ Pode usar capacidade redundante para armazenar *informação de paridade*.

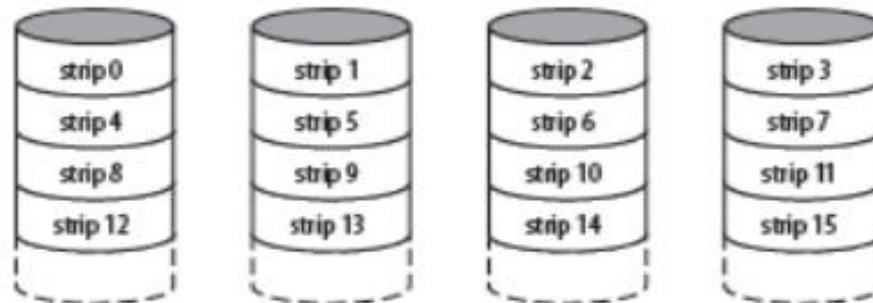
Memória Externa



Memória Externa

RAID 0 (Categoria Striping)

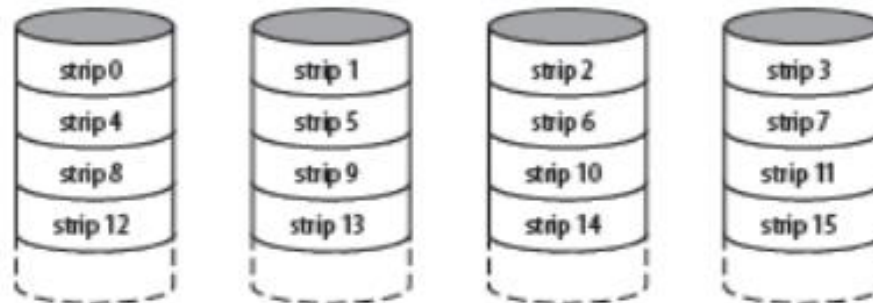
- ▶ Não redundante
- ▶ N discos exigidos
- ▶ Dados espalhados por todos os discos
- ▶ Mapeamento Round Robin
- ▶ Maior velocidade
 - ▶ Múltiplas solicitações de dados provavelmente não no mesmo disco
 - ▶ Discos buscam em paralelo/redução do tempo de enfileiramento de solicitações de E/S
 - ▶ Um conjunto de dados provavelmente será espalhado por múltiplos discos



Memória Externa

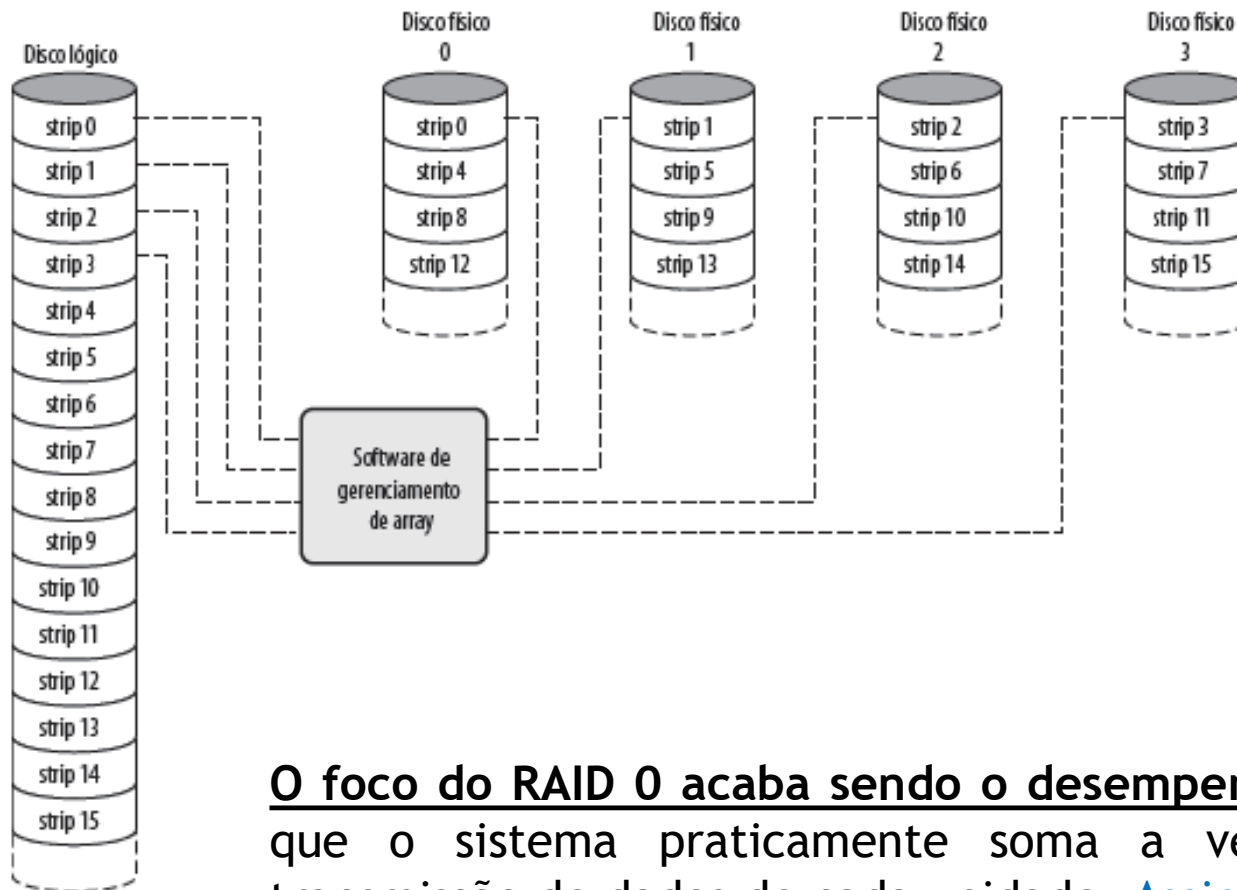
RAID 0 (Categoria Striping)

- ▶ Os dados são intercalados pelos discos disponíveis (striped)
- ▶ Todos os dados do usuário e do sistema são vistos como estando armazenados em um disco lógico
- ▶ O disco lógico é dividido em strips (faixas) / blocos físicos / setores físicos / ou outra unidade
- ▶ Um conjunto de *strips* logicamente consecutivos, que mapeia exatamente um strip em cada membro do array, é definido como *stripe*.



Memória Externa

Mapeamento de dados para RAID 0

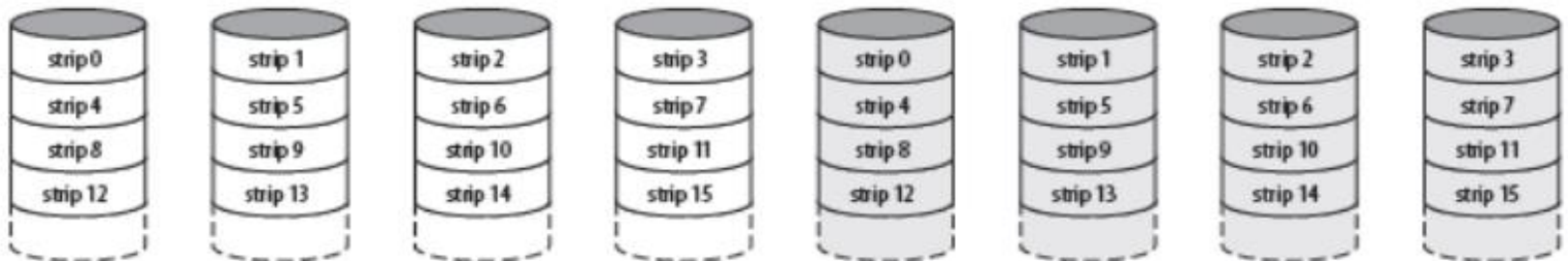


O foco do RAID 0 acaba sendo o desempenho, uma vez que o sistema praticamente soma a velocidade de transmissão de dados de cada unidade. Assim, pelo menos teoricamente, quanto mais discos houver no sistema, maior é a sua taxa de transferência.

Memória Externa

RAID 1 (Espelhamento)

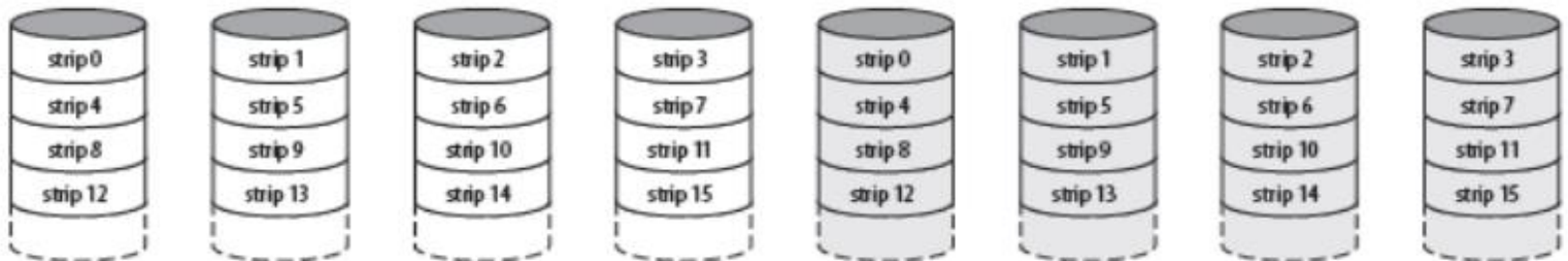
- ▶ Difere dos níveis de RAID de 2 a 6 no modo como a redundância é obtida.
- ▶ A redundância na RAID 1 é obtida pelo simples expediente de duplicar todos os dados.
- ▶ Pode ser implementado sem o striping de dados (mas não é comum).
- ▶ Uma solicitação de leitura pode ser atendida por qualquer dos dois discos
- ▶ Uma solicitação de gravação requer que os dois strips correspondentes sejam atualizado, **mas isso pode ser feito em paralelo.**



Memória Externa

RAID 1 (Espelhamento)

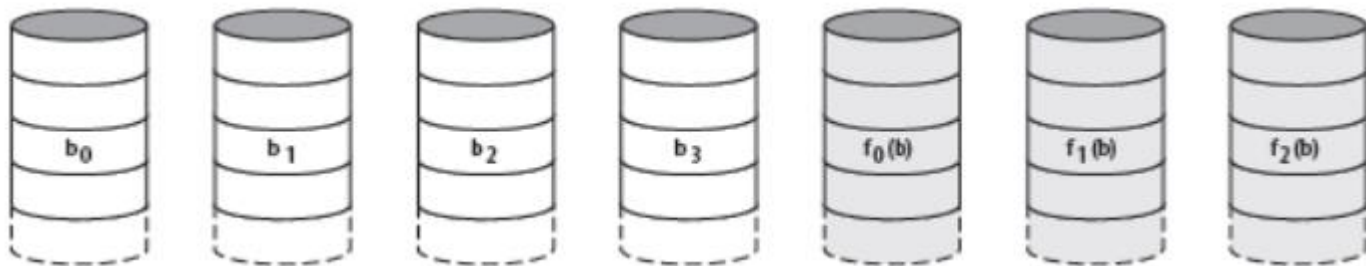
- ▶ O desempenho da gravação é ditado pela mais lenta das duas gravações (ou seja, aquela que envolve o maior tempo de busca + latência rotacional).
- ▶ As RAID níveis 2 a 6 envolvem o uso de bits de paridade => quando um strip é atualizado, o software de gerenciamento do array deve primeiro calcular e atualizar os bits de paridade, além de atualizar o strip real em questão.
- ▶ RAID 1 oferece cópia em tempo real de todos os dados.



Memória Externa

RAID 2 (acesso paralelo)

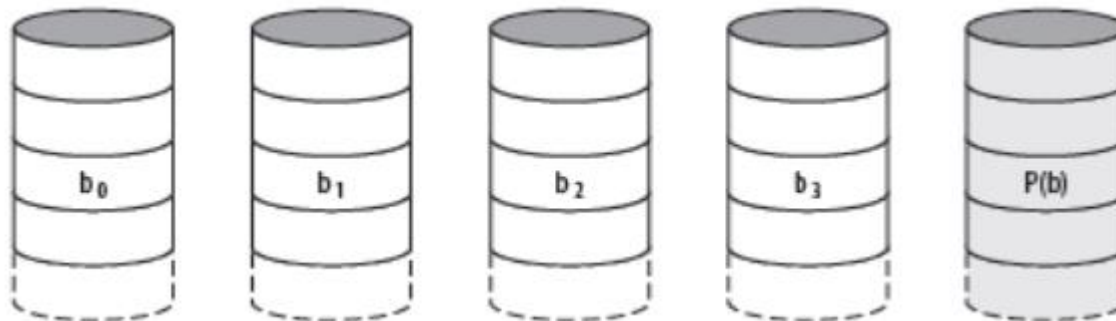
- ▶ Discos são sincronizados (técnica de acesso paralelo)
- ▶ $N + m$ discos exigidos, onde m é proporcional a $\log(N)$
- ▶ Stripes muito pequenos
 - ▶ Normalmente, único byte/palavra
- ▶ Correção de erro calculada pelos bits correspondentes nos discos
- ▶ Múltiplos discos de paridade armazenam correção de erro via **código de Hamming** em posições correspondentes
- ▶ Muita redundância
 - ▶ Caro
 - ▶ Não utilizado



Memória Externa

RAID 3 (acesso paralelo)

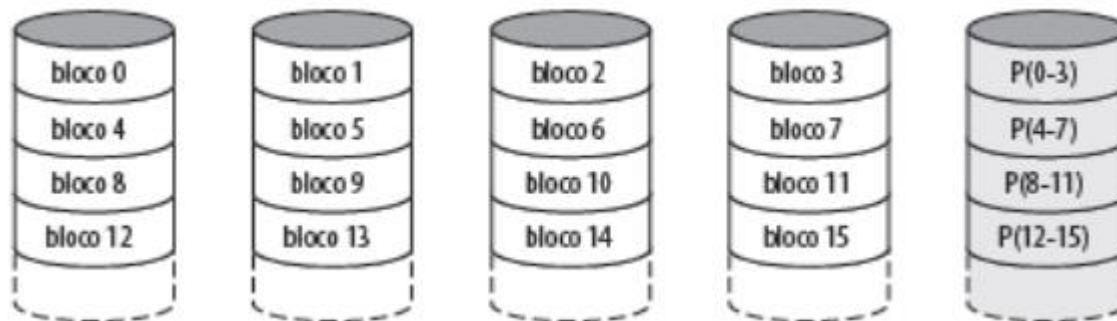
- ▶ Semelhante a RAID 2
- ▶ $N + 1$ discos exigidos
- ▶ **Somente um disco redundante**, não importa o tamanho do array
- ▶ Bit de paridade simples para cada conjunto de bits correspondentes.
- ▶ Dados sobre unidade com defeito podem ser reconstruídos a partir de dados sobreviventes e informação de paridade
- ▶ Taxas de transferência muito altas



Memória Externa

RAID 4 (acesso independente)

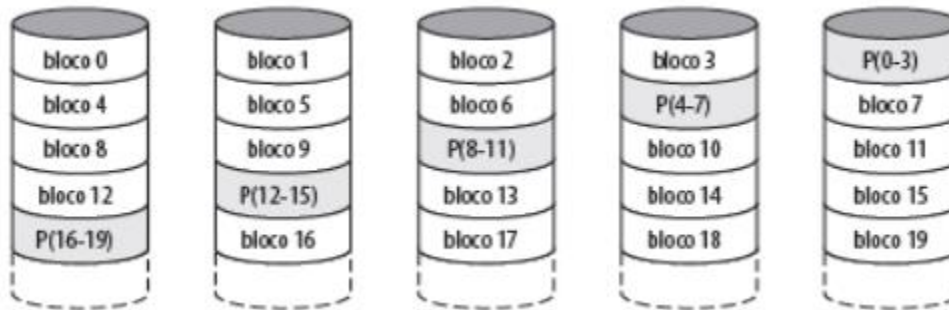
- ▶ Cada disco opera independentemente
- ▶ $N + 1$ discos exigidos
- ▶ Bom para taxa de solicitação de E/S alta
- ▶ Grandes stripes
- ▶ Paridade bit a bit calculada por stripes em cada disco.
- ▶ Paridade armazenada no disco de paridade



Memória Externa

RAID 5 (acesso independente)

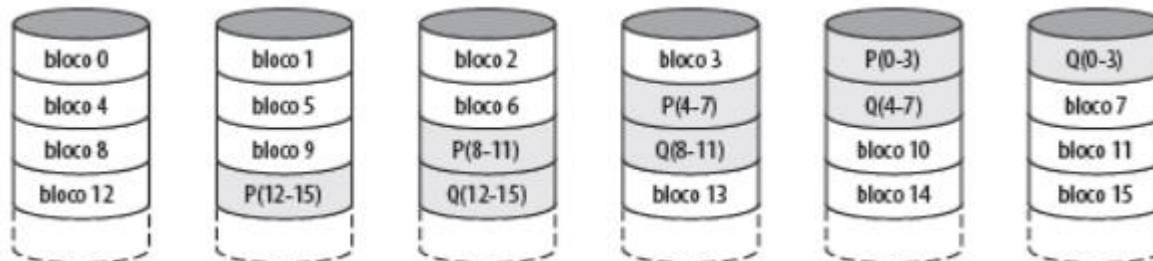
- ▶ Como RAID 4
- ▶ $N + 1$ discos exigidos
- ▶ Paridade espalhada por todos os discos
- ▶ Alocação round-robin para stripe de paridade
- ▶ Evita gargalo do RAID 4 no disco de paridade
- ▶ Normalmente usado em servidores de rede



Memória Externa

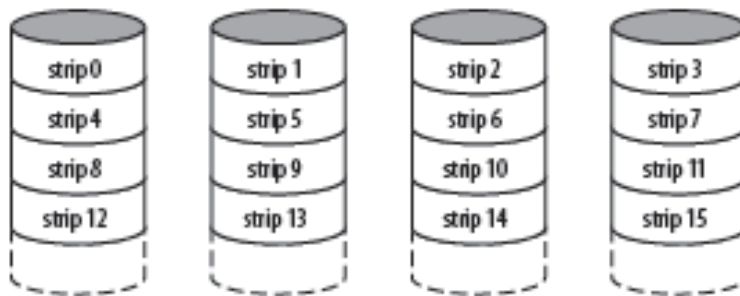
RAID 6 (acesso independente)

- ▶ Dois cálculos de paridade
- ▶ $N + 2$ discos exigidos
- ▶ 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 (cada gravação afeta dois blocos de paridade)

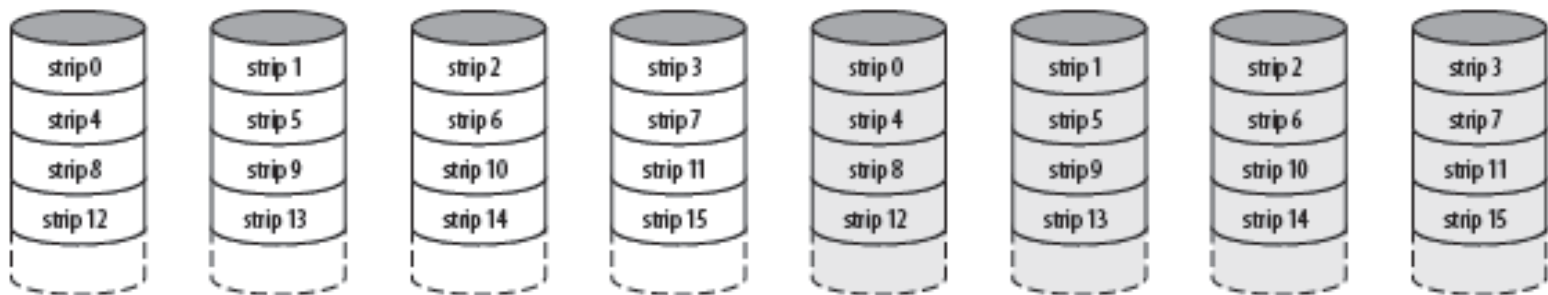


Memória Externa

RAID 0, 1, 2



(a) RAID 0 (não redundante)



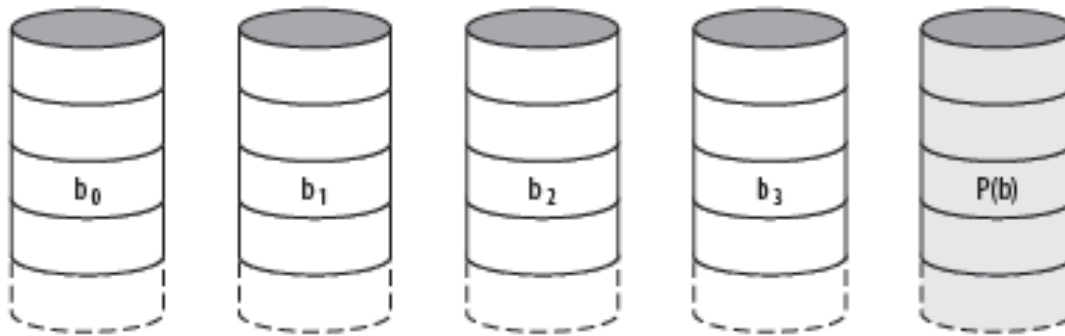
(b) RAID 1 (espelhado)



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

Memória Externa

RAID 3 e 4



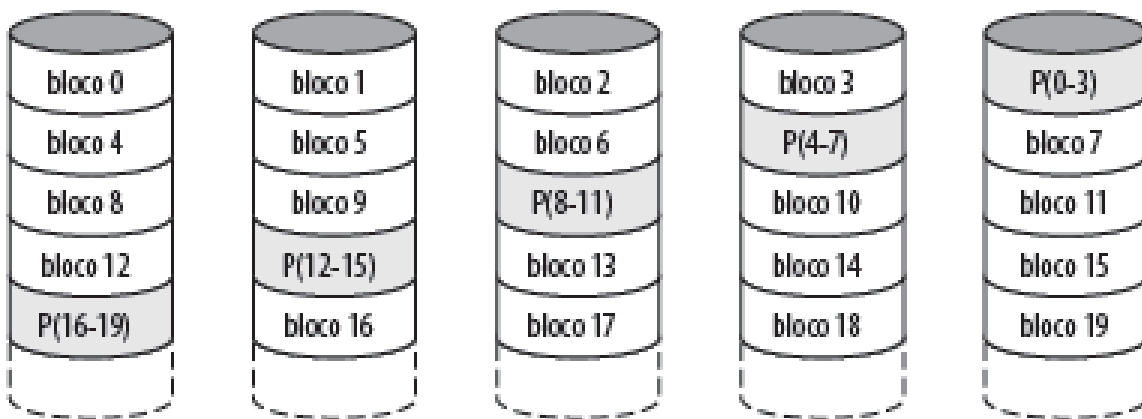
(d) RAID 3 (paridade de bit intercalada)



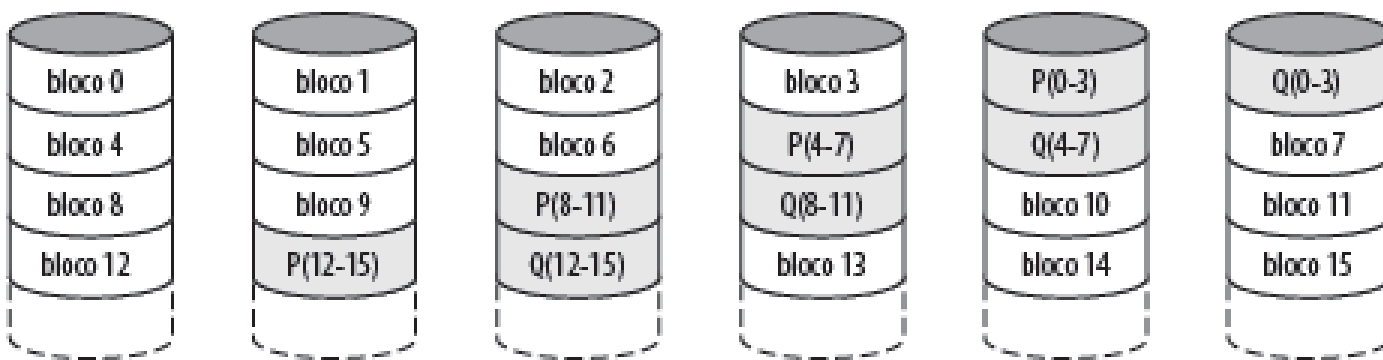
(e) RAID 4 (paridade em nível de bloco)

Memória Externa

RAID 5 e 6



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



(g) RAID 6 (redundância dual)

Memória Externa

Níveis de RAID

Categoria	Nível	Descrição	Discos exigidos	Disponibilidade dos dados	Capacidade para grande transferência de dados de E/S	Taxa para pequena solicitação de E/S
<i>Striping</i>	0	Não redundante	N	Menor que disco único	Muito alta	Muito alta para leitura e gravação
Espelhamento	1	Espelhado	$2N$	Maior que RAID 2, 3, 4 ou 5; menor que RAID 6	Maior que único disco para leitura; semelhante a único disco para gravação	Até o dobro de um único disco para leitura; semelhante a único disco para gravação
Acesso paralelo	2	Redundante via código de Hamming	$N + m$	Muito mais alta que único disco; comparável a RAID 3, 4 ou 5	Mais alta de todas as alternativas listadas	Aproximadamente o dobro de um único disco
	3	Paridade de bit intercalada	$N + 1$	Muito mais alta que único disco; comparável a RAID 2, 4 ou 5	Mais alta de todas as alternativas listadas	Aproximadamente o dobro de um único disco
Acesso independente	4	Paridade de bloco intercalada	$N + 1$	Muito mais alta que único disco; comparável a RAID 2, 3 ou 5	Semelhante a RAID 0 para leitura; muito menor que único disco para gravação	Semelhante a RAID 0 para leitura; muito menor que único disco para gravação
	5	Paridade de bloco distribuída e intercalada	$N + 1$	Muito mais alta que único disco; comparável a RAID 2, 3 ou 4	Semelhante a RAID 0 para leitura/ menor que único disco para gravação	Semelhante a RAID 0 para leitura; geralmente, menor que único disco para gravação
	6	Paridade de bloco dual distribuída e intercalada	$N + 2$	Mais alta de todas as alternativas listadas	Semelhante a RAID 0 para leitura; menor que RAID 5 para gravação	Semelhante a RAID 0 para leitura; muito menor que RAID 5 para gravação

Memória Externa

Comparação de RAID

Nível	Vantagens	Desvantagens	Aplicações
0	Desempenho de E/S bastante melhorado, distribuindo a carga de E/S por muitos canais e unidades Não há <i>overhead</i> de cálculo de paridade envolvido Projeto muito simples Fácil de implementar	A falha de apenas uma unidade resultará na perda de todos os dados em um array	Produção e edição de vídeo Edição de imagens Aplicações de pré-impressão Qualquer aplicação exigindo alta largura de banda
1	100% de redundância de dados significa que não é preciso reconstruir em caso de falha do disco, apenas uma cópia para o disco substituto Sob certas circunstâncias, RAID 1 pode sustentar múltiplas falhas de unidade simultâneas Projeto mais simples do subsistema de armazenamento RAID	<i>Overhead</i> de disco mais alto de todos os tipos de RAID (100%) — ineficaz	Contabilidade Folha de pagamento Financeiras Qualquer aplicação exigindo disponibilidade muito alta
2	Taxas de transferência de dados extremamente altas são possíveis Quantidade mais alta a taxa de transferência de dados exigida, melhor a razão entre discos de dados e discos ECC Projeto de controlador relativamente simples em comparação com RAID 3, 4 e 5	Razão muito alta entre discos ECC e discos de dados com menores tamanhos de palavra — ineficaz Custo muito alto para cada nível — necessita requisitos de taxa de transferência muito altos para justificar	Nenhuma implementação comercial; inviável comercialmente

Memória Externa

Comparação de RAID (continuação)

3	<p>Taxa de transferência de dados para leitura muito alta</p> <p>Taxa de transferência de dados para gravação muito alta</p> <p>Falha de disco tem um impacto insignificante sobre o throughput</p> <p>Baixa razão entre discos de ECC (paridade) e discos de dados significa alta eficiência</p>	<p>Taxa de transação igual à de uma única unidade de disco no máximo (se os eixos forem sincronizados)</p> <p>Projeto de controlador muito complexo</p>	<p>Produção de vídeo e <i>streaming</i> ao vivo</p> <p>Edição de imagens</p> <p>Edição de vídeo</p> <p>Aplicações de pré-impressão</p> <p>Qualquer aplicação exigindo alta vazão</p>
4	<p>Taxa de transação de dados muito alta para leitura</p> <p>Baixa razão entre discos de ECC (paridade) e discos de dados significa alta eficiência</p>	<p>Projeto de controlador muito complexo</p> <p>Pior taxa de transação de gravação e taxa de transferência de gravação agregada</p> <p>Reconstrução de dados difícil e ineficaz no caso de falha de disco</p>	<p>Nenhuma implementação comercial; inviável comercialmente</p>
5	<p>Mais alta taxa de transação de dados para leitura</p> <p>Baixa razão entre discos de ECC (paridade) e discos de dados o que significa alta eficiência</p> <p>Bom tempo de transferência agregado</p>	<p>Projeto de controlador mais complexo de todos</p> <p>Difícil de reconstruir no caso de uma falha de disco (comparado com RAID nível 1)</p>	<p>Servidores de arquivo e aplicação</p> <p>Servidores de banco de dados</p> <p>Servidores Web, de e-mails e de notícias</p> <p>Servidores de intranet</p> <p>Nível RAID mais versátil</p>
6	<p>Oferece uma tolerância a falhas extremamente alta e pode sustentar múltiplas falhas de unidade simultâneas</p>	<p>Projeto de controlador mais complexo</p> <p><i>Overhead</i> do controlador extremamente alto para calcular endereços de paridade</p>	<p>Solução perfeita para aplicações de missão crítica</p>

Memória Externa

Exercícios

Considere uma array RAID com 4 unidades, com 200 GB por unidade. Qual é a capacidade de armazenamento de dados disponíveis pra cada um dos níveis de RAID 0, 1, 3, 4, 5 e 6.

RAID 0: 800 GB

RAID 1: 400 GB

RAID 3: 600 GB

RAID 4: 600 GB

RAID 5: 600 GB

RAID 6: 400 GB

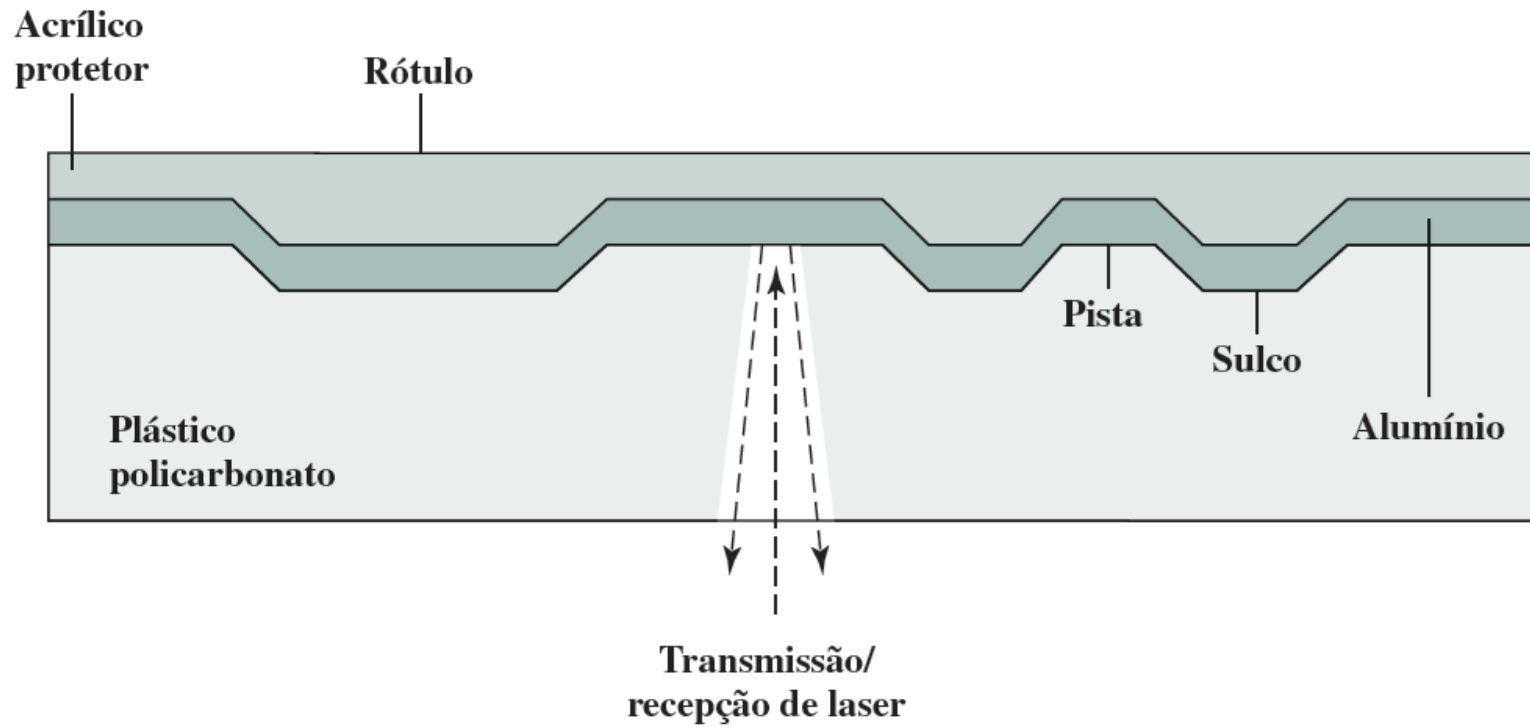
Memória Externa

CD-ROM de armazenamento óptico

- ▶ Originalmente para áudio
- ▶ Tanto o CD de áudio quanto o CD-ROM compartilham uma tecnologia semelhante # CD-ROM => aparelhos de reprodução mais resistentes e utilizam correção de erro para garantir que os dados sejam transferidos corretamente do disco ao computador.
- ▶ Tecnologia de armazenamento de disco óptico de baixo custo
- ▶ 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.

Memória Externa

Operação do CD



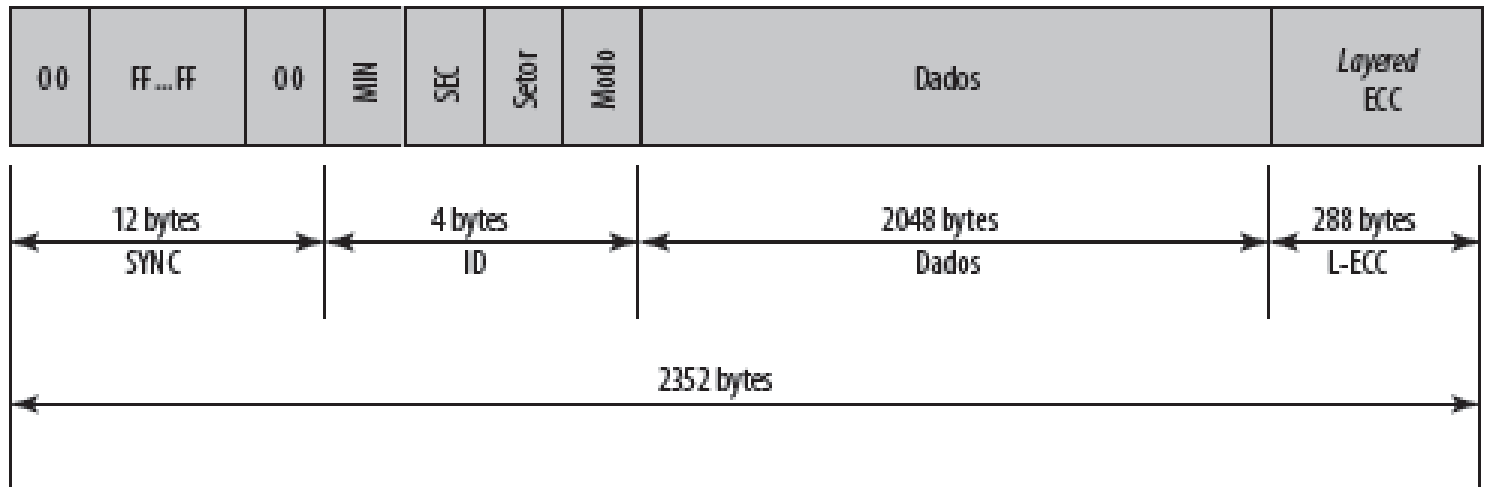
Memória Externa

Velocidade de unidade de CD-ROM

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

Memória Externa

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 sem correção de erro.

Memória Externa

Acesso aleatório no CD-ROM

- ▶ Difícil
- ▶ Move cabeça para posição aproximada
- ▶ Define velocidade correta
- ▶ Lê endereço
- ▶ Ajusta para local solicitado

Memória Externa

CD-ROM - vantagens e desvantagens

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

Memória Externa

Outro armazenamento óptico

- ▶ CD-Recordable (CD-R):
 - ▶ Compatível com unidades de CD-ROM
- ▶ CD-RW:
 - ▶ Apagável
 - ▶ Em grande parte compatível com unidade de CD-ROM
 - ▶ Mudança de fase:
 - ▶ Material tem duas refletividades diferentes em diferentes estados de fase

Memória Externa

DVD

- ▶ 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
 - ▶ Lê discos de computador e toca discos de vídeo.

Memória Externa

DVD - tecnologia

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

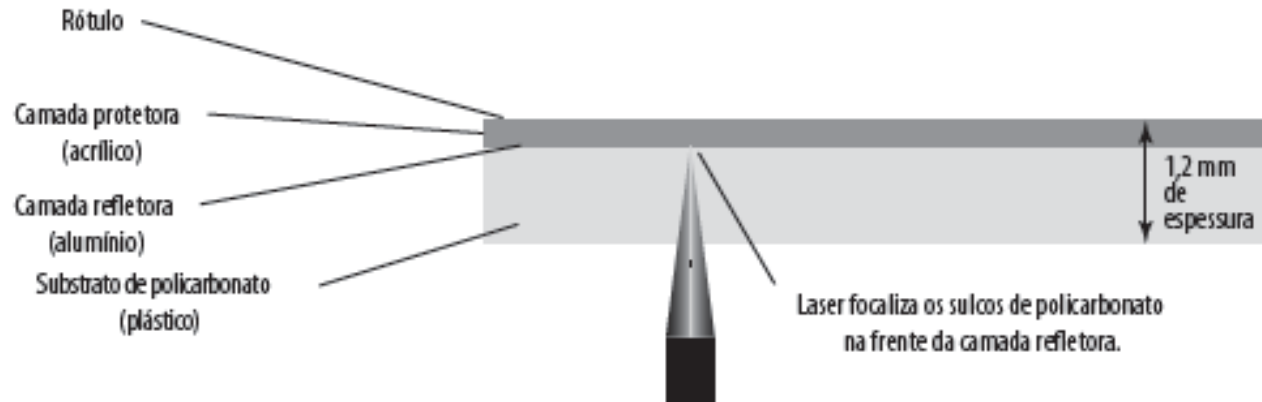
Memória Externa

DVD - gravável

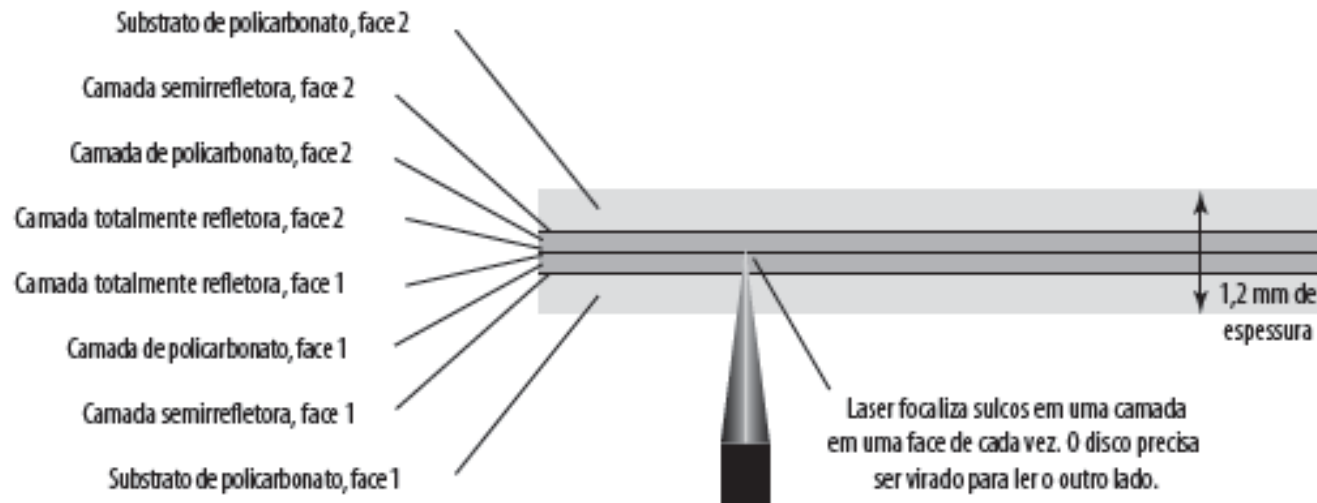
- ▶ Muito trabalho com padrões
- ▶ Unidades de DVD de primeira geração podem não ler discos DVD-W de primeira geração
- ▶ Unidades de DVD de primeira geração podem não ler discos CD-RW

Memória Externa

CD e DVD



(a) CD-ROM — Capacidade de 682 MB



(b) DVD-ROM, dupla face, dupla camada — Capacidade de 17 GB

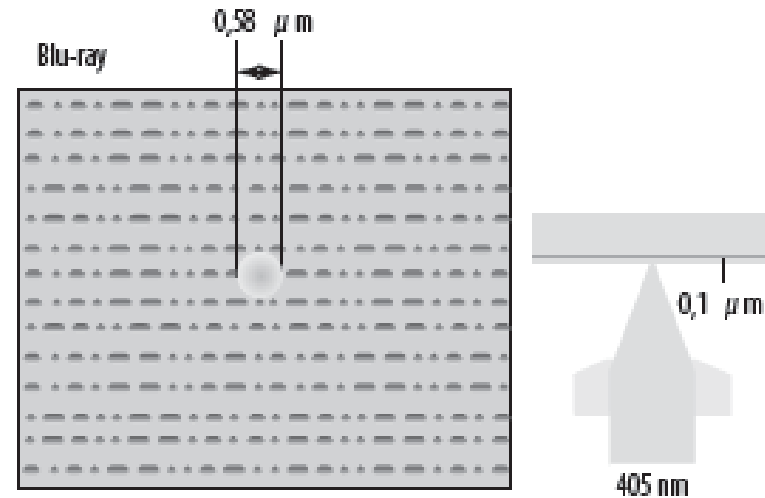
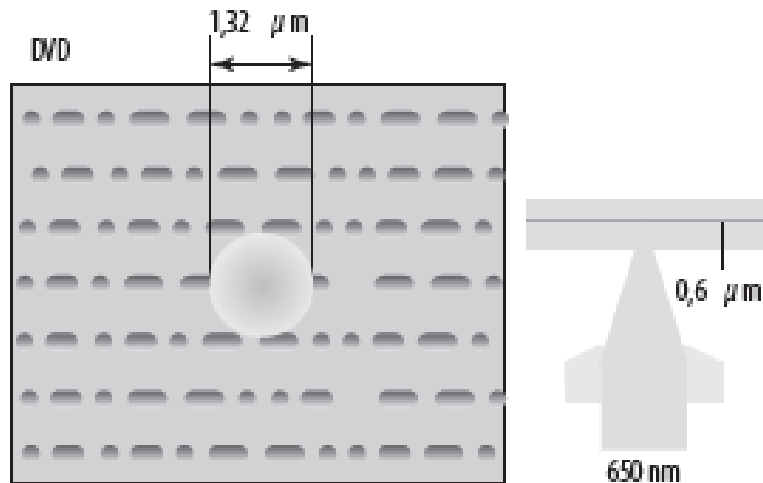
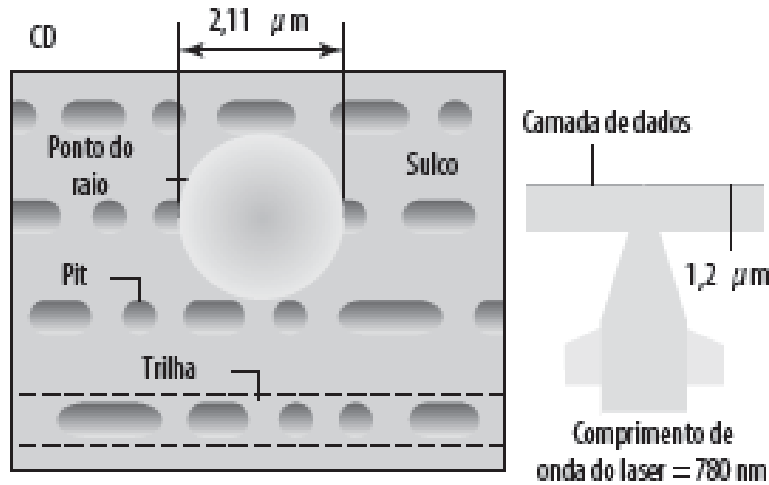
Memória Externa

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)

Memória Externa

Características da memória óptica



Memória Externa

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

Memória Externa

Drives de estado sólido

- O termo **estado sólido** diz respeito ao circuito eletrônico construído com semicondutores.
- Um SSD é um dispositivo de memória feito com componentes de estado sólido que pode ser usado em substituição ao drive de disco rígido.
- Como o custo de SSDs com base em flash caiu e o desempenho e a densidade de bits aumentaram, os SSDs tornaram-se mais competitivos que os HDDs.
- Os SSDs têm as seguintes vantagens sobre os HDDs:

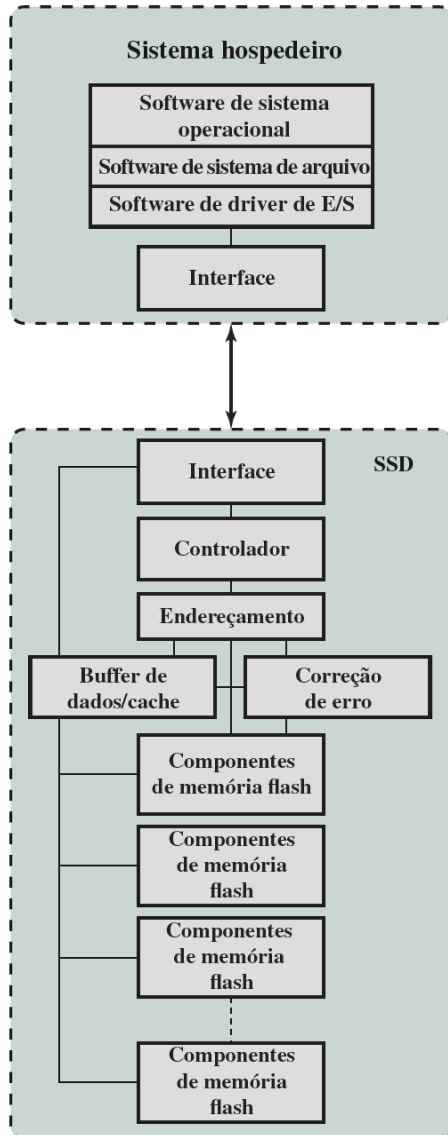
Memória Externa

Drives de estado sólido

- Aumenta significativamente o desempenho dos subsistemas de E/S.
- Menos suscetível a choque físico e vibração.
- Longa vida útil.
- Baixo consumo de energia.
- Capacidade de funcionamento mais silenciosas e resfriadas.
- Menores tempos de acesso e taxas de latência.

Memória Externa

Organização de SSD



➤ Arquitetura de drive de estado sólido:

Memória Externa

Organização de SSD

- Além da interface ao sistema hospedeiro, o SSD contém os seguintes componentes:
 - Controlador
 - Endereçamento
 - Buffer de dados/cache
 - Correção de erros
 - Componentes de memória flash

Memória Externa

Exercícios

1) Considere uma unidade de disco que tenha as seguintes características: 4 superfícies, 1024 trilhas por superfície, 128 setores por trilha, 512 bytes/setor, tempo de posicionamento trilha-a-trilha de 5 ms, velocidade rotacional de 5000 RPM.

- a) Qual a capacidade da unidade?
- b) Qual o tempo de acesso?

2) Suponha que uma unidade de disco com as seguintes características: 5 superfícies, 1024 trilhas por superfície, 256 setores por trilha, 512 bytes/setor, tempo de posicionamento trilha-a-trilha de 8 ms, velocidade rotacional de 7500 RPM.

- a) Qual é a capacidade da unidade?
- b) Qual é o tempo de acesso?
- c) Este disco é mais rápido que o descrito no exercício 1? Explique.