

Algoritmos e Estruturas de Dados III

Aula 2.1 - Dispositivos de Armazenamento

Prof. Hayala Curto
2022



Roteiro do Conteúdo



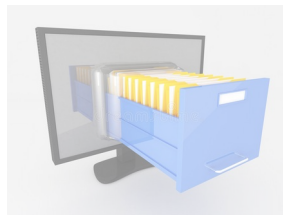
2.1 Dispositivos de Armazenamento

- Memória primária x Memória secundária
- Disco Rígido x SSD
- Estrutura dos discos rígidos
- Estrutura dos SSD
- Tempo de operações

2.2 Manipulando a Memória secundária

- Arquivos
- Fluxos de entrada e saída
 - Arquivos como vetores de bytes
 - CRUD
 - Implementando em JAVA

Roteiro do Conteúdo



2.1 Dispositivos de Armazenamento

- Memória primária x Memória secundária
- Disco Rígido x SSD
- Estrutura dos discos rígidos
- Estrutura dos SSD
- Tempo de operações

2.2 Manipulando a Memória secundária

- Arquivos
- Fluxos de entrada e saída
 - Arquivos como vetores de bytes
 - CRUD
 - Implementando em JAVA

Roteiro da Aula

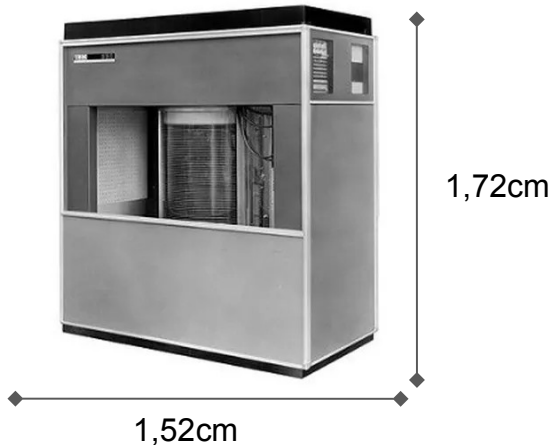
- Dispositivos de Armazenamento
 - **Memória primária x Memória secundária**
 - Disco Rígido x SSD
 - Estrutura dos discos rígidos
 - Estrutura dos SSD
 - Tempo de operações

Memória Secundária

A contínua evolução do hardware tem permitido que as memórias sejam cada vez:

- menores, mais rápidas, de maior capacidade e mais baratas.

RAMAC 305 - 1º HD - 1956
5 MB



Dispositivos atuais



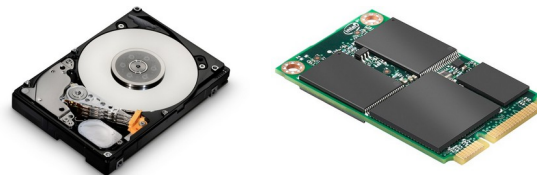
Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



- memória de alta velocidade
- tempo de acesso muito baixo
- custo por byte alto
- São memórias voláteis

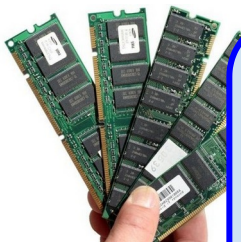
Memória secundária



- mais lenta que a primária
- tempo de acesso mais alto
- custo por byte mais baixo
- São memórias não voláteis

Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



Memória secundária



O custo do GB em memória RAM é aproximadamente 140 vezes superior ao custo do GB em um HDD ou SSD

Vamos calcular?

16 GB

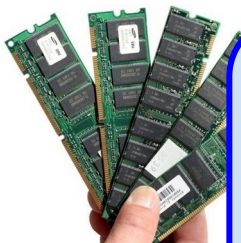
- Preço aproximado: R\$ 450,00

HD - 2 TB

- Preço aproximado: R\$ 350,00

Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



Memória secundária



O custo do GB em memória RAM é aproximadamente 140 vezes superior ao custo do GB em um HDD ou SSD

Vamos calcular?

16 GB

- Preço aproximado: R\$ 450,00

SSD - 480 GB

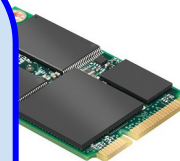
- Preço aproximado: R\$ 260,00

Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



Memória secundária



Quando um determinado sistema requer o acesso e/ou a manipulação de um grande volume de dados, que não cabem na memória primária, ele deve usar uma memória secundária para armazenamento desses dados.

- memória de acesso mais rápido
 - tempo de acesso mais baixo
 - custo por byte mais alto
 - São memórias voláteis
- São memórias não voláteis

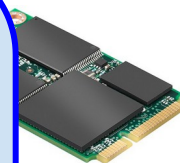
Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



- memória de al
- tempo de aces
- custo por byte
- São memórias

Memória secundária



O disco rígido gasta muito mais tempo para acessar os dados que a memória principal.

Além de serem dispositivos mais lentos, eles não são acessados diretamente pela CPU, mas por meio de algum tipo de interface.

Assim, precisamos escrever algoritmos específicos para armazenamento

e a primária
isso mais alto
e mais baixo
as não voláteis

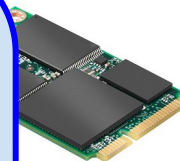
Memória Primária x Memória Secundária

Memória primária ou principal



- memória de acesso rápido
- tempo de acesso muito baixo
- custo por byte muito alto
- São memórias voláteis

Memória secundária



O disco rígido gasta muito mais tempo para acessar os dados que a memória principal.

Além de serem dispositivos mais lentos, eles não são acessados diretamente pela CPU, mas por meio de algum tipo de interface.

- Acesso mais alto que a primária
- Custo mais baixo
- São memórias não voláteis

Roteiro da Aula

- Dispositivos de Armazenamento
 - Memória primária x Memória secundária
 - **Disco Rígido x SSD**
 - Estrutura dos discos rígidos
 - Estrutura dos SSD
 - Tempo de operações

Disco Rígido



Possuem partes mecânicas. Essas peças, que precisam se mover com o apoio de motores, tornam o dispositivo bem mais lento do que as placas de memória.

Não há contato entre os cabeçotes e as superfícies do disco, para evitar problemas de choque entre eles. Uma fina camada de ar os separa.

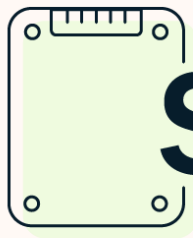
SSD

Os SSDs mais comuns no mercado possuem dois componentes fundamentais:

Memória flash: guarda todos os dados e todas as operações são feitas eletricamente.

Controlador: gerencia a troca de dados entre o computador e a memória flash. Formado por um processador que executa diversas tarefas no drive, é um dos principais responsáveis pela performance de um SSD.





SSD

vs

HDD



mais rápido	✓	✗	mais lento
menor duração	✗	✓	maior duração
mais caro	✗	✓	mais econômico
não mecânico (flash)	✓	✗	mecânico (partes móveis)
resistente a impactos	✓	✗	frágil
indicado para o armazenamento de sistemas operacionais, jogos e arquivos de uso frequente			indicado para armazenar dados adicionais, como filmes, fotos e documentos

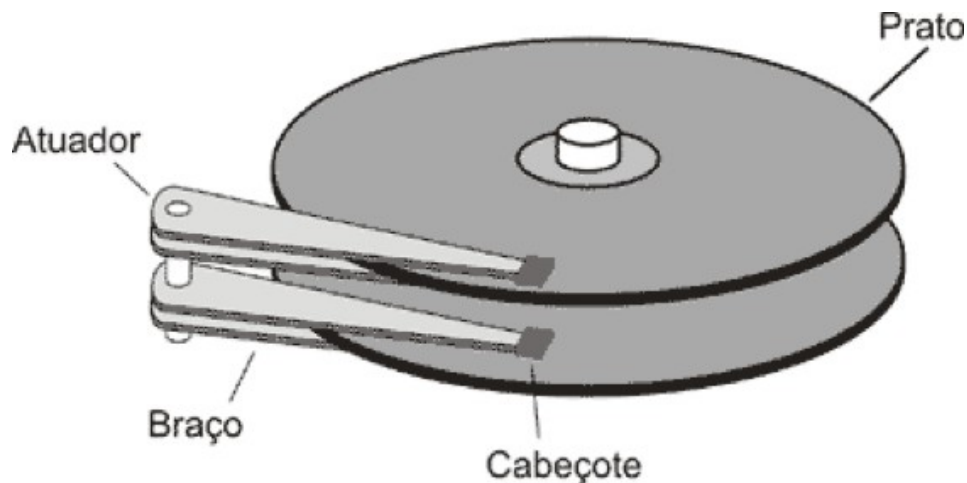
Roteiro da Aula

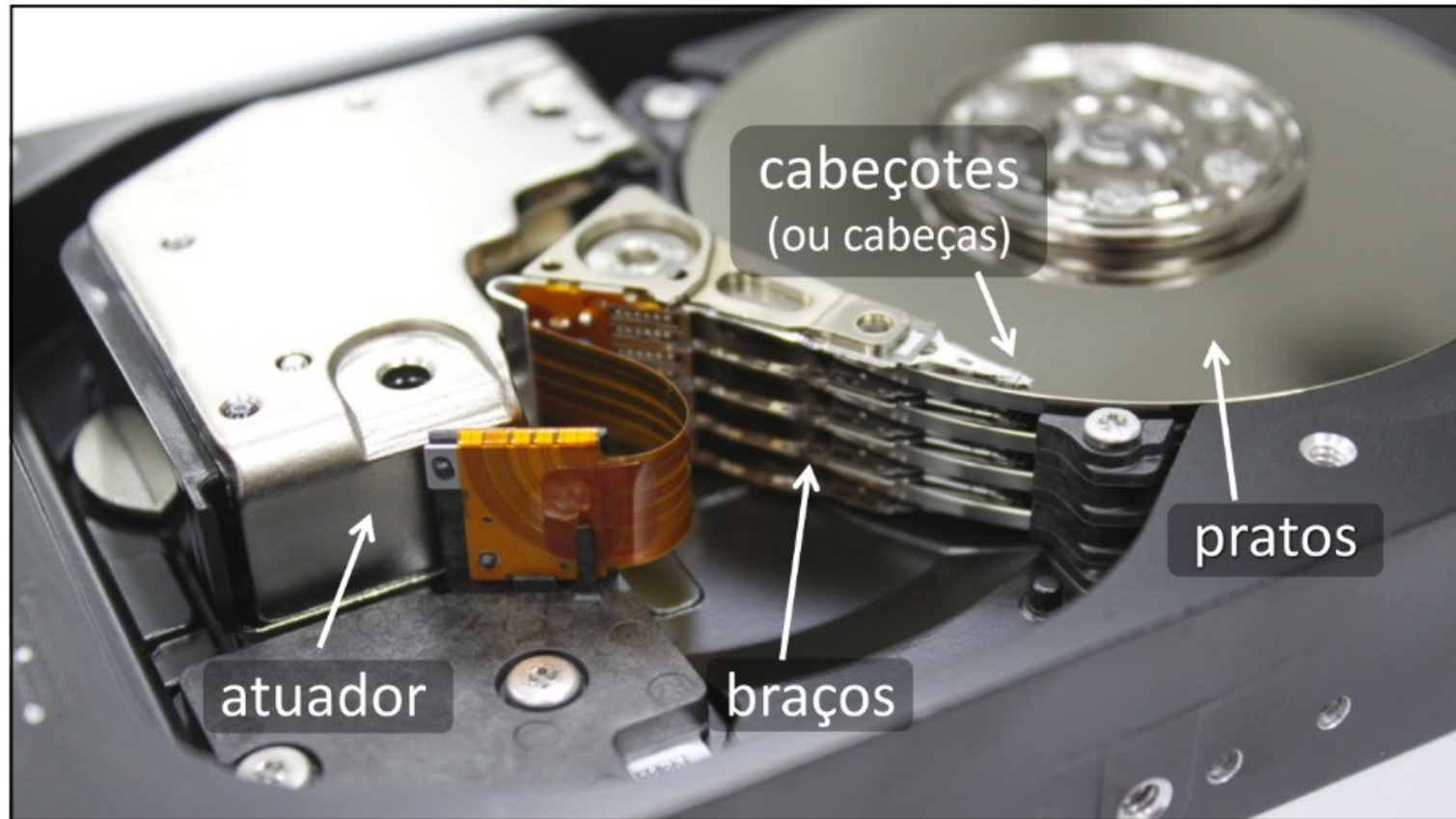
- Dispositivos de Armazenamento
 - Memória primária x Memória secundária
 - Disco Rígido x SSD
 - **Estrutura dos discos rígidos**
 - Estrutura dos SSD
 - Tempo de operações

Disco Rígido

O disco rígido é composto por:

- Pratos
- Cabeçotes
- Braços
- Atuador





atuador

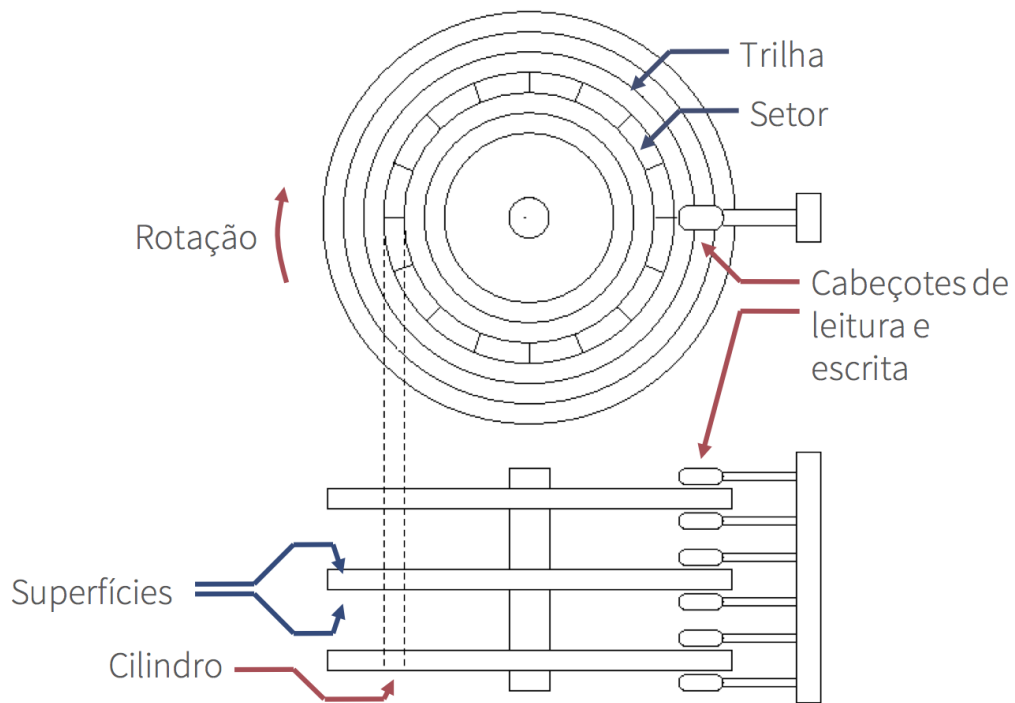
cabeçotes
(ou cabeças)

braços

pratos

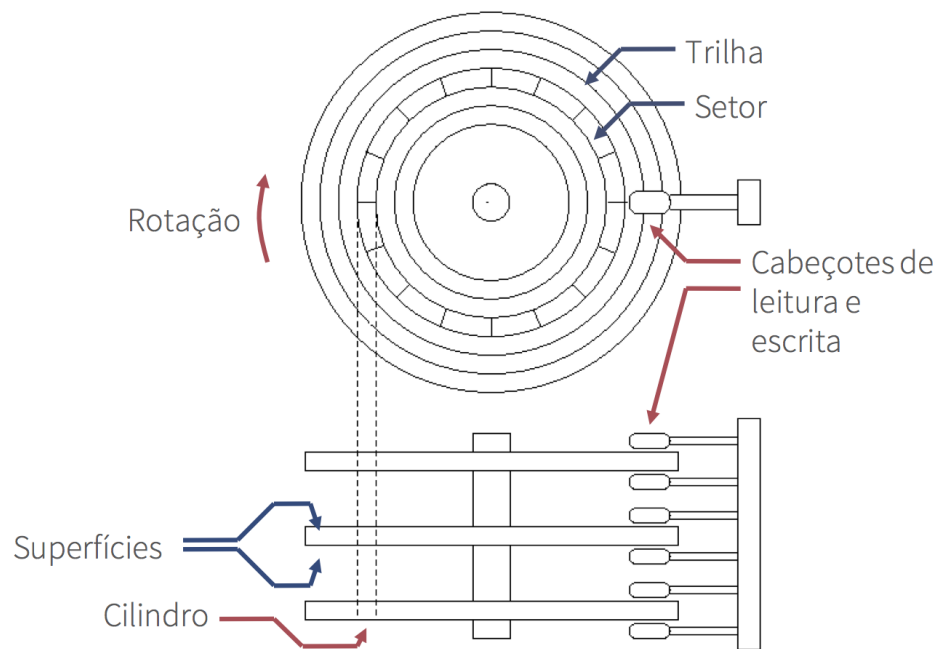
Geometria do Disco Rígido

Cada prato de um disco rígido é dividido em anéis concêntricos chamados de trilhas. Cada trilha é composta por vários setores, nos quais as informações são gravadas.



Leitura e escrita no Disco Rígido

A leitura ou escrita são feitos através da transferência dos dados armazenados nas trilhas já acessíveis em todas as superfícies, antes de qualquer movimento mecânico.

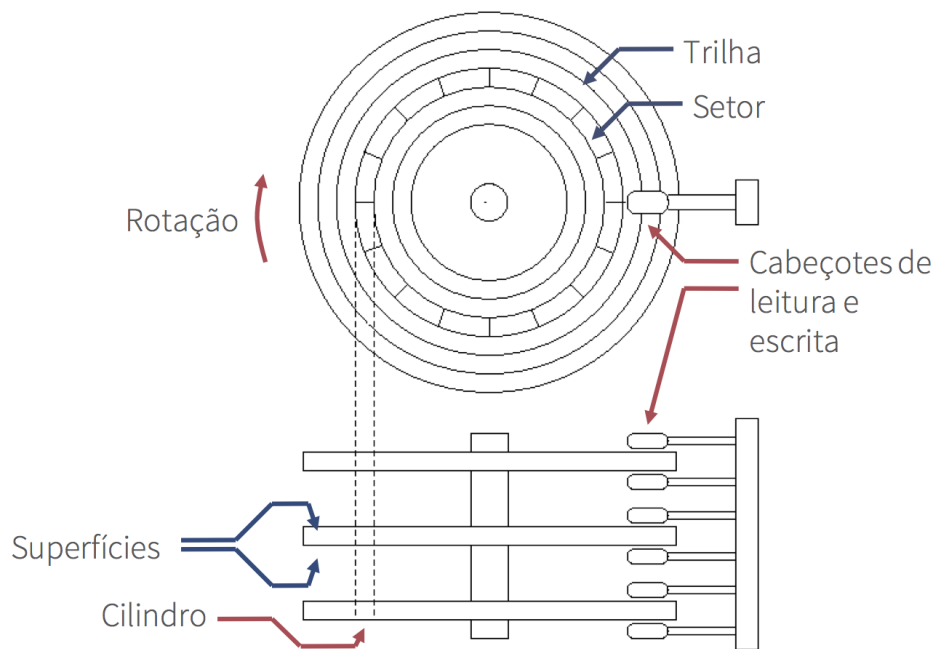


Leitura e escrita no Disco Rígido

Os cabeçotes são movimentados juntos.

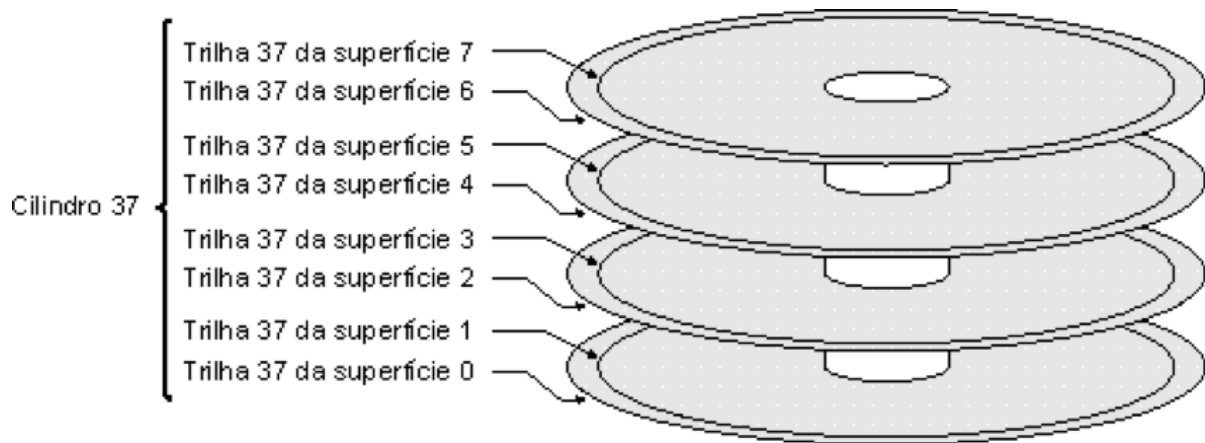
Quando o cabeçote da primeira superfície estiver posicionado em uma trilha, todos os outros cabeçotes também estarão nesse mesma trilha

Por causa dessa forma de operação, o conjunto de trilhas de mesma posição é chamado de cilindro.



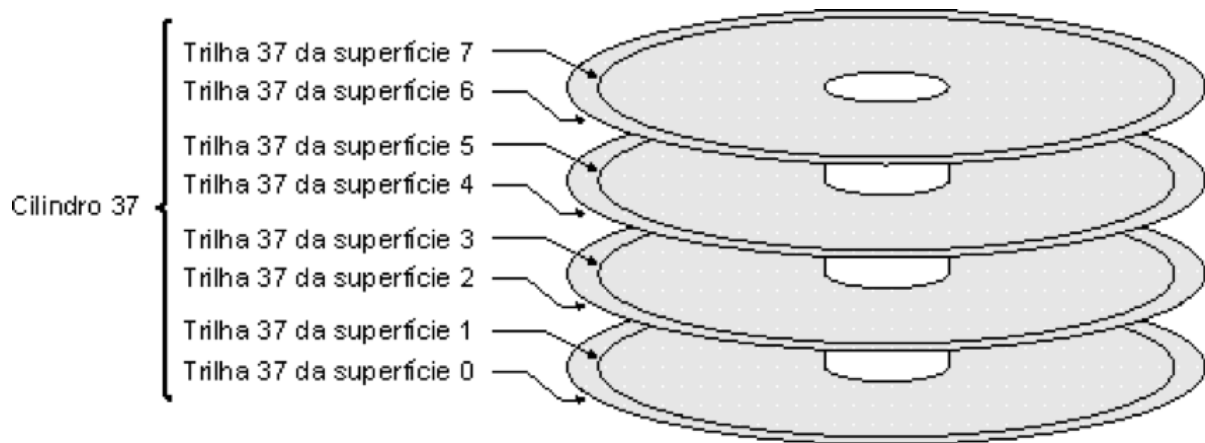
Leitura e escrita no Disco Rígido

O cilindro 37, por exemplo, é composto por todas as trilhas 37 das superfícies.



Leitura e escrita no Disco Rígido

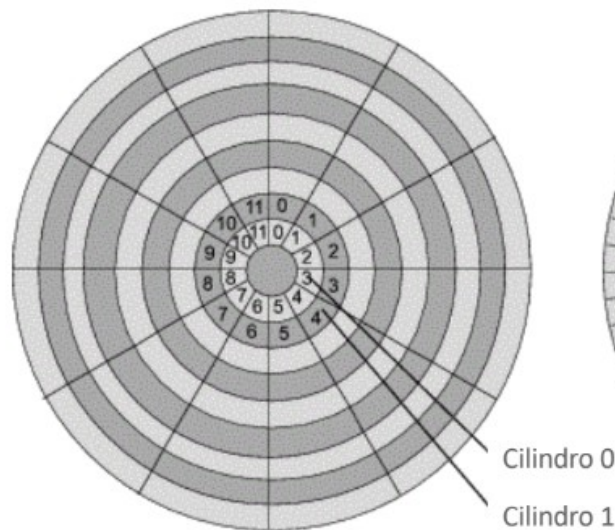
O cilindro 37, por exemplo, é composto por todas as trilhas 37 das superfícies.



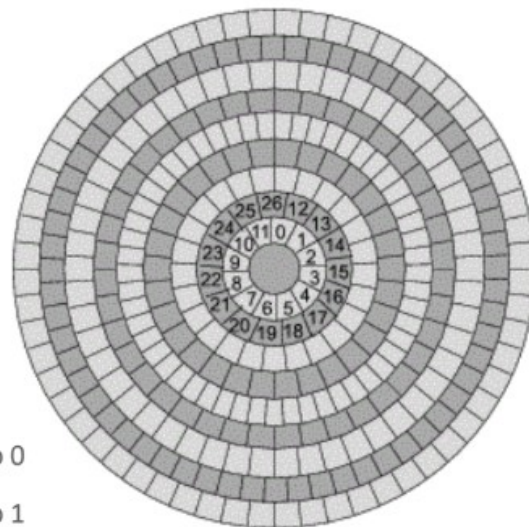
Leitura e escrita no Disco Rígido

Um cilindro não existe fisicamente, é usado na forma de endereçamento de setores conhecida como CHS (Cylinders, Heads and Sectors).

Essa forma de endereçamento deixou de ser usada passando apenas por um número sequencial.



Endereçamento CHS

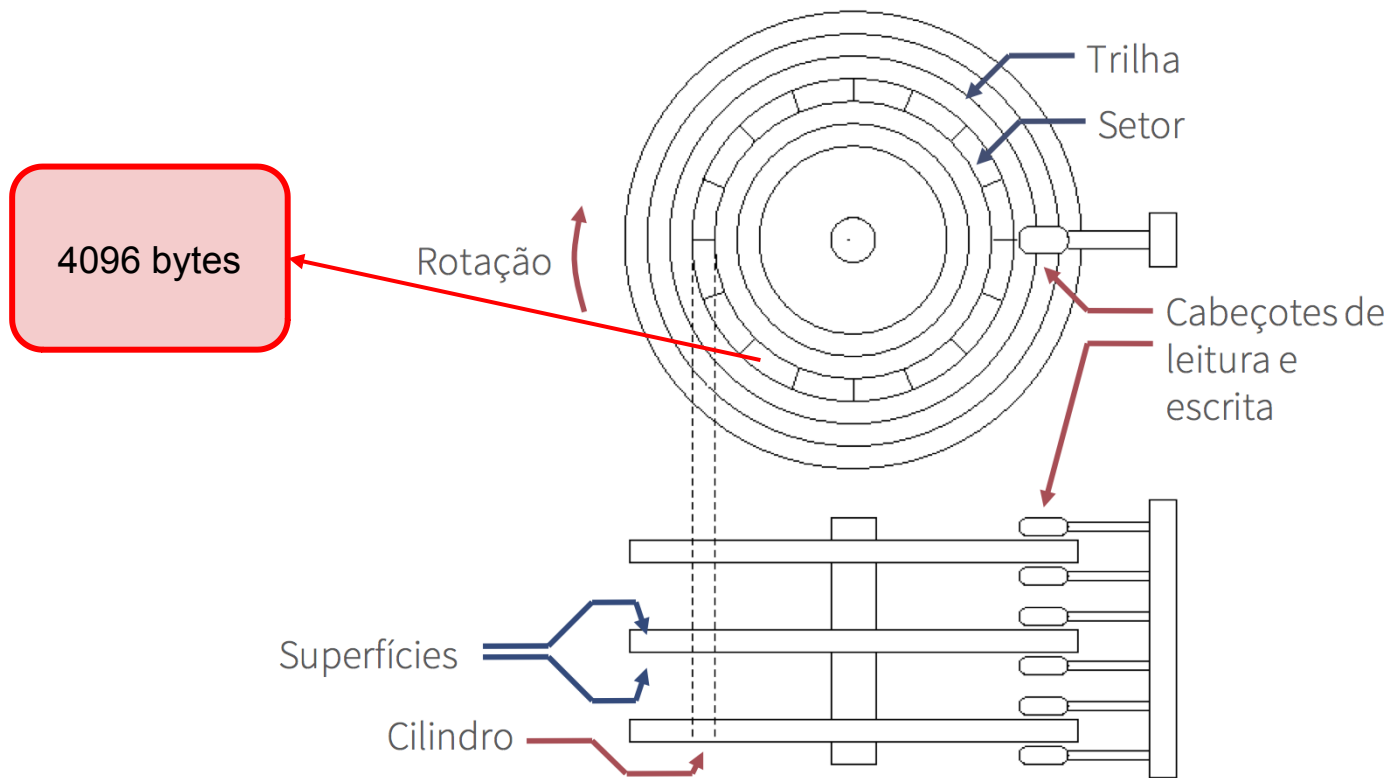


Endereçamento LBA

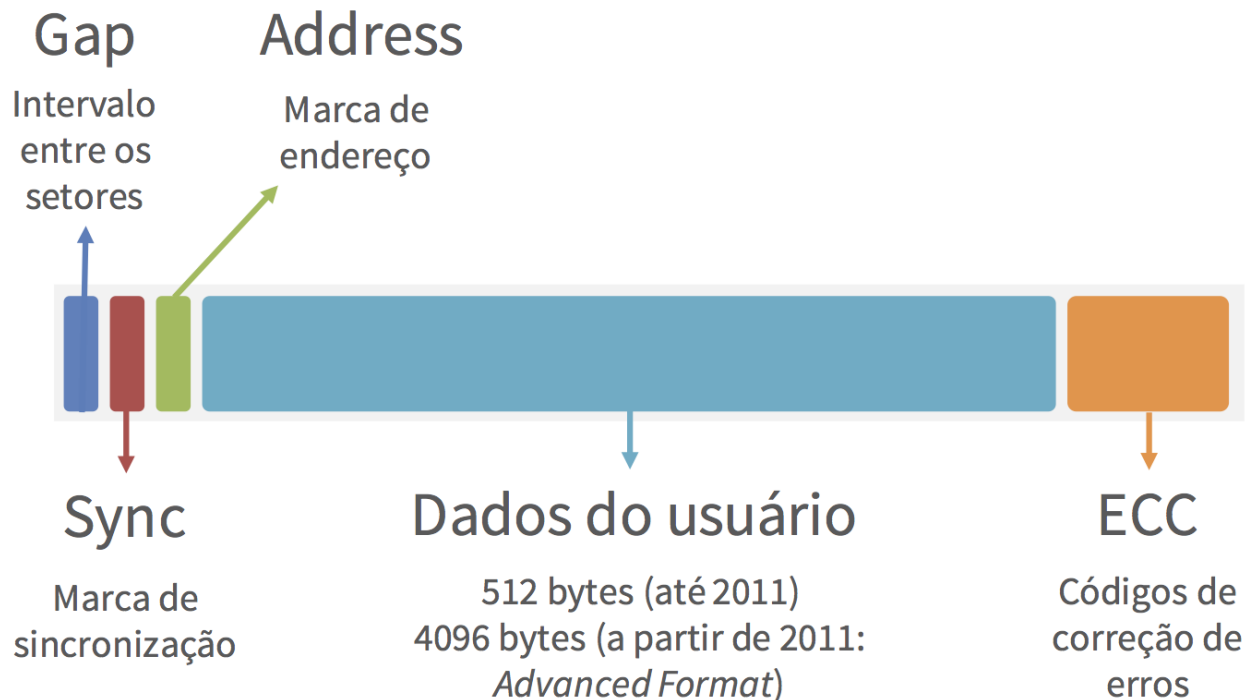
Leitura e escrita nos discos rígidos

Até 2011, em muitos HDs, os setores tinham 512 bytes de espaço para armazenamento de dados. A partir de 2011, os HDs passaram a adotar setores de 4096 bytes, em uma estrutura conhecida como Advanced Format. Tipicamente, os setores contêm a seguinte estrutura:

- Identificação – localização física do setor (número, cilindro e prato).
- Campos de controle – dados utilizados internamente para orientação no processo de leitura.
- Dados – dados do usuário.
- ECC (Error Correction Code) – código para correção de bits lidos incorretamente. Esse código é gerado na gravação dos dados.
- Espaço (Gap) – espaço entre setores para dar tempo à controladora processar o que já leu e também para diminuir a necessidade de precisão nas leituras.
- Essa estrutura pode ser vista na figura abaixo.



Leitura e escrita no Disco Rígido



Leitura e escrita no Disco Rígido

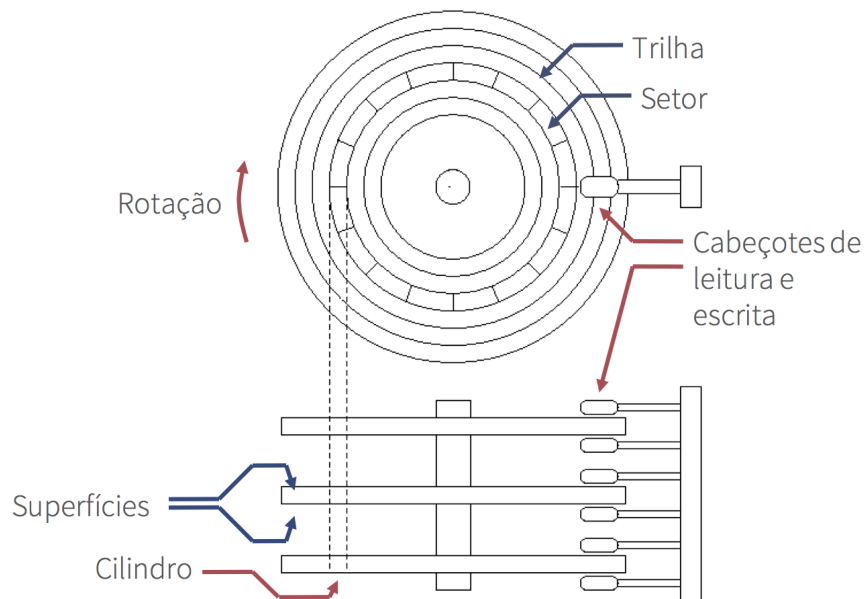
O campo Identificação também é usado para indicar se o setor é defeituoso ou se ele foi remapeado. Setores remapeados são setores defeituosos que foram substituídos por setores reserva para manter a capacidade total do disco. Todo disco rígido moderno é fabricado com vários setores reserva disponíveis para essas substituições e esse processo é transparente para o usuário.

Capacidade de um disco rígido

Na antiga forma de endereçamento por CHS (Cylinders, Heads and Sectors), calculamos a capacidade do disco rígido como:

- Tamanho do setor = 512 bytes
- Tamanho da trilha = tamanho do setor * número de setores por trilha
- Tamanho do cilindro = tamanho da trilha * número de trilhas por cilindro
- Tamanho do disco = tamanho do cilindro * número de cilindros

O número de trilhas por cilindro é o mesmo número de superfícies. Como há um cabeçote por superfície, esse valor também poderia ser especificado como o número de cabeçotes.

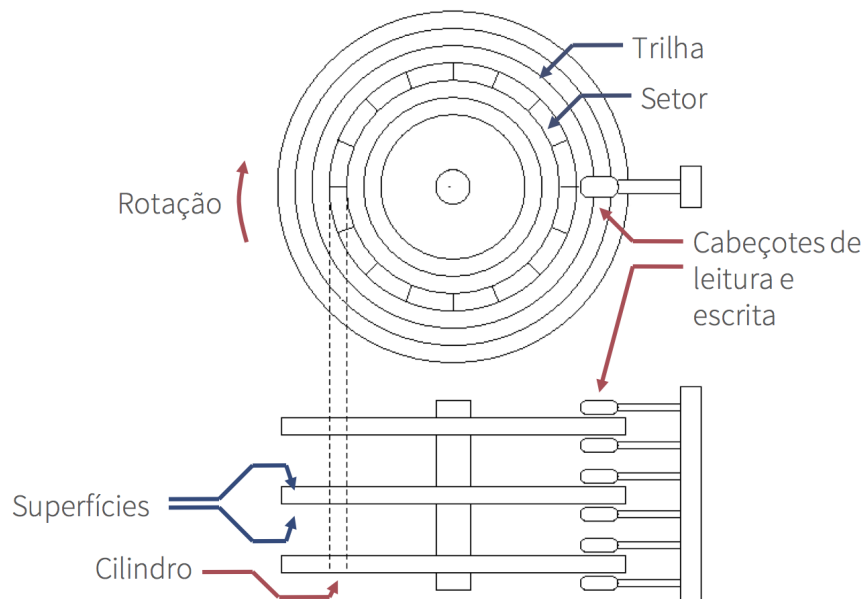


Capacidade de um disco rígido

Na antiga forma de endereçamento por CHS (Cylinders, Heads and Sectors), calculamos a capacidade do disco rígido como:

- Tamanho do setor = 512 bytes
- Tamanho da trilha = tamanho do setor * número de setores por trilha
- Tamanho do cilindro = tamanho da trilha * número de trilhas por cilindro
- Tamanho do disco = tamanho do cilindro * número de cilindros

E se considerarmos, por exemplo, um disco cuja geometria seja 63 setores por trilha, 16 cabeçotes e 1060 cilindros, teríamos?

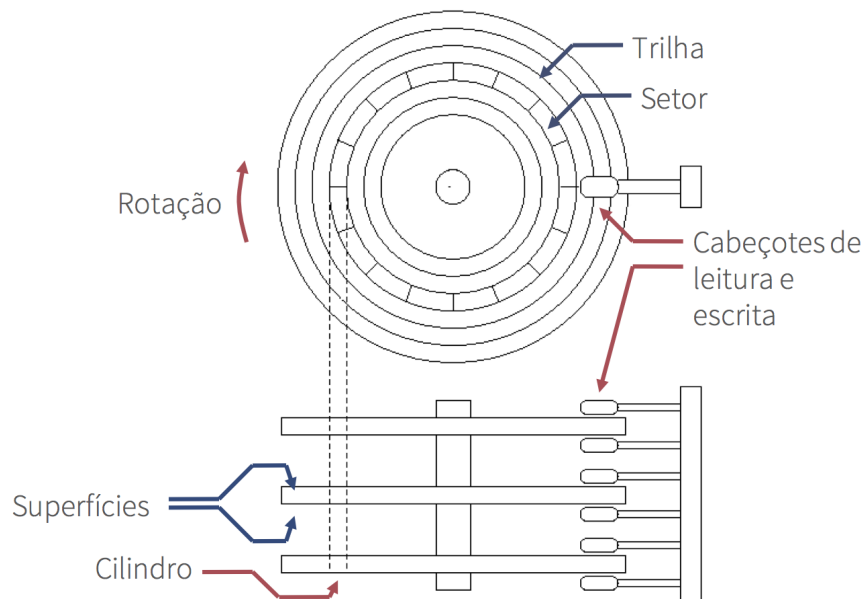


Capacidade de um disco rígido

Na antiga forma de endereçamento por CHS (Cylinders, Heads and Sectors), calculamos a capacidade do disco rígido como:

- Tamanho do setor = 512 bytes
- Tamanho da trilha = tamanho do setor * número de setores por trilha = **32.256 B**
- Tamanho do cilindro = tamanho da trilha * número de trilhas por cilindro = **516.096 B**
- Tamanho do disco = tamanho do cilindro * número de cilindros = **547.061.760 B**

E se considerarmos, por exemplo, um disco cuja geometria seja 63 setores por trilha, 16 cabeçotes e 1060 cilindros, teríamos?



Endereçamento de Blocos Lógicos

O modo de endereçamento chamado de LBA (Logical Block Addressing) se tornou o padrão utilizado por fabricantes de discos há vários anos. O LBA endereça os setores através de um número sequencial, iniciado em zero. Assim, cada setor possui um número único, independente do cilindro, da superfície ou da posição na trilha em que esteja.

É possível fazer um mapeamento entre os modos de endereçamento CHS e LBA, por meio da seguinte fórmula:

$$\text{LBA} = (C \times \text{MAX_H} + H) \times \text{MAX_S} + (S - 1)$$

C, H e S são, respectivamente, cilindros (C), cabeçotes (H) e setores (S),

MAX_H é o número máximo de cabeçotes por cilindro e

MAX_S é o número máximo de setores por trilha.

Endereçamento de Blocos Lógicos

O disco rígido é um gargalo do computador e é o seu desempenho que define, de uma forma geral, o desempenho geral dos sistemas (já que programas e dados estão armazenados em disco).

Obviamente, esse impacto é maior nos programas que acessam mais arquivos em disco, pois a CPU executa mais de um milhão de instruções enquanto o disco rígido executa um único acesso aleatório.



Tempo da operação em disco



Tempo de acesso

Tempo necessário para o cabeçote ser posicionado no setor desejado.



Tempo de busca

Tempo para posicionamento no cilindro correto. Em média, corresponde a $\frac{2}{3}$ do tempo máximo.



Latência rotacional

Tempo para posicionamento no setor correto. Em média, corresponde a $\frac{1}{2}$ rotação.



Tempo de transferência

Tempo de leitura ou escrita dos dados em disco. Depende da velocidade de rotação do disco e da densidade de dados da mídia.

taxa transferência =

$$\frac{\text{nº setores por trilha} * \text{tamanho do setor}}{60 / \text{velocidade em RPM}}$$

Eventualmente é necessário considerar o tempo de mudança de cabeçote e o tempo de mudança de cilindro.

Exemplo

Considere um disco cuja geometria seja de 1060 cilindros,

- 16 cabeçotes e 63 setores por trilha, sendo cada setor de 512 bytes.

Considere também:

- tempo médio de busca do disco rígido = 13,5 ms
- latência rotacional média = 6,7 ms
- velocidade rotacional = 4.500 RPM
- tempo de mudança de cabeçote = 1 ms
- tempo de mudança de cilindro = 2,5 ms
- Qual o tempo de leitura de um arquivo de 10 MB (20.480 setores)?



Exemplo 1 – Setores separados

- ✓ Tempo médio de busca por setor 13,5 ms
- ✓ Latência rotacional média 6,7 ms
- ✓ Transferência dos dados de um setor 0,2 ms
- ✓ Tempo total por **setor** 20,4 ms
- ✓ Tempo total dos 20.480 setores 417,8 segundos
(±7 minutos)

TEMPO DAS OPERAÇÕES



Exemplo 2 – Blocos de 8 setores

- ✓ Tempo médio de busca por setor 13,5 ms
- ✓ Latência rotacional média 6,7 ms
- ✓ Transferência dos dados de 8 setores 1,7 ms
- ✓ Tempo total por **bloco** 21,9 ms
- ✓ Tempo total dos 2.560 blocos 56,1 segundos

TEMPO DAS OPERAÇÕES



Exemplo 3 – Todos setores contíguos

- ✓ Tempo médio de busca por setor 13,5 ms
- ✓ Latência rotacional média 6,7 ms
- ✓ Transferência dos dados de todos setores 4.334,4 ms
- ✓ Tempo de 325 mudanças de cabeçote 325,0 ms
- ✓ Tempo de 20 mudanças de cilindro 50,0 ms
- ✓ Tempo total 4,7 segundos