

# Arquivos - Tecnologia

Material Prof.: Leonardo Tórtoro Pereira  
leonardop@usp.br

\*Material baseado em aulas dos professores: Elaine Parros Machado de Souza, Gustavo Batista, Robson Cordeiro, Moacir Ponti Jr., Maria Cristina Oliveira e Cristina Ciferri.

# Arquivos

# Arquivos

- Mecanismo de organização de informação mantida em memória secundária
  - ◆ Acessada via computador (programa, sistema de arquivos do SO)
- Disco (HDD)
- Disquete, Fitas Magnéticas
- CD, DVD
- Pen-drive, cartões, SSD
- ...

# Arquivos

→ Por que utilizamos arquivos?

- ◆ Armazena grande quantidade de memória a um custo relativamente baixo
- ◆ Armazena memória de maneira não-volátil
- ◆ Permite a persistência dos dados

# Arquivos

→ Desvantagens

- ◆ Alto tempo de acesso
- ◆ Discos e outros dispositivos de armazenamento secundário são lentos\*

\*Pode variar bastante

# Dispositivos de Armazenamento

	<b>RAM</b>	<b>Discos (HDD)</b>	<b>SSD</b>
<b>Custo</b>	Alto	Baixo	Intermediário
<b>Tempo de Acesso</b>	<b>Baixo</b>	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>
<b>Capacidade</b>	Baixa	Alto	Alta
<b>Princípio</b>	Elétrico	Magnético	Elétrico
<b>Persistência</b>	Volátil	Não-volátil	Não-volátil
<b>Acesso</b>	Aleatório	Aleatório	Aleatório
<b>Organização</b>	Células	Trilhas/Setores	Células



Pratos

Cabeça de leitura e gravação

Braço atuador



Motor

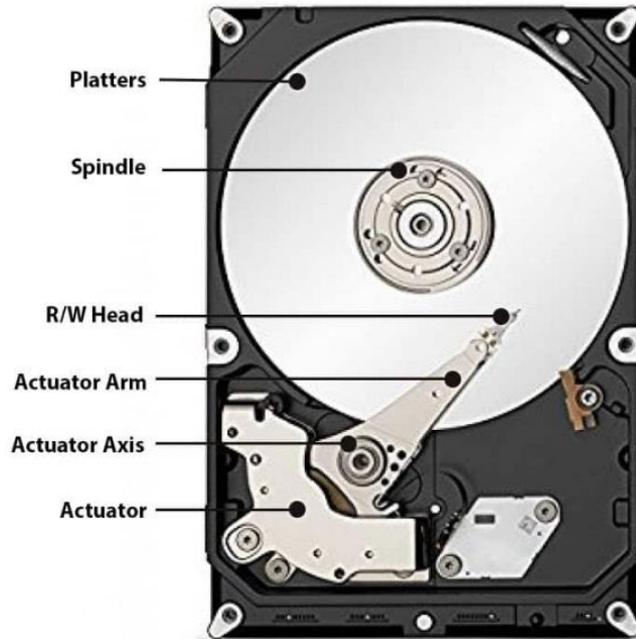
Atuador



Disco (HDD)

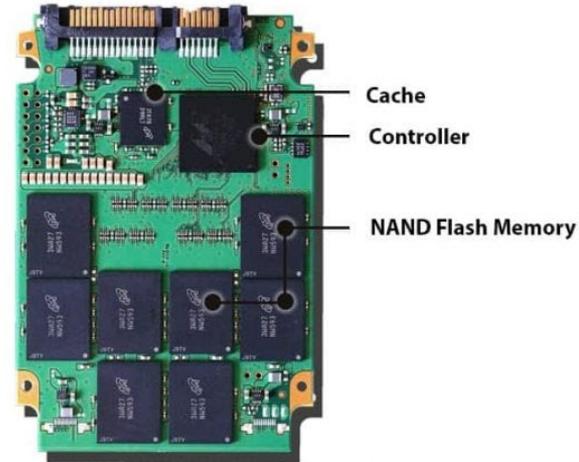
Fonte (Dir.): <https://techenter.com.br/o-que-e-hdd-hard-disk-drive/>

## HDD 3.5"



Shock resistant up to 55g (operating)  
Shock resistant up to 350g (non-operating)

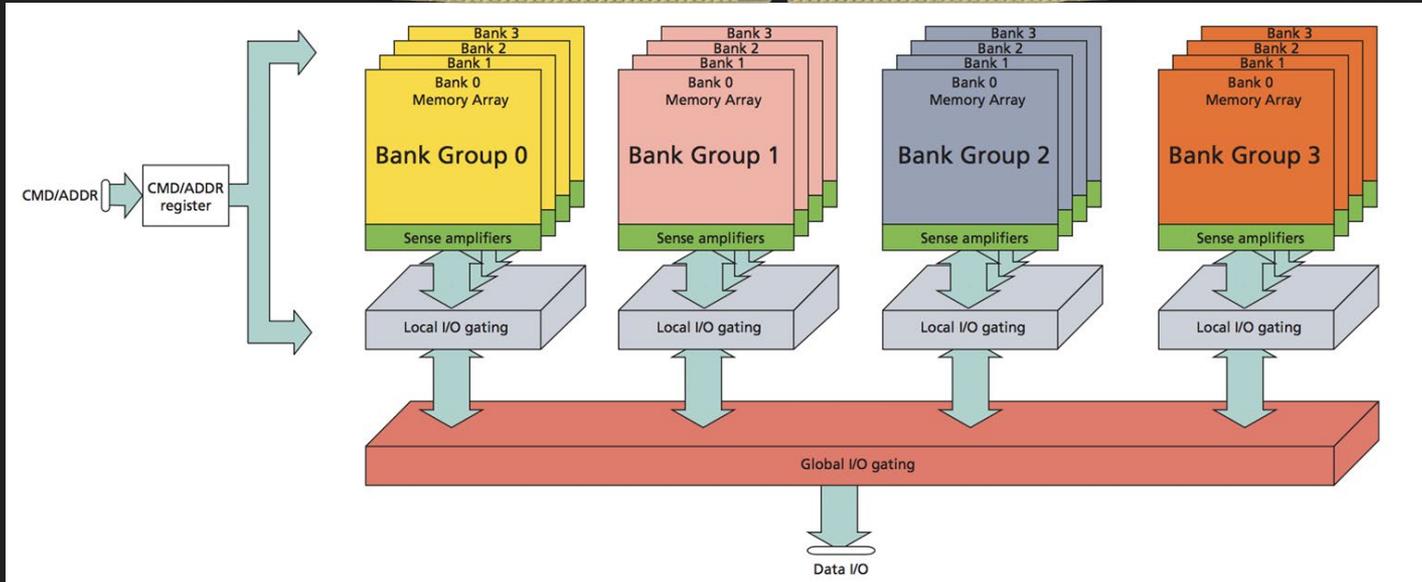
## SSD 2.5"



Shock resistant up to 1500g  
(operating and non-operating)

### HDD vs SSD

(Fonte: <https://www.leak.pt/ssd-vs-hdd-existe-desenvolvimento-de-hdds/>)



## RAM

Fontes: (sup.) <https://br.crucial.com/memory/ddr4/ct8g4dfs824a>  
(inf.) <https://www.systemverilog.io/ddr4-basics>

# Dispositivos de Armazenamento

## → HDD

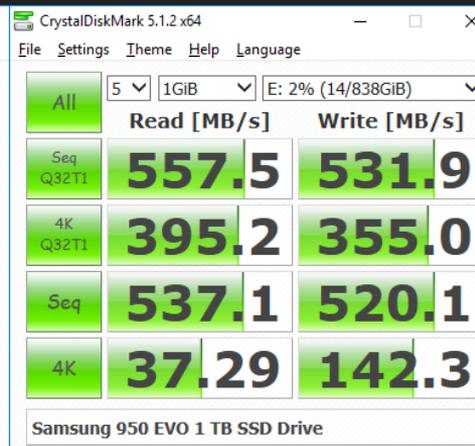
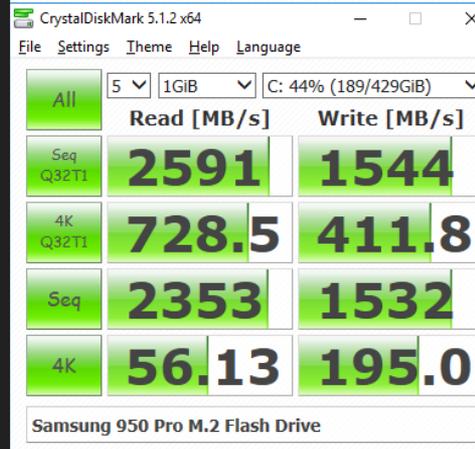
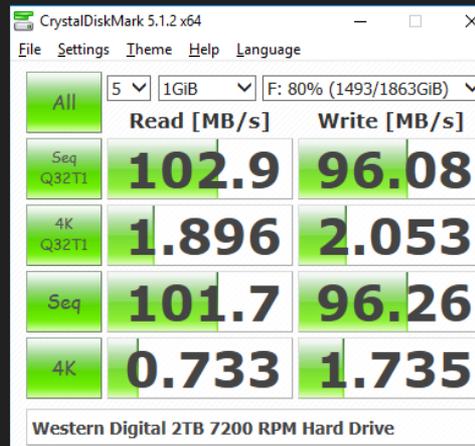
- ◆ Disco mecânico
- ◆ Rotacionar e posicionar uma agulha no local adequado

## → SSD

- ◆ Semicondutores, controlador acessa células NAND
- ◆ Memória NAND ou NVM (3D XPoint/Optane) [5]

## → RAM

- ◆ Circuitos integrados, Semicondutores



### Performance Summary:

Hard Drive: 103 MB/sec read, 96 MB/sec write speed  
 SSD Drive: 558 MB/sec read, 532 MB/sec write speed  
 M.2 Drive: 2591 MB/sec read, 1544 MB/sec write speed

**In Read Performance:**  
**SSD is 5x Faster than HDD**  
**M.2 is 5x Faster than SSD**  
**M.2 is 25x Faster than HDD**

Fonte: <https://emolike.net/nvme-vs-ssd-vs-hdd-performance>  
 Programa usado: <https://crystalmark.info/en/software/crystaldiskmark/>

“One thing to note – I am not suggesting that one would experience 25x performance gains just by switching from a hard drive to a flash drive when editing images, since there are many other factors involved, such as overall speed of the computer (CPU speed, number of CPU cores, total RAM and its speed,etc), the ability of the software to take full advantage of both the computer resources and the storage, etc. The software numbers from the above benchmarks might not apply the same way for everyday work.”

fonte : <https://photographylife.com/nvme-vs-ssd-vs-hdd-performance>

# Dispositivos de Armazenamento

- Um SSD com especificação de módulo M2 e especificação de interface NVME para barramento PCI Express é substancialmente mais rápido que um SSD com interface SATA...E muito mais do que um HDD SATA
  - ◆ <https://www.kingston.com/br/blog/pc-performance/nvme-vs-sata>

# Dispositivos de Armazenamento

- A diferença de NVME vs SATA pode não ser tão grande na prática
  - ◆ <https://www.youtube.com/watch?v=V3AMz-xZ2VM>

# Dispositivos de Armazenamento

- De qualquer forma isso ainda é muito inferior à velocidade da RAM!
- Não é possível fazer uma comparação direta com o mesmo programa devido à diferenças de acesso à RAM e limitações do SO, porém, vamos ver alguns valores de RAM direto do site da fabricante Crucial
- Lembrem-se de que o SSD NVME tem leitura de aproximadamente 2500MB/s

<b>Friendly name</b>	<b>Industry name</b>	<b>Peak Transfer Rate</b>	<b>Data transfers/second (in millions)</b>
DDR4-2400	PC4-19200	19200 MB/s	2400
DDR4-2666	PC4-21300	21300 MB/s	2666
DDR4-2933	PC4-23400	23400 MB/s	2933
DDR4-3000	PC4-24000	24000 MB/s	3000
DDR4-3200	PC4-25600	25600 MB/s	3200
DDR4-3600	PC4-28800	28800 MB/s	3600
DDR4-4000	PC4-32000	32000 MB/s	4000
DDR4-4400	PC4-35200	35200 MB/s	4400

### Velocidade DDR4

Fonte: <https://www.crucial.com/support/memory-speeds-compatibility>

<b>Friendly name</b>	<b>Industry name</b>	<b>Peak Transfer Rate</b>	<b>Data transfers/second (in millions)</b>
DDR3-800	PC3-6400	6400 MB/s	800
DDR3-1066	PC3-8500	8533 MB/s	1066
DDR3-1333	PC3-10600	10667 MB/s	1333
DDR3-1600	PC3-12800	12800 MB/s	1600

### Velocidade DDR3

Fonte: <https://www.crucial.com/support/memory-speeds-compatibility>

<b>Friendly name</b>	<b>Industry name</b>	<b>Peak Transfer Rate</b>	<b>Data transfers/second (in millions)</b>
DDR2-400	PC2-3200	3200 MB/s	400
DDR2-533	PC2-4200	4266 MB/s	533
DDR2-667	PC2-5300	5333 MB/s	667
DDR2-800	PC2-6400	6400 MB/s	800
DDR2-1000	PC2-8000	8000 MB/s	1000

## Velocidade DDR2

Fonte: <https://www.crucial.com/support/memory-speeds-compatibility>

# Dispositivos de Armazenamento

- Portanto, mesmo as memórias RAM mais antigas (DDR2) superam os melhores SSDs atuais.
- Para as memórias mais recentes (DDR4), a transferência chega a ser 10x mais rápido!
- E também temos a questão da latência!

# Dispositivos de Armazenamento

## → HDD

- ◆ Alguns milisegundos =>  $\sim 2\text{ms}-30\text{ms}$  [1, 2];

## → SSD

- ◆ Alguns microssegundos =>  $\sim 10\mu\text{s}-100\mu\text{s}$  [3];

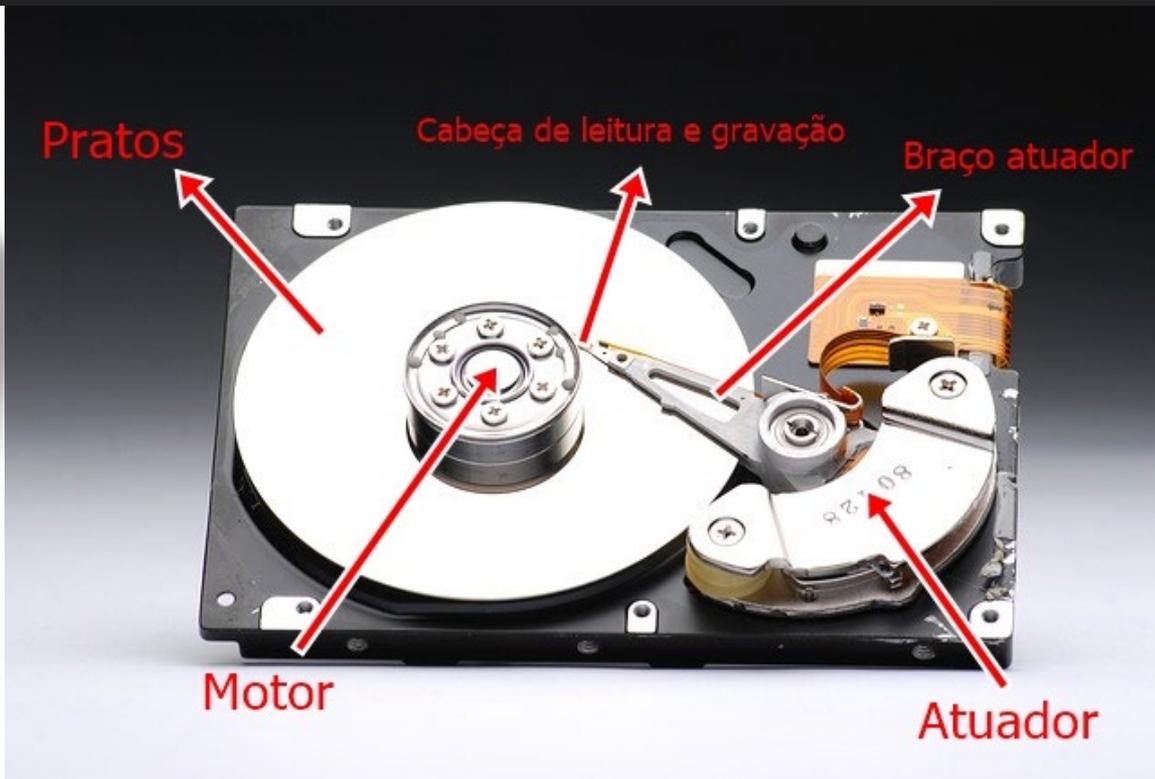
## → RAM

- ◆ Alguns nanossegundos =>  $\sim 10\text{ns}-30\text{ns}$  [4];

HDD	SSD	RAM
$10^{-3}\text{s}$	$10^{-6}\text{s}$	$10^{-9}\text{s}$

	<b>RAM</b>	<b>Discos (HDD)</b>	<b>SSD</b>
<b>Custo</b>	Alto	Baixo	Intermediário
<b>Tempo de Acesso</b>	<b>Baixo</b>	<b>Alto</b>	<b>Médio</b>
<b>Capacidade</b>	Baixa	Alto	Alta
<b>Princípio</b>	Elétrico	Magnético	Elétrico
<b>Persistência</b>	Volátil	Não-volátil	Não-volátil
<b>Acesso</b>	Aleatório	Aleatório	Aleatório
<b>Organização</b>	Células	Trilhas/Setores	Células

Como funciona um HDD?



## Disco (HDD)

Fonte (Dir.): <https://techenter.com.br/o-que-e-hdd-hard-disk-drive/>

Extra: <https://animagraffs.com/hard-disk-drive/>

# Como funciona um HDD?

## → Disco:

- ◆ Conjunto de `pratos` empilhados:
- ◆ Dados são gravados nas superfícies desses pratos

## → Superfícies:

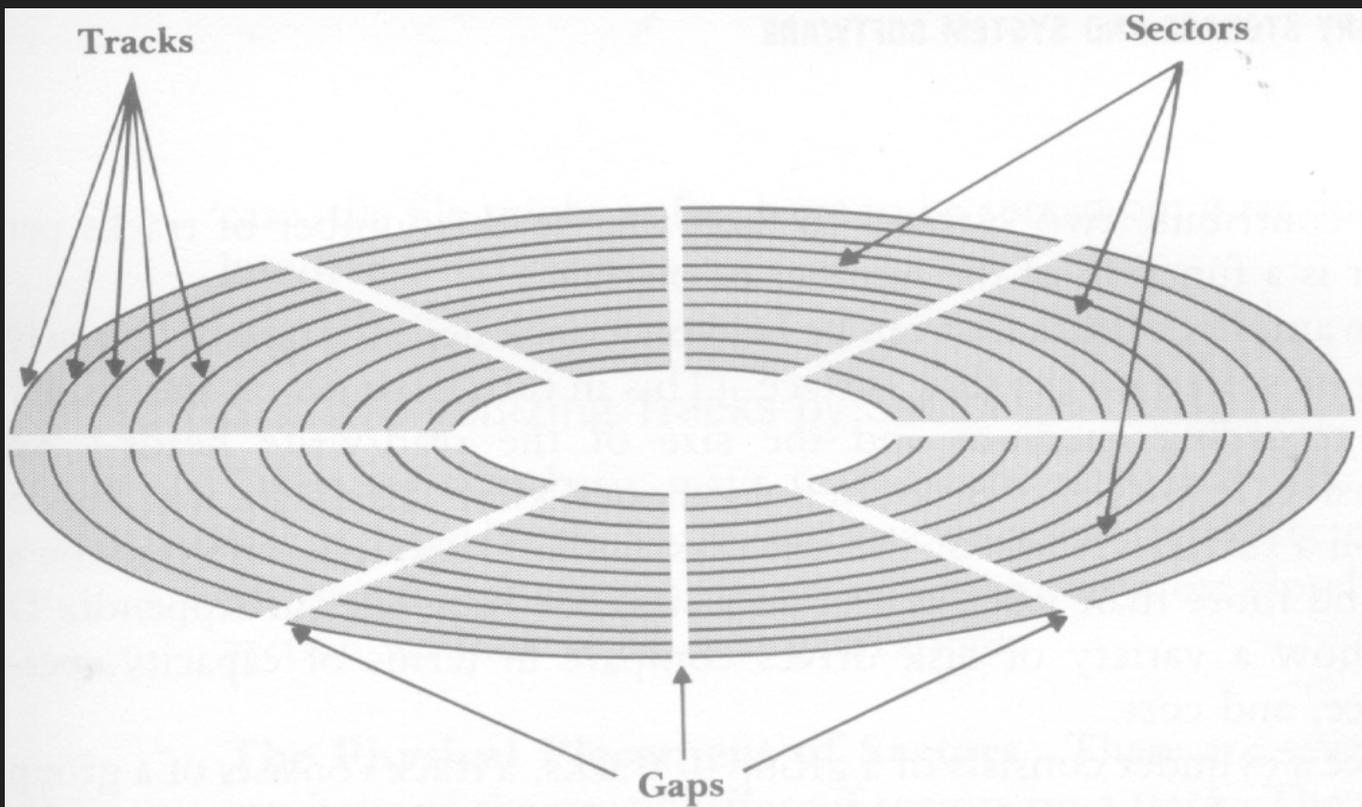
- ◆ São organizadas em trilhas

## → Trilhas:

- ◆ São organizadas em setores

## → Cilindro:

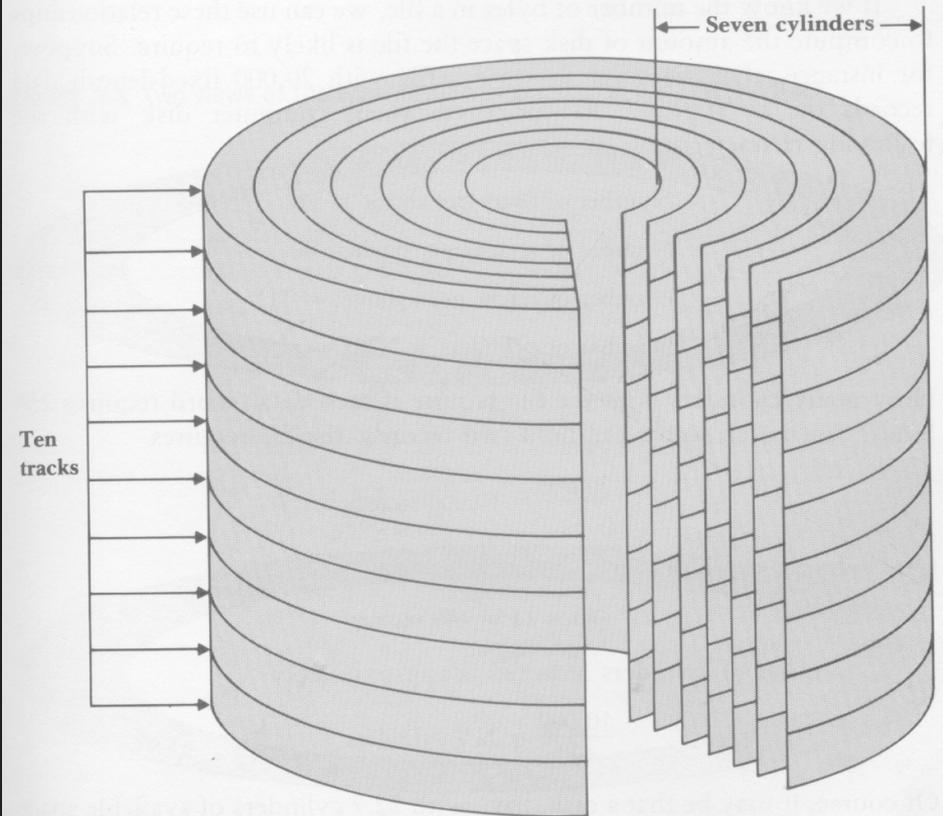
- ◆ Conjunto de trilhas na mesma posição



**FIGURE 3.2** Surface of disk showing tracks and sectors.

Superfície de um disco com trilhas e setores

**FIGURE 3.3** Schematic illustration of disk drive viewed as a set of seven cylinders.



Disco visto como um conjunto de 7 cilindros

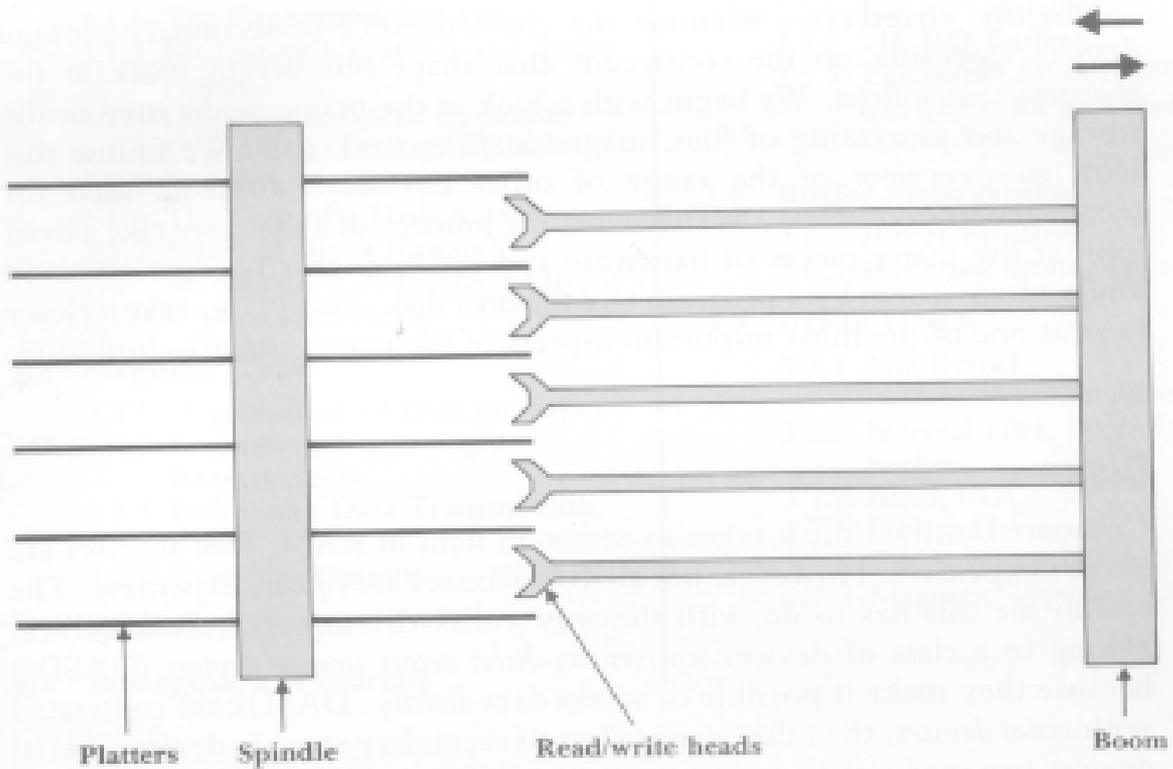


FIGURE 3.1 Schematic illustration of disk drive.

Ilustração de um disco

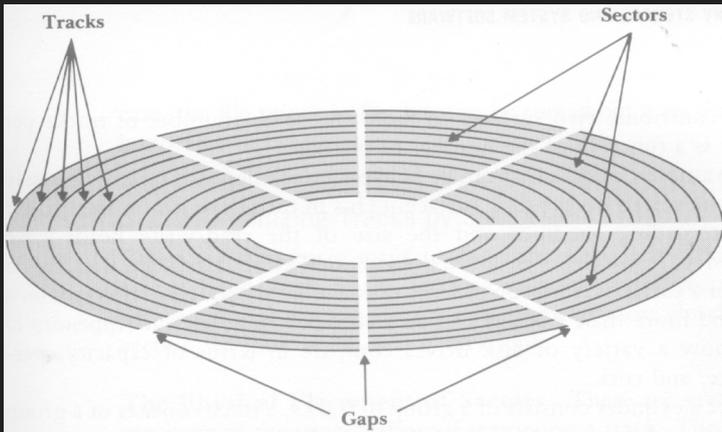


FIGURE 3.2 Surface of disk showing tracks and sectors.

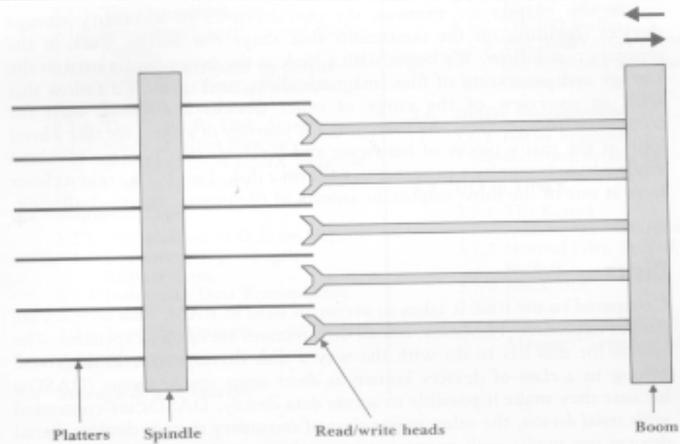
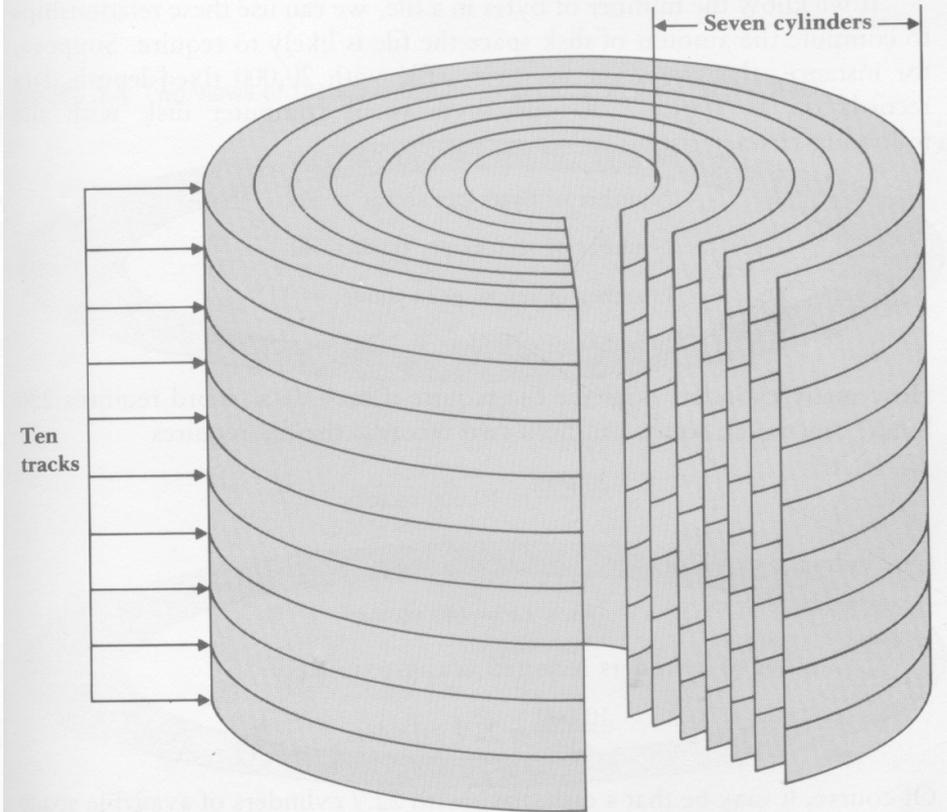


FIGURE 3.1 Schematic illustration of disk drive.

FIGURE 3.3 Schematic illustration of disk drive viewed as a set of seven cylinders.



Organização de um HDD



Organização de um Seagate ST157A - 26 setores por trilha

Fonte: <https://blog.stuffedcow.net/2019/09/hard-disk-geometry-microbenchmarking/>

# Capacidade do disco (nominal)

→ Capacidade do setor:

◆  $n^\circ$  bytes (Ex. 512 bytes)

→ Capacidade da trilha:

◆  $n^\circ$  de setores por trilha \* capacidade do setor

→ Capacidade do cilindro:

◆  $n^\circ$  de trilhas por cilindro \* capacidade da trilha

→ Capacidade do disco:

◆  $n^\circ$  de cilindros \* capacidade do cilindro

# Custo de acesso a disco

→ Combinação de 3 fatores:

- ◆ Tempo de busca (***seek***): tempo para posicionar a cabeça de L/E no cilindro correto
- ◆ *Delay* de rotação (**latência**): tempo para o disco rodar de modo que a cabeça de L/E fique posicionada sobre o setor desejado
- ◆ Tempo de transferência: tempo para transferir os bytes para memória principal

# Tempo de Busca (Seek)

- Parte mais expressiva do tempo de acesso
  - ◆ Movimento mais lento da operação leitura/escrita
  - ◆ Conteúdo de todo um cilindro pode ser lido com 1 único *seek*
- Depende de quanto o braço precisa se movimentar
- Tende a ser maior em ambientes multiusuário
- Para cálculos, trabalha-se com um tempo médio: tempo de busca para 1/3 do número de cilindros [6]
- Deve ser reduzido ao mínimo

## Delay de Rotação

- Ex: em um HD de 5000 rpm, tem-se que uma 1 rotação leva  $\sim 12\text{ms}$
- Na média: considera-se o delay de rotação como metade do tempo de uma rotação ( $\sim 6\text{ms}$ )
- Na prática: esse *delay* é reduzido se for possível ler/gravar o arquivo em setores da mesma trilha e trilhas do mesmo cilindro

# Tempo de Transferência

Tempo transferência =

$(n^\circ \text{ de bytes transferidos} / n^\circ \text{ de bytes por trilha}) * \text{tempo de rotação}$

→ Ex: disco de 10.000 rpm com 170 setores por trilha:

- ◆ Para ler 1 setor:  $1/170$  de rotação;
- ◆ 10.000 rpm = 6ms por rotação (tempo de rotação);
- ◆ Tempo de transf. para 1 setor = 0,035ms.

## Exercício

→ Você sabe o seguinte sobre seu HD

- ◆ n° de bytes por setor: 512
- ◆ n° de setores por trilha: 40
- ◆ n° de trilhas por cilindro: 11
- ◆ n° de cilindros: 1331

## Exercício

- Qual a capacidade nominal do HD?
- Você tem um arquivo de dados composto por 20.000 registros, sendo que cada registro tem 256 bytes
- Quantos cilindros são necessários para armazenar esse arquivo?

Atualmente...

# Atualmente

- Nós vimos a definição de acessos a disco no sistema Cylinder-head-sector (CHS) ou Cilindro-Cabeça-Setor
- Esse tipo de endereçamento não é mais usado, e tinha limitações (até 8GB)
- Foi substituído por Endereçamento de Bloco Lógico (Logical Block Addressing - LBA)

LBA	C	H	S
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	0	2
3	0	0	3
4	0	0	4
5	0	0	5
6	0	0	6
7	0	0	7
8	0	0	8
9	0	0	9
10	0	1	0
11	0	1	1
12	0	1	2
13	0	1	3
14	0	1	4
15	0	1	5
16	0	1	6
17	0	1	7
18	0	1	8
19	0	1	9
Cylinder 0			

LBA	C	H	S
20	1	0	0
21	1	0	1
22	1	0	2
23	1	0	3
24	1	0	4
25	1	0	5
26	1	0	6
27	1	0	7
28	1	0	8
29	1	0	9
30	1	1	0
31	1	1	1
32	1	1	2
33	1	1	3
34	1	1	4
35	1	1	5
36	1	1	6
37	1	1	7
38	1	1	8
39	1	1	9
Cylinder 1			

### Tabela de endereçamento LBA

Fonte: <https://datacadamia.com/io/drive/lba>

# Referências

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_disk\\_drive\\_performance\\_characteristics](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive_performance_characteristics)
2. <https://www.seagate.com/files/www-content/solutions/mach-2-multi-actuator-hard-drive/files/tp714-dot-2-2006us-mach-2-technology-paper.pdf>
3. <https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/architecture-and-technology/optane-technology/performance-where-it-matters-tech-brief.html>
4. <https://br.crucial.com/articles/about-memory/difference-between-speed-and-latency>
5. [https://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_XPoint](https://en.wikipedia.org/wiki/3D_XPoint)
6. <https://pages.cs.wisc.edu/~remzi/OSFEP/file-disks.pdf> (pág. 9)
7. M. J. Folk, B. Zoellick and G. Riccardi. File Structures: An object-oriented