

# Hardware dos Sistemas de Informações

## SIN222 - Fund. dos Sist. de Informação

Rodrigo Smarzarro  
smarzarro@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa

2025-1



Curso de Sistemas de Informação

# Curiosidades...

- O *Large Hadron Collider* (LHC) gera, aproximadamente, 300 GB/s
  - Possui 1.4M de núcleos, 1.5 exabyte de armazenamento.
- Os chips atuais tem tecnologia de 5-14 nanômetros
  - Fio de cabelo: 100.000nm. Vírus COVID: 50-200nm. Molécula de água: 0.5 nm.
  - AMD começou com chips de 7nm em 2019
  - Samsung anuncia fabricação de chips de 2nm em 2025
  - TSMC anuncia chips de 1,6nm em 2026



# Componentes de um SI baseado em computador

- Hardware
- Software
- Bases de Dados
- Telecomunicações
- Pessoas
- Procedimentos (regras de negócio)

# Componentes de um SI baseado em computador



- Hardware

- Software

- Bases de Dados

- Telecomunicações

- Pessoas

- Procedimentos (regras de negócio)

# O que é o hardware?

## Hardware

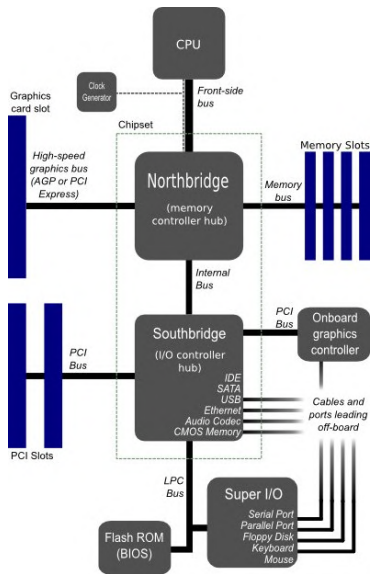
Componentes físicos do computador que realizam **entrada**, **processamento**, **saída** e **armazenamento** das atividades em em computador



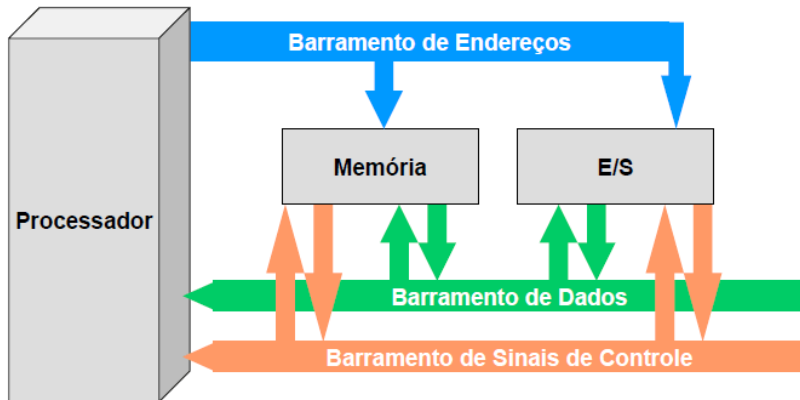
# Importância do Hardware nos S.I.

- Por que é tão importante conhecer os aspectos do hardware?
  - Diferentes componentes vão impactar no desempenho, custos, durabilidade, confiabilidade, eficiência, eficácia,...
- Se você fosse projetar um **carro de passeio**, quais seriam suas escolhas para o *design*, pneus, motor, bancos, ...
- E se fosse projetar um **carro de F1**?
- Houve diferença na escolha dos componentes? custo? durabilidade, desempenho, ...?

# Componentes principais de um Computador



# Principais componentes de um Computador

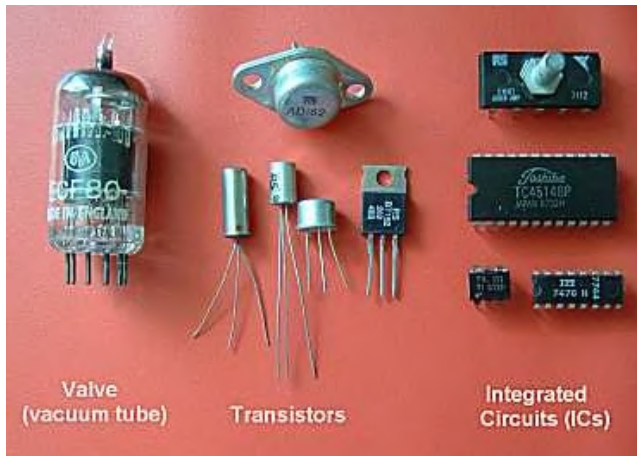




# Unidade Central de Processamento

- *Central Processing Unit* - CPU
- Unidade responsável por sequenciar e executar instruções
- As instruções em uma CPU tem basicamente duas fases
- Fase de **Instrução**
  - **Fetch** - Próxima instrução é carregada da memória para a CPU
  - **Decode** - Instrução é decodificada e passada para a próxima unidade da CPU
- Fase de **Execução**
  - **Execute** - A instrução decodificada é executada. Pode ser uma comparação lógica, operação aritmética,...
  - **Store** - Resultado da instrução é armazenado em registradores ou na memória

# Válvulas x Transistores x Circuito Integrados



# Circuito Integrado x Microprocessadores

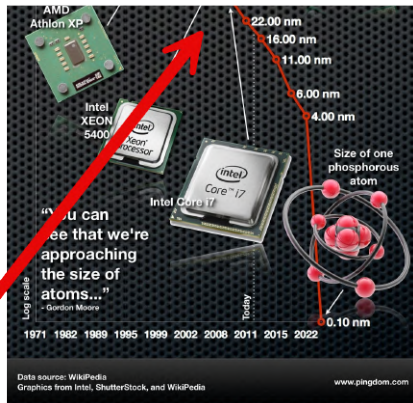
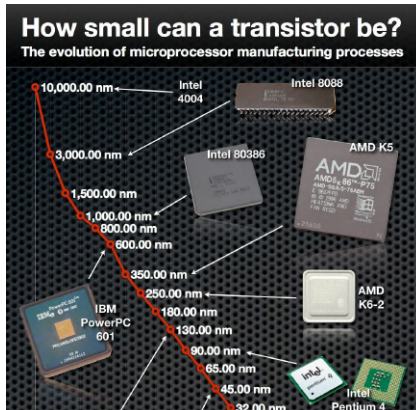
**3510 transistors**



**2,600,000,000 transistors**



# Até onde vamos??



# Se transistores fossem humanos. . .

VISUALIZING PROGRESS

## If transistors were people

If the transistors in a microprocessor were represented by people, the following timeline gives an idea of the pace of Moore's Law.



2,300

Average music hall capacity



134,000

Large stadium capacity



32 Million

Population of Tokyo



1.3 Billion

Population of China



Now imagine that those 1.3 billion people could fit onstage in the original music hall. That's the scale of Moore's Law.

Fonte: <https://bavneetsingh.wordpress.com/2014/08/10/future-of-transistors-and-microprocessors/>

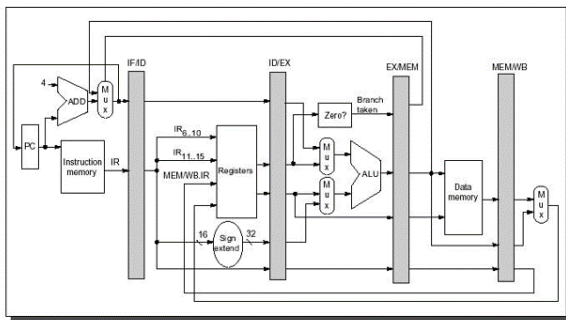
## Clock - Relógio

- Todo o funcionamento na CPU é por meio de pulsos eletrônicos em uma determinada frequência
- O *clock* marca o “ritmo” de funcionamento da CPU
- A medida (hoje) é feita em gigahertz (GHz)

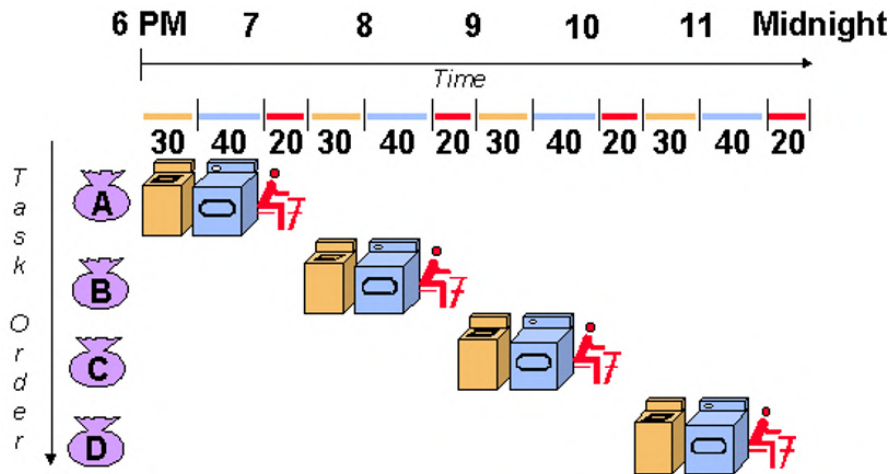


# Pipeline

- A CPU é composta de diversos componentes que trabalham em conjunto. Entretanto, nem todos estão ocupados o tempo inteiro durante as fases
- Para manter os componentes ocupados por mais tempo os fabricantes começaram a implementar a técnica de *pipeline* (ou segmentação de instruções)

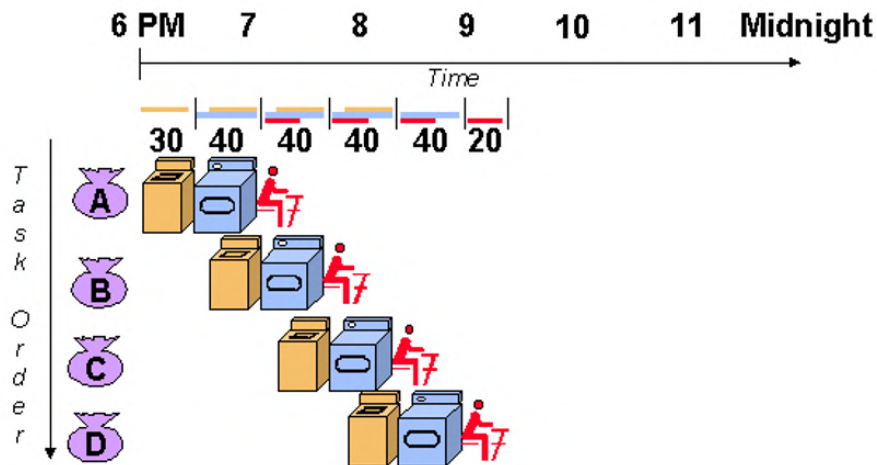


## Sem Pipeline



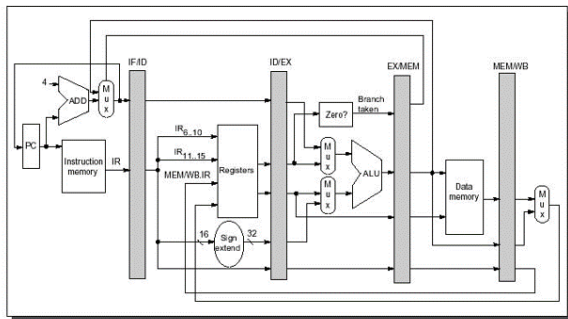


## Com Pipeline



# Pipeline - Problemas Encontrados

- Dependência de instruções anteriores
- Desvios no código sendo executado
- Diferença na complexidade de instruções (umas demorando muito mais que outras)
- A técnica de pipeline traz um grande benefício para processadores baseados em RISC



# Famílias de Processadores

- Processadores são, geralmente, agrupados em famílias
- O que determina uma família de processadores é a arquitetura do conjunto de instruções (*Instruction Set Architecture* - ISA)
- Principais famílias de processadores:
  - **x86** - Intel, AMD, VIA fabricam processadores para esta família que equipam boa parte dos computadores atuais
  - **Intel Atom** - CPU otimizada para consumo baixo de energia para equipar portáteis
  - **ARM** - Baseados em RISC<sup>1</sup>. Android, iOS e outros *smartphones* utilizam esta família

---

<sup>1</sup> *Reduced Instruction Set Computer*

# Conceitos de Processamento

## Multiprocessamento

Execução simultânea de duas ou mais instruções no mesmo instante.

- Uma maneira de se implementar multiprocessamento é utilizando coprocessadores
- Um **coprocessador** é especializado em alguma tarefa específica (geralmente cálculos) e pode liberar a CPU para outras atividades
  - Pode ser externo ou interno em relação à CPU
  - Até os 486 era comum se comprar um **coprocessador matemático**<sup>2</sup> para melhorar o desempenho do computador

---

<sup>2</sup>É na verdade uma FPU (*Float Point Unit*)

# Conceitos de Processamento

- Outra maneira de se implementar multiprocessamento é utilizando vários núcleos (*cores*)
  - Um *processador multicore* possui duas ou mais CPUs independentes capazes de sequenciar e executar instruções
  - Processadores top de linha podem chegar atualmente a 64 núcleos (ex. AMD Ryzen Threadripper 3990X<sup>3</sup>, 128 *threads*, 2.9 até 4.3GHz)
  - Considere um processador *singlecore* rodando à 3GHz ou um processador 4-*core* rodando à 1.5GHz? Qual você escolheria? Por que?

---

<sup>3</sup>Mais ou menos U\$ 4.000

# Conceitos de Processamento

## Computação Paralela

Execução simultânea de uma mesma tarefa distribuída em vários processadores para obter resultados mais rápidos

## Computação Paralela Massiva

Computação paralela utilizando centenas ou milhares de processadores, em que cada processador possui seu próprio barramento, memória, discos, S.O e aplicações

- Um caso especial de computação paralela é a Computação em Grid (*Grid Computing*)
  - Caracterizada pelo uso de muitos computadores que pertencem à diversos indivíduos ou instituições trabalhando de forma coordenada na solução de uma tarefa.
  - Exemplo: *Worldwide LHC Computing GRID*

# Memória

## Memória Principal

- Fornece para CPU um espaço de armazenamento de instruções e dados para o processamento
- Volátil
- Custo alto
- Acesso rápido

## Memória Secundária

- Memória de grande capacidade para armazenamento não-volátil de dados
- Acesso lento
- Custo baixo

# Memória

2

## Data inflation

Unit	Size	What it means
Bit (b)	1 or 0	Short for "binary digit", after the binary code (1 or 0) computers use to store and process data
Byte (B)	8 bits	Enough information to create an English letter or number in computer code. It is the basic unit of computing
Kilobyte (KB)	1,000, or $2^{10}$ , bytes	From "thousand" in Greek. One page of typed text is 2KB
Megabyte (MB)	1,000KB; $2^{20}$ bytes	From "large" in Greek. The complete works of Shakespeare total 5MB. A typical pop song is about 4MB
Gigabyte (GB)	1,000MB; $2^{30}$ bytes	From "giant" in Greek. A two-hour film can be compressed into 1-2GB
Terabyte (TB)	1,000GB; $2^{40}$ bytes	From "monster" in Greek. All the catalogued books in America's Library of Congress total 15TB
Petabyte (PB)	1,000TB; $2^{50}$ bytes	All letters delivered by America's postal service this year will amount to around 5PB. Google processes around 1PB every hour
Exabyte (EB)	1,000PB; $2^{60}$ bytes	Equivalent to 10 billion copies of <i>The Economist</i>
Zettabyte (ZB)	1,000EB; $2^{70}$ bytes	The total amount of information in existence this year is forecast to be around 1.2ZB
Yottabyte (YB)	1,000ZB; $2^{80}$ bytes	Currently too big to imagine

The prefixes are set by an intergovernmental group, the International Bureau of Weights and Measures.

Source: *The Economist*

Yotta and Zetta were added in 1991; terms for larger amounts have yet to be established.



# Memória

## MEGABYTE

Lembra daquele **disquete** (ou disco flexível) que costumávamos usar para guardar dados? O de maior capacidade podia armazenar até **5,76 MB**: daria para salvar só **5 fotos digitais** (.jpg), em resolução baixa ou ouvir um arquivo de música em mp3 com aproximadamente 5 minutos de duração.



*\*dados de Igor Bessera, da Seagate*

# Memória

## GIGABYTE

Usar **pendrives** para guardar arquivos e levá-los onde você quiser já é algo bem comum.

Num dispositivo de **1 GB**, daria para gravar **320 fotos digitais** (.jpg), mas com resolução bem mais alta que no exemplo anterior. Se fosse guardar só músicas digitais, você gastaria 16 horas para ouvir toda a lista (dá para ir de avião de São Paulo a Moscou durante esse tempo).



*\*dados de Igor Bessera, da Seagate*

# Memória

## TERABYTE

Para aqueles que precisam de mais espaço, já existem **HDs (discos rígidos) externos**, que bem como pendrives tem a facilidade de serem portáteis. Um HD externo de **1 TB** pode armazenar cerca de 40 filmes em alta definição ou 500 jogos. Já em fotos digitais em alta resolução, seriam **320 mil** e em música digital, 16,6 mil horas (666 dias ou quase 1 ano e 9 meses).

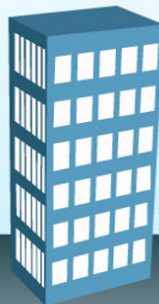


*\*dados de Igor Bessera, da Seagate*

# Memória

## PETABYTE

Para armazenar **1 PB** em dados, seria necessário um **datacenter** (local projetado especialmente para guardar dados de empresas) que ocuparia uma área total de **1.000 m<sup>2</sup>**, com **4.000 máquinas** (entre servidores e estações de trabalho)



*\* dados de Márcio Silva, pesquisador do Laboratório de Arquitetura e Redes do Departamento de Ciência da Computação da Poli-USP*

# Memória

## EXABYTE

Para armazenar **1 EB** em dados, seriam necessários **71 datacenters** que, juntos, ocupariam **9 campos de futebol**.

Se cada homem, mulher e criança do planeta guardasse consigo 1 pacote de arquivos de 2,5 GB (entre fotos, músicas, documentos, vídeos e outros), conseguiriam alcançar 1 EB – considerando que a população geral é de 6,9 bilhões de pessoas.



*\* dados de Márcio Silva, pesquisador do Laboratório de Arquitetura e Redes do Departamento de Ciência da Computação da Poli-USP*

# Memória

## ZETTABYTE

Para guardar **1 ZB** em volume de dados, seriam necessários **73 mil datacenters** que, juntos, ocupariam toda a área da **cidade de São Paulo** ou **9 mil campos de futebol**. Essa é a demanda aproximada de armazenamento no mundo, até o final deste ano.



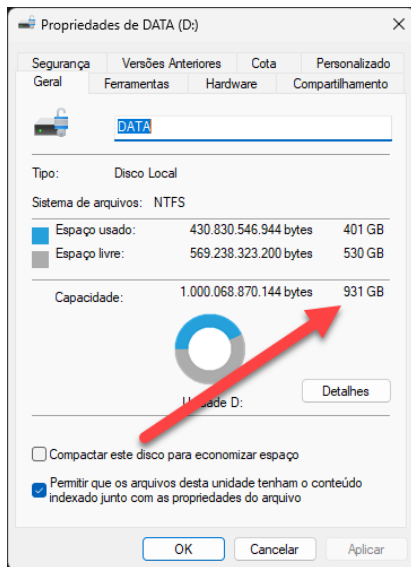
*\* dados de Márcio Silva, pesquisador do Laboratório de Arquitetura e Redes do Departamento de Ciência da Computação da Poli-USP*

# Memória

- Se 1 byte = 1mm (milímetro)
- 1 YB  $\cong$  127 anos-luz
- A Via Láctea tem uns 105 anos-luz



# Cadê o resto do meu 1TB???





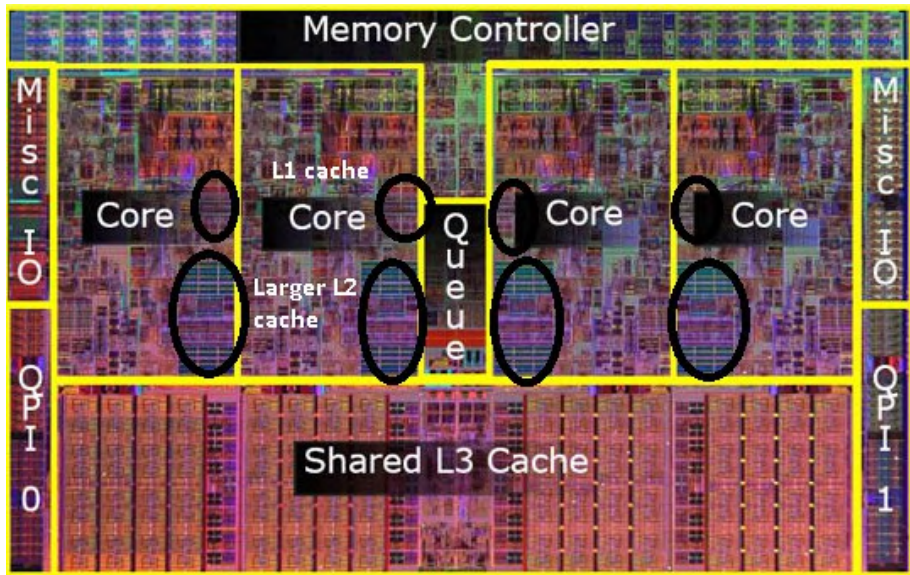
# Diferentes unidades → Confusão!!

Decimal		Binary		
Value	Metric	Value	IEC	Memory
1000	kB kilobyte	1024	KiB kibibyte	KB kilobyte
1000 <sup>2</sup>	MB megabyte	1024 <sup>2</sup>	MiB mebibyte	MB megabyte
1000 <sup>3</sup>	GB gigabyte	1024 <sup>3</sup>	GiB gibibyte	GB gigabyte
1000 <sup>4</sup>	TB terabyte	1024 <sup>4</sup>	TiB tebibyte	TB terabyte
1000 <sup>5</sup>	PB petabyte	1024 <sup>5</sup>	PiB pebibyte	–
1000 <sup>6</sup>	EB exabyte	1024 <sup>6</sup>	EiB exbibyte	–
1000 <sup>7</sup>	ZB zettabyte	1024 <sup>7</sup>	ZiB zebibyte	–
1000 <sup>8</sup>	YB yottabyte	1024 <sup>8</sup>	YiB yobibyte	–
1000 <sup>9</sup>	RB ronnabyte		–	
1000 <sup>10</sup>	QB quettabyte		–	

# Tipos de Memória

- **SRAM** - *Static Random Access Memory*
  - “Seguram” os dados enquanto houver alimentação de energia
  - Usadas em Registradores e *Cache*
- **DRAM** - *Dynamic Random Access Memory*
  - **SDRAM** - *Synchronous DRAM*
  - **DDR SDRAM** - *Double Data Rate SDRAM*
  - **DDR2, DDR3, DDR4, DDR5, ...**
- **ROM** - *Ready-Only Memory*
  - PROM - *Programmable Ready-Only Memory*
  - EPROM - *Erasable Programmable Ready-Only Memory*
  - EEPROM - *Electrically Erasable Programmable Ready-Only Memory*

# Memórias Cache no Processador



# Gerações de Memórias DDR

Geração	Lançamento	(MB/s)	Voltagem (V)
SDR <sup>4</sup>	1993	800 - 1600	3.3
DDR <sup>5</sup>	2000	1600 - 3200	2.5
DDR2	2003	3200 - 8533	1.8
DDR3	2007	6400 - 17066	1.5 <sup>6</sup>
DDR4	2014	12800 - 25600	1.2
DDR5	2020	38400 - 67200	1.1
DDR6	(Previsto) 2025+	80000+	i 1.1

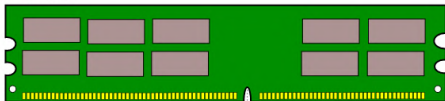
<sup>4</sup> Simple Data Rate

<sup>5</sup> Double Data Rate

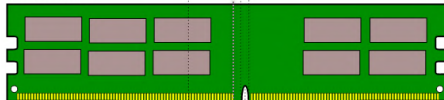
<sup>6</sup> 1.35 para versões de baixo consumo

# Memórias DDR

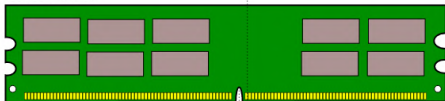
DDR



DDR 4



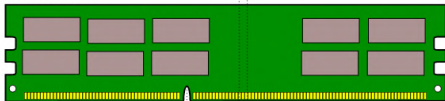
DDR 2



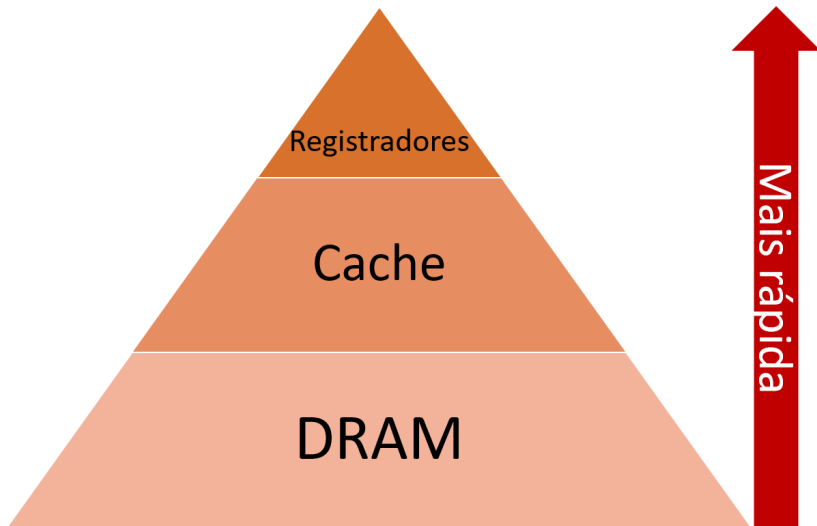
DDR 5



DDR 3



# Tipos de Memória



# Memória Secundária

A memória secundária utiliza várias tecnologias que permitem o **armazenamento de longo prazo** de um **volume muito grande** de dados, mesmo **sem alimentação de energia**

## ● Fita Magnética

- Armazena grande volume de dados com baixo custo
- Custo por GB entre \$0.008 e \$0,02 contra \$0,033<sup>7</sup>
- Acesso sequencial aos dados
- Muito usada para backup (durabilidade de 15-30 anos)

## ● Disco Magnético

- Acesso aleatório aos dados
- Meio mais utilizado atualmente
- Podem ser flexíveis (disquetes, praticamente extintos) ou rígidos (HDs)
- HDs duram em média de 5-10 anos

---

<sup>7</sup><https://www.forbes.com/sites/tomcoughlin/2016/07/24/the-costs-of-storage/>

# Cartucho de Fita Magnética



<sup>7</sup>By Austinmurphy at English Wikipedia, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3767922>



## Exemplo: *Tape Library*<sup>8</sup>



### **Tape Library**

IBM TS4500

Até 13 Petabytes de armazenamento



<sup>8</sup><https://youtu.be/Bde8wJtzRx8>

# Memória Secundária

## ● Discos Ópticos

- Um laser é utilizado para ler/gravar a superfície de um disco
- Tornaram-se uma alternativa muito mais interessante que os discos flexíveis
- Várias versões e capacidades: CD-ROM, CD-RW, DVD-R, DVD-RW, BlueRay, ...
- Seguem o mesmo caminho de extinção dos discos flexíveis

## ● Armazenamento em Nuvem

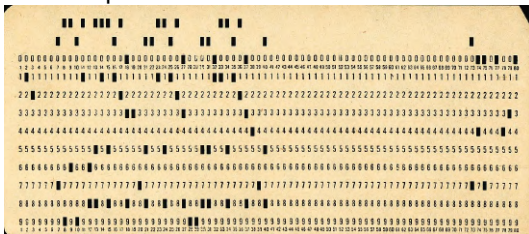
- Tornaram-se populares com o aumento da velocidade da internet e barateamento dos dispositivos de armazenamento
- Dropbox, Onedrive, Amazon S3, Google Drive, ...

# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Teclado (membrana, mecânico)



- Cartões perfurados



# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- *Mouse*



- Cartão com fita magnética



# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Sensores de movimentos



- Reconhecimento de voz



- *Scanners - OCR (Optical Character Recognition)*

# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Código de barras

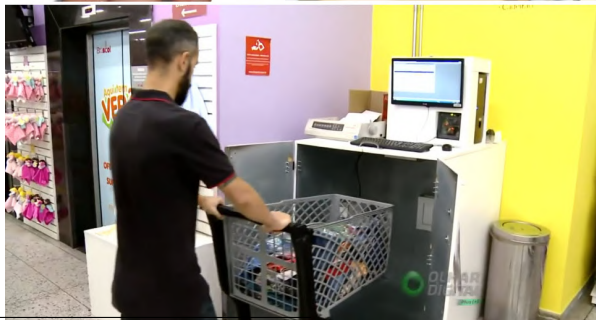
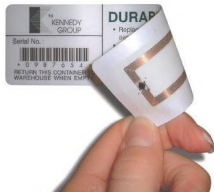


- QR-Code



# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- RFID<sup>9</sup>- *Radio Frequency Identification*



<sup>9</sup>Vídeo: <https://youtu.be/SiPk03VJBfM>

# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Telas (CRT → LCD → LED → OLED → QLED)





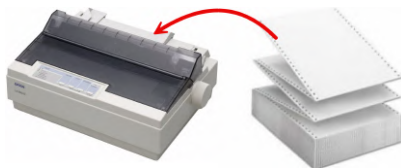
# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Placas Gráficas (GPU - *Graphical Processing Unit*)
  - GPU + VRAM (Video RAM)
  - Libera a CPU para outras tarefas
  - Placas gráficas hoje são praticamente um outro computador dentro do computador.



# Tecnologias de Entrada e Saída de Dados

- Impressoras (matriciais, jato de tinta, laser)



- Plotters

- Impressoras 3D



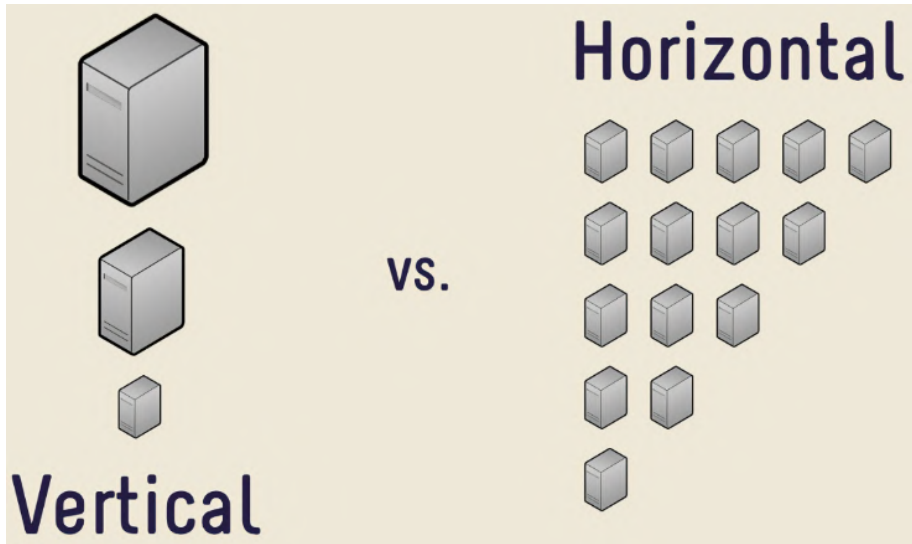
# Tipos de Computadores

- Computadores vestíveis (*wearable*)
  - Ex. *smartwatches*, *fitness trackers*
- *Smartphones*
- Computadores portáteis
  - Ex. *Tablet*, *notebooks*
- *Thin Clients*
  - Computadores compactos e baratos que servem de terminal de acesso para um servidor.
- *Desktops e workstations*

# Servidores

- Um servidor é um computador utilizado por vários usuários para uma determinada tarefa
  - Servidor de Banco de Dados
  - Servidor WEB
  - Servidor de Aplicação, Backup, mídia, arquivos, email, ...
- Servidores devem ser escaláveis (*scalability*)
- Escalabilidade pode ser **vertical** ou **horizontal**
  - **Vertical** - melhorar a capacidade de um único servidor
  - **Horizontal** - adicionar mais servidores e distribuir a carga

# Escalabilidade Vertical $\times$ Horizontal



# Escalabilidade Vertical $\times$ Horizontal

**Vertical**



**Horizontal**



# Servidores

## ● Mainframes

- Computadores de grande porte que atendem um grande número de usuários e dão suporte aos negócios da empresa
- Geralmente utilizados por grandes corporações (bancos, cartões de crédito)
- Aplicações executadas em mainframes no Brasil: Imposto de Renda, Folha de pagamento do governo, Jogos Online, IPVA, licenciamento, contas de telefone e energia, Vendas de bilhetes de transportes, ...

## ● Supercomputadores

- Computadores de grande poder de processamento otimizado para computação científica
- Muito comum se utilizar GPUs hoje para se construir “supercomputadores”
- O mais poderoso em atividade é o Frontier (8.699.904 núcleos, 1.194 PFlops)<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup><https://top500.org/lists/top500/2023/11/>

# Servidores

## • *Data Centers*

- Prédio que hospeda o hardware que armazena e processa os serviços e dados de uma (ou várias) organizações
- *Data Centers* muitas vezes demandam o equivalente à pequenas ou médias cidades em eletricidade
- São classificados em *tiers* que vão de 1-4 de acordo com o nível de proteção oferecida:

<b>Critério</b>	<b>Tier1</b>	<b>Tier2</b>	<b>Tier3</b>	<b>Tier4</b>
Uptime (%)	99,671	99,746	99,982	99,995
Tolerância à falhas	-	Parcial	N+1	2(N+1)
Proteção para falhas	-	Algumas horas	72h	96h

OBS: "N" representa o número de equipamentos necessários para o datacenter funcionar.



# Servidores

- **Amazon Web Services (AWS)**

- Responsável por cerca de 67%<sup>11</sup> do lucro da Amazon
- Controla cerca de 33%<sup>12</sup> do mercado de datacenters
- Possui 47,8% do setor de IaaS - *Infrastructure as a Service*
- De todas as empresas que utilizam computação em nuvem de alguma forma, 64% utilizam algum serviço da AWS
- Alguns dos sites/serviços na AWS: Netflix, Twitch, LinkedIn, Facebook, BBC, Baidu, ESPN, Twitter, Airbnb, Disney, McDonalds, NASA, Reddit, Ubisoft, ...

---

<sup>11</sup><https://tinyurl.com/5bf2wkf2>

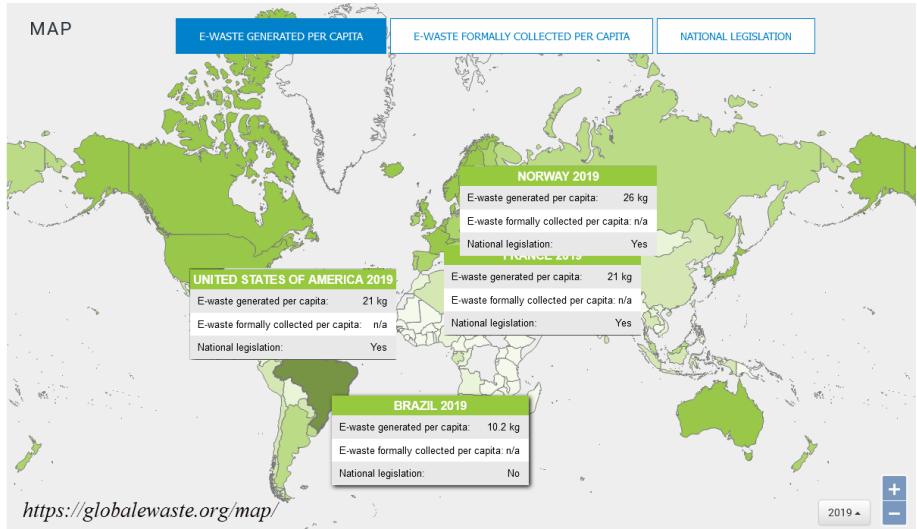
<sup>12</sup>Microsoft tem 18% e Google tem 9%

# Servidores

- **Green Computing**

- Consiste na preocupação em projetar, fabricar, operar e descartar produtos relacionados à tecnologia de maneira eficiente e ambientalmente responsável
- Possui três objetivos:
  - reduzir o uso de material perigoso
  - permitir que as empresas reduzam seu consumo de energia
  - habilitar o descarte seguro ou reciclagem dos equipamentos

# e-Waste



## Referência para esta aula

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípios de Sistemas de Informação**. Tradução da 9 edição americana. Cengage, 2013. cap. 3

# Referências I

STAIR, Ralph; REYNOLDS, George. **Principles of Information Systems**. 13. ed.: Cengage Learning, 1 jan. 2017. 752 p.

STAIR, Ralph M.; REYNOLDS, George W. **Princípios de Sistemas de Informação**. Tradução da 9 edição americana. Cengage, 2013.