

Introdução ao Processamento Paralelo e Distribuído



Vídeoaula

Notas dos slides

APRESENTAÇÃO

O presente conjunto de slides pertence à coleção produzida para a disciplina *Introdução ao Processamento Paralelo e Distribuído* ofertada aos cursos de bacharelado em Ciência da Computação e em Engenharia da Computação pelo Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas.

Os slides disponibilizados complementam as videoaulas produzidas e tratam de pontos específicos da disciplina. Embora tenham sido produzidos para ser assistidos de forma independente, a sequência informada reflete o encadeamento dos assuntos no desenvolvimento do conteúdo programático previsto para a disciplina.



2

Notas da videoaula

DESCRIÇÃO

Nesta videoaula é apresentada uma revisão de conceitos associados à arquitetura de computadores, apontando classificações de arquiteturas de computadores e caracterizando níveis de extração de paralelismo.

OBJETIVOS

Nesta videoaula o aluno conhecerá as arquiteturas de computadores exploradas no processamento paralelo e distribuído e saberá identificar os diferentes níveis de paralelismo expostos.

3

“ The difference between good and bad architecture is the time you spend on it.

David Chipperfield

Provavelmente eu vejo nesta frase outro significado daquele que foi seu original.

4

Introdução ao Processamento Paralelo e Distribuído

Revisão: Arquitetura de Computadores ou melhor:
Onde o paralelismo reside?

Arquiteturas Paralelas e Distribuídas

As arquiteturas paralelas e distribuídas são onipresentes:

- Os servidores nos datacenters dos grandes provedores de serviços de nuvem
- No seu desktop/laptop
- No seu celular
- E mesmo no seu smartwatch

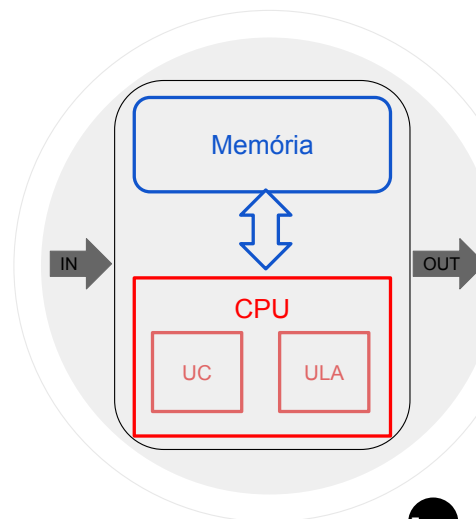


6

Arquitetura de Von Neumann

- Modelo básico das arquiteturas de computadores

Diferentes níveis de paralelismo na arquitetura são obtidos decompondo e/ou multiplicando estes componentes ou ainda introduzindo elementos de otimização na sua operação.



7

Arquitetura de Von Neumann

Questão 1

Qual é o modelo de programação nas arquiteturas Von Neumann?

Questão 2

É possível melhorar a qualidade dos programas caso as características das arquiteturas sejam conhecidas?

Questão 3

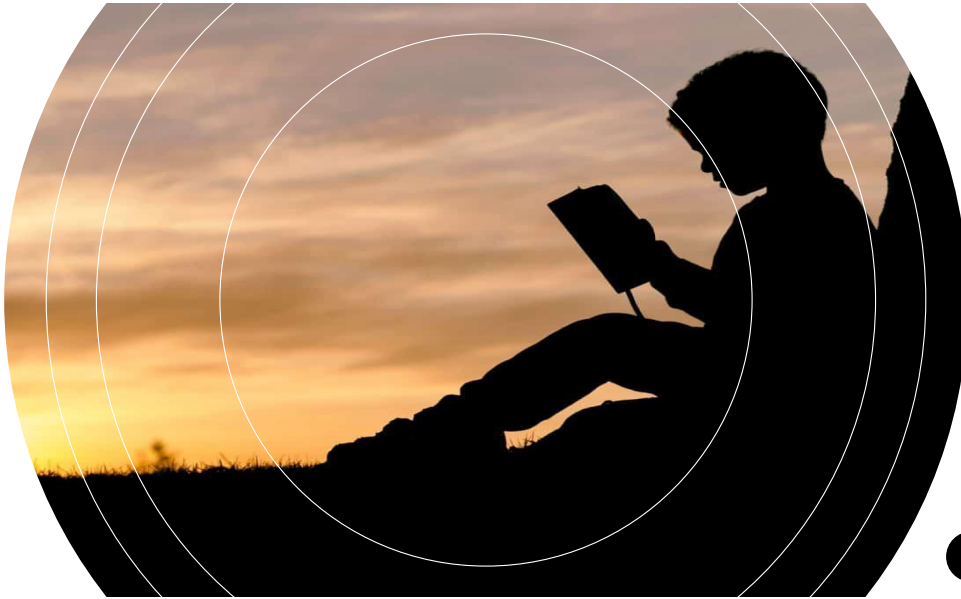
Qual é o gargalo da arquitetura de Von Neumann?

Questão 4

Como é possível reduzir o impacto no desempenho de programas do gargalo de Von Neumann?



8



9

Arquitetura de Von Neumann

Questão 1

Qual é o modelo de programação nas arquiteturas Von Neumann?

Questão 2

É possível melhorar a qualidade dos programas caso as características das arquiteturas sejam conhecidas?

Questão 3

Qual é o gargalo da arquitetura de Von Neumann?

Questão 4

Como é possível reduzir o impacto no desempenho de programas do gargalo de Von Neumann?



10

Classificações

Existem duas classificações populares:

- Quanto aos fluxos de execução e de dados na arquitetura
- Quanto à estrutura de organização dos componentes
- Quanto à granularidade



11

Classificação Quanto aos Fluxos

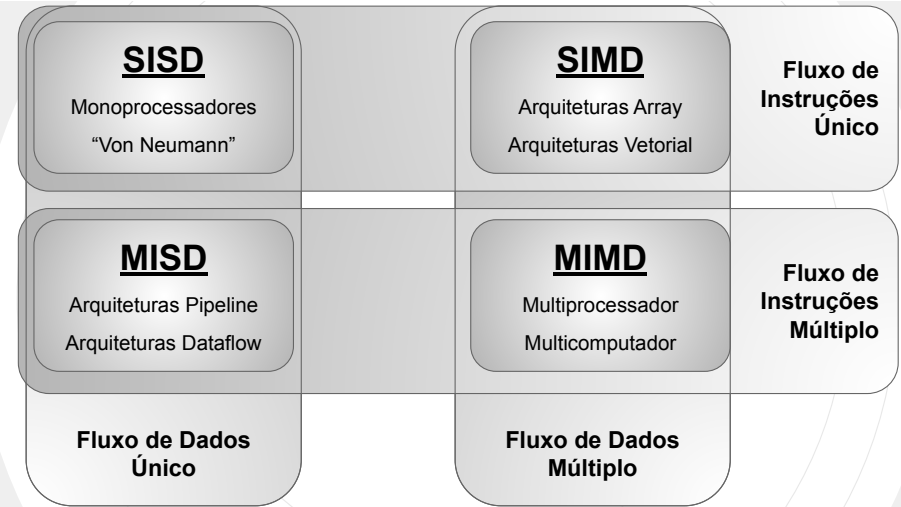
- Conhecida classificação de Michael J. Flynn:
 - Uma sequência de instruções na memória, descrevendo um programa, consiste no **fluxo de instruções**
 - As operações executadas sobre os dados na CPU constituem o **fluxo de dados**



12

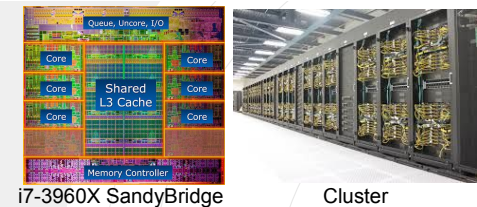
Classificação Quanto aos Fluxos

- Conhecida classificação de Michael J. Flynn:
- Uma sequência de instruções na memória, descrevendo um programa, consiste no **fluxo de instruções**
- As operações executadas sobre os dados na CPU constituem o **fluxo de dados**



13 Classificação Quanto aos Fluxos

14



Cluster

As instruções, nos diferentes processadores, manipulam diferentes conjuntos de dados



15 Classificação Quanto aos Fluxos

16

Classificação Quanto aos Fluxos

Uma única sequência de instruções é executada na única unidade de controle

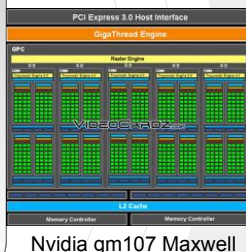
SIMD

Arquiteturas Array
Arquiteturas Vetorial

Fluxo de Instruções Único

As instruções, nas diferentes unidades de execução, manipulam diferentes conjuntos de dados

Fluxo de Dados Múltiplo



Os elementos de processamento transformam um dado e o enviam ao elemento de processamento seguinte

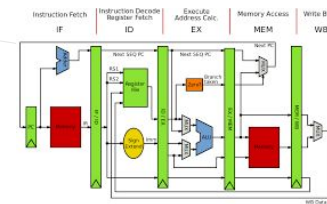
MISD

Arquiteturas Pipeline
Arquiteturas Dataflow

Fluxo de Dados Único

Cada elemento de processamento executa uma diferente sequência de instruções

Fluxo de Instruções Múltiplo



Classificação Quanto aos Fluxos

17

Classificação Quanto aos Fluxos

18

Classificação Quanto à Estrutura

Determinado pelo grau de acoplamento:

Espaço de endereçamento único e uma única instância do sistema operacional: **fortemente acoplado**

Espaço de endereçamento distribuído e diferentes instâncias do sistema operacional: **fracamente acoplado**



19

Classificação Quanto à Estrutura

Determinado pelo grau de acoplamento:

Fortemente acoplado: Multiprocessador

Uma instância única do sistema operacional gere todos os recursos da arquitetura e um espaço de endereçamento compartilhado garante o substrato de comunicação

Fracamente acoplado: Multicomputador

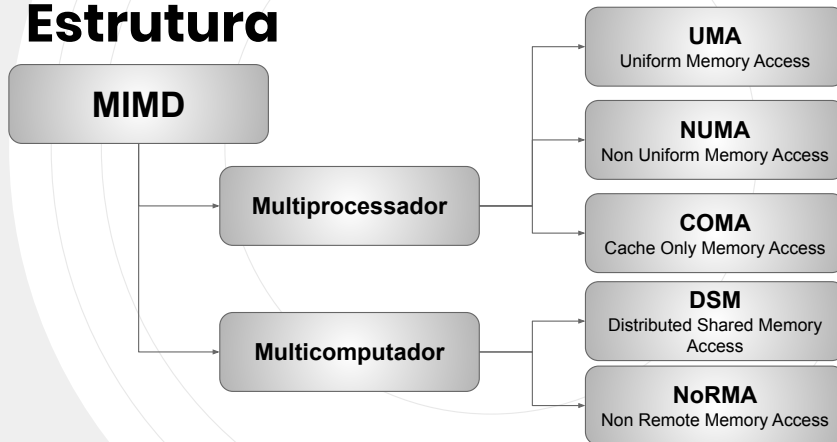
Cada nó da arquitetura é um computador completo, possuindo uma instância própria do sistema operacional, havendo uma estrutura de interconexão de rede permitindo a comunicação

MIMD

Multiprocessador
Multicomputador

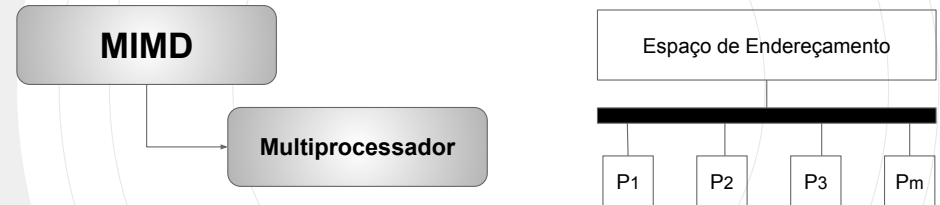
20

Classificação Quanto à Estrutura



21

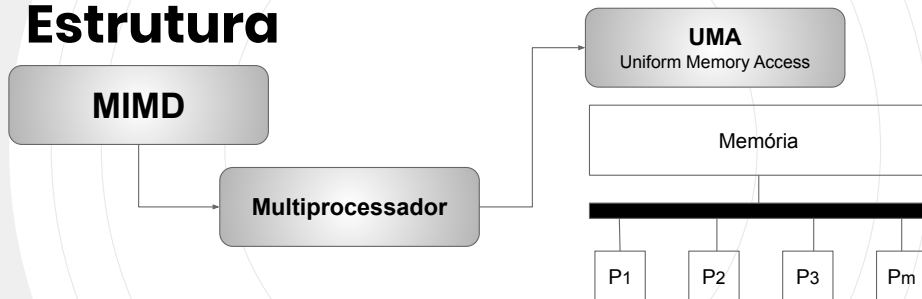
Classificação Quanto à Estrutura



Qualquer processador multicore das máquinas atuais; os servidores de alto desempenho possuem processadores organizados em estruturas que refletem esta arquitetura.

22

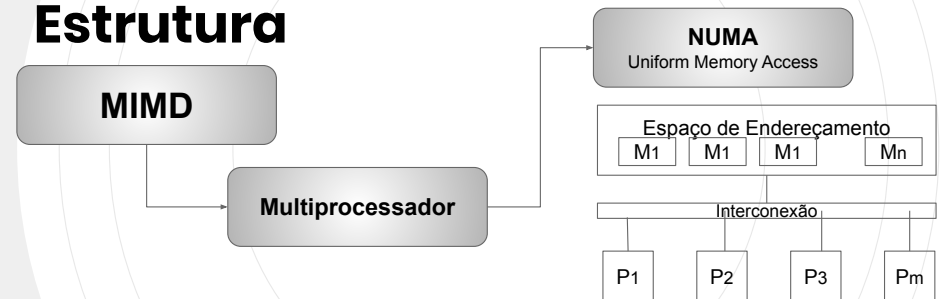
Classificação Quanto à Estrutura



Qualquer processador multicore das máquinas atuais. É uma arquitetura dotada de uma memória centralizada, na qual, o tempo de latência para acesso de um determinado endereço de memória é fixo, independente da CPU que realiza o acesso.

23

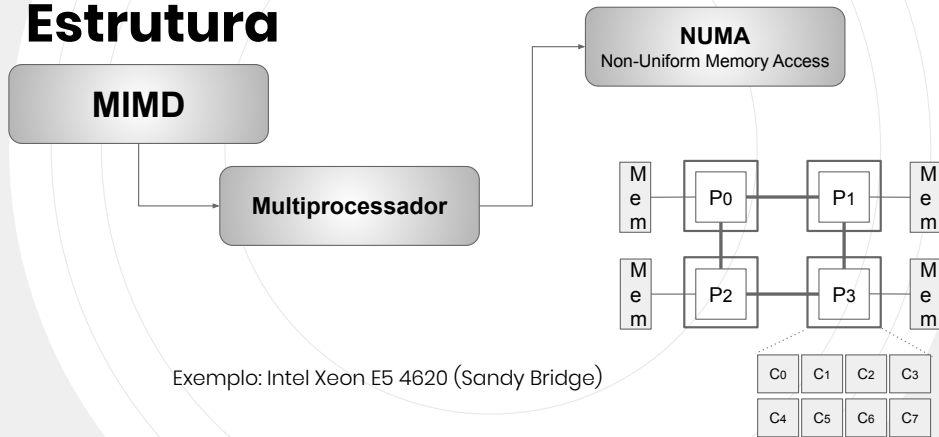
Classificação Quanto à Estrutura



O espaço de endereçamento é compartilhado entre as CPUs, no entanto os módulos de memórias estão organizados de forma que as distâncias, e, por consequência, os tempos de latência, às CPUs é diferente.

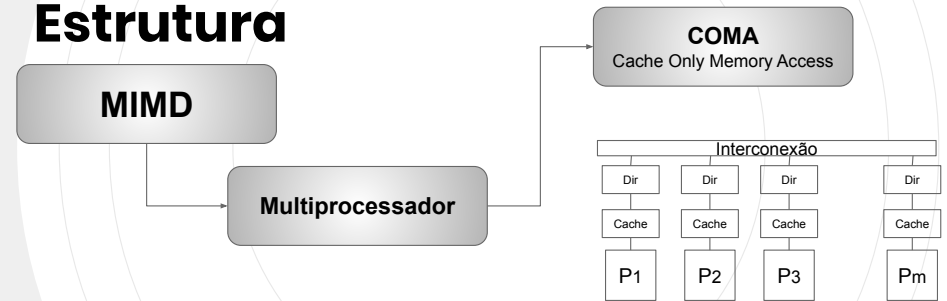
24

Classificação Quanto à Estrutura



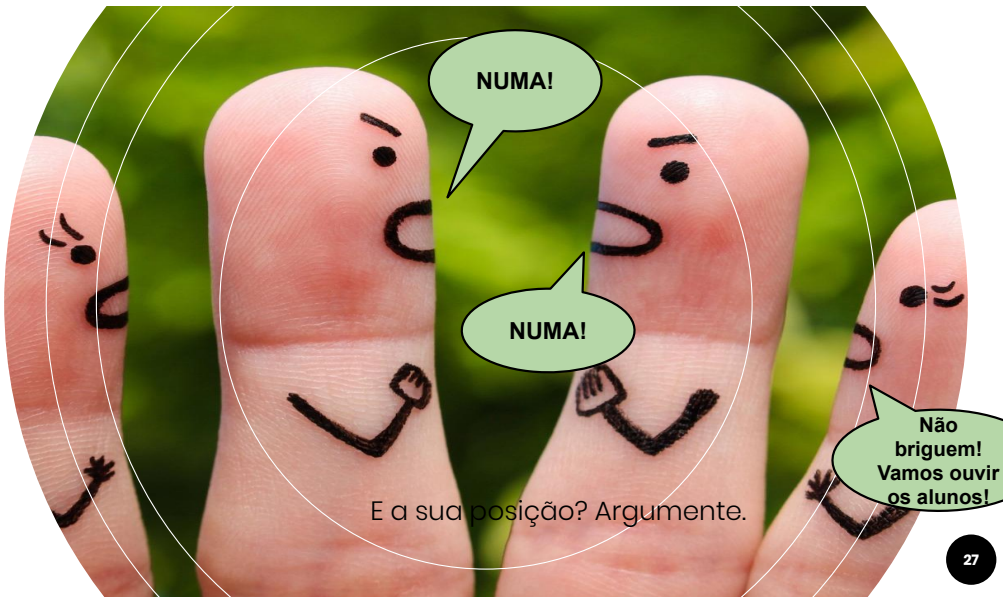
25

Classificação Quanto à Estrutura



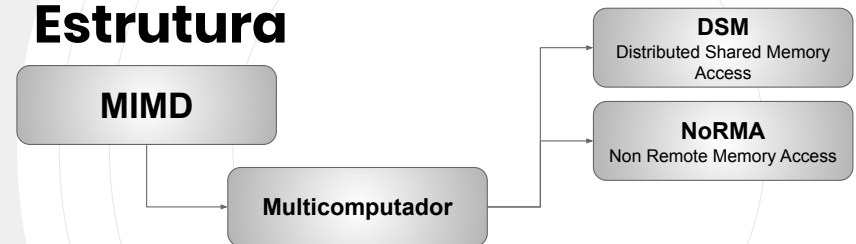
Caso particular, onde um esquema de cache / diretório mantém os dados compartilhados.

26



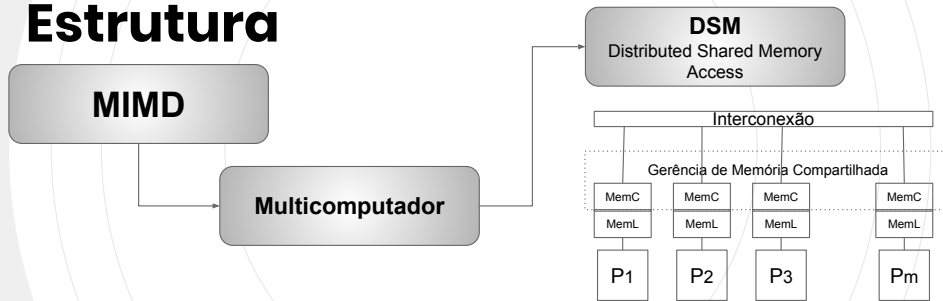
27

Classificação Quanto à Estrutura



28

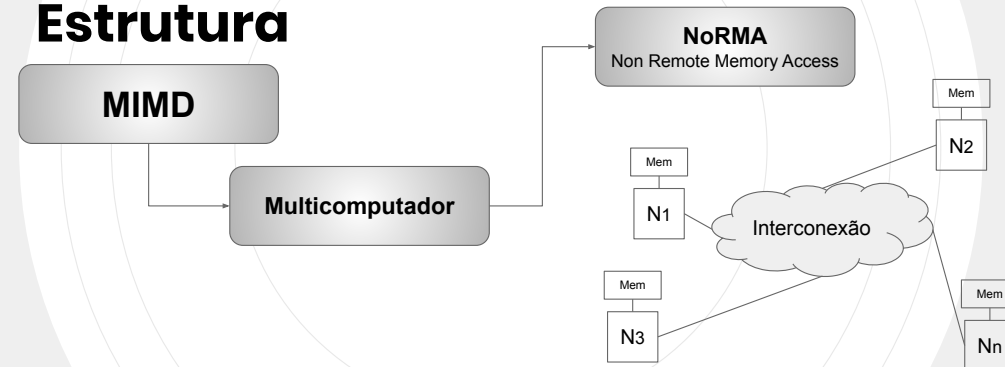
Classificação Quanto à Estrutura



Esquema, mantido em hardware ou software, em que utiliza um mecanismo semelhante à paginação de memória.

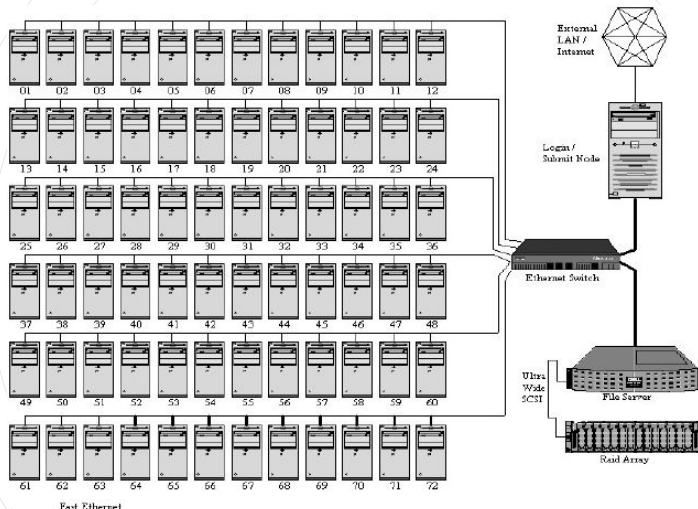
29

Classificação Quanto à Estrutura



Computadores completos e autônomos cooperam entre si via uma rede de comunicação, não existindo nenhum compartilhamento de memória ou espaço de endereçamento.

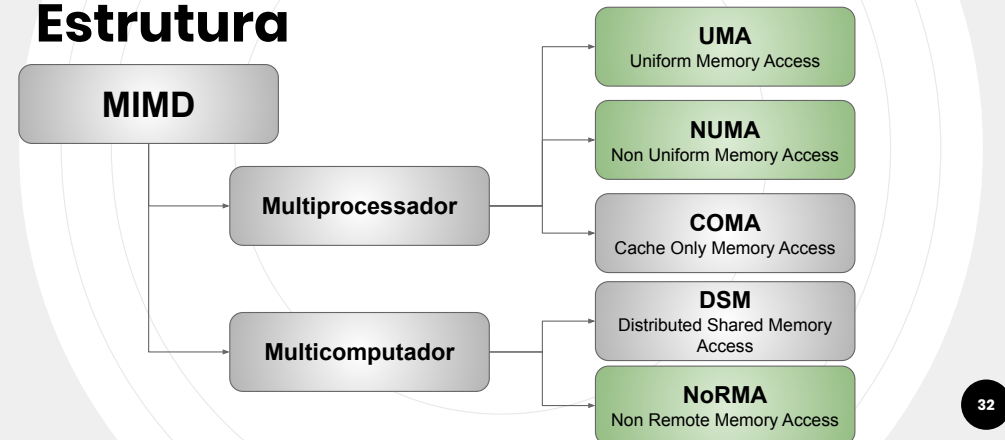
30



Abdelguerfi, Mahdi & Mahadevan, Venkata & Challier, Nicolas & Flanagan, Maik & Shaw, Kevin & Ratcliff, Jay. (2020). A High Performance System for Viewing, Querying, and Retrieval of Geospatial Data Distributed Across a Beowulf Cluster.

31

Classificação Quanto à Estrutura



32

Classificação Quanto à Granularidade

Indica a carga de processamento definida pela unidade de cálculo:

- Menor a carga de processamento, menor a granularidade
- Maior a carga de processamento, maior a granularidade



33

Classificação Quanto à Granularidade

- Ao nível de instrução
- Ao nível de fluxo de execução
- Ao nível de processo
- Ao nível de aplicação



34

Classificação Quanto à Granularidade

- **Ao nível de instrução**
 - Pipeline
 - Vetorial
 - Superescalar
 - Execução especulativa
 - ...
- Ao nível de fluxo de execução
- Ao nível de processo
- Ao nível de aplicação



35

Classificação Quanto à Granularidade

- Ao nível de instrução
- **Ao nível de fluxo de execução**
 - Simultaneous Multithreading (SMT)
 - Multicore
 - Multiprocessador
- Ao nível de processo
- Ao nível de aplicação



36

Classificação Quanto à Granularidade

- Ao nível de instrução
- Ao nível de fluxo de execução
- Ao nível de processo
 - **Clusters/Bewolf/Aglomerados**
 - **Constelações**
 - **Massive Parallel Processors (MPP)**
 - **Grid Computing**
- Ao nível de aplicação



37

Classificação Quanto à Granularidade

- Ao nível de instrução
- Ao nível de fluxo de execução
- Ao nível de processo
- Ao nível de aplicação
 - **Computação em rede**
 - **Cloud Computing**



38

Onde estão estes computadores?



39

Onde estão estes computadores?

Podemos encontrar alguns em:

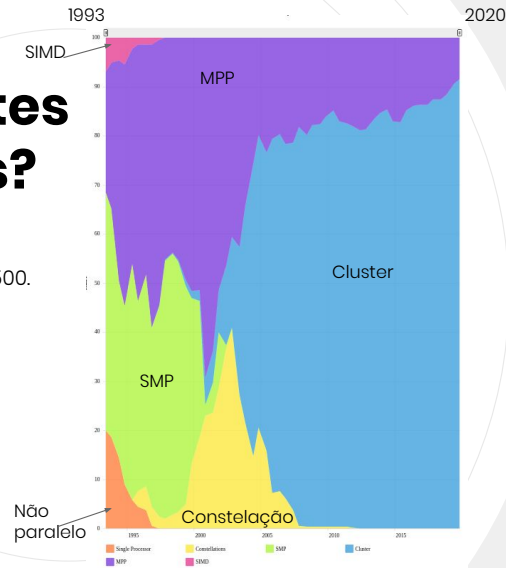


O Top500 apresenta uma lista dos 500 computadores de uso geral mais potentes do mundo. O benchmark LINPACK é utilizado para verificar o poder computacional das máquinas e a adesão a esta lista é voluntária (ou seja, nem todas as máquinas estão de fato nesta lista). A lista Top500 é atualizada duas vezes por ano, em junho e novembro, desde 1993.

40

Onde estão estes computadores?

Visão histórica da participação das diferentes arquiteturas na lista do Top500.



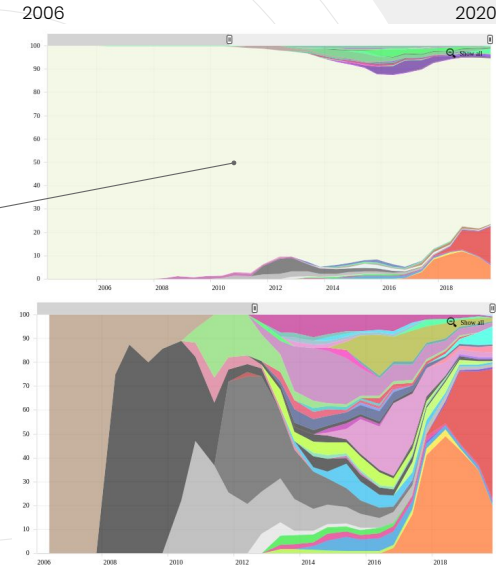
41

Onde estão estes computadores?

Ingresso, no Top500, de arquiteturas com aceleradores (como GPUs) em 2006. No primeiro gráfico, a maior superfície representa sistemas que não utilizam aceleradores. No segundo, é observada a participação dos tipos de acelerador entre os sistemas que utilizam este tipo de recurso.

Sem acelerador

Participação entre as tecnologias



Onde estão estes computadores?

Participação do Brasil na última lista

| Rank | System | Cores | Rmax (TFlop/s) | Rpeak (TFlop/s) | Power (kW) |
|------|--|--------|----------------|-----------------|------------|
| 193 | Santos Dumont [SDumont] - Bull Sequana X1000, Xeon Gold 6252 24C 2.1GHz, Mellanox InfiniBand EDR, NVIDIA Tesla V100 SXM2 , Atos Laboratório Nacional de Computação Científica Brazil | 33,856 | 1,849.0 | 2,727.0 | |
| 195 | Fênix - SYS-1029GQ-TRT, Xeon Gold 5122 4C 3.6GHz, InfiniBand EDR, NVIDIA Tesla V100 , Atos Petróleo Brasileiro S.A Brazil | 48,384 | 1,836.0 | 4,297.4 | 287 |
| 347 | Ogbon Cimatec/Petrobras - Bull Sequana X1000, Xeon Gold 6240 18C 2.6GHz, Mellanox InfiniBand EDR, NVIDIA Tesla V100 SXM2 , Atos SENAI CIMATEC Brazil | 27,768 | 1,605.0 | 2,323.3 | |

E meu possante? Como estaria nesta?

Execute dois benchmarks para avaliar o desempenho de seu computador:

- LINPACK
 - <http://www.panticz.de/Linpack>
- NPB
 - <https://www.nas.nasa.gov/publications/npb.html>

Baixe estes dois benchmarks em seu computador, execute, anote e compartilhe suas impressões com os colegas neste [formulário](#) (exige login na sua conta @inf).

Opte pelas versões Pthreads neste momento!

<https://forms.gle/rRCeWFKmP5vuYesM7>



44

Glossário

- **Benchmark:** Programa, ou conjunto de programas, desenvolvido para avaliar aspectos de desempenho de um sistema computacional,



45



Obrigado!

46