

Programação em Computação Paralela e Distribuída

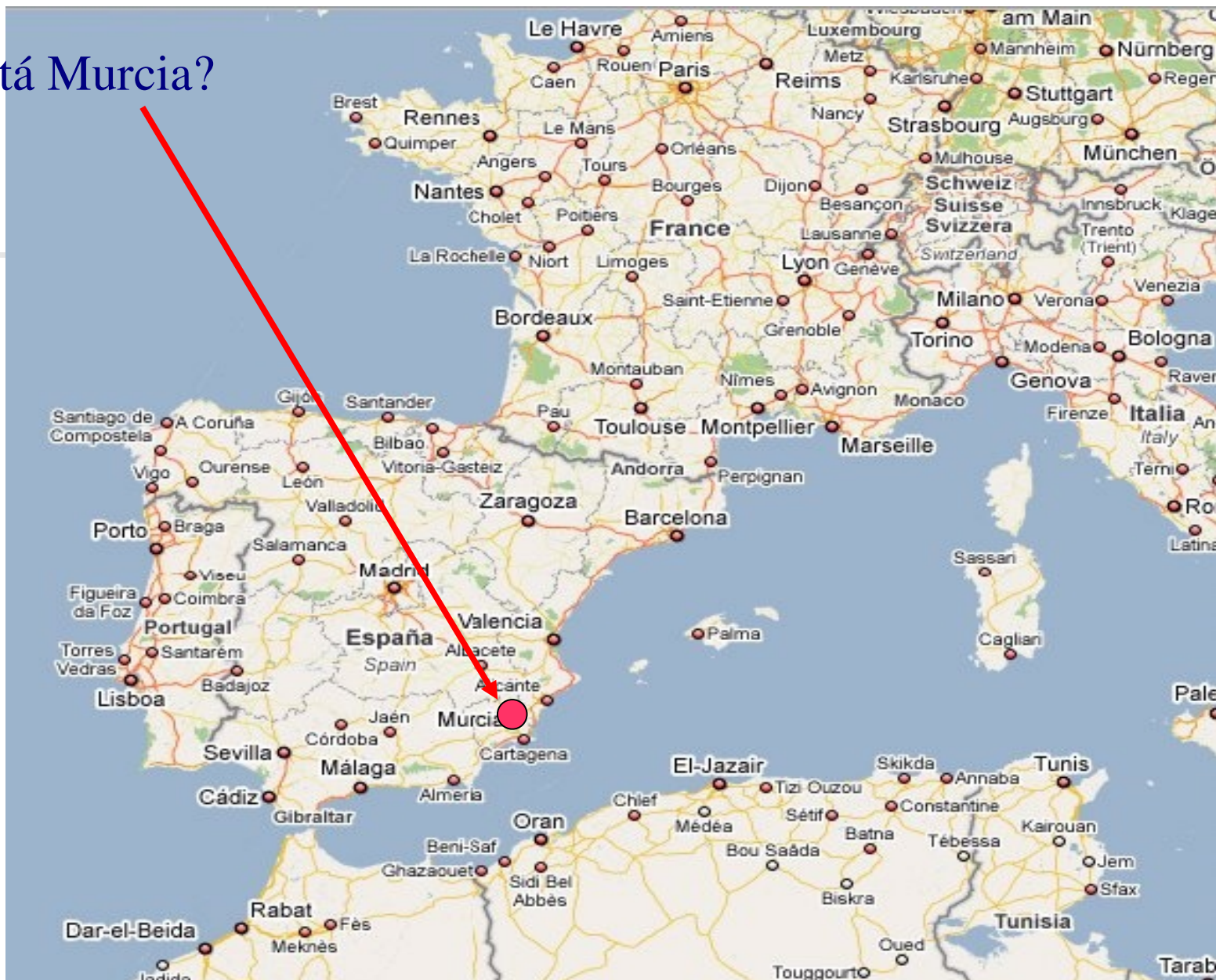
Laboratório, ERBASE 2009



Domingo Giménez
Universidad de Murcia, Spain
Grupo de Computación Paralela
<http://dis.um.es/~domingo>

Murilo Boratto
UFBa
Leandro Coelho
UNEB

Onde está Murcia?





Temas de Pesquisa

- Programação paralela: esquemas
- Algorítmicos paralelos, auto-otimização
- Código paralelo, ferramentas de paralelização
- Aplicações da programação paralela

Temas de Pesquisa?



Conenido do laboratório

- Introdução à Computação Paralela: Perspectivas e Aplicações
- Programação OpenMP
- Programação MPI
- Programação Híbrida
- Esquemas Algoritmos Paralelos

Material, documentação, exemplos

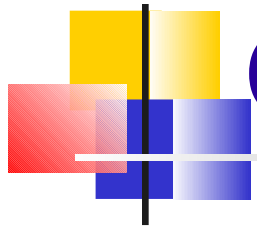
<http://dis.um.es/~domingo/investigacion.html>

Francisco Almeida, Domingo Giménez,
José Miguel Mantas, Antonio M. Vidal:

Introducción a la Programación Paralela

Paraninfo Cengage Learning, 2008





Computação Paralela

- Vários processadores trabalham juntos para resolver um problema:
 - Cada processador trabalha numa parte do problema
 - Os processadores trocam informação:
 - memória comum (Shared Memory Model, OpenMP)
 - rede de conexão (Message Passing Model, MPI)



Computação Paralela

- Ferramentas de memória compartilhada:
 - pthreads
 - Threading Building Blocks
 - OpenMP
- Ferramentas de passo de mensagens:
 - BSP
 - PVM
 - MPI



Computação Paralela

Necessidade da computação paralela:

- problemas de alto custo computacional
 - estudos meteorológicos
 - estudo do genoma humano
 - modelagem da biosfera
 - simulação de moléculas...
- problemas de tempo real
 - visão
 - controle...



Computação Paralela

- Limitações dos computadores seqüenciais:
 - memória
 - velocidade
 - relação custo/benefício
- Solução paralelismo:
 - com mais computadores mais memória e mais velocidade
 - custo proporcional ao número de processadores



Computação Paralela

- Dificuldades físicas da computação paralela:
 - integração de componentes
 - dissipação de calor
 - aumento da complexidade no acesso aos dados
- Dificuldades lógicas da computação paralela:
 - programar em paralelo é mais complexo
 - maior dificuldade no desenvolvimento de compiladores
 - necessidade de estándares (OpenMP, MPI)



Computação Paralela

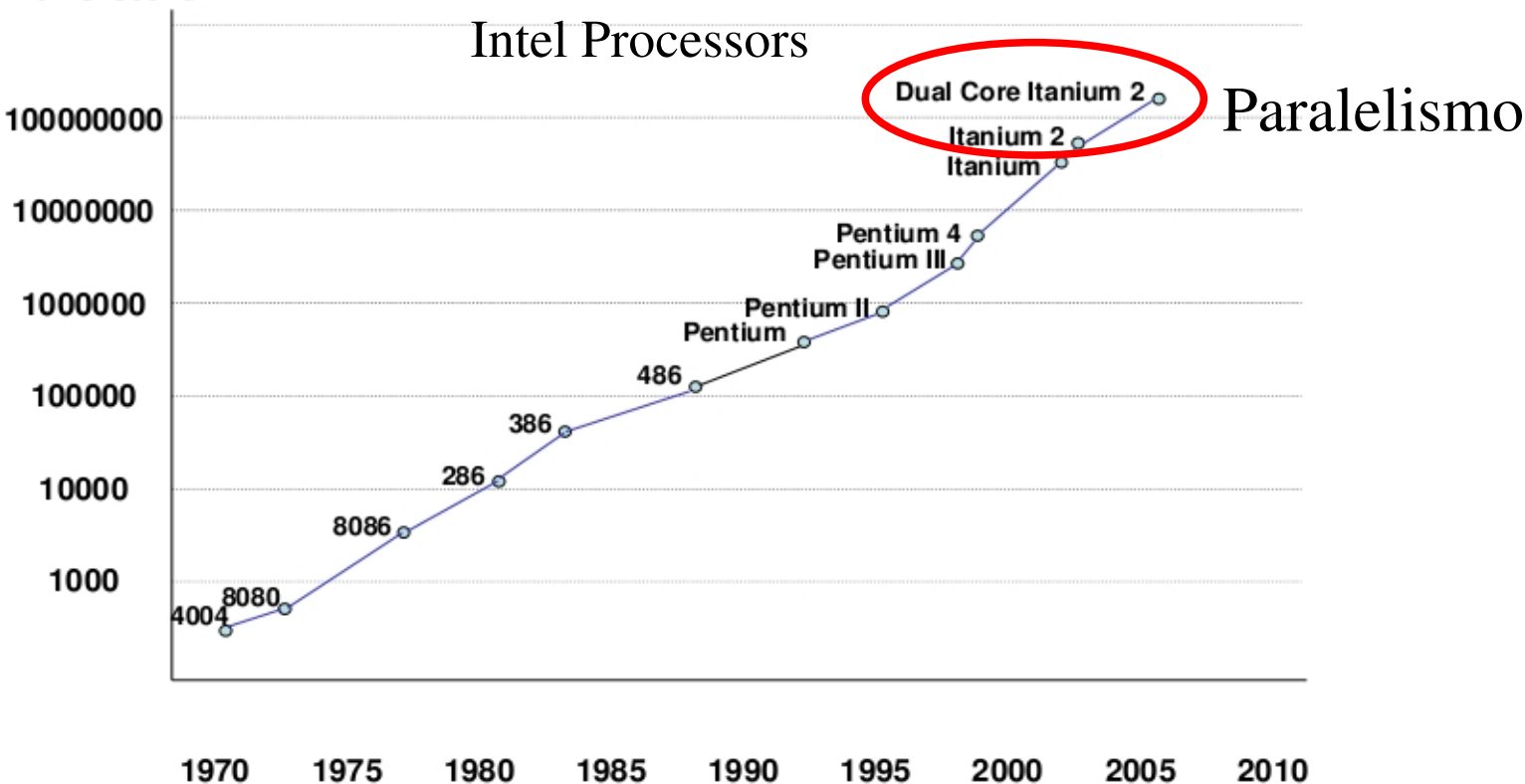
- **Paralelismo em computadores seqüenciais:**

- Segmentação pipeline
- Múltiplas unidades funcionais
- Paralelismo a nível de instrução
- A memória se divide em blocos
- A memória está organizada hierarquicamente
- Execução fora de ordem
- co-processadores de entrada/saída
- ...

Computação Paralela

- **Lei de Moore:** a capacidade de processamento dos processadores integrados dobra a cada 18 meses

Transistors





Computação Paralela

Diferentes possibilidades de computação paralela:

- Vários processadores num chip
- Processadores embebidos
- LAN (Local Area Network)
- Processadores gráficos. GPGPU
- Supercomputadores
- Grid computing
- Web computing
- Cloud computing
- Ubiquitous computing
- ...



Computação Paralela

- Multicore:
 - Computador portátil e de sobremesa: Dual core, bipro, quad...
 - Intel, SUN, AMD, CELL...
 - Futuro: manycore
 - Programação com threads, TBB, OpenMP



Computação Paralela

- Processadores específicos:
 - Processadores gráficos. GPGPU
 - Digital Signal Processors
 - FPGA e processadores embebidos
 - Games, PS3...
 - Ferramentas não estándar de programação
- Futuro:
 - Integração com processadores de propósito geral
 - Estándar de programação



Computação Paralela

- Redes de processadores e computação distribuída:
 - LAN. Redes de altas prestações
 - Grid computing, Web computing, Cloud computing, P2P computing
 - ferramentas específicas
 - Heterogeneidade
 - Virtualização



Computação Paralela

- Computação heterogénea:
 - Clusters heterogéneos
 - CPU+GPU. Heterogeneidade em velocidade, memória e precisão
 - Grid...
- Futuro:
 - Heterogeneidade num chip, com memória compartilhada



Computação Paralela

- Computação ubicua:
 - Grid, Web, P2P, Cloud, telefone móvel...
 - Integração de sistemas diferentes (físicos e lógicos)
 - Heterogeneidade
 - Virtualização
 - On demand services



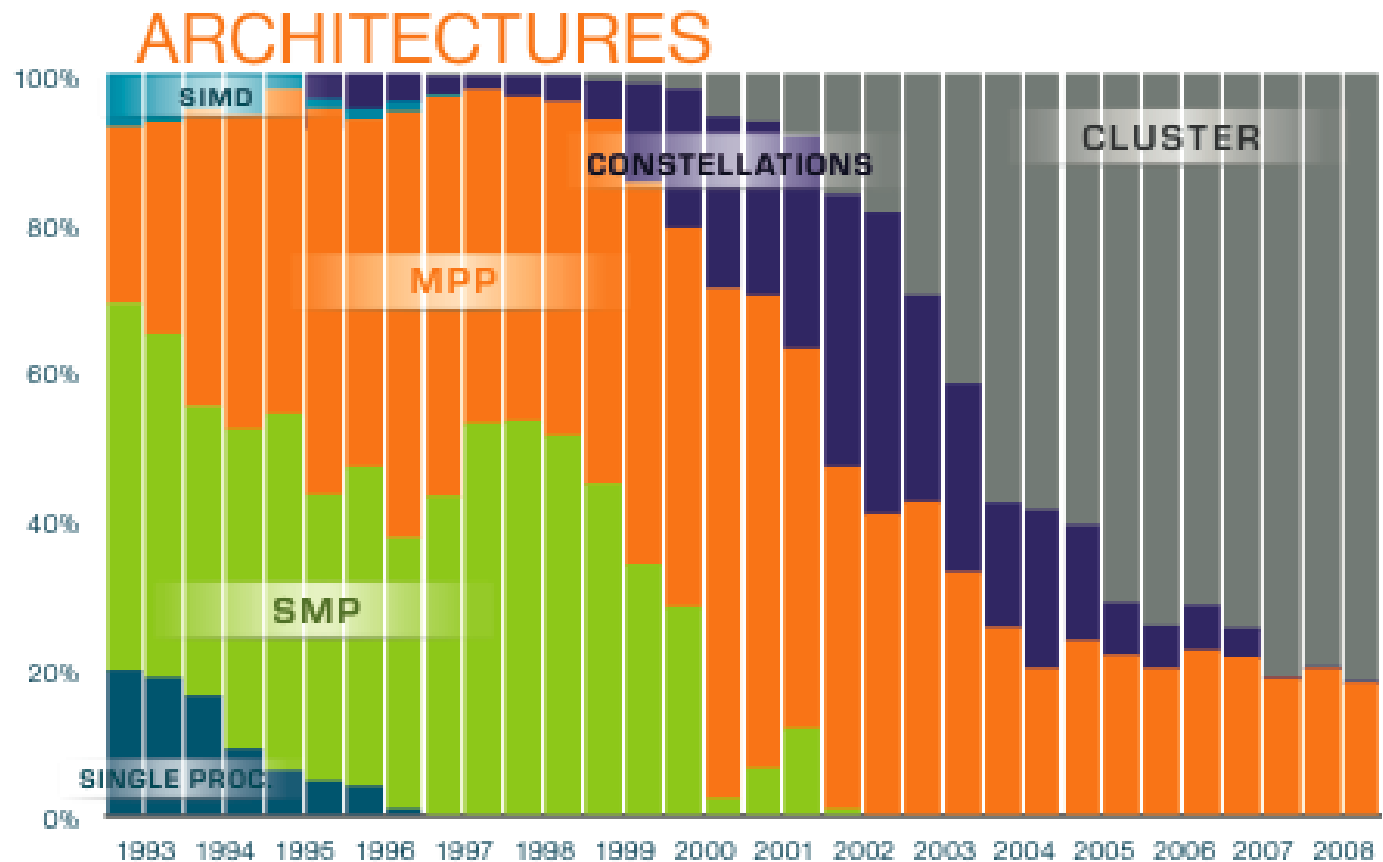
Computação Paralela

- Supercomputing:

- Os problemas com mais demanda computacional nos computadores mais potentes
- Estudos meteorológicos, estudo do genoma humano, modelagem da biosfera, simulação de moléculas...
- Computadores em grandes centros de computação
- Descentralização: computação distribuída, SETI, P2P...

Computação Paralela

TOP500






Computação Paralela

- TOP500 11/08: constellations 2, MPP 88, clusters 410
- Clusters: multicore + rede de conexão
- Dentro do multicore: memória comum, OpenMP
- Entre nodos diferentes: passo de mensagens, MPI
- Possibilidade de programação híbrida
- Programas sequenciais + chamadas ao sistema
- Dentro de alguns nodos GPU

Computação Paralela



1993	2	3	3,5
1994	1	1	2,9
1995	1	1	2,9
1996	0		
1997	1	32	11,39
1998	2	72	25,6
1999	0		
2000	0		
2001	1	128	79,36
2002	2	256	392,5
2003	2	288	632,2
2004	8	3148	11296
2005	4	3844	12408
2006	4	3664	13156
2007	2	2124	10720
2008	2	5008	31780

Brasil

A maioria das máquinas estão
em companhias de petróleo
ou de telecomunicações

Algumas estão em universidades

Universidade Federal do Rio de Janeiro
PGS (Petroleum Geo-Services)



Computação Paralela

Flynn's Taxonomy

		Data	
		Single	Multiple
Instruction	Single	Sequencial	Obsoleto Connection Machine
	Multiple	Mitológico?	Programação paralela



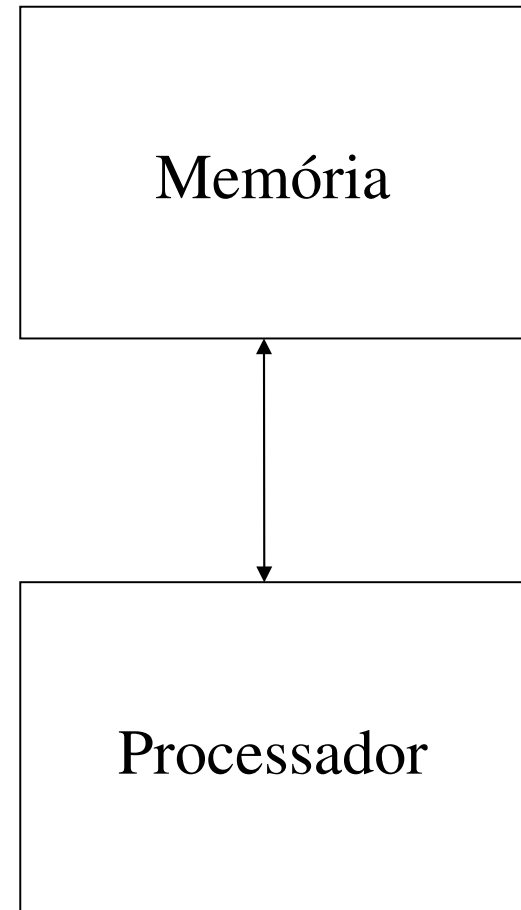
Computação Paralela

SEQUENCIAL (SISD)

Modelo Von Neuman

Instrução: da memória
ao processador

Dados:
entre a memória
e o processador



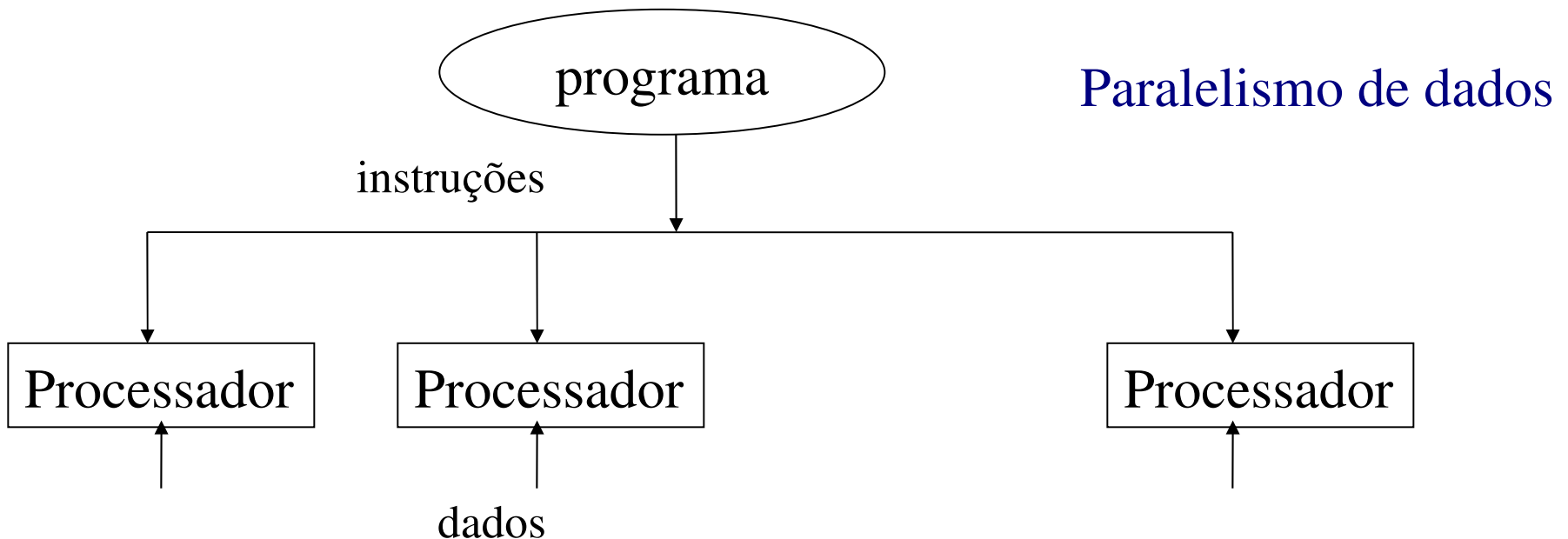


Computação Paralela

SIMD

Uma única unidade de controle

A mesma instrução executa-se de maneira síncrona em todas as unidades de processamento (algumas unidades se podem inibir)



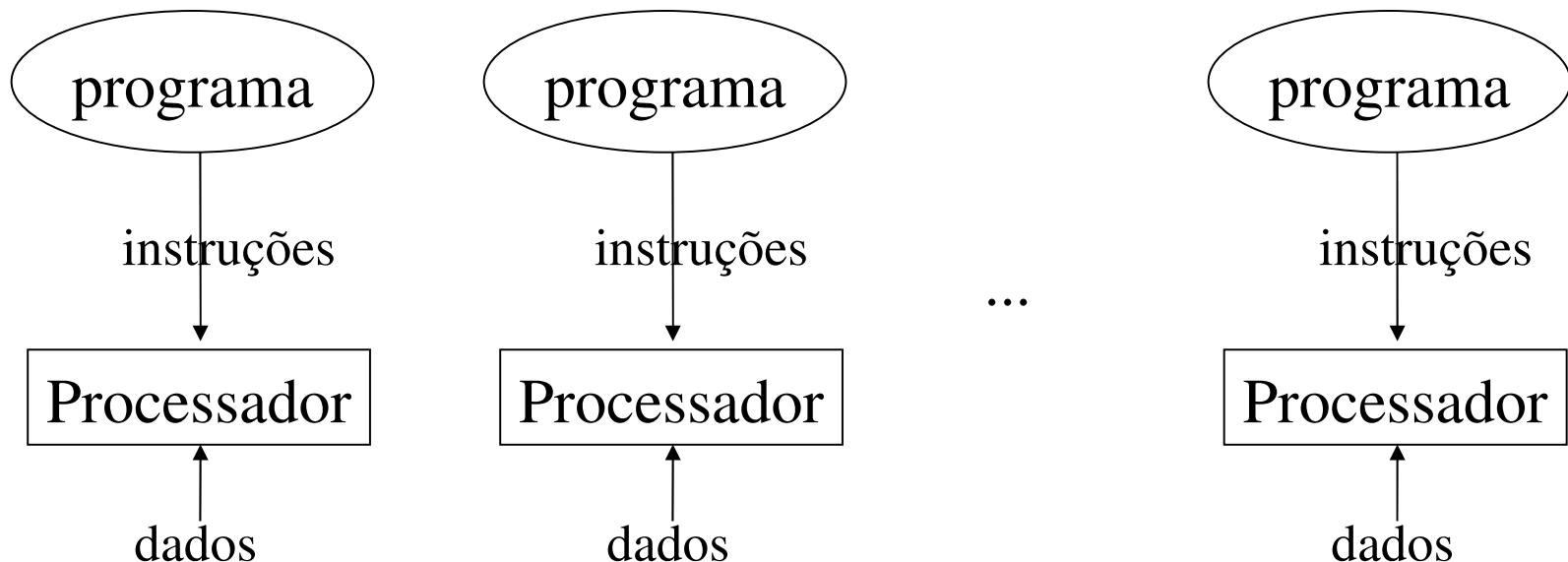


Computação Paralela

MIMD

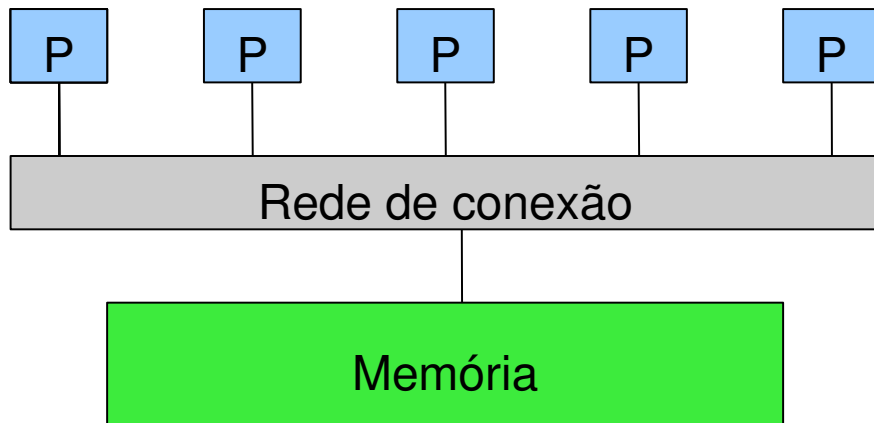
Cada processador executa um programa diferente ou o mesmo programa sem sincronização (**SPMD**)

Programação paralela

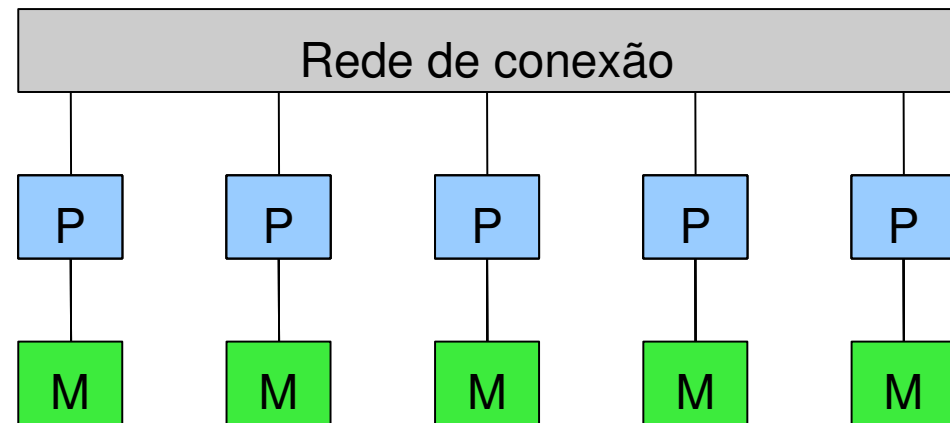


Computação Paralela

Ponto de vista do programador



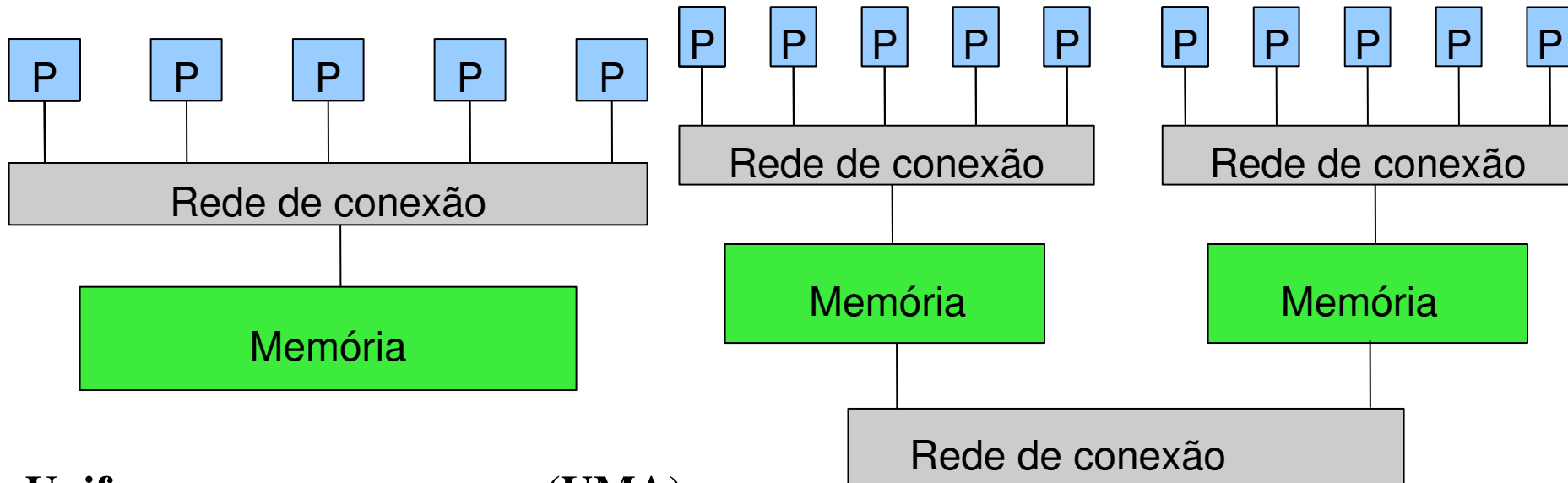
Memória Comum. Um único espaço de memória. Todos os processadores acessam a toda a memória através de uma rede de conexão. OpenMP (também MPI)



Memória distribuída. Cada processador tem acesso a um único bloco de memória. Para acessar a memória de outro processador é necessário passo de mensagens. MPI (também OpenMP)

Computação Paralela

Virtual Shared Memory



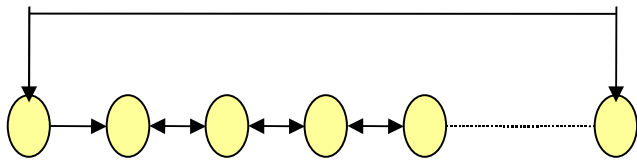
Uniform memory access (UMA).

A mesma velocidade de acesso à memória desde a cada processador. Também se chama symmetric multiprocessors (SMP)

Non-uniform memory access (NUMA). O tempo de acesso depende do processador. O acesso é mais rápido à memória local. O escalado é mais fácil e barato que em SMP

Computação Paralela

Topologias



anelho

Diâmetro: $p/2$

Hipercubo

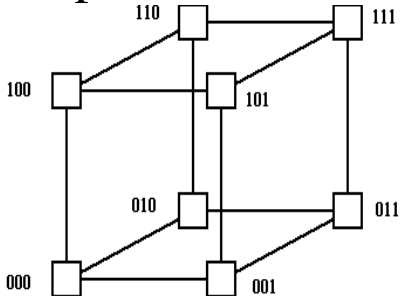
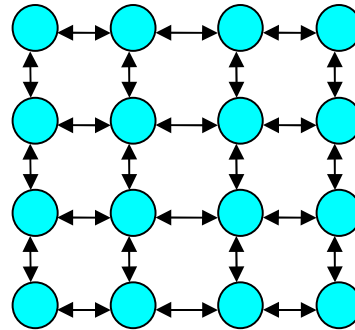


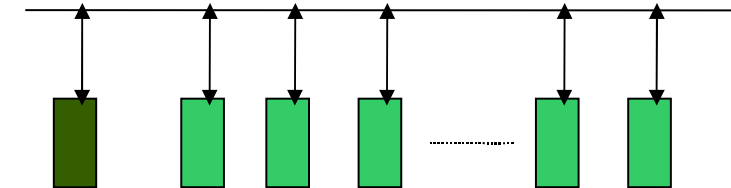
Figure 1.10 Three-dimensional hypercube



Malha

Diâmetro: \sqrt{p}

Rede de Workstations



Servidor
de arquivos

Workstations

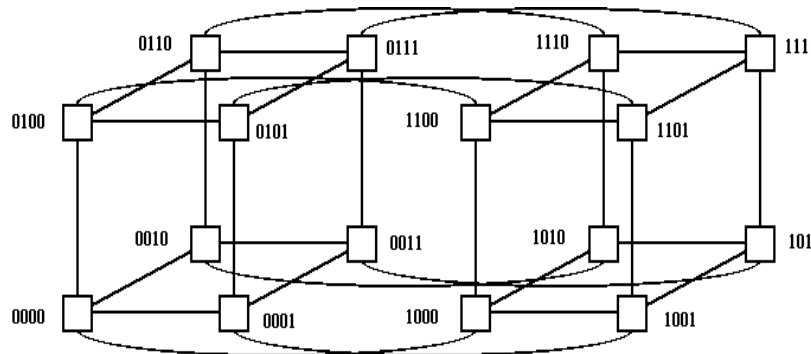


Figure 1.11 Four-dimensional hypercube

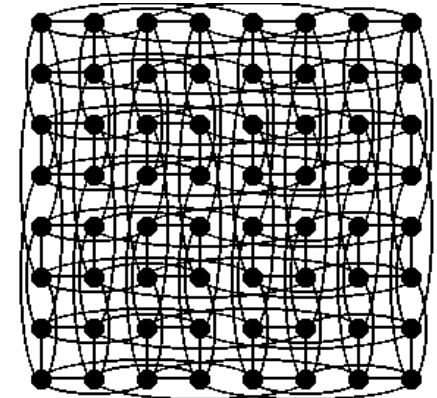


Figure 1.12 Six-dimensional hypercube laid out in one plane



Computação Paralela

- Tipos da programação paralela:
 - **Concorrente:** vários processos trabalham na solução de um problema
 - **Heterogênea:** com processadores com diferente velocidade, capacidade de memória e representação de dados
 - **Adaptiva:** durante a execução o programa adapta-se às condições do sistema
 - **Distribuída:** processadores geograficamente distribuídos, precisam-se ferramentas especiais
 - **Computação quântica, molecular...**