

# Tipos de Computadores Paralelos



## Programação Paralela Avançada - PPA

Mestrado em Computação Aplicação – MCA  
Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada – PPGCA  
Centro de Ciências Tecnológicas - CCT  
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

**Profs Maurício A. Pillon e Guilherme P. Koslovski**

Linha de Sistemas Computacionais  
Grupo de Pesquisa de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos  
Laboratório de Pesquisa LabP2D

# Agenda

- Multiprocessadores com memória compartilhada.
  - Representação dos dados.
- Multicomputadores com memória distribuída.
  - Redes de Interconexão.
  - Homogêneo vs. Heterogêneo.
  - Representação dos dados.
- Acomplamento de Computadores Paralelos.

# Computadores Paralelos

Um computador paralelo pode ser:

- um único computador com múltiplos processadores internos; ou
- múltiplos computadores interconectados que formam uma plataforma de computação de alto desempenho



# Tipos básicos de Computadores Paralelos

**Multiprocessador c/ memória compartilhada**

e

Multicomputador c/ memória distribuída.

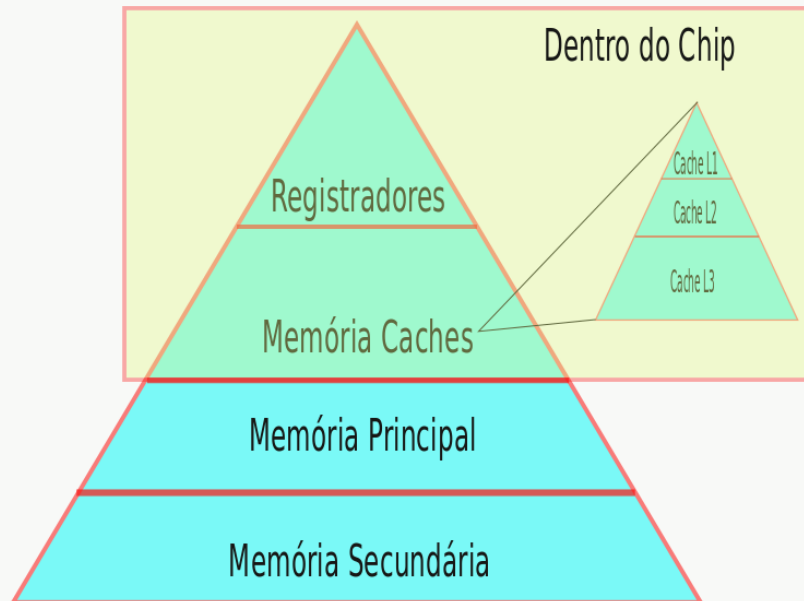
# Multiprocessador com Memória Compartilhada

## Hierarquia de Memória

+ custo \$\$  
+ velocidade  
- capacidade

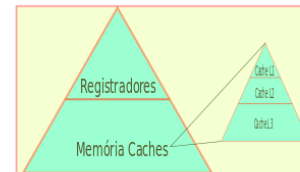


- custo \$\$  
- velocidade  
+ capacidade

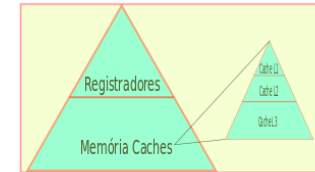


## Hierarquia de memória aplicada a um multiprocessador

Processador



Processador



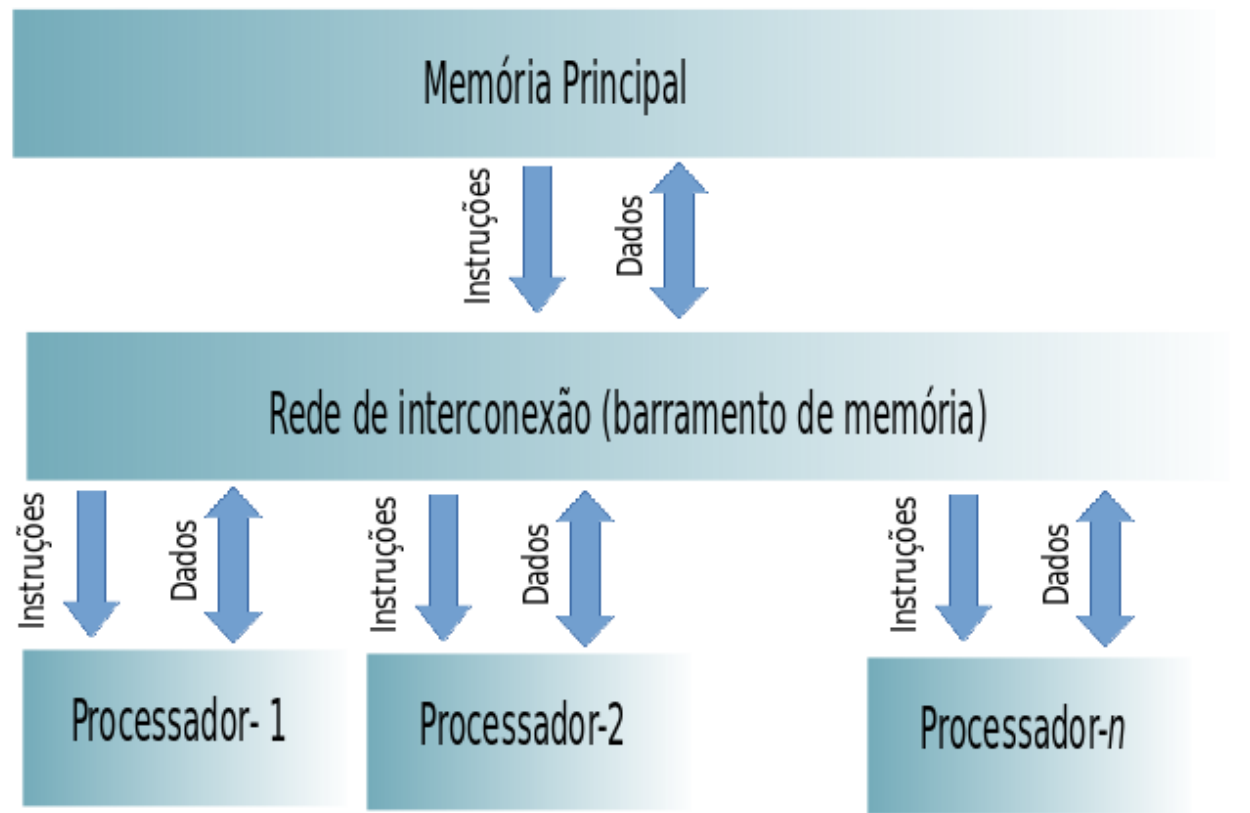
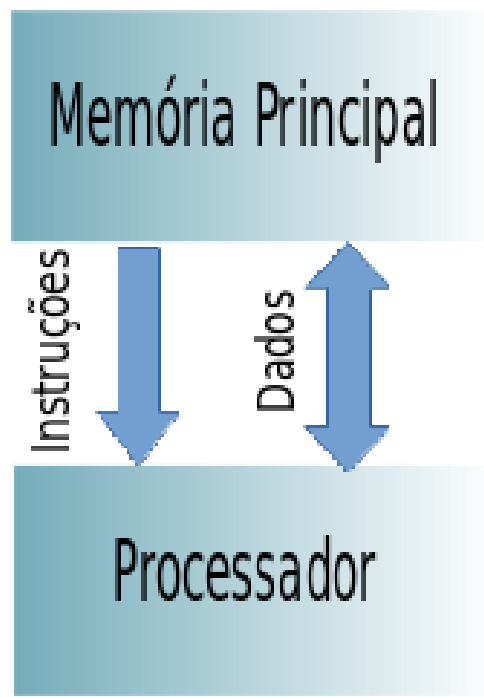
Memória Principal

Memória Secundária

# Multiprocessador com Memória Compartilhada

## Multiprocessador com memória compartilhada

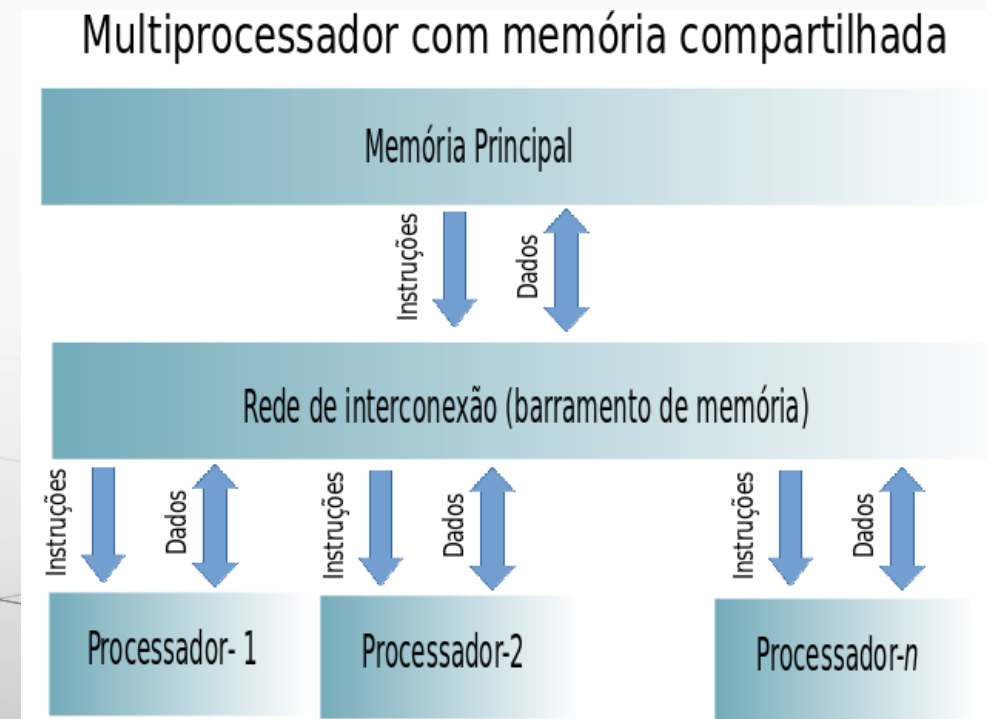
### Monoprocessado



# Multiprocessador com Memória Compartilhada

Do ponto de vista do programador, multiprocessador é conveniente.

- Multiprocessadores com “poucos” processadores ( $n < 4$ ) são comuns e eficientes.
  - Hardware com “muitos” processadores ( $n > 8$ ) são difíceis de construir.
- Escalabilidade limitada!





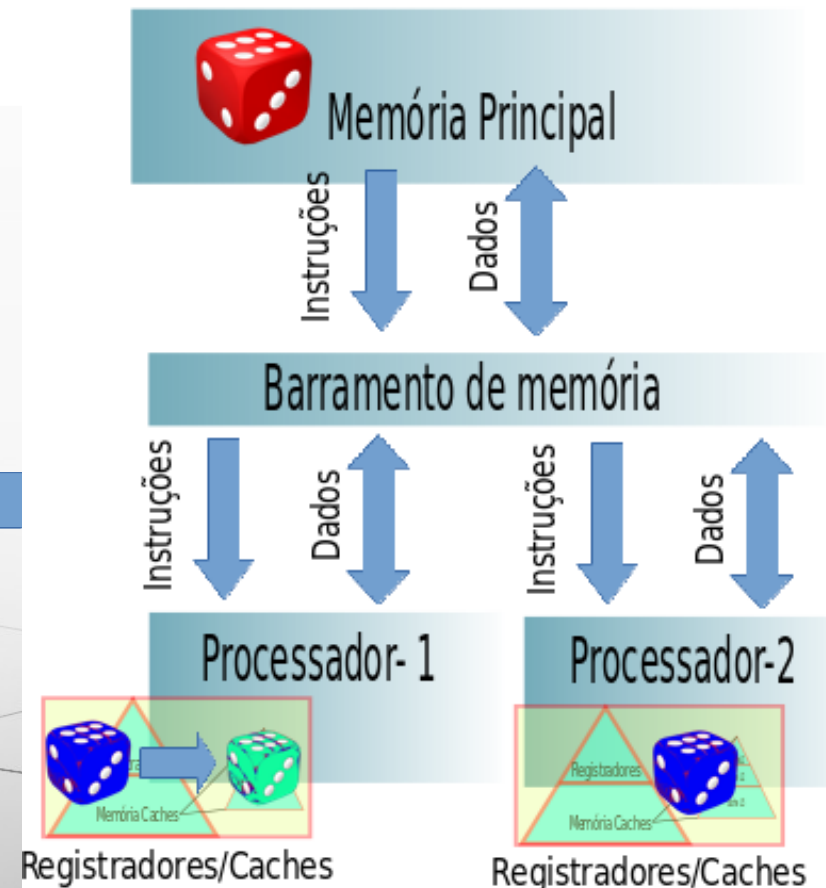
# Multiprocessador com Memória Compartilhada

## Representação de um dado compartilhado

- Dado na memória principal (vermelho)
- Processadores 1 e 2 copiam o dado (azul)
- Processador 1 altera dado (verde)

Humm... Como manter os dados coerentes? O que acontece se os processadores alternarem a escrita em um mesmo dado compartilhado?

- Protocolos de coerência de cache;
- Caches misses;
- Impacto no tempo de execução do programa;
- **SÓ faz por você.**





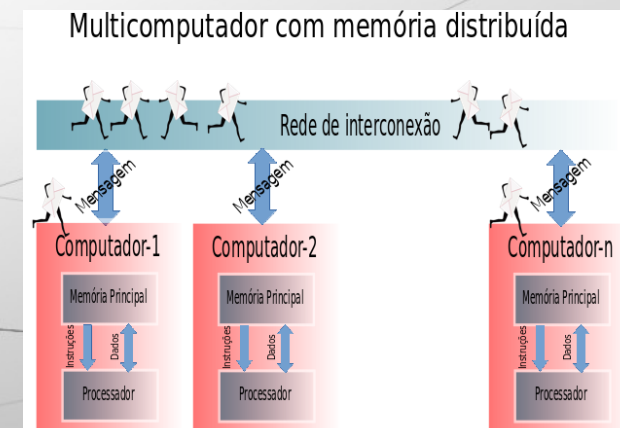
# Tipos básicos de Computadores Paralelos

Multiprocessador c/ memória compartilhada  
e  
**Multicomputador c/ memória distribuída.**

# Multicomputador com Memória Distribuída

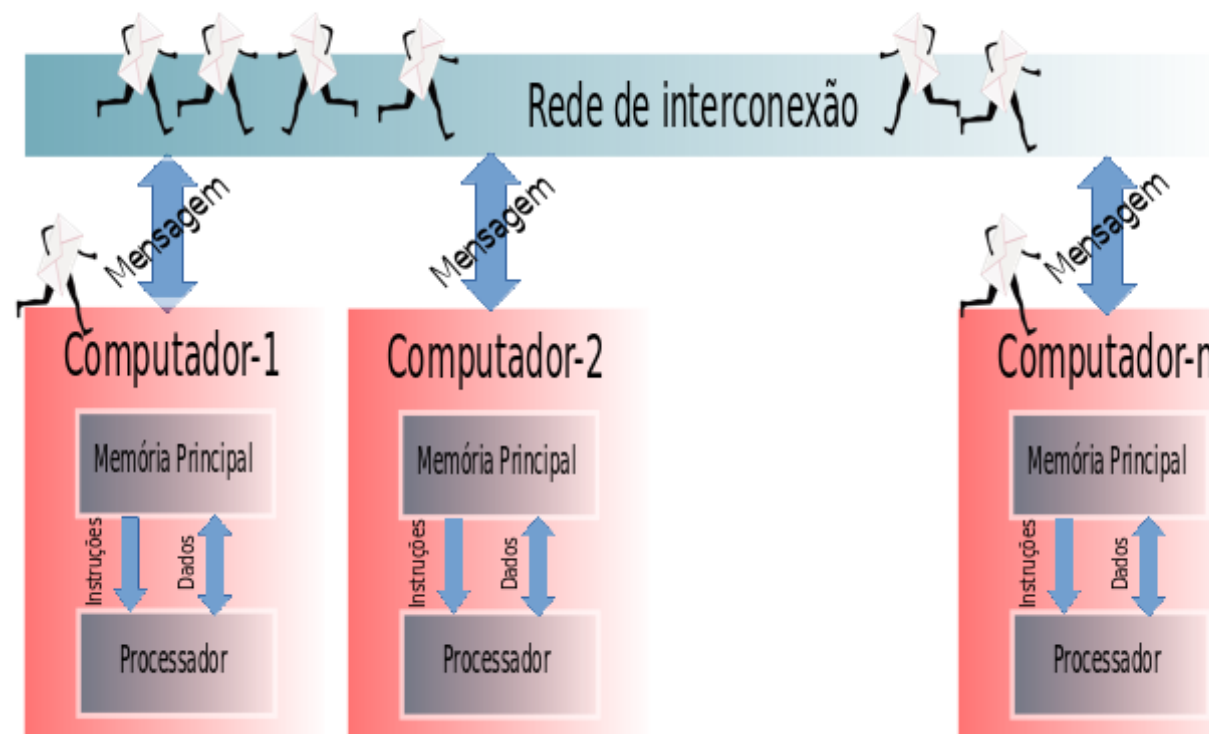
Uma alternativa é conectar múltiplos computadores por uma rede de interconexão.

- É essencial que a rede interconexão seja eficiente.
- Recursos físicos são escaláveis.
- Modelagem:
  - Problemas são divididos em **processos** que podem executar em computadores diferentes.
  - As operações básicas de comunicação são **send()** e **receive()**.
  - Modelo de comunicação é **passagem por mensagem**.
  - Dados são encapsulados em mensagens.



# Multicomputador com Memória Distribuída

## Multicomputador com memória distribuída



# Redes de Interconexão

## Redes de interconexão para multiprocessadores:

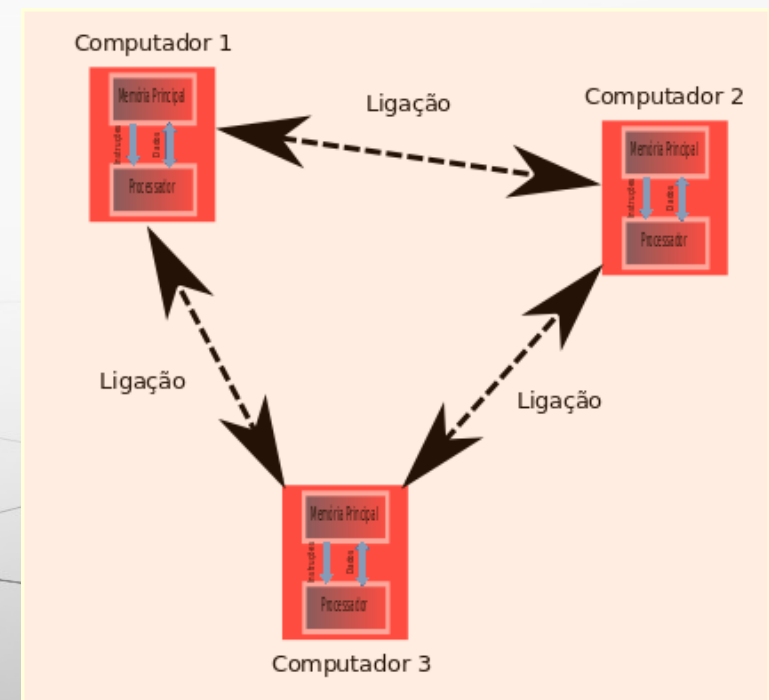
- Largura de banda;
  - Número de bits que podem ser transmitidos em uma unidade de tempo (bits/sec).
- Latência de rede;
  - Tempo de transferência da mensagem através da rede.
- Latência de comunicação; e
  - Tempo total para enviar a mensagem incluindo *overhead* de software e atrasos da interface.
- Custo.



# Redes de Interconexão

## Como organizar a rede de interconexão?

- Diâmetro
  - Número mínimo de ligações entre os dois nós (computadores/núcleos) mais distantes na rede.
- Exemplo:
  - Computadores C1, C2 e C3.
  - Ligações L1, L2 e L3.
- Número conexões todos p/ todos:
  - $c(c-1)/2$
- Dispor de conexão direta todos p/ todos torna-se inviável por questões econômicas e técnicas de engenharia para um grande número de nós.

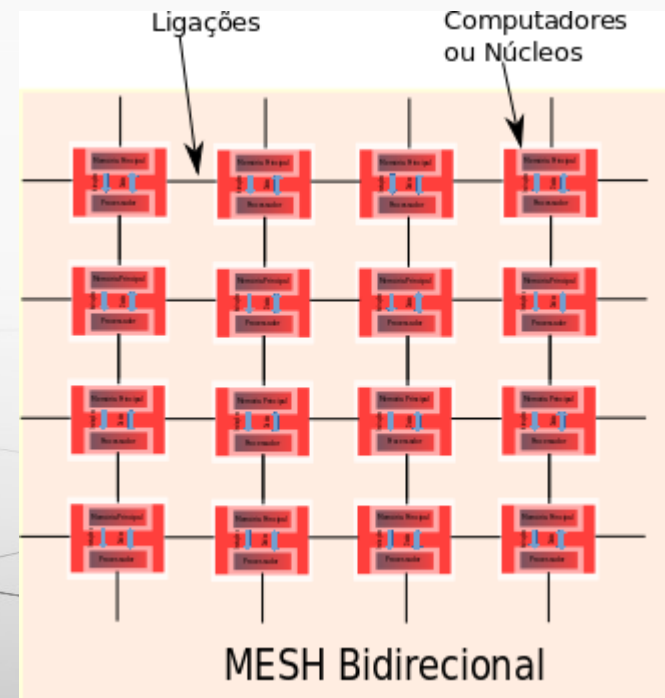


# Redes de Interconexão

Uma rede MESH bidirecional tem cada nó conectado com quatro de seus vizinhos mais próximos.

- Em uma MESH bidirecional o

$$diâmetro = 2(\sqrt{p} - 1)$$

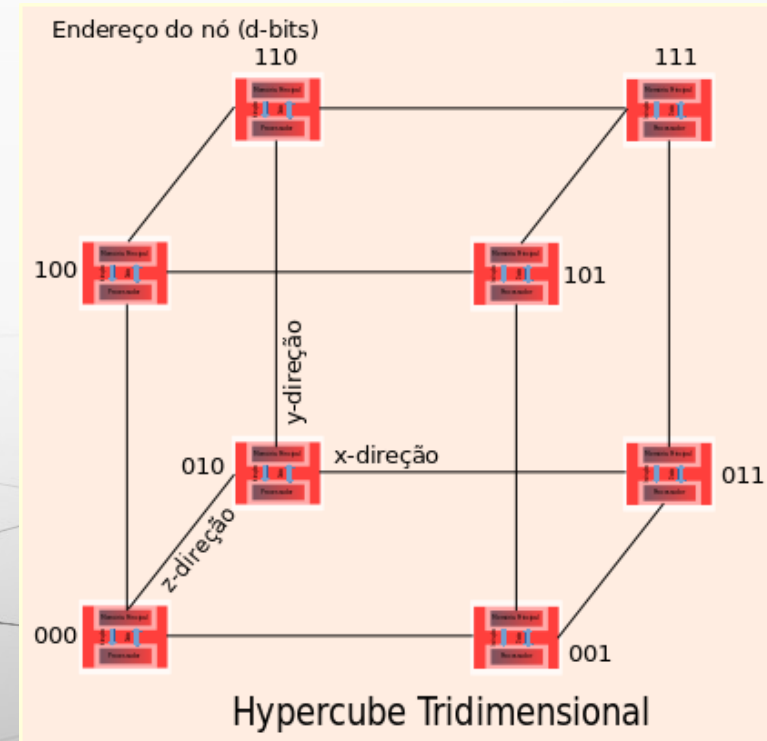


# Redes de Interconexão

Uma rede *hypercube*, cada nó conecta com outro nó de cada uma das dimensões da rede.

- Exemplo do *hypercube* tridimensional, dimensões *x-direção*, *y-direção* e *z-direção*.
- Cada nó possui um endereço *d-bits*, onde *d* é a dimensão.
- Um grande vantagem do *hypercube* é o diâmetro.

$$diâmetro = \log_2 p$$

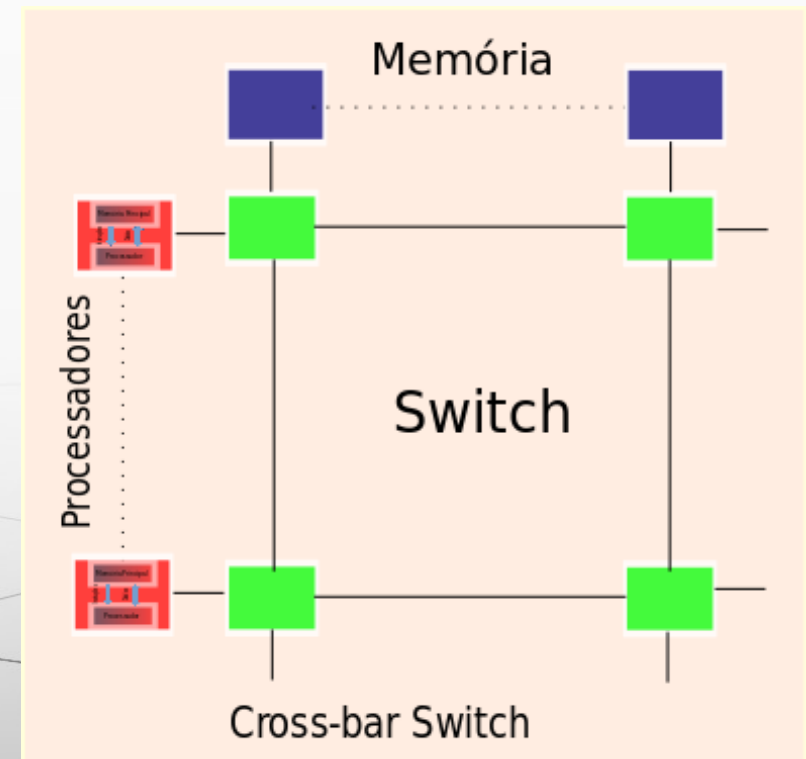




# Redes de Interconexão

A rede de interconexão *cross-bar switch* fornece conexões entre os nós através de um *switch* (comutador).

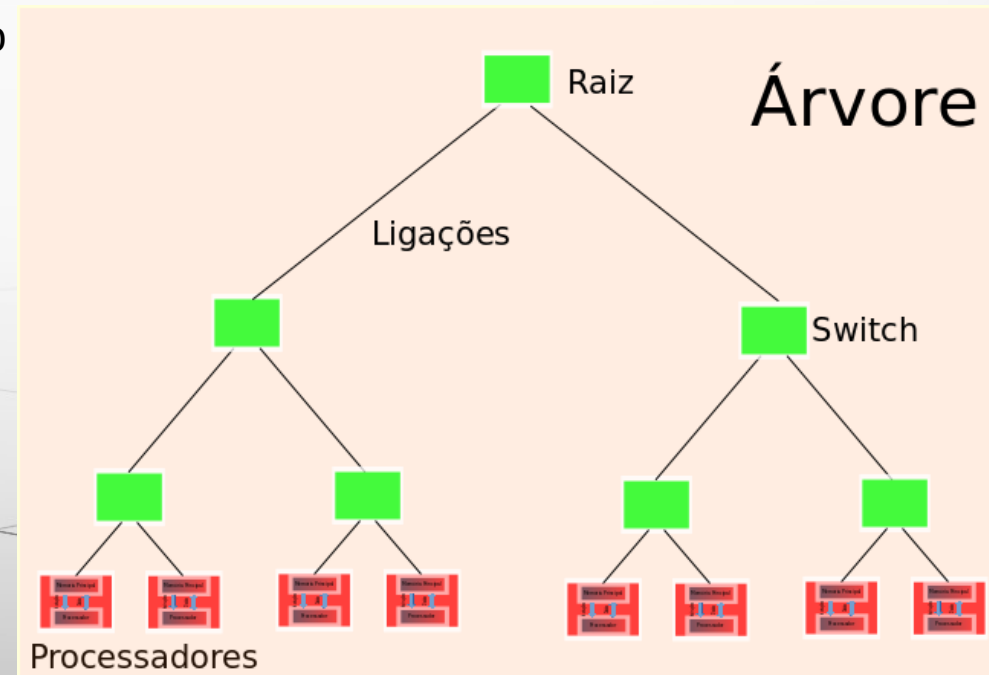
- Este sistema emprega tanto memória compartilhada quanto sistema de troca de mensagem na transferência de mensagem entre nós.



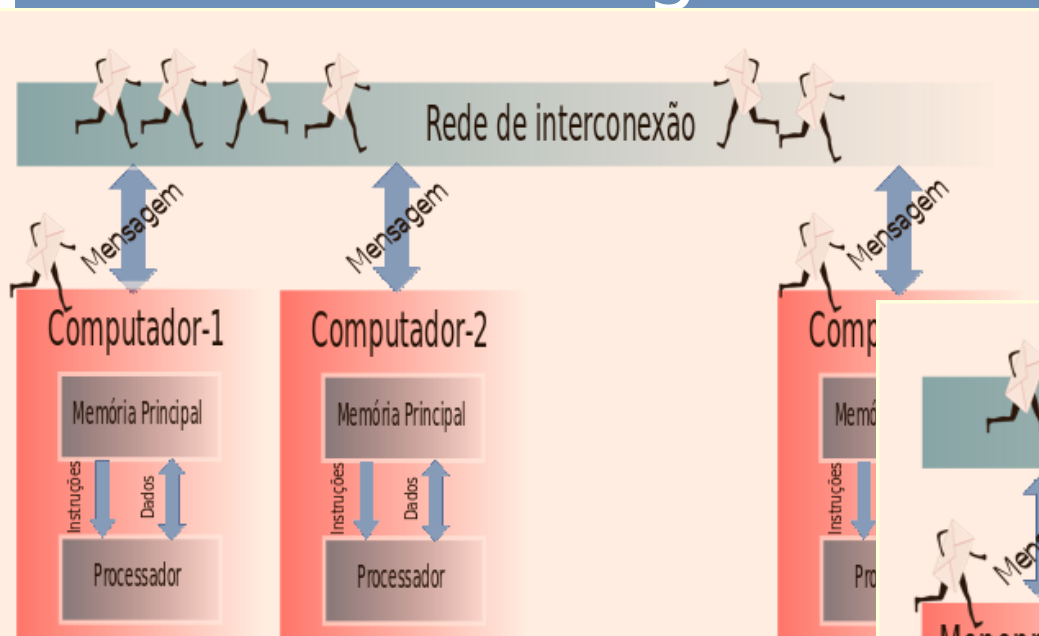
# Redes de Interconexão

*Tree Network* baseia-se no princípio de árvore binária.

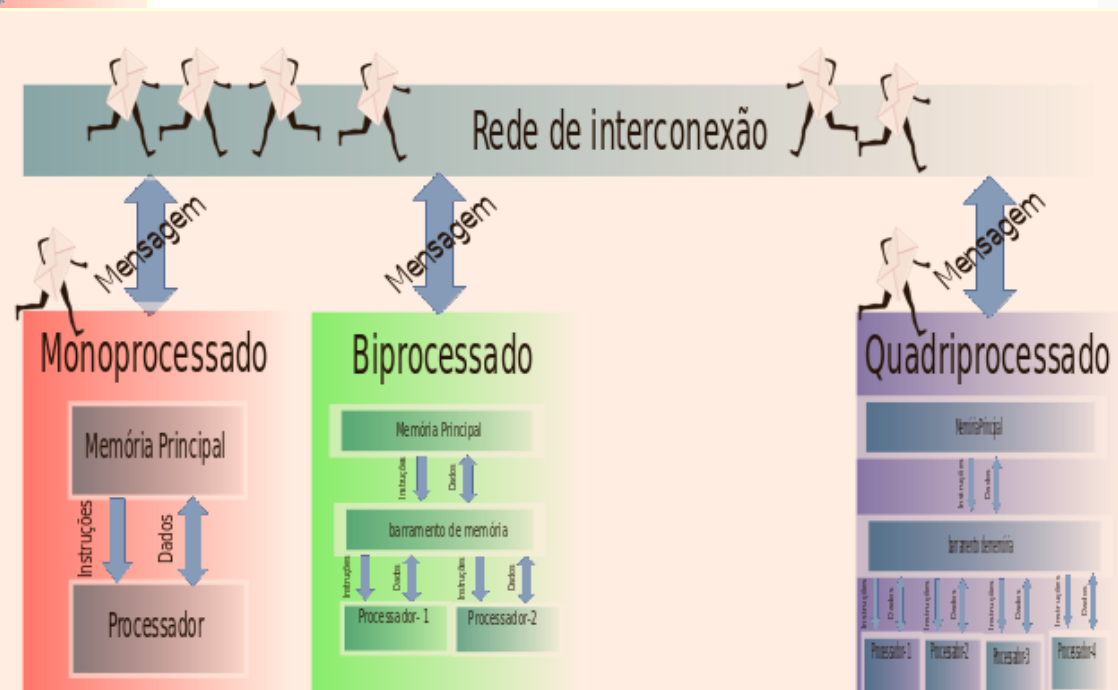
- A raiz da árvore é o switch mais acima.
- Cada switch tem duas ligações para outros switch abaixo.
- Os nós folha são constituídos por processadores.
- Em uma árvore binária, o caminho mais longo entre os nós é logaritmo.



# Multicomputador: Homogêneo vs Heterogêneo



Todos computadores iguais (Homogêneo)

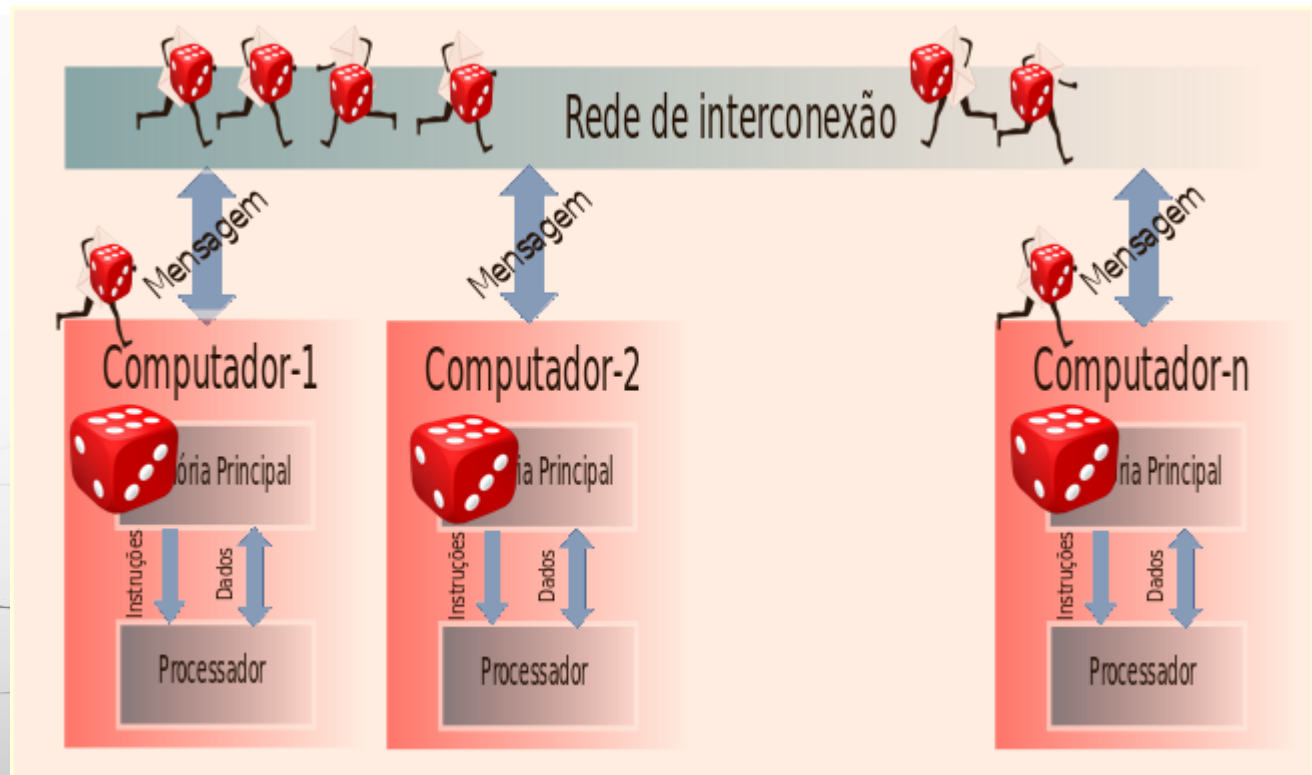


Computadores diferentes (Heterogêneo)

# Multicomputador com Memória Distribuída

O controle dos dados é responsabilidade da aplicação:

- Transferência; e
- Coerência entre as cópias (se houver).



# Acomplamento de Computadores Paralelos

## Arquitetura de Computadores Paralelos

