

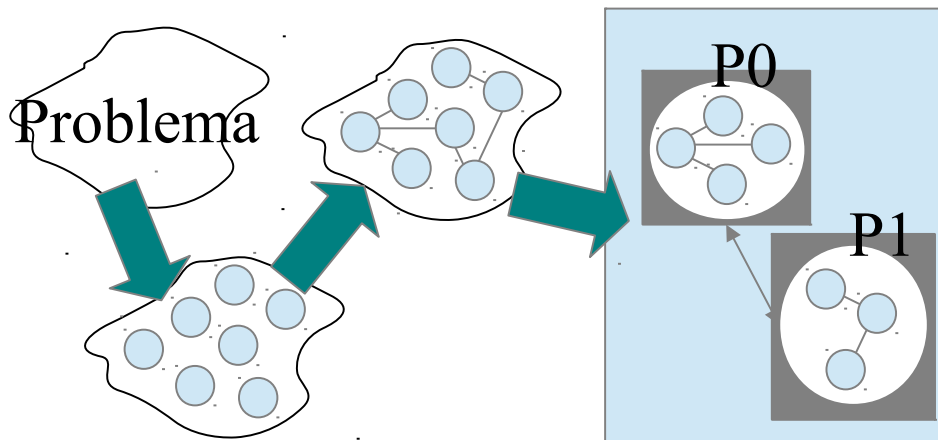
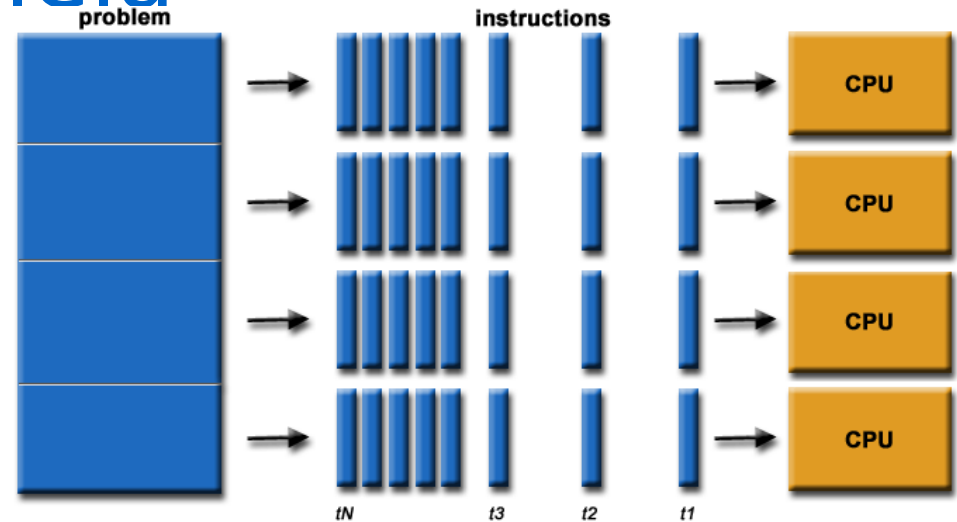
# **Programação Paralela**

Profa. Andrea Charão

Depto. de Linguagens e Sistemas de Computação – CT/UFSM

# Programação Paralela

- Metodologia
- ◆ Projeto
- ◆ Implementação

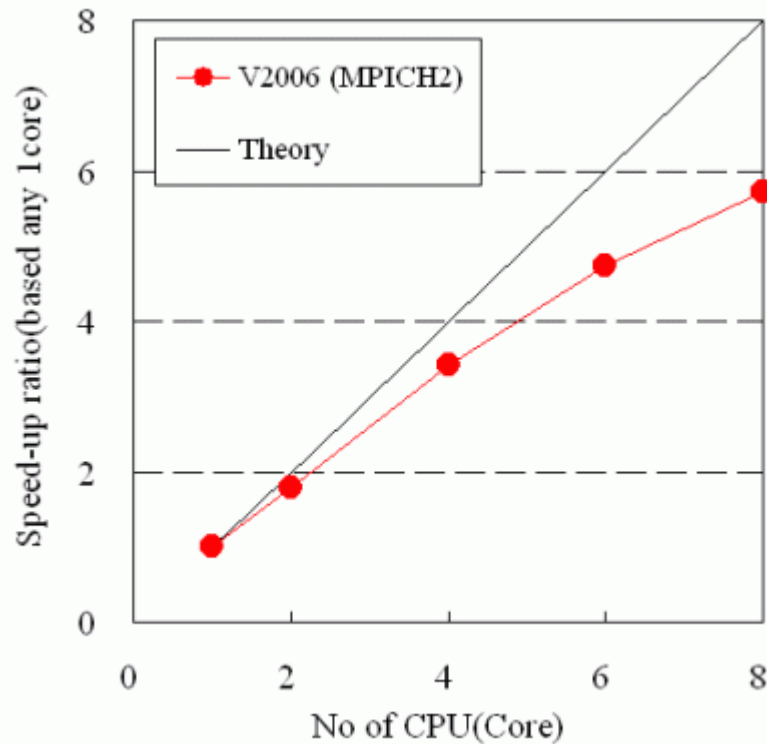


## Ferramentas

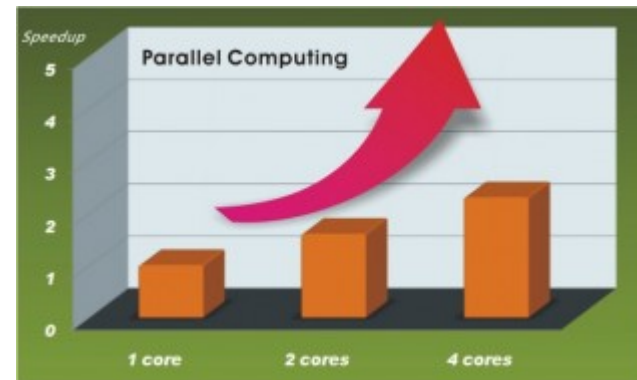
- MPI
- OpenMP
- CUDA
- OpenCL
- OpenACC
- Hadoop
- Etc.

# Programação Paralela

- Métricas de desempenho



$$\text{Speedup (p)} = T_{\text{seq}} / T_{\text{par(p)}}$$
$$\text{Eficiência (p)} = \text{Speedup (p)} / p$$



# Projeto de Programas Paralelos

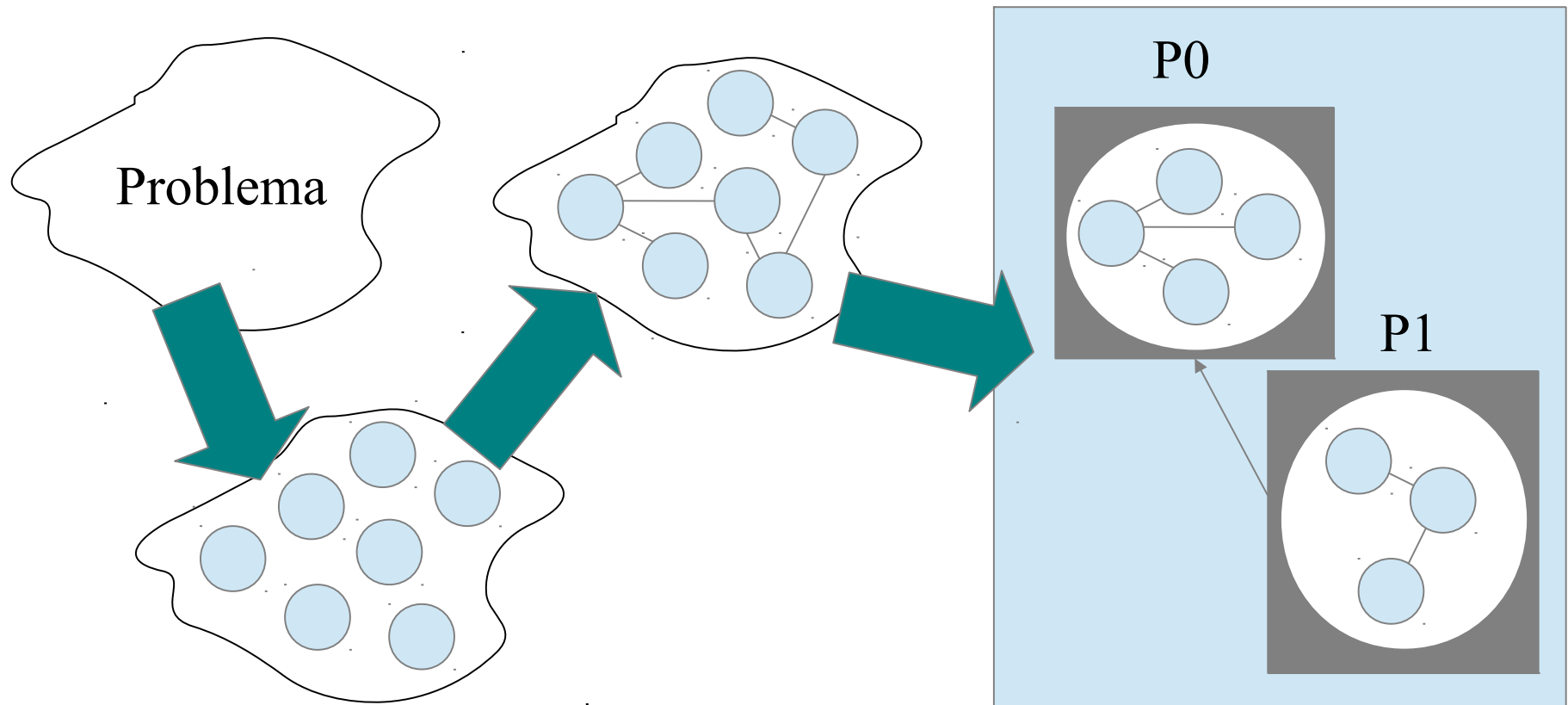
- Particionamento
- Comunicação
- Aglomeração
- Mapeamento

DESIGNING and BUILDING  
PARALLEL PROGRAMS

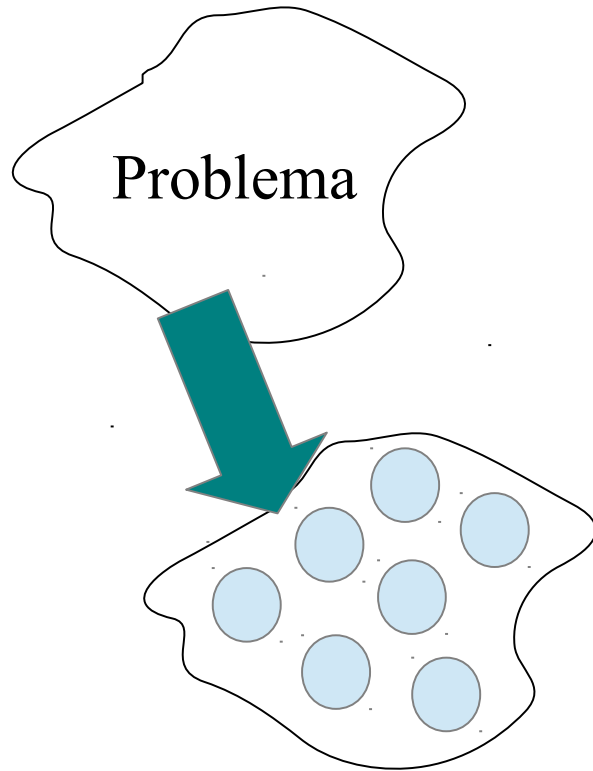
Concepts and Tools for  
Parallel Software Engineering



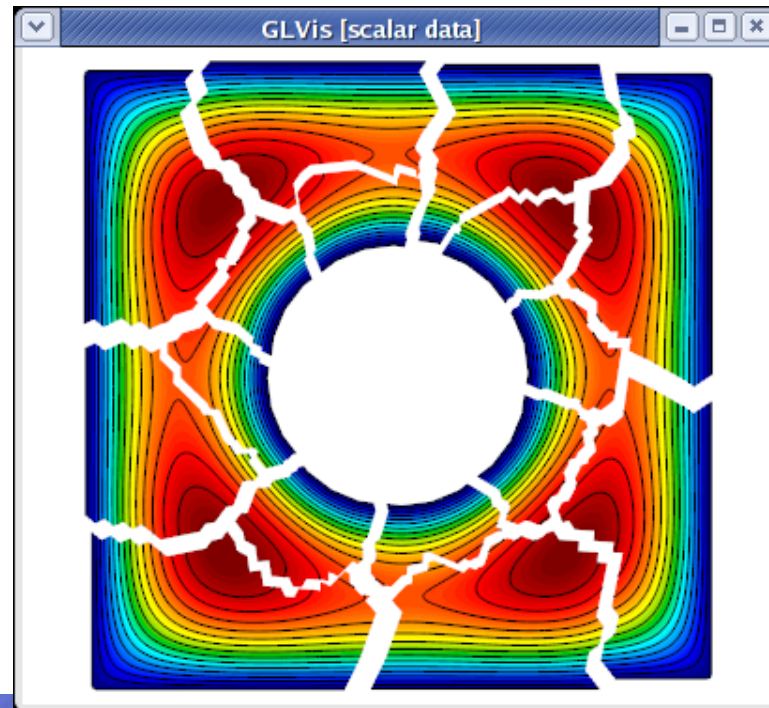
Ian Foster



# Particionamento

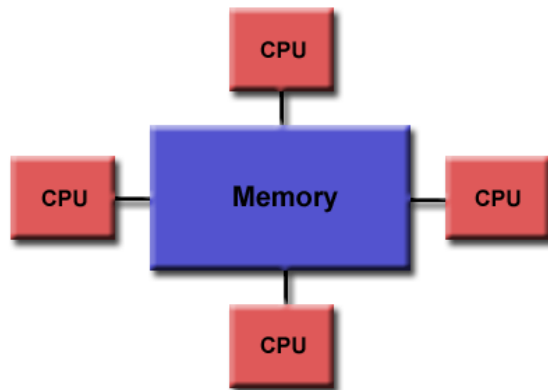
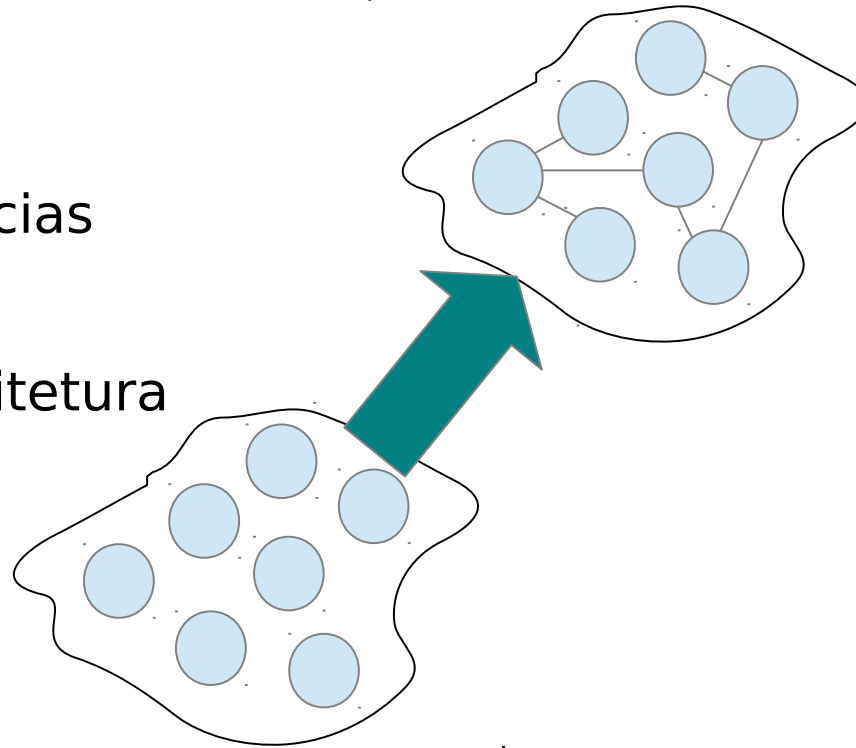


- Identificar máximo de oportunidades de execução paralela
- Decompor problema em sub-problemas
  - ◆ dados
  - ◆ operações

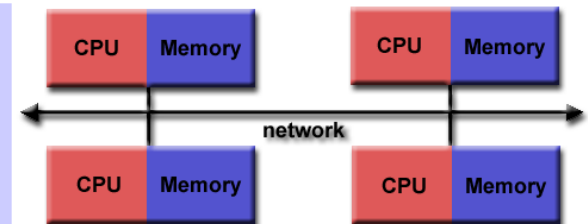


# Comunicação

- Satisfazer dependências
- Overhead
- Dependente de arquitetura

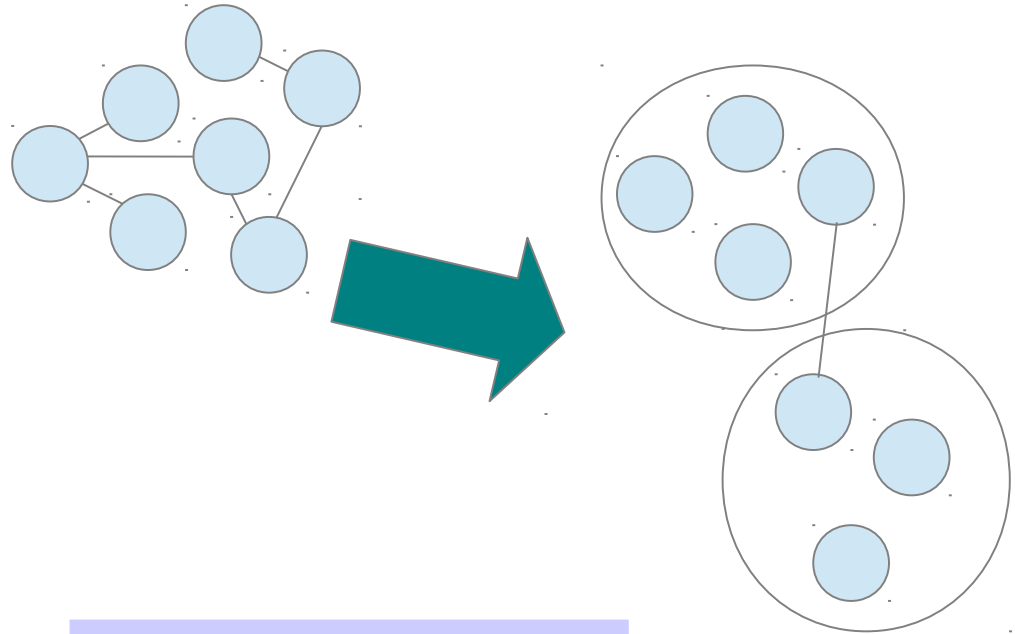
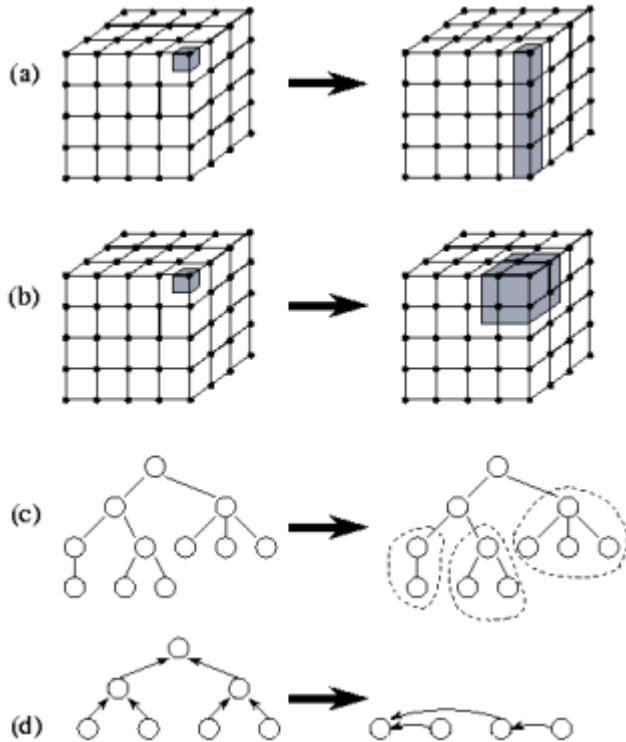


- Memória compartilhada
- Memória distribuída



# Aglomerção

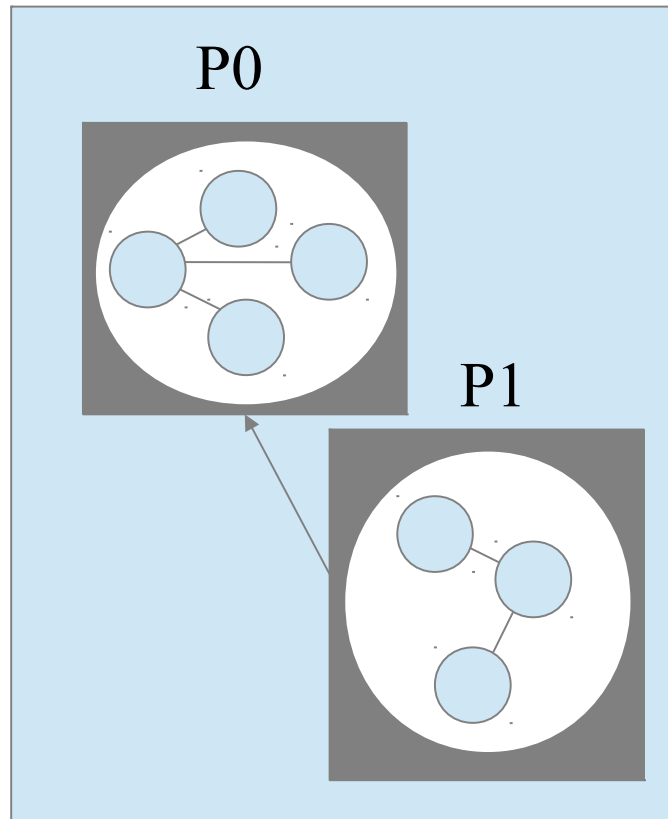
- Reduzir comunicações



Tempo de  
processamento deve  
ser maior que tempo  
gasto em comunicação!

# Mapeamento

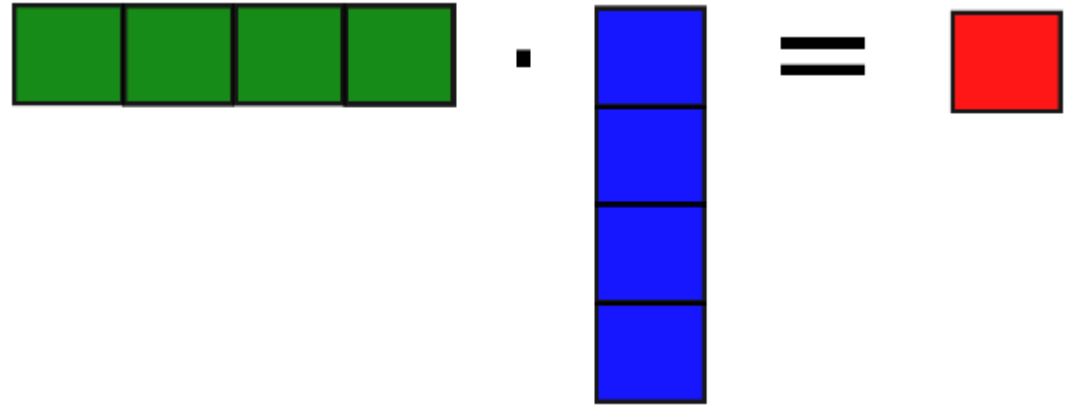
- Alocar tarefas aos processadores



Balanceamento de  
carga  
(estático ou dinâmico)



# Exemplo: produto escalar (a.b)



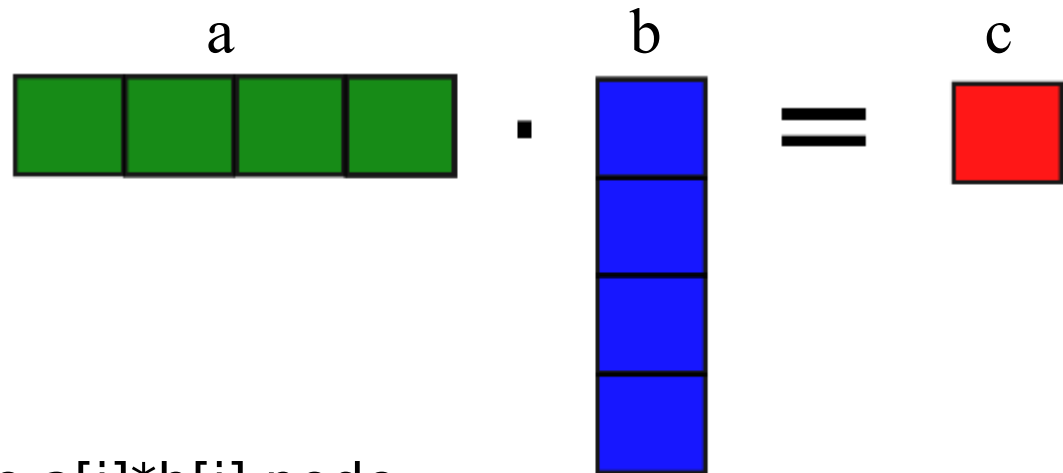
- Particionamento?
- Comunicação?
- Aglomeração?
- Mapeamento?

$$A = [1,2,3,4]$$

$$B = [1,2,3,4]$$

$$C = 1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$

# Exemplo: produto escalar (a.b)



## ■ **Particionamento**

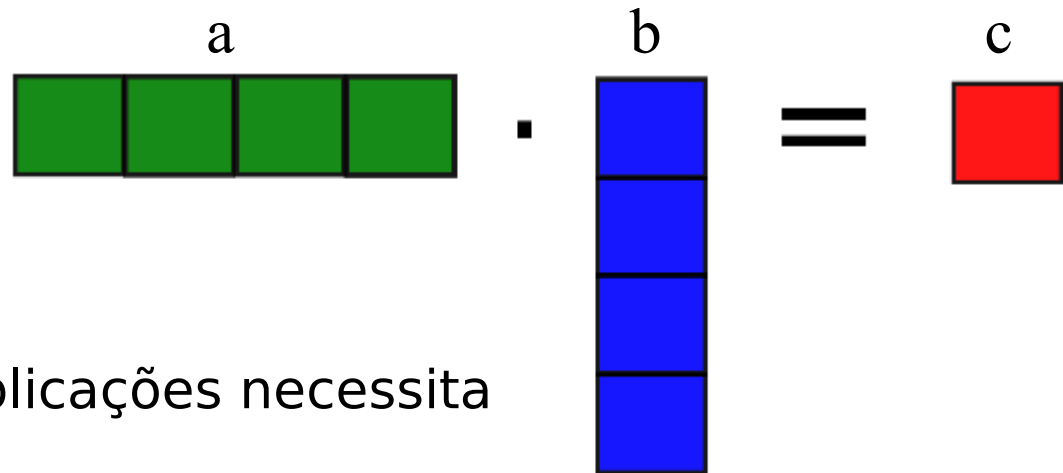
- ◆ Dados (estrutural)
- ◆ Cada multiplicação  $a[i]*b[i]$  pode ocorrer em paralelo

$$a = [1,2,3,4]$$

$$b = [1,2,3,4]$$

$$c = 1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$

# Exemplo: produto escalar (a.b)



## ■ Comunicação

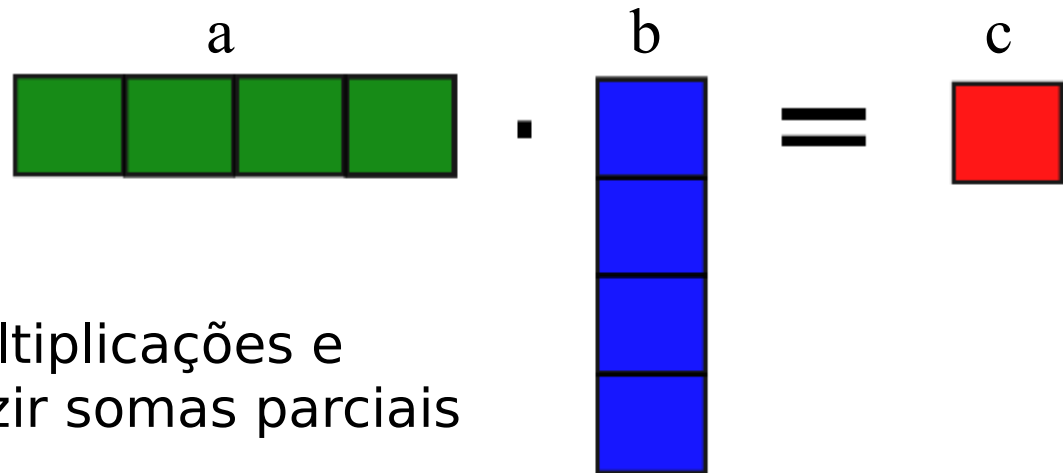
- ◆ Cálculo das multiplicações necessita de 2 valores
- ◆ Cálculo das somas necessita do resultado das multiplicações

$$a = [1,2,3,4]$$

$$b = [1,2,3,4]$$

$$c = 1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$

# Exemplo: produto escalar (a.b)



## ■ Aglomeração

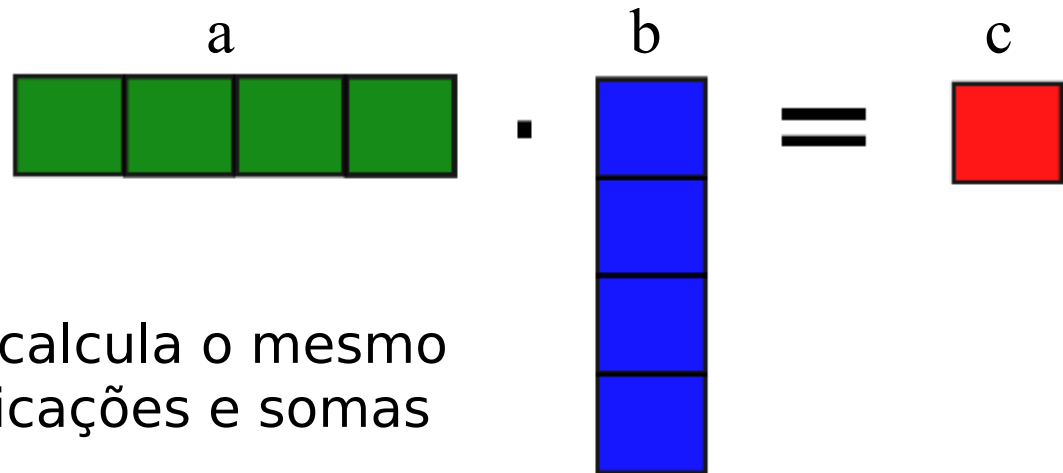
- ◆ Agrupar várias multiplicações e somas para produzir somas parciais

$$a = [1,2,3,4]$$

$$b = [1,2,3,4]$$

$$c = 1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$

# Exemplo: produto escalar (a.b)



## ■ Mapeamento

- ◆ Cada processador calcula o mesmo número de multiplicações e somas
- ◆ Distribuição estática

$$a = [1, 2, 3, 4]$$

$$b = [1, 2, 3, 4]$$

$$c = 1 \times 1 + 2 \times 2 + 3 \times 3 + 4 \times 4 = 1 + 4 + 9 + 16 = 30$$

# Implementação

- Arquitetura alvo
- Ferramentas de programação paralela

## **Arquiteturas**

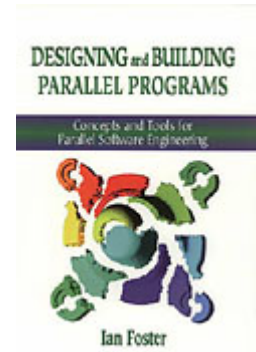
- Cluster
- Multicore
- GPU
- Híbridas
- Etc.

## **Ferramentas**

- MPI
- OpenMP
- CUDA
- OpenCL
- OpenACC
- Hadoop
- Etc.

# Mais sobre isso em...

Foster, Ian. Designing and Building Parallel Programs  
Disponível em: <http://www.mcs.anl.gov/~itf/dbpp/>



Obs.: Este livro já é antigo e não deve ser usado como referência para modelos de computadores ou versões de ferramentas de programação. No entanto, aspectos de projeto e avaliação de desempenho de programas paralelos continuam válidos.

Tutoriais LLNL (Lawrence Livermore National Laboratory)  
Disponíveis em:

[https://computing.llnl.gov/?set=training&page=index#training\\_materials](https://computing.llnl.gov/?set=training&page=index#training_materials)

Obs.: Tutoriais bem objetivos e atualizados.