

# Computação paralela e distribuída

Aula 02  
Conceitos de computação paralela

Prof. Dr. Luciano José Senger

## Revisão

- Motivação
- Arquiteturas paralelas
- Introdução ao software paralelo

## Melhoria no desempenho com a computação paralela

- O desempenho da computação pode ser melhorado com o processamento paralelo
- Fatores
  - Número de elementos de processamento
  - Características da aplicação
    - Fração sequencial e fração paralela
    - Parâmetros e granulação
  - Organização e desempenho da arquitetura
- Como quantificar o desempenho?

## Fator de aceleração (speed-up)

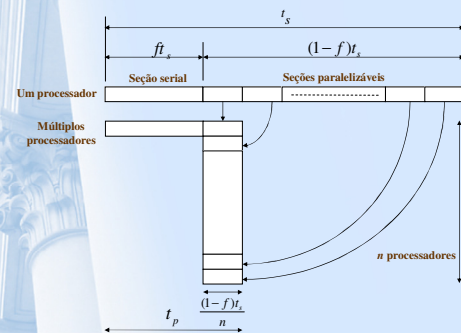
- O fator de aceleração (*speed-up*) define o ganho que pode ser obtido com o processamento paralelo em relação ao tempo de execução
- O Caso ideal é quando o speed-up é igual ao número de processadores empregados
- Exemplo
  - Um programa sequencial executa por 2 horas. A versão paralela desse programa executa em 30 minutos com quatro processadores.
    - O *speed-up* obtido neste caso é igual a 4, que é o ideal.

## Fator de aceleração (speed-up)

$$S(n) = \frac{\text{tempo de execução serial}}{\text{tempo de execução paralela}} = \frac{t_s}{t_p}$$

- Para um computador paralelo com  $n$  processadores, speedup ideal seria  $n$  (speedup linear)
- Na maior parte das vezes, o Speed-up é menor que a quantidade de processadores utilizados (speedup sublinear). Isso deve-se:
  - Partes do programa que não podem ser executadas em paralelo
  - Atrasos gerados pela sobrecarga do sistema na criação, comunicação, sincronização e finalização das tarefas de uma aplicação paralela
- Em certas situações,  $S(n) > n$  (speed-up superlinear)
  - algoritmo sequencial sub-ótimo
  - característica particular da arquitetura da máquina paralela

## Limitação do speed-up



## Speed-up e a Lei de Amdahl

- No contexto de computação paralela, o speed-up pode ser calculado também:

$$S = \frac{T_{Sequential}}{T_{Parallel}}$$

$$S = \frac{1}{f + \frac{1-f}{p}}$$

- For example, if  $f = 10\%$  of the operations must be performed sequentially, then speedup can be no greater than 10 regardless of how many processors are used:

$$S = \frac{1}{0.1 + \frac{0.9}{10}} \cong 5.3$$

$$p = 10 \text{ processors}$$

$$S = \frac{1}{0.1 + \frac{0.9}{\infty}} = 10$$

$$p = \infty \text{ processors}$$

## Lei de Amdahl

- O ganho de desempenho que pode ser obtido melhorando uma parte do sistema é limitado pela fração de tempo que essa parte é usada pelo sistema

### Exemplo:

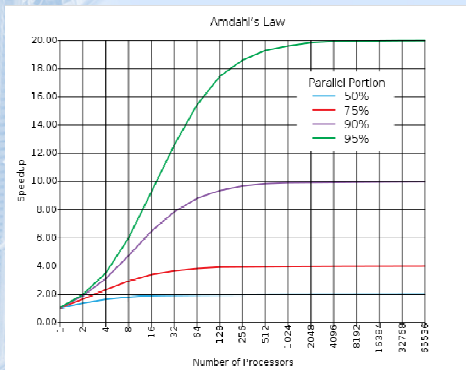
- Um programa executa em 100 horas.
- 20% deste programa pode ser executado em paralelo
- Tempo de execução com 5 processadores:
  - 80 horas + 20/5 = 84 horas
  - Speedup = 100/84 = 1,19

### Tempo de execução com 50 processadores:

- 80 horas + 20/50 = 80,4 horas
- Speedup = 100/80,4 = 1,24
- Ganho obtido em relação a execução com 5 e 50 processadores:
  - 1,24/1,19 = 4%

- Mesmo com um número infinito de processadores, o speedup é limitado a 1/f

## Lei de Amdahl



## Eficiência

- A medida de desempenho **eficiência** define o quanto os processadores estão sendo empregados para o processamento paralelo

$$E(P) = S(P)/P$$

### Exemplo

- Com a execução paralela de uma aplicação se obtém um *speed-up* igual a 7, empregando 10 elementos de processamento
- $E = 7/10 = 0.7 = 70\%$  de eficiência

- Também útil para medir o tempo efetivamente usado no processamento em sistemas multiprogramados