

# Parallel Computing



João Luís Ferreira Sobral

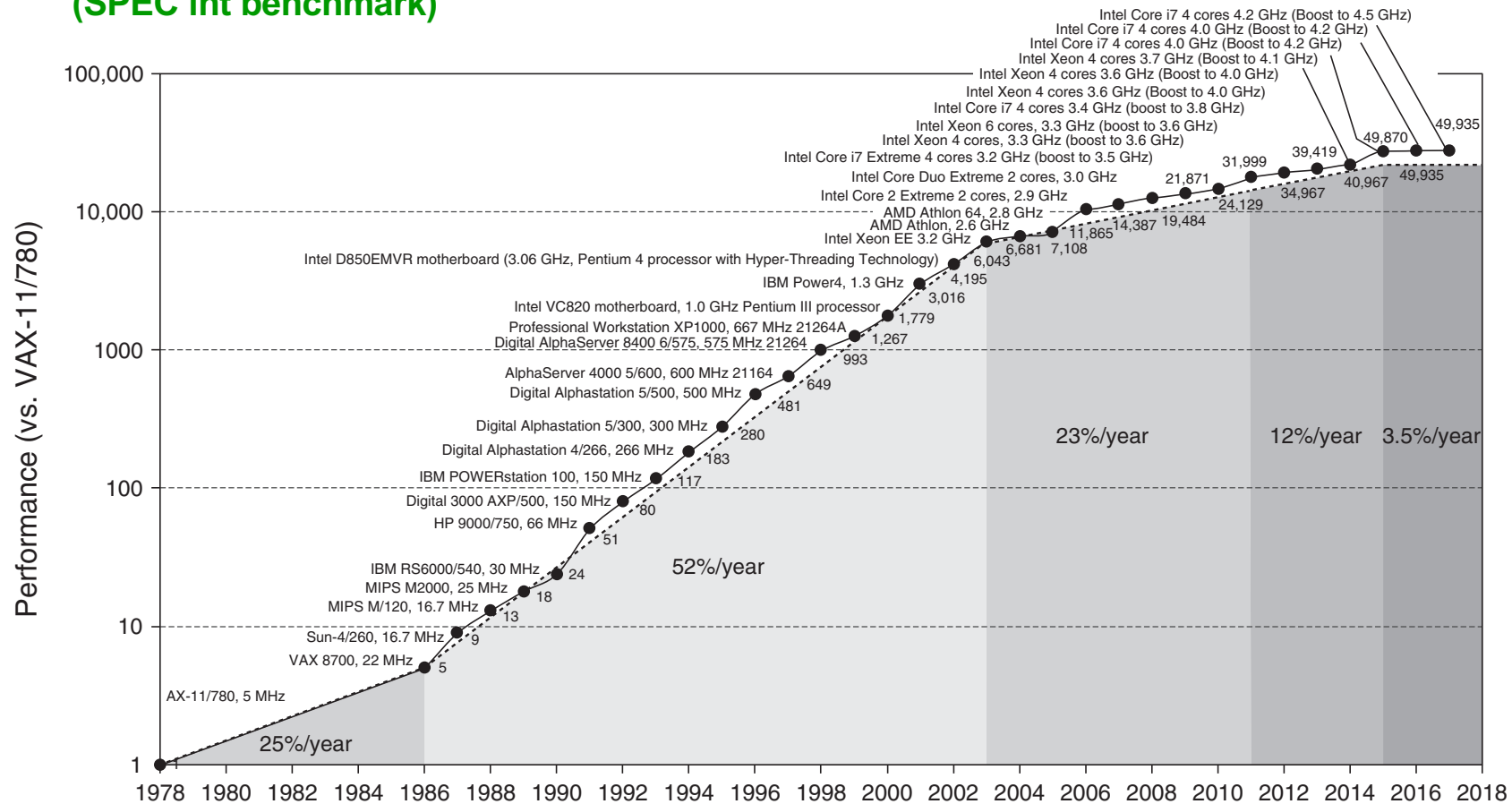
[www.di.uminho.pt/~jls](http://www.di.uminho.pt/~jls)

[jls@di.uminho.pt](mailto:jls@di.uminho.pt)

Web: Elearning

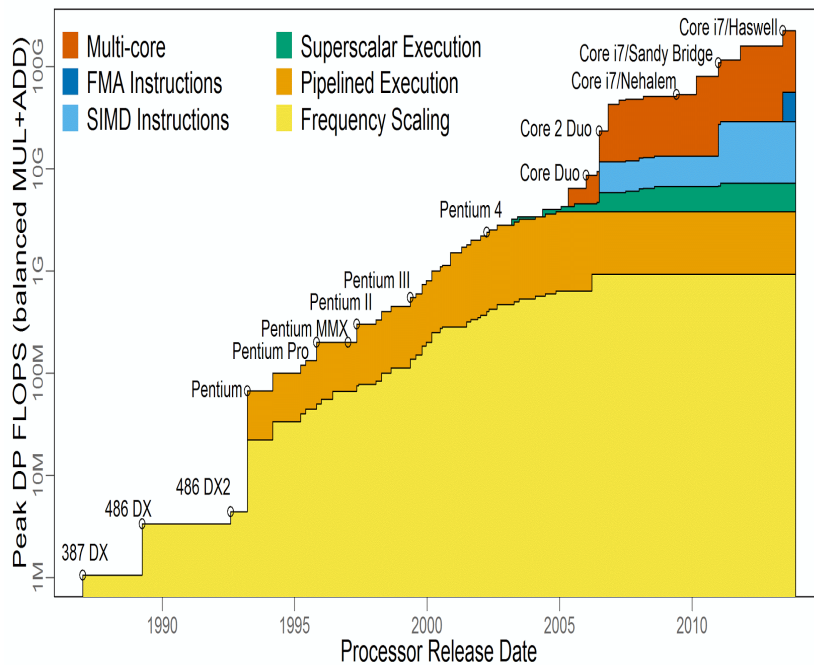
# Parallel Computing

## Evolução do desempenho das arquiteturas de computadores nos últimos 40 anos (SPEC int benchmark)



# Computação Paralela

Evolução das arquiteturas de computadores (nota: escala lin-log)  
(Pico de desempenho em FLOPS)



Desempenho (máx) =  
#cores  
X  
SIMD  
X  
IPC  
X  
Freq

$$\text{Texe (ideal)} = ((\#I/\text{SIMD}) \times \text{CPI} \times \text{Tcc}) / \#cores$$

# Computação Paralela

## Níveis de paralelismo (HW+SW)

### ❑ Instrução (ILP)

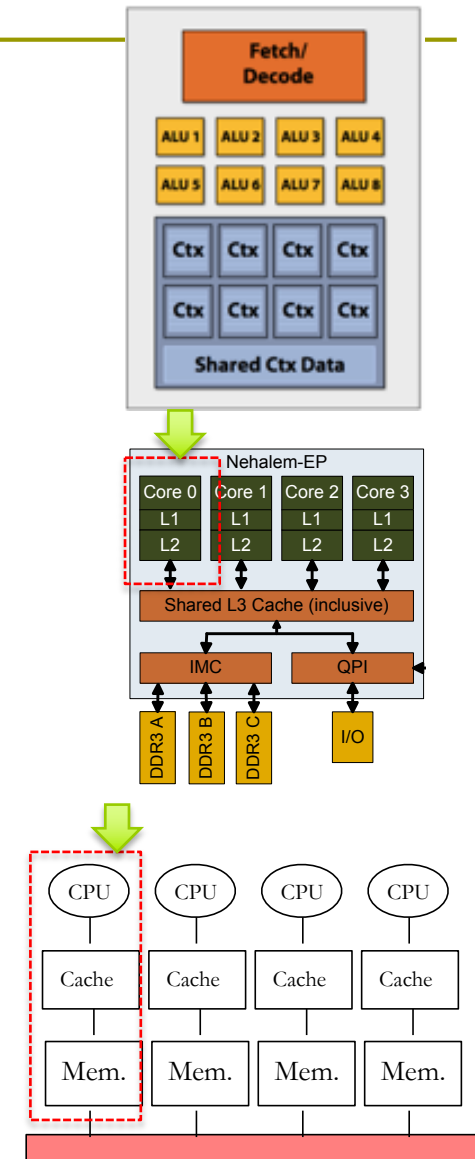
- Execução de múltiplas instruções de um programa em paralelo
- Processamento vetorial
- Explorado pelo hardware atual
- Limitado pelas dependências de dados/controlo do programa

### ❑ Tarefas / fios de execução

- múltiplos fluxos de instruções de um mesmo programa executam em paralelo
- Limitado pelas dependências e características do algoritmo

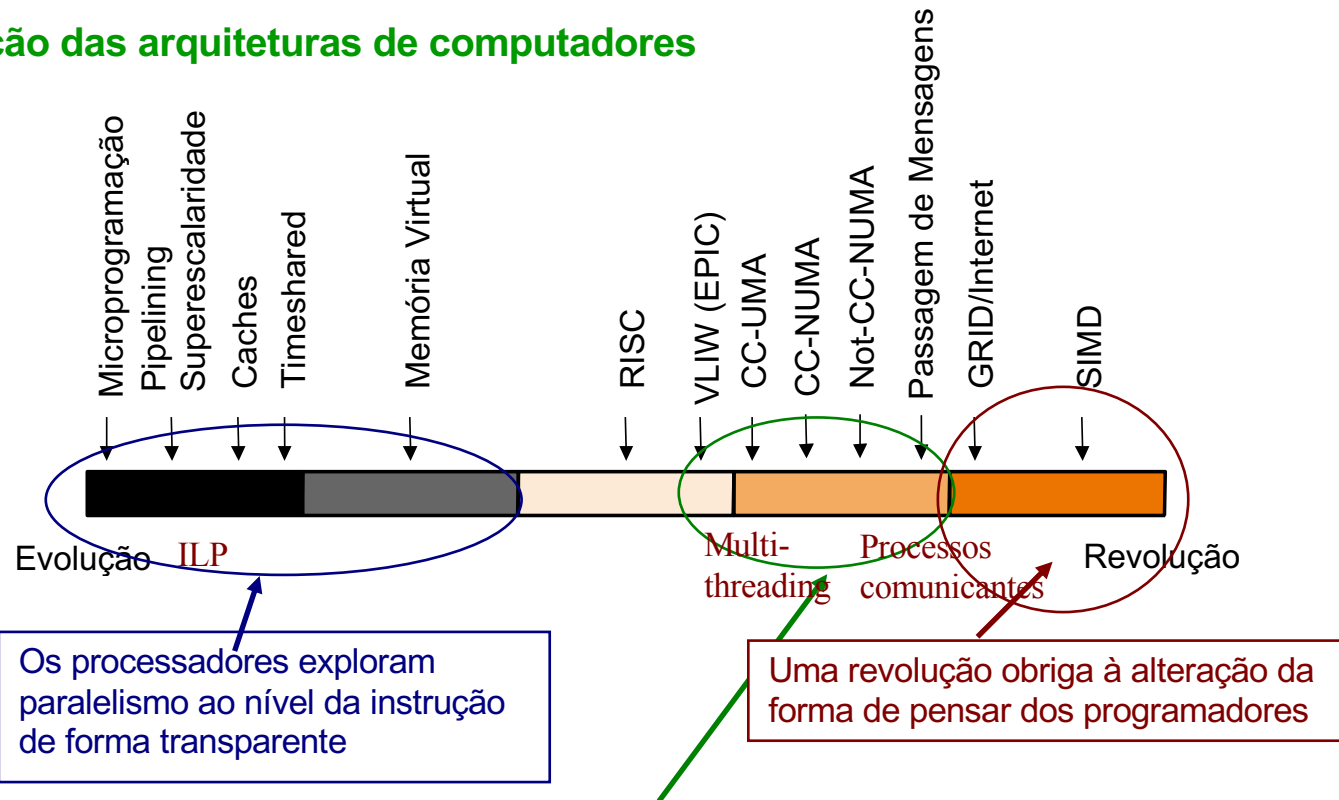
### ❑ Processos

- Múltiplos processos de um mesmo programa / ou de vários programas



# Computação Paralela

## Evolução das arquiteturas de computadores

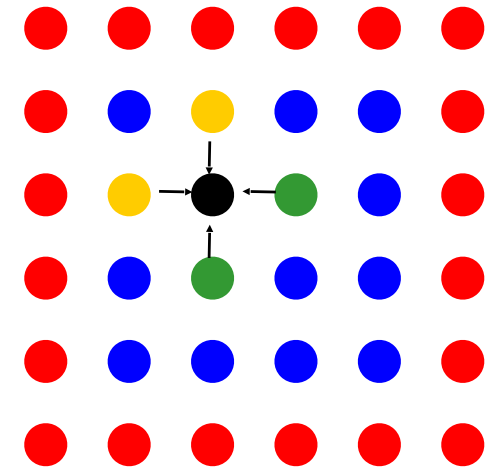


A ênfase de computação paralela é na programação deste tipo de arquiteturas

# Computação Paralela

## Níveis de paralelismo: exemplo “stencil”

```
for(i, ...  
  for(j, ...  
     $A[i,j] = 0,2 \times ($   
       $A[i,j-1]$   $+ A[i,j]$   $+ A[i,j+1]$   
       $+ A[i+1,j]$   $)$ 
```



### ■ Instrução (ILP)

- Ler valores  $A[...]$  da memória em paralelo?
- Efetuar as operações aritméticas em paralelo
- Multiplicação por 0,2 e escrita de  $A[i,j]$  só no final do cálculo
- Calcular valores de A em paralelo?

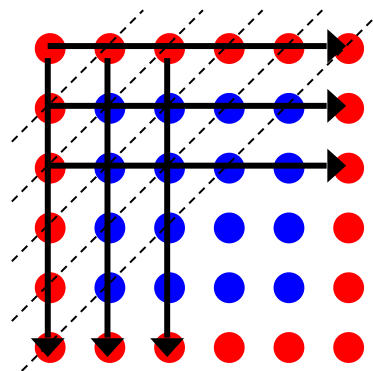
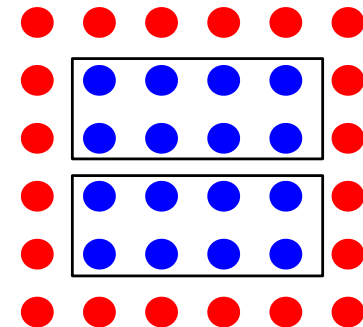
# Computação Paralela

## Níveis de paralelismo: exemplo “stencil”

$$A[i,j] = 0,2 \times (A[i-1,j] + A[i,j-1] + A[i,j] + A[i,j+1] + A[i+1,j])$$

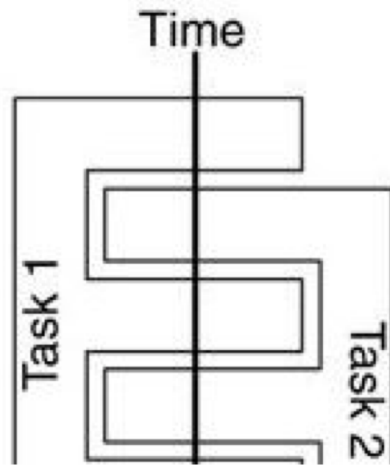
### ■ Fios de execução

- Cada atividade calcula uma parte dos valores da matriz
- Dependências?

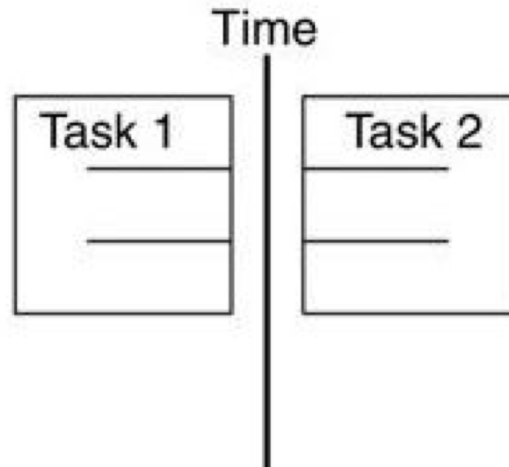


# Logic vs physical parallelism

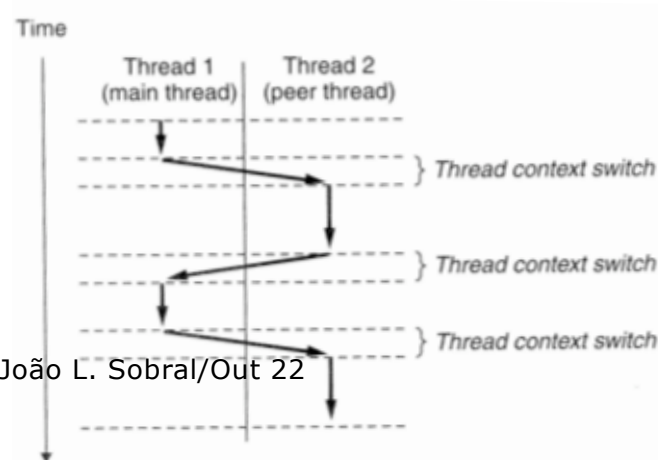
## Concurrency



## Parallelism

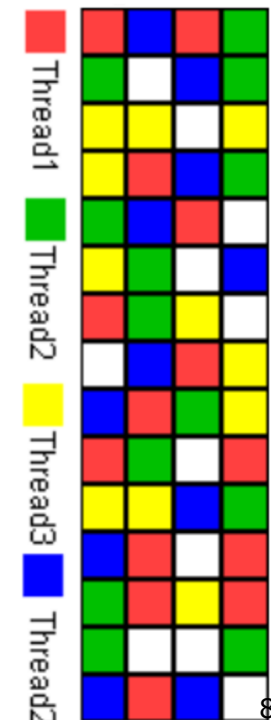
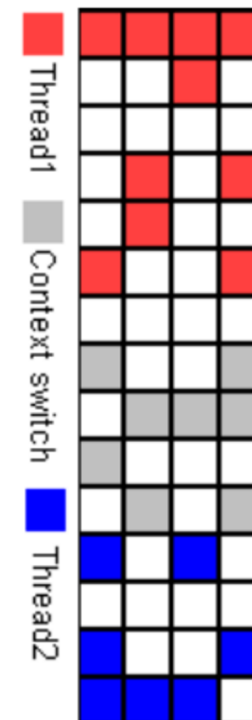


## Scheduling



João L. Sobral/Out 22

## Intel SMT





# Desenvolvimento de Aplicações Paralelas

---

## Partição do problema e dos dados a processar

- Identifica **oportunidades de paralelismo**:
  - Define um elevado número de **tarefas** (de grão fino)
  - Pode obter várias decomposições alternativas
- Duas vertentes complementares na identificação das **tarefas**:
  - **Decomposição dos dados** - identifica dados que podem ser processados em paralelo
    - **enfoque nos dados** a processar e na sua divisão em conjuntos que podem ser processados em paralelo.
  - **Decomposição funcional** – identifica fases do algoritmo que podem ser efectuadas em paralelo.
    - **enfoque no processamento** a realizar, dividindo este processamento em tarefas independentes.
- A partição deve obter um número de **tarefas**, pelo menos, uma ordem de magnitude superior ao número de unidades de processamento
  - Introduce flexibilidade nas fases posteriores do desenvolvimento.
- Tarefas de dimensões idênticas facilitam a distribuição da carga
- O número de tarefas deve aumentar com a dimensão do problema.