

Computação de Alto Desempenho Clusters de PCs

Renato Silva

LNCC - MCT

Outubro de 2003

- Renato S. Silva
 - sala: 2a-23 - ramal: 6148 - e-mail: rssr@Incc.br
 - Material:
 - Aulas: www.Incc.br/~rssr/courses
 - Notas

- Objetivo:
 - Ensinar a programar visando desempenho.
 - Identificar os recursos computacionais e retirar o maior proveito possível.
 - Rodar grandes problemas o mais rápido possível
 - Utilizando-se do Paralelismo em todos os níveis.
 - Máquinas seriais
 - Máquinas paralelas

- Listas de exercícios (30%)
- Projeto Final (70%)
 - avaliação por etapas
 - pequenos seminários
- Máquinas disponíveis
 - Cluster de PCs 32 nós - Carcará
 - SUM 24 processadores

Pré-Requisitos

- Vontade de por a mão na massa
 - literalmente vai tomar tempo !!
- Álgebra Linear
- Cálculo Numérico
- C (C++) ou Fortran (suporte para MPI ou PVM)
- Unix / Linux

Bibliografia (parte)

- **Foster** - Designing and Building Parallel Programs - <http://www.mcs.anl.gov/dbpp>
- **Kumar** - Introduction to Parallel Computing
- **Dowd** - High Performance Computing
- **Gropp** - Using MPI
- **Culler** - Parallel Computer Architecture a Hardware Software approach
- **Papers**

Processamento de Alto Desempenho

Aula - 01

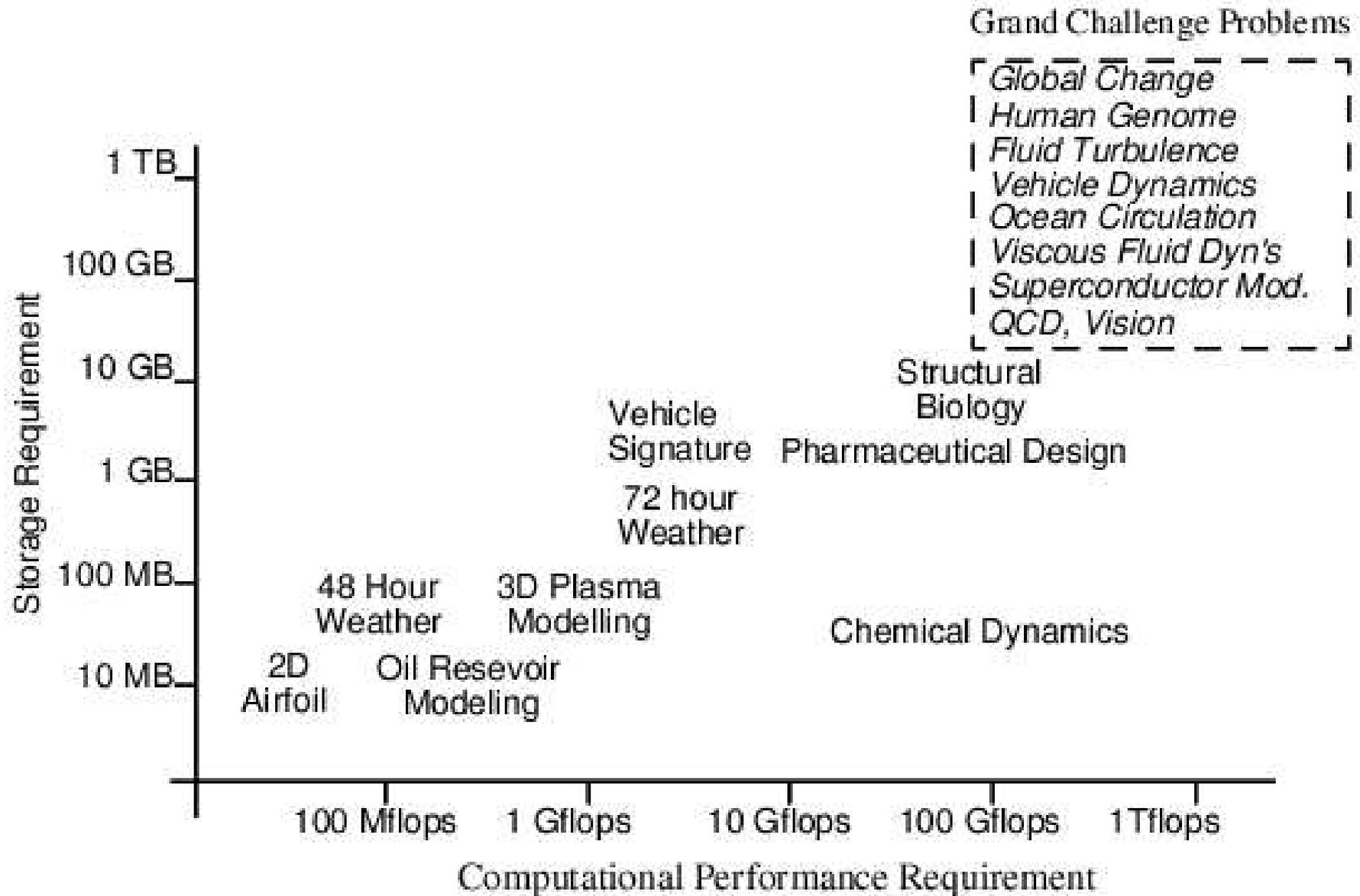
- Introdução
 - unidades
- Objetivos:
 - Porque da computação de alto desempenho
 - Porque das máquinas paralelas

- **Flop/s** - Floating point operations / second
- Operações de ponto flutuante por segundo
- 1Mflop/s - 1 Megaflop/s - 10^6 Flop/s
- 1 Gflop/s - 1 Gigaflop/s - 10^9 Flop/s
- 1 Tflop/s - 1 Teraflop/s - 10^{12} Flop/s
- 1 Pflop/s - 1 Petaflop/s - 10^{15} Flop/s

Porque da Computação de alto Desempenho

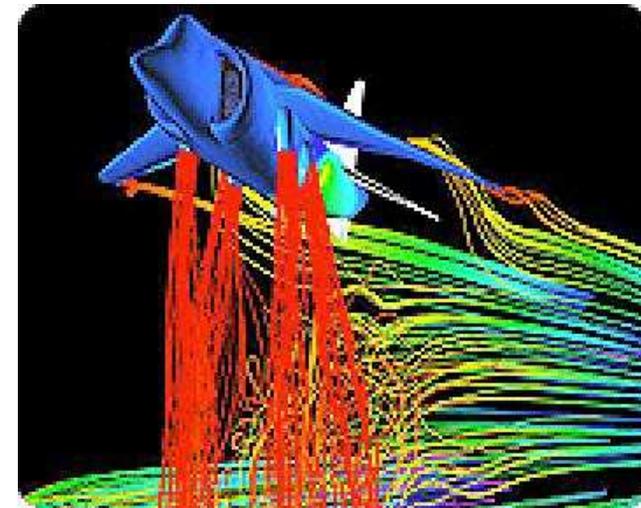
- Modelagem de problemas reais
 - difícil o uso de modelos analíticos
 - sujeitos a simplificações
 - de difícil solução
 - métodos experimentais
 - modelos em escala reduzida
 - distância entre os átomos não pode ser reduzida
 - técnicas não destrutivas (biológicos)
 - para medir perturba-se o experimento
 - custo dos laboratórios
 - perigo (biológicos e químicos)

Grand Challenge



Exemplos

- V/STOL (vertical /short take-off and landing)
- Harrier (1950)
- vetorização
- analisar:
 - estrutura (cargas areodinâmicas)
 - motores
 - efeito do solo
- 1991 - 2.8 milhões de pontos - 40h Cray Y-MP - 5 milhões de pontos 10 - 1 h
 - 30 - 300 Gfbp/s (sustentado)



Pico x Sustentado

- Desempenho de Pico (peak performance)
 - Aquilo que vc nunca vai ter !!!
 - Oferecido pelos fabricantes
- Desempenho Sustentado (sustained performance)
 - aquilo que vc realmente consegue !!!!
 - depende da aplicação (algoritimo)
 - depende da máquina

300 Gflop/s ?

- Como se consegue chegar a esse patamar sustentado ????????
- Explorando Paralelismo em diferentes níveis.
 - Nível de instrução - mais baixo nível
 - Nível de arquitetura (cooperação) - mais alto nível

Ex.:



F18-A

8 anos (70)

35.000 hr túnel de vento

≈ 0 CPU

YF-23

8 anos (86)

5.500 hr túnel de vento

15.000 hr CPU

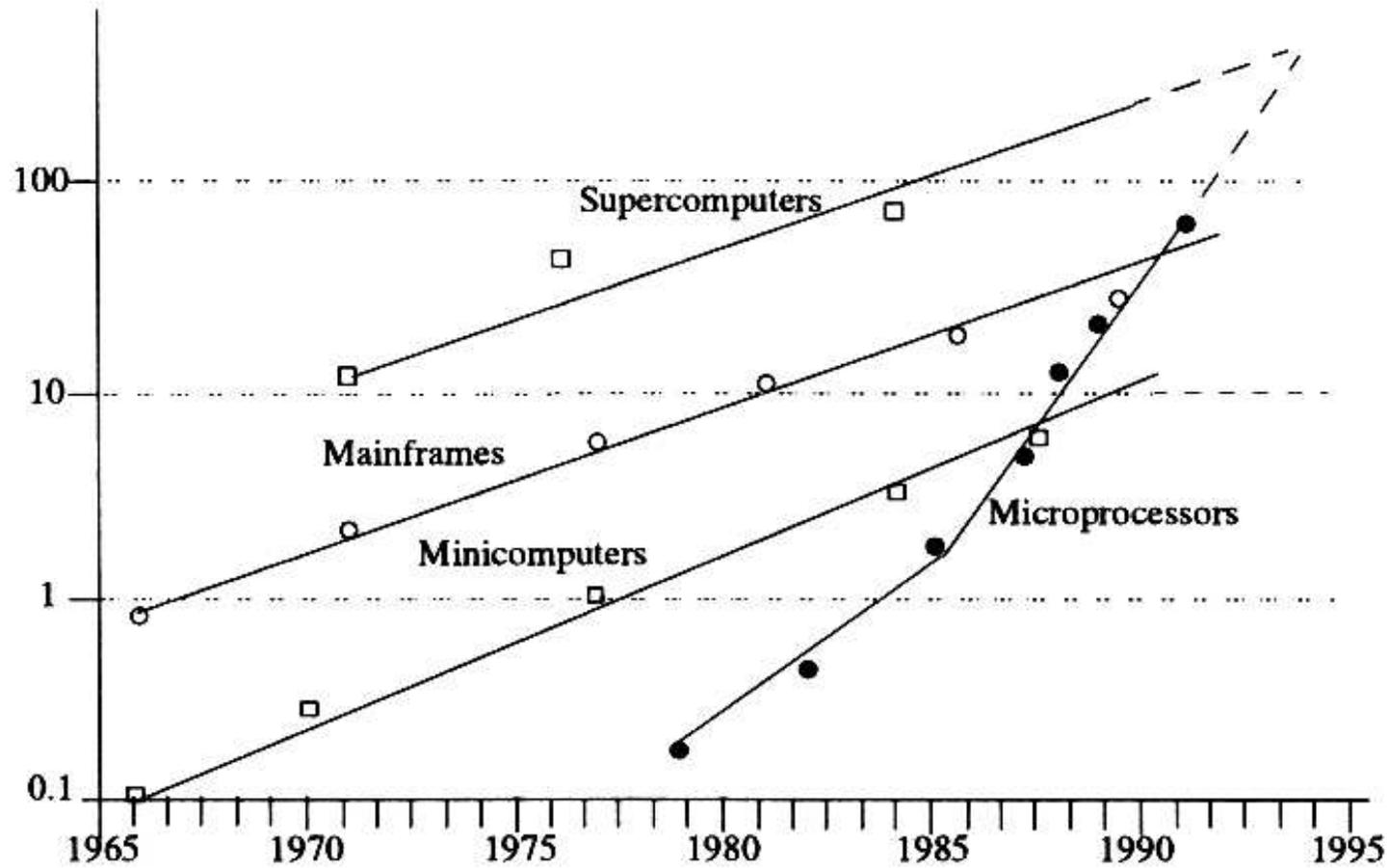


Dryden Flight Research Center EC94-42454-3 Photographed 1994

Evolução dos Processadores

- Tecnologia VLSI (very large scale integration)
 - maior número de elementos no chip
 - reorganizar os recursos para permitir que mais operações sejam feitas ao mesmo tempo
- Tecnologias de armazenamento
 - é necessário armazenar os dados em algum lugar
 - acesso rápido
 - *localidade**

Evolução dos Processadores



- System Performance Evaluation Cooperative
- Iniciativa de alguns fabricantes (SUN, HP) para normalizar os benchmarks.

Limitações

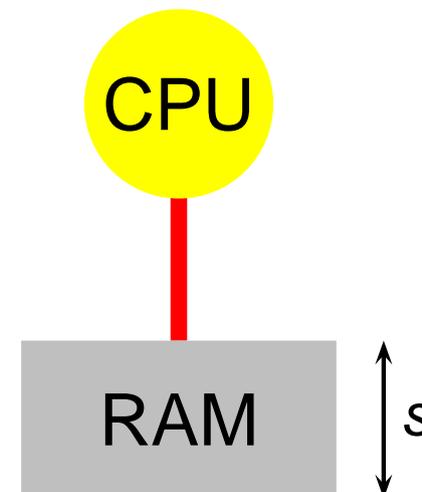
- O aumento do desempenho não pode ser infinito
 - mesmo do paralelismo do nível de instrução
 - limitações das máquinas seriais
- Limitações
 - Física - velocidade da luz
 - tecnológica - retirada de calor

Ex.:

- hipótese: Máq. sequencial com 1TFlop/s e 1Tbyte de armazenamento
- para manter funcionando a plena carga.

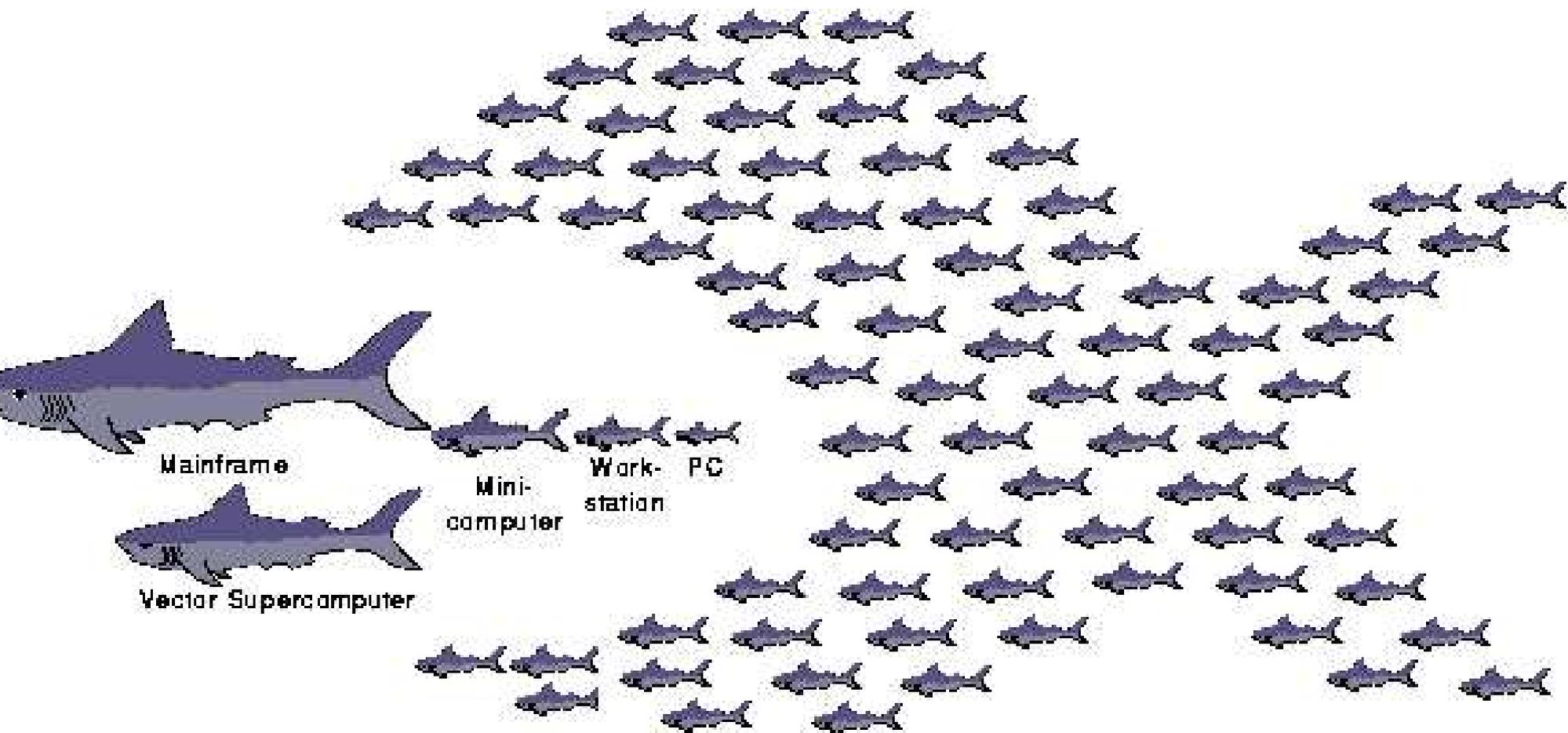
$$s = \frac{v}{\Delta t} = \frac{3 \times 10^8}{10^{12}} = 0.3mm$$

- Memória - forma matricial
- 106 x 106 bytes
- cada byte ocupa 3 Angstrons
- tamanho de um átomo pequeno



Máquinas Paralelas

- Explorando o paralelismo em mais alto nível
- criando máquinas com arquitetura paralela
- é um conceito antigo (58,59), faltou tecnologia !
- Quando se tem uma grande carga para puxar é mais fácil colocar mais um boi do que criar um boi gigante
- A união faz a força



NOW

Máq. Paralelas

Def.: "Máq. Paralela é um conjunto de processadores que se comunicam e cooperam para a resolução de um problema de grande porte"

Almasi e Gottlieb 1989

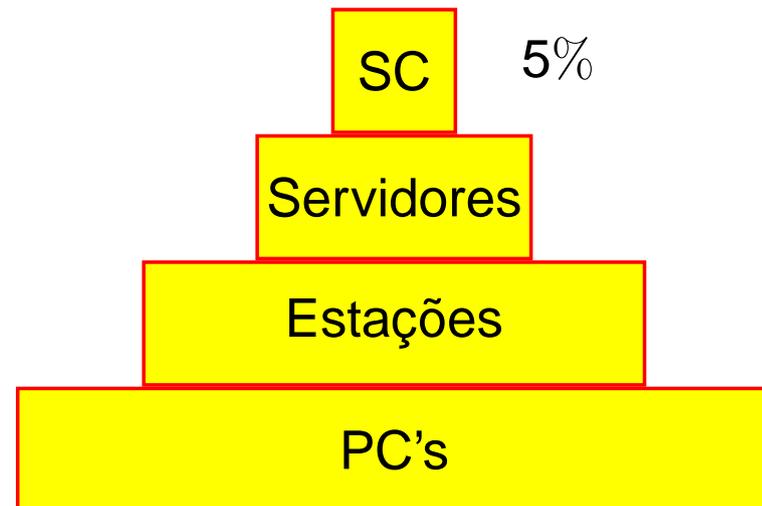
Algumas Questões

- Quantos processadores ?
- Qual a potência de cada processador ?
- Como eles cooperam ?
- Como os dados são transmitidos ?
- Qual o desempenho ?
- Escalável ? (processadores x tamanho)

- Não só o fato de rodar mais rápido
- Mas rodar problemas de grande porte (Tbytes de RAM)
- Aumento da capacidade de recursos
 - Processadores
 - Memória
 - largura de banda de I/O
 - grandes bancos de dados
 - servidores de Web

Económicas:

- custo dos processadores é muito mais baixo
- o investimento ainda é grande mas são vendidos muito mais que os *supercomputadores*
- ex.: servidores
- principalmente com os clusters

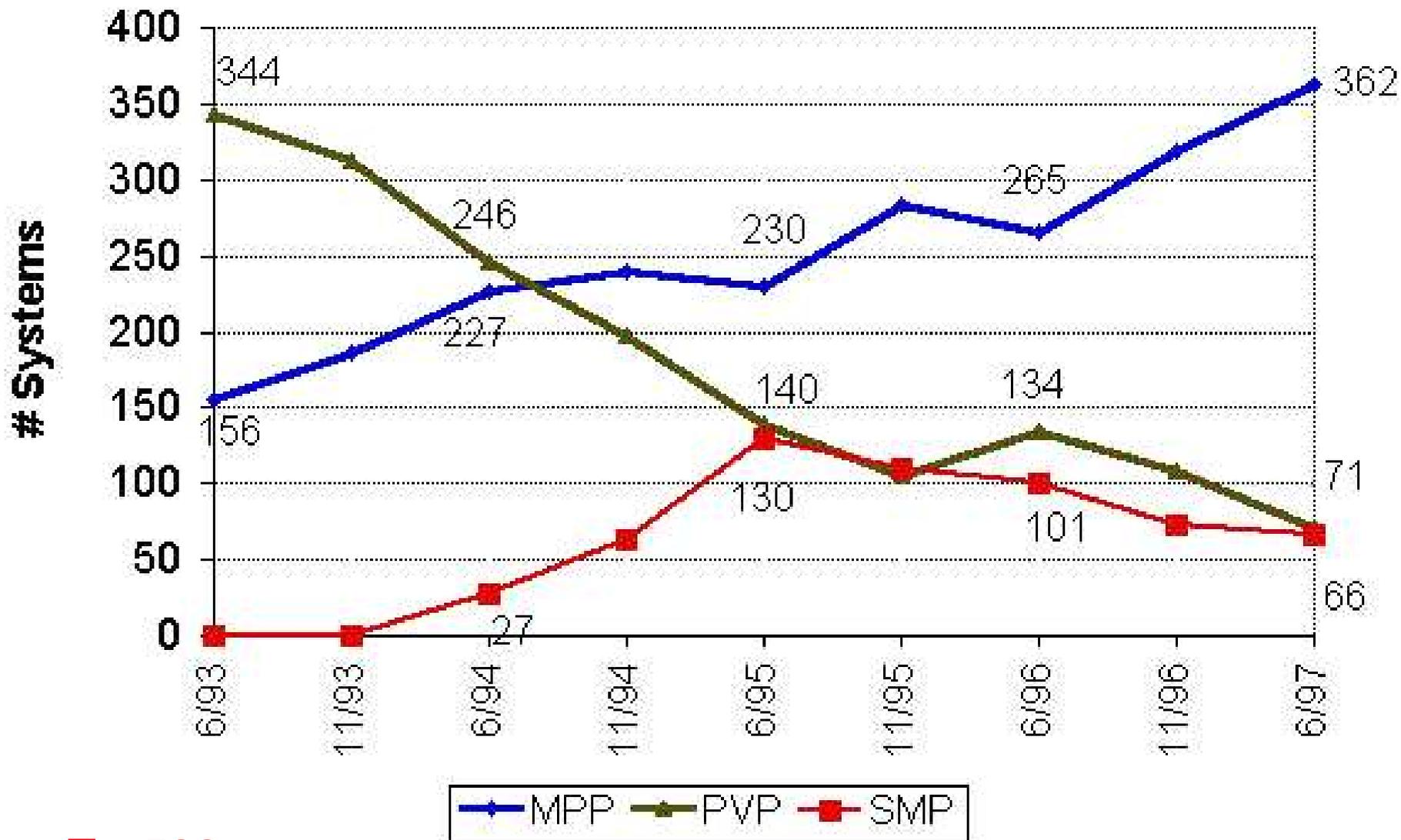


Paralela x Distribuída

- Paralela
 - "fortemente" conectada
 - construída com esse objetivo
 - comunicação, sistema operacional,...
 - Ex.: Massive Parallel Processors (MPP)
 - Ex.: clusters de estações de trabalho (COW)
 - Clusters de PC's
- Distribuída
 - coleção de máquinas que trabalham em conjunto
 - fortemente dependentes da rede
 - heterogêneas (proc., sistemas operacionais,...)
 - Ex.: Metacomputing (grid), redes, ciclos osciosos

Mas realmente funciona ?

Architectures



Conceitos Básicos

- **Concorrência - paralelismo**
- **Escalabilidade******
- **Localidade**
- **Sincronização**
 - **comunicação - tráfego**
 - **latência**
 - **largura de banda (bandwidth)**
 - **balanceamento de carga (heterogêneo)**

Por def. são sistemas mais complexos que os seriais exigem tempo e conhecimento

