

## **Características de Aplicações:** **Engenharia/Científicas vs Industriais/Comerciais**

---

**Lec-06 of Course PEE-5793**  
**High Performance Computing on Commercial Applications**

**Edward D. Moreno**  
**<http://www.lsi.usp.br/~edmoreno>**



### **Two Papers:**

---

#### **The Impact of Architectural Trends on Operating System Performance**

Mendel Rosenblum et Al. <http://www-flash.stanford.edu>

#### **Contrasting Characteristics and Cache Performance of Technical and Multi-user Commercial Workloads**

Ann Marie Grizzaffi et Al. IBM Corporation



## The Impact of Architectural Trends on Operating System Performance

---

---

Apresentaram resultados baseados na execução de grandes e realísticos workloads (usando uma Silicon Graphics, IRIX 5.3):

- Desenvolvimento de programas (*development programs*)
- Servidor para Apps de Engenharia (*Engineering Compute-server*)
- **Processamento de Transações** (*Transaction Processing*)

**Como as aplicações se comportam quando há melhoramentos na arquitetura das máquinas:**

**tanto monoprocessados quanto multiprocessados ??**



## Seleção dos Workloads

---

---

Os workloads tem um papel fundamental no desempenho dos diferentes sistemas em avaliação ou observação.

- Sistema Operativo
- Memória (caches, memória, discos, etc.)

Diferentes aplicações, refletem o desejo de conhecer as diferentes observações possíveis de aplicações reais sob diferentes ambientes.

- ♣ Desenvolvimento de programas
- ♣ Aplicações de Engenharia
- ♣ **Processamento de dados em ambientes comerciais**



## Workload 1: Desenvolvimento de Programas

---

---

As máquinas de hoje, geralmente, são usadas como uma plataforma de desenvolvimento de programas.

Esta aplicação considera vários **pequenos e curtos processos de vida curta**, os quais geralmente são compostos, significativamente, por **serviços do sistema operacional**.

Rosenblum et Al., usaram o MAB (**Modified Andrew Benchmark**), que usa o compilador gcc para compilar 17 arquivos, com uma média de 427 linhas de código cada um.



## W1: Desenvolvimento de Programas (cont.)

---

---

No caso monoprocessado:

Um make compila dois processos no mesmo tempo.

No caso multiprocessado:

Quatro makes paralelos são ativados, e cada um permite até quatro compilações concorrentemente. Cada make realiza a mesma tarefa que na versão serial (em média 2 processos/processor).

Para reduzir gargalos de I/O no diretório /tmp, usam-se diretories temporários separados (um em cada disco separado) para cada make.



## Workload: Aplicações de Engenharia

---

---

Usa-se resultados de um simulador de um sistema grande de memória, especificamente, o sistema de memória da máquina FLASH (Stanford).

Usou-se o simulador FlashLite conjuntamente com resultados VERILOG.

Estas aplicações **não são intensivas no uso do sistema operacional**, pois fazem poucas chamadas do sistema e requerem pouco acesso de disco,

Mas seus **grandes segmentos de código e working sets, estressam o sistema de memória virtual da máquina.**

As aplicações, geralmente, são altamente estáveis (pouco OS).



## Workload: Transações Comerciais - Banco de Dados

---

---

Usou-se o [Sybase SQL Server](#) (version 10 para SGI IRIX), suportando uma aplicação de processamento de transações.

O workload é um **conjunto de transações banco/cliente**, usando-se o **benchmark TPC-B**.

O Banco de Dados consiste de 63 Mbytes de dados e 570 Kbytes de índices. Os logs de dados e de transações são armazenados em discos separados.

**A aplicação faz uso intensivo do sistema operacional, especificamente, comunicação inter-processos.**



## W2: Transações Comerciais (cont.)

---

---

Na versão monoprocessada:

Disparam-se 20 clientes requisitam 1000 transações a um único servidor

Na versão multiprocessada

60 clientes requisitam um total de 1000 transações a 6 máquinas servidoras e a informação encontra-se espalhada em 4 discos.



## Resumo dos Workloads

---

---

**Desenvolvimento:**  **muitos pequenos e curtos processos de vida curta**, os quais geralmente são compostos, significativamente, por **serviços do sistema operacional**.

**Engenharia:** **Não são intensivas no uso do sistema operacional**, pois fazem poucas chamadas do sistema e requerem pouco acesso de disco, Mas seus **grandes segmentos de código e working sets, estressam o sistema de memória virtual da máquina.**

**Comerciais:** **Faz uso intensivo do sistema operacional, especificamente, comunicação inter-processos.**



## Parâmetros das Máquinas Usadas

	Machine Model		
	1994	1996	1998
CPU Clock	200Mhz	200Mhz	500Mhz
Pipeline	MIPS R4400-like Statically-scheduled Blocking caches	MIPS R10000-like Dynamically-scheduled Non-blocking caches	
Peak Performance	200 MIPS	800 MIPS	2000 MIPS
L1 Cache (Instructions)	16 KB, 2-way, 16 byte lines	32 KB, 2-way, 64 byte lines	64 KB, 2-way, 64 byte line
L1 Cache (Data)	16 KB, 2-way, 16 byte lines	32 KB, 2-way, 32 byte lines	64 KB, 2-way, 32 byte lines
L2 Cache (Unified)	1 MB, 1-way 128 byte lines	1 MB, 2-way, 128 byte lines	4 MB, 2-way, 128 byte lines
L1 miss/ L2 hit time	50 nanosecs	50 nanosecs	30 nanosecs
L2 miss time	500 nanosecs	300 nanosecs	250 nanosec

1994:  
MIPS R4400

Pipeline simples, capaz de executar a maioria das instruções em CPI=1.0.  
Cache L1, para dados e instruções separado  
Cache L2, unificado para dados  
Caches “blocking”



## Avanços Arquiteturais

1996:  
MIPS R10000

Requisita Múltiplas instruções (4 instruções por ciclo)  
Scheduling Dinâmico  
Branch Prediction (speculative execution) (4 não resolvidos ainda)  
Caches Non-blocking (four outstanding misses)

Estas novas capacidades possibilitam um maior desempenho a programas com pobre localidade de memória (relacionada frequentemente à alta utilização do kernel do sistema operacional)



## Avanços Arquiteturais (cont.)

1998:  
MIPS R10000

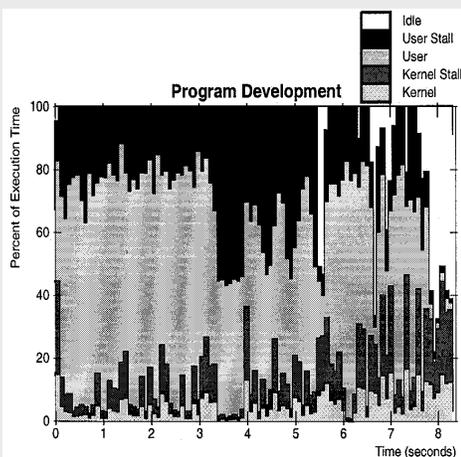
Similar ao 1996, mas com processadores em 500 MHz e alguns melhoramentos na memória (caches maiores, e menor tempo de acesso)

Estas novas capacidades possibilitam um maior desempenho a programas com pobre localidade de memória (relacionada frequentemente à alta utilização do kernel do sistema operacional)

	Machine Model		
	1994	1996	1998
CPU Clock	200Mhz	200Mhz	500Mhz
Pipeline	MIPS R4400-like Statically-scheduled Blocking caches	MIPS R10000-like Dynamically-scheduled Non-blocking caches	
Peak Performance	200 MIPS	800 MIPS	2000 MIPS
L1 Cache (Instructions)	16 KB, 2-way, 16 byte lines	32 KB, 2-way, 64 byte lines	64 KB, 2-way, 64 byte line
L1 Cache (Data)	16 KB, 2-way, 16 byte lines	32 KB, 2-way, 32 byte lines	64 KB, 2-way, 32 byte lines
L2 Cache (Unified)	1 MB, 1-way 128 byte lines	1 MB, 2-way, 128 byte lines	4 MB, 2-way, 128 byte lines
L1 miss/ L2 hit time	50 nanosecs	50 nanosecs	30 nanosecs
L2 miss time	500 nanosecs	300 nanosecs	250 nanosec

## Desenvolvimento de Programas

### Resultados (MONO): 1994



Faz uso pesado mas errado dos serviços do kernel.

16% da execução é gasto no kernel.

A frequente criação e remoção de processos resulta em grandes picos de atividade do kernel.

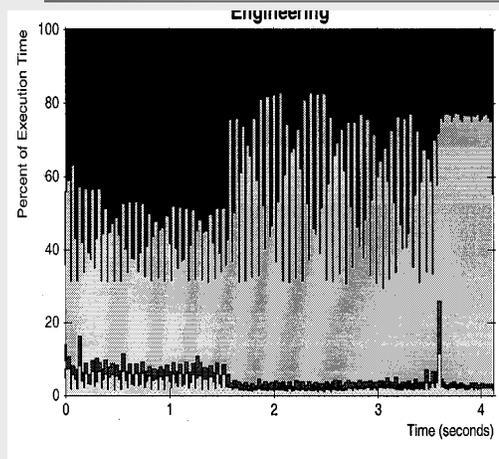
Geração estável e uniforme de acessos a disco, e contém alta concorrência para traslapar a maioria das esperas a discos.

Pouco tempo livre, i.e. Boa utilização da máquina

## Programas de Engenharia

Resultados (MONO): 1994

Idle  
User Stall & User  
Kernel Stall & Kernel



Pouco uso dos serviços do sistema  
5% da execução gasta no kernel  
O pouco (5%) deve-se ao switching  
dos processos entre o simulador  
e os resultados Verilog.

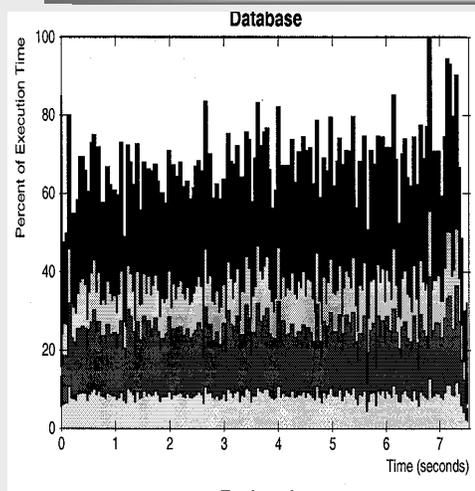
E os dois programas ligados em  
uso, possuem diferente  
comportamento do sistema  
de memória.

Não há tempo vazio (não execução) e muito tempo por espera de memória

## Programas Comerciais

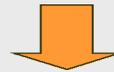
Resultados (MONO): 1994

Idle  
User Stall & User  
Kernel Stall & Kernel



Uso pesado dos serviços do kernel (38%)

Alta comunicação inter-processos,  
os clientes com o servidor DB, e  
este com seus processos I/O assíncronos

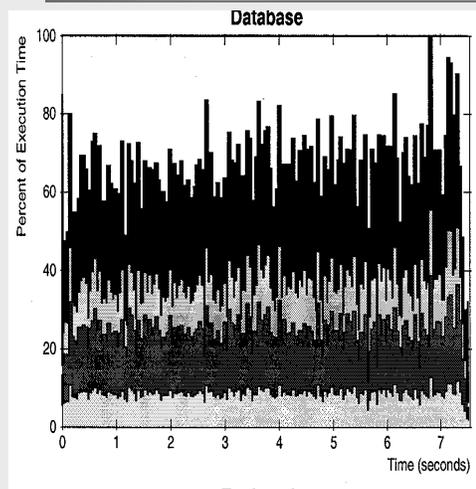


Muita chamada do sistema e alta  
taxa de chaveamento de contextos

## Programas Comerciais

Resultados (MONO): 1994

Idle  
User Stall & User  
Kernel Stall & Kernel



Uso pesado de I/O, discos.

Os dados são constantemente lidos do disco de dados do DB, mas os resultados e os logs são escritos em discos diferentes.

Apesar de existir alto traslapamento de computação e operações de disco (caraterísticas de um bom servidor)

Muito tempo ocioso (36%) do tempo de execução

## Resumo: Características de execução

**Desenvolvimento:** A frequente criação e remoção de processos resulta em grandes picos de atividade do kernel.

Pouco tempo livre, i.e. Boa utilização da máquina

**Engenharia:** Pouco uso dos serviços do sistema operacional

Não há tempo vazio (não execução) e muito tempo por espera de memória

**Comerciais:** Uso pesado dos serviços do kernel e Alta comunicação inter-processos. Uso pesado de I/O, discos.

Muita chamada do sistema e alta taxa de chaveamento de contextos

Muito tempo ocioso (36%) do tempo de execução

## Eventos Hardware e O.S.: 3 Aplicações

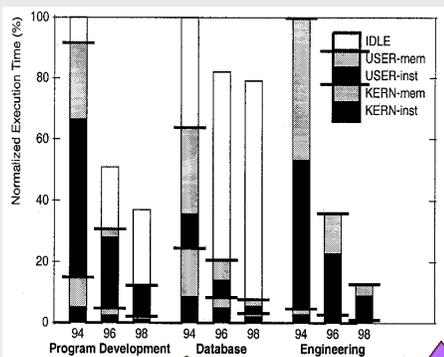
### Comerciais

OS events	Prog-Dev	Database	Eng
Duration	8.5 secs	7.6 secs	4.1 secs
Process creations	11	<1	<1
Context switches	92	847	34
Interrupts	162	753	133
System calls	1133	4632	18
TLB refills	$87 \times 10^3$	$425 \times 10^3$	$486 \times 10^3$
VM faults	2195	9197	3386
Other exceptions	405	304	12
<b>Hardware events</b>			
Instructions	$129 \times 10^6$	$111 \times 10^6$	$101 \times 10^6$
L1-I cache misses	$2738 \times 10^3$	$4441 \times 10^3$	$4162 \times 10^3$
L1-D cache misses	$1412 \times 10^3$	$1453 \times 10^3$	$1628 \times 10^3$
L2-cache misses	$324 \times 10^3$	$339 \times 10^3$	$460 \times 10^3$
Disk I/Os	29	286	1

- ✘ Rápida criação de processos
- ✘ Alto chaveamento de contextos
- ✘ Muitas Interrupções
- ✘ Enorme chamadas ao sistema
- ✘ Similar comportamento de TLBs
- ✘ Enorme eventos de memória virtual

- ✘ Similar No. Instruções
- ✘ Similar Misses-Instruções em L1
- ✘ Similar Misses-Dados em L1
- ✘ Similar Misses Dados em L2
- ✘ Muita operações I/O, DISCOS

## Impacto de Alguns Avanços Arquiteturais



Pode-se perceber um melhoramento “speedup” num fator de **8 (Engenharia) e 27% (Database)**

A causa principal desse “pobre” melhoramento deve-se a atrasos produzidos pelos acessos a discos.

**Problema clássico de gargalo de I/O**

Ver grande aumento do tempo ocioso nas aplicações com taxas significativas de acesso a disco WK1 e WK2

O nosso interesse

## Impacto de Alguns Avanços Arquiteturais (cont.)

Na aplicação Comercial (Banco de Dados):

O tempo de execução gasto na realização de loops-ociosos aumentou de

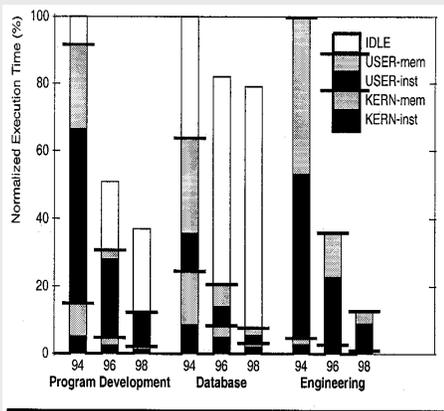
**36% (1994) para 75% (1996) e 90% (1998).**

Similarmente, a aplicação de desenvolvimento de programas, onde os loops ociosos, esperando por solicitações a discos sejam completadas, demandam 66% (Ano 1998) do tempo de execução.

**Algumas soluções, for a do escopo do nosso curso,  
stripping os dados em múltiplos discos separadamente  
Switching em discos RAID's e/ou outros discos de HPC**



## Impacto de Alguns Avanços Arquiteturais (cont.)



As características avançadas, reduziram o tempo não ocioso em:

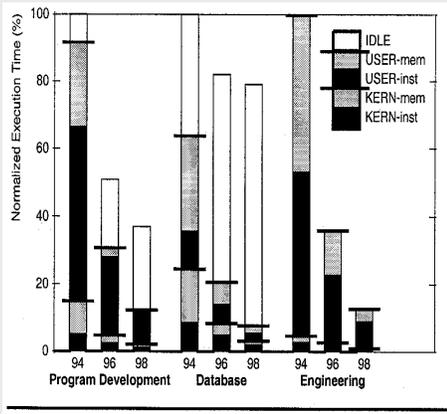
Ano	Prog	Eng	Database
96	3.0x	2.8x	3.1x
98	7.4x	7.9x	8.3x



**Maior clock e  
Grandes caches**



## Impacto de Alguns Avanços Arquiteturais (cont.)



Os ganhos obtidos por melhoras arquiteturais refletem :

### Ganhos similares ao kernel e usuário

Gerações de futuras máquinas terão a mesma importância relativa ao tempo execução do kernel.

O problema não será crescerá, manter-se-á, relativo ao desenvolvimento do hardware



## Ciclos de Espera de Memória por Instrução

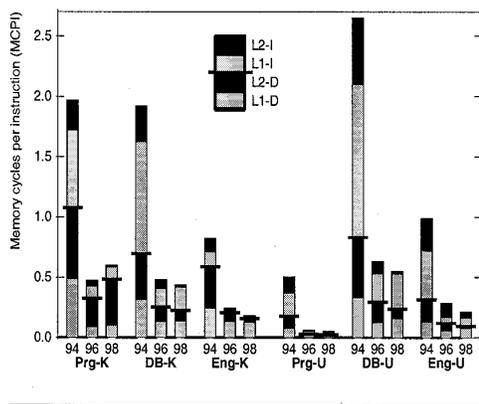


Fig 4.4

Programa:

Os processos relativamente pequenos couvem nos caches de máquinas futuras. Ver efeito em Prg-U. (menor que Prg-K)

Engenharia e Comercias

Apesar de obter benefícios, os grandes e muitos programas usados continuam tendo problemas com o significativo tempo associado a esperas da memória.



## Tolerância da Latência

### (Ocultando o tempo de espera do Kernel)

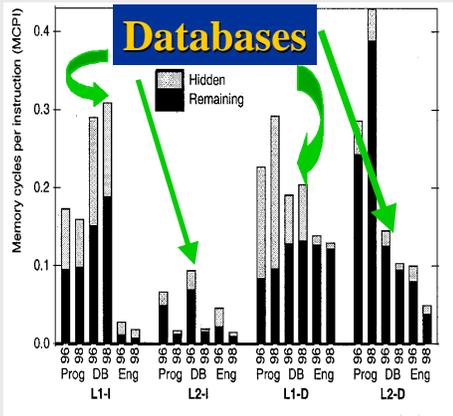


Fig. 4.5 **Maiores benefícios em Instruções que Dados**

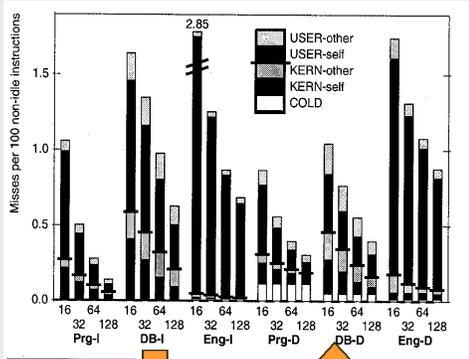
Os resultados enfatizam dois resultados

Processadores com scheduling dinâmico são mais efetivos ocultando as curtas latências dos misses de L1 que os L2.

Processadores SD, ocultam, aproxim. A metade do tempo da latência devida ao kernel do sistema que produzem falhas em L1.

Infelizmente, caches L2 não obtêm tantos benefícios quanto L1.

## Falhas de Cache vs. Tamanhos de Cache



Grandes caches são mais efetivos em remover as falhas por capacidade tanto em aplicações de usuário quanto do kernel.

Mais efetivos que diminuir falhas por interferência.

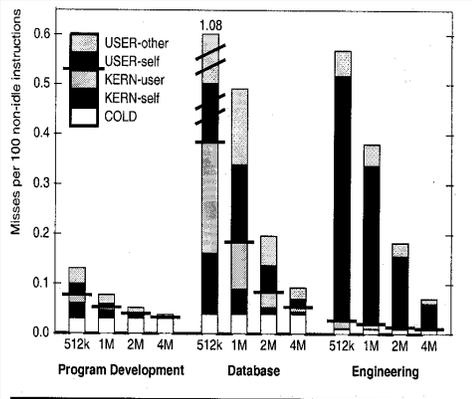
**Em banco de dados, esse impacto é mais significativo.**

fig46

### Banco de Dados

Caches 2-way, Kbytes, LRU  
Linhas de 64 bytes (I) e 32 (D).

## Impacto dos caches L2 (unificados)



Caches L2 sofrem de grande latências quando um miss acontece. Por exemplo, 1 miss em L2 equivale a executar 500 instruções

**Banco de Dados se beneficiam bastante de grandes caches L2**

Similar às aplicações de Engenharia, não obstante um pouco mais significativo.

Fig. 47 Caches 2-way, LRU e linhas de 128 bytes.

**Lembrar o Banco de Dados em Estudo TPC-B, muito simples e pouco exigente**

## Atividades do Kernel, Workload 1 Desenvolvimento de Programas

Service	%Kernel			Computation			1994 configuration				1998 configuration				Latency			Events per Second	%Cold misses		
	1994	1996	1998	Avg(04) [microsec]	Speedup-96	Speedup-98	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	Avg(04) [microsec]			Speedup-96	Speedup-98
DEMAND ZERO	18.1	17.1	25.0	51	3.3	5.1	3.75	0.52	2.23	4%	16%	1.84	0.05	1.43	1%	35%	51	3.3	5.1	532	54
QUICK FAULT	10.5	9.9	7.7	13	3.3	9.6	2.09	0.80	0.30	6%	2%	0.55	0.04	0.05	1%	1%	13	3.4	9.6	1224	0
execve	10.2	10.7	10.5	1180	3.0	6.9	2.64	0.89	0.75	5%	4%	0.95	0.12	0.38	2%	7%	1221	2.5	6.6	13	8
write	10.0	9.4	10.4	47	3.3	6.8	2.97	0.73	1.24	4%	6%	1.10	0.09	0.60	2%	10%	52	3.4	7.1	320	12
read	9.1	8.5	7.8	87	3.4	8.2	3.52	0.98	1.54	4%	6%	1.07	0.10	0.53	1%	7%	87	3.3	8.2	157	4
C.O.W. FAULT	6.3	5.5	6.4	82	3.6	6.9	4.18	0.48	2.70	1%	6%	1.53	0.04	1.10	0%	8%	82	3.6	6.9	115	12
UTLB	4.7	8.4	7.0	0.08	1.7	4.6	1.77	0.04	0.75	0%	3%	0.96	0.00	0.07	0%	1%	0.08	1.7	4.6	87442	0
open	4.6	4.7	3.8	100	3.1	8.4	3.27	1.73	0.54	4%	1%	0.96	0.28	0.18	2%	1%	2594	0.9	1.0	69	0
fork	4.2	4.3	4.5	568	3.0	6.5	3.03	0.76	1.26	2%	3%	1.17	0.12	0.62	1%	4%	35 ms	3.8	8.4	11	5
exit	3.5	4.2	3.4	481	2.6	7.4	2.37	0.66	0.71	1%	2%	0.80	0.11	0.23	1%	2%	482	2.6	7.4	11	0
brk	2.8	2.7	2.2	33	3.3	9.1	3.80	2.06	0.74	2%	1%	1.04	0.37	0.17	1%	1%	33	3.4	9.1	130	0
PFAULT	2.4	2.4	1.8	14	3.2	9.2	2.32	1.07	0.26	2%	0%	0.64	0.12	0.05	1%	0%	14	3.2	9.2	266	0
CLOCK INT	2.4	1.0	0.5	36	3.8	12.5	6.21	3.57	1.65	2%	1%	1.70	0.63	0.42	0%	0%	37	3.8	12.3	100	0
close	1.9	1.9	1.5	31	3.2	9.1	3.63	2.02	0.60	2%	0%	0.99	0.30	0.17	1%	0%	916	1.2	1.2	92	0
unlink	1.5	1.4	1.2	197	3.2	8.8	3.56	1.84	0.72	1%	0%	1.00	0.26	0.22	1%	0%	17 ms	1.0	1.0	11	0
Other	7.8	7.8	6.3	--	--	--	--	--	--	6%	2%	--	--	--	3%	2%	--	--	--	--	1

Tabela 48

## Atividades do Kernel, Workload 2 Programas de Engenharia

Service	%Kernel			Computation			1994 configuration					1998 configuration					Latency			Events per Second	%Cold misses	
	1994	1996	1998	Avg(94) [microsec]	Speedup-96	Speedup-98	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	Avg(94) [microsec]	Speedup-96	Speedup-98			
ENGINEERING	09.8	80.1	87.4	0.07	1.4	5.0	1.49	0.01	0.47	1%	55%	1.05	0.00	0.14	0%	41%	0.07	1.4	3.0	483840	2	
UTLB	12.5	2.7	0.9	58	2.8	8.4	9.18	4.86	3.33	10%	7%	2.69	0.97	1.06	1%	1%	59	2.8	8.4	100	1	
CLOCK INT	6.0	5.0	4.7	0.83	2.7	7.6	1.89	0.44	0.41	2%	2%	0.62	0.01	0.01	0%	0%	0.83	2.7	7.6	3365	0	
DBL_FAULT	2.9	2.1	2.9	1099	2.3	4.4	2.27	0.34	0.93	1%	2%	1.28	0.12	0.64	1%	5%	1099	2.2	4.4	1	29	
exit	1.7	0.9	1.2	89	3.3	6.6	6.46	2.50	2.95	1%	1%	2.41	0.33	1.66	1%	3%	89	3.3	6.6	9	16	
DEMAND ZERO	1.4	0.5	0.4	44	2.4	5.5	3.87	1.94	0.96	1%	0%	1.08	0.31	0.28	0%	0%	74	2.0	4.2	14	2	
SW INT	1.1	0.6	0.4	273	2.5	2.9	7.89	1.39	5.51	0%	1%	7.94	0.74	6.69	0%	1%	273	2.5	2.9	2	28	
DAEMONS	4.6	2.1	2.1	-	-	-	-	-	-	3%	1%	-	-	-	2%	2%	-	-	-	-	-	16
Other																						

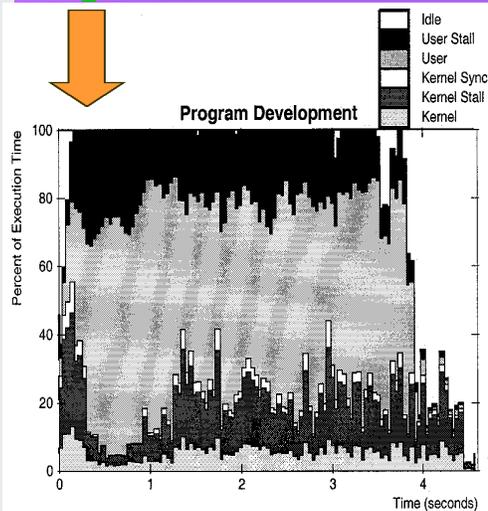
TABLE 18. Detailed breakdown of the engineering workload kernel activities.

## Atividades do Kernel, Workload 2 Programas Comerciais

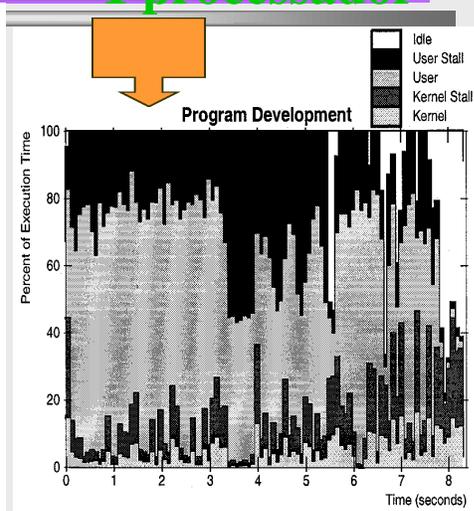
Service	%Kernel			Computation			1994 configuration					1998 configuration					Latency			Events per Second	%Cold misses	
	1994	1996	1998	Avg(94) [microsec]	Speedup-96	Speedup-98	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	CPI	i-MCPI	d-MCPI	%stall (I)	%stall (D)	Avg(94) [microsec]	Speedup-96	Speedup-98			
COMMERCIAL	15.2	12.4	12.0	89	3.0	9.4	3.94	2.11	0.85	12%	3%	1.07	0.29	0.28	8%	7%	2090	1.2	1.3	466	30	
select	15.2	13.8	13.5	86	3.1	8.4	2.80	0.99	0.81	8%	6%	0.90	0.17	0.26	6%	9%	44 ms	1.2	1.2	431	0	
UTLB	12.9	26.0	26.2	0.07	1.4	3.8	1.35	0.00	0.35	0%	5%	0.90	0.00	0.08	0%	5%	0.07	1.4	3.8	424582	0	
write	8.4	7.0	6.8	88	3.3	8.8	4.20	2.52	0.68	7%	2%	1.28	0.51	0.21	6%	2%	734	1.7	2.9	233	0	
ioctl	8.1	6.3	5.8	37	3.4	9.3	3.87	1.83	1.04	6%	3%	1.05	0.27	0.26	3%	3%	5309	1.1	1.0	534	0	
SW INT	7.2	5.7	5.4	62	3.7	10.3	5.26	2.93	1.33	6%	3%	1.30	0.44	0.30	4%	3%	62	3.7	10.3	283	0	
send	4.3	3.7	3.3	76	3.4	10.1	5.31	3.30	1.01	4%	1%	1.31	0.54	0.25	3%	1%	138	3.5	10.2	138	0	
DEMAND ZERO	4.1	3.7	5.8	69	3.2	5.5	4.88	1.37	2.52	2%	3%	2.24	0.27	1.54	2%	9%	70	3.2	5.5	145	53	
DISK INT	3.4	2.6	2.1	28	3.6	11.4	4.58	2.70	0.88	3%	1%	1.02	0.32	0.18	2%	1%	28	3.6	11.4	289	0	
DBL_FAULT	3.0	1.9	1.5	0.87	1.5	4.9	1.72	0.48	0.22	1%	1%	0.87	0.10	0.17	0%	1%	0.88	1.5	4.9	8553	0	
fcntl	2.5	2.3	2.0	22	3.1	9.1	5.65	3.13	1.52	2%	1%	1.56	0.68	0.37	2%	1%	22	3.1	9.1	286	0	
syscall	2.0	1.9	2.0	17	2.8	7.1	2.47	1.04	0.43	1%	1%	0.87	0.26	0.14	1%	1%	17	2.8	7.2	286	0	
recv	1.8	1.5	1.3	31	3.4	10.4	3.42	1.96	0.45	1%	0%	0.82	0.23	0.11	1%	0%	31	3.4	10.5	140	0	
gettimeofday	1.4	1.5	1.5	9	2.7	7.2	3.29	1.77	0.52	1%	0%	1.15	0.25	0.14	1%	0%	9	2.8	7.3	391	0	
sigprocmask	1.2	1.3	1.3	5	2.8	6.8	2.02	0.94	0.08	1%	0%	0.74	0.19	0.03	1%	0%	5	2.8	6.8	571	0	
Other	9.2	8.5	8.9	-	-	-	-	-	-	6%	3%	-	-	-	5%	5%	-	-	-	-	-	12
TOTAL	60.8	66.1	67.4	0.07	1.4	3.2	1.10	0.01	0.47	16%	33%	1.03	0.06	0.14	0%	41%	0.07	1.4	3.2	483840	2	

## Sistemas Multiprocessados: workload-1

### 8-processadores

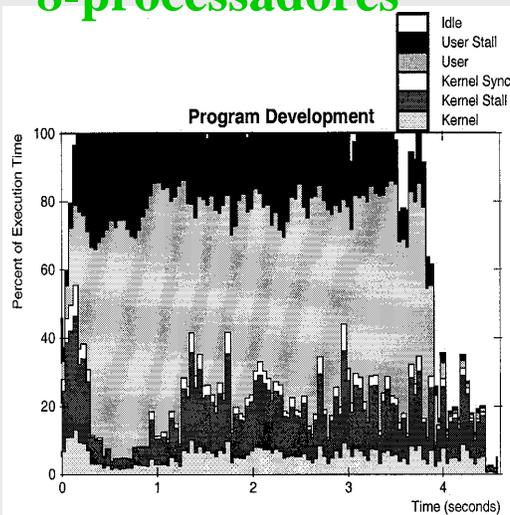


### 1 processador



## Sistemas Multiprocessados: workload-1

### 8-processadores



Quando comparado ao mono processado há mais tempo ocioso

Este maior tempo ocioso deve-se ao **imbalace de carga**, principalmente ao final da execução dos programas.

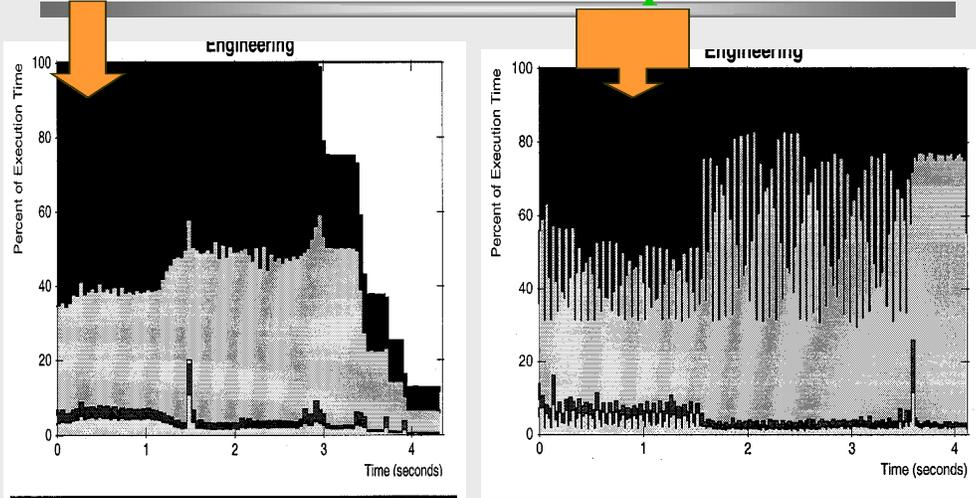
Também ao grande engarrafamento de I/O, principalmente no caso de Apps Comerciais (DB).

fig51

**Tempo Crítico: No final da execução dos programas**

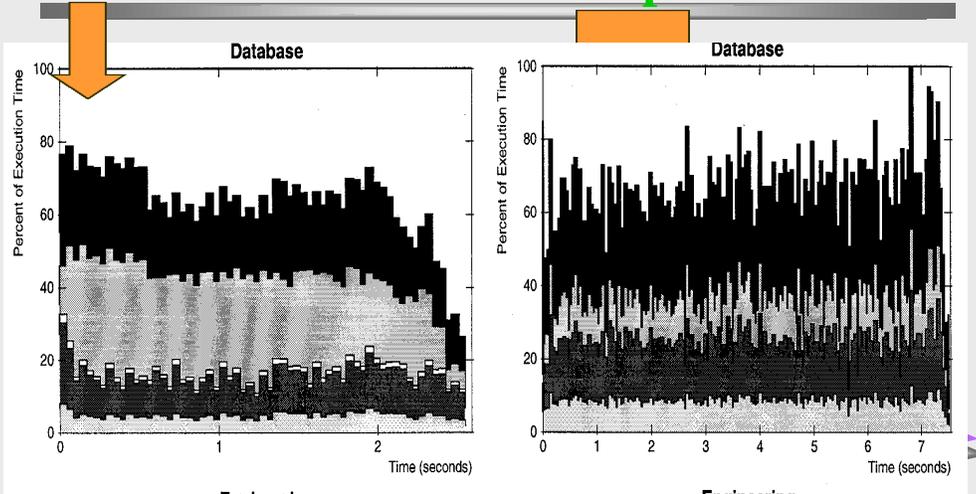
# Sistemas Multiprocessados: Engenharia

8-processadores      1 processador



# Sistemas Multiprocessados: Comerciais

8-processadores      1 processador



## Alguns Comentários (Multiprocessadores)

Duas das três aplicações mostraram um aumento na importância relativa do tempo associado ao KERNEL.

Devido à sobrecarga associada com a sincronização e o comportamento do sistema de memória, muito mais crítico em Engenharia e Comerciais.

A fração do tempo gasto em atividades não ociosas do kernel, aumentou  
 Programas: 16% para 24%      Engenharia: 4.6% para 5.3%

As versões paralelas de aplicações comerciais (servidores paralelos DB) em ambientes multiprocessados requerem muito mais computação por transação, motivo pelo qual a análise torna-se mais crítica. 

**POSSIVEMENTE GANHOS SIGNIFICATIVOS**

## Eventos HW& SW em Multiprocessadores

OS events	Prg.-Dev	Database	Eng
Duration	4.7 secs	2.6 secs	4.4 secs
Process creations	80	1.1	< 1
Context switches	1633	3929	193
Interrupts	1428	1853	843
System calls	8246	13546	51
TLB refills	655 x 10 <sup>3</sup>	1374 x 10 <sup>3</sup>	2653 x 10 <sup>3</sup>
VM faults	17166	30309	30481
Other exceptions	3216	3097	118
<b>Hardware events</b>			
Instructions	1105 x 10 <sup>6</sup>	1074 x 10 <sup>6</sup>	882 x 10 <sup>3</sup>
L1-I cache misses	18359 x 10 <sup>3</sup>	14961 x 10 <sup>3</sup>	25229 x 10 <sup>3</sup>
L1-D cache misses	10481 x 10 <sup>3</sup>	7124 x 10 <sup>3</sup>	10017 x 10 <sup>3</sup>
L2-cache misses	1948 x 10 <sup>3</sup>	2500 x 10 <sup>3</sup>	3358 x 10 <sup>3</sup>
Disk I/Os	214	829	1

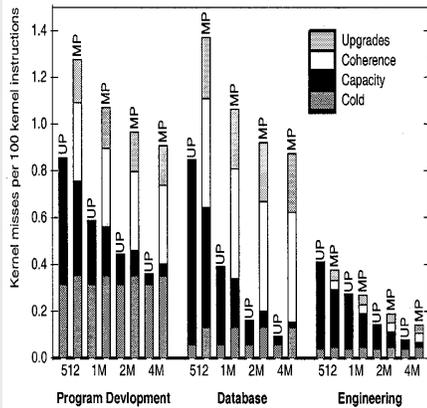
Análise similar  
 caso monoprocessoado

Mais I/O, Chamadas do S.O.  
 chaveamento de contextos,  
 Interrupções

Menos Tempo 

**Menor Duração (Mais Ganhos) ?? !!** 

# Impacto do Cache L2 no Modo Kernel Multiprocessadores



## Falhas por coerência e upgrades

**Coerência** devido a invalidações produzidas por escritas de outros processadores

**Upgrades** devido a escritas de um processador a uma linha de cache para a qual não possui propriedade de escrita

Fig 53 Aplicações comerciais em Sistemas Multiprocessados são mais críticas



**Mais Pesquisa e Estudo**

# Atividade do kernel em Multiprocessadores Engenharia e Desenvolvimento

Service	%Kernel		Computation								Latency				Events per second	Lock acquires per call	Coherence misses per call
	MP (1994)	UP (1994)	Avg-MP (microsec)	Slowdown over UP	% Instructions	% Spinlock	% Coherence	% Upgrades	% I-cache	% D-cache (collide)	Avg-MP (microsec)	Standard over UP	Avg-Blocked (microsec)	Avg-Dispatched (microsec)			
DEMAND FILL	15.5	18.1	65	28%	22	10	5	3	13	47	65	29%	--	--	3863	8	5
QUICK FAULT	10.8	10.5	20	53%	33	17	8	3	30	9	20	54%	0.24	--	8879	5	2
receive	10.4	10.2	1799	52%	27	13	10	6	25	20	2241	84%	203	239	94	572	337
write	9.0	10.0	63	34%	29	8	5	3	23	32	75	44%	4	8	2339	13	6
PFAULT	7.8	2.4	59	340%	19	13	13	6	30	19	447	3198%	36	352	2126	13	14
read	7.0	9.1	101	17%	24	3	3	2	25	39	131	50%	0.36	29	1131	10	10
fork	4.9	4.2	998	76%	21	15	12	7	19	26	18 ms	-48%	27	17 ms	80	281	239
open	4.9	4.6	158	58%	23	9	11	5	40	12	2059	-21%	1462	439	503	51	33
exit	4.6	3.5	927	93%	23	18	18	11	15	14	1322	174%	177	218	80	345	335
C.O.W. FAULT	4.4	6.3	109	33%	19	7	4	2	10	58	109	33%	--	--	658	11	8
UTLB	3.6	4.7	0.09	10%	62	0	2	0	13	24	0.09	10%	--	--	654603	0	0
link	3.5	2.8	60	84%	16	15	13	2	33	20	61	85%	0.53	--	944	18	15
else	2.0	1.9	49	56%	19	12	12	5	41	11	684	-25%	492	144	657	14	11
CLOCK INT	1.9	2.4	39	8%	13	3	11	7	50	17	39	6%	--	--	798	1	8
unlink	1.6	1.5	323	64%	19	10	15	7	38	12	14 ms	-16%	12 ms	2491	81	86	92
Other	8.1	7.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

tab54

# Atividade do kernel em Multiprocessadores Databases

Service	%Kernel		Computation		Computation breakdown (% Time)							Latency				Events per second	Lock acquires per second	Coherence misses per call	
	MP (1994)	UP (1994)	Avg-MP (microsec)	Slowdown over UP	% Instructions	% Spinlock	% Coherence	% Upgrades	% I-cache (cold/miss)	% D-cache (cold/miss)	Avg-MP (microsec)	Slowdown over UP	Avg-Blocked (microsec)	Avg-Descheduled (microsec)					
select	12.4	15.2	154	79%	33	18	12	4	18	13	47	ms	9%	0.10	4/	ms	1088	9/	34
read	12.2	15.2	121	51%	19	7	13	8	37	16	4217	102%	4051	45	1363	23	31		
UTILE	10.2	12.9	0.10	34%	70	0	0	0	3	27	0.10	34%	--	--	1373819	0	0		
ioctl	8.0	8.1	66	76%	16	7	16	7	39	14	8281	56%	0.29	8215	1644	13	20		
QUICK FAULT	8.0	0.3	54	273%	16	9	12	6	41	16	65	344%	4	7	1981	9	13		
write	7.5	8.4	144	63%	17	8	15	7	43	11	795	8%	608	44	705	27	40		
runed	5.7	0.0	196	0%	18	10	18	8	29	17	198	0%	--	2	395	43	69		
END_IDLE	5.0	0.6	16	173%	16	4	27	18	26	10	16	147%	--	--	4054	0	8		
syscall	3.9	2.0	64	273%	35	2	22	0	11	30	65	274%	0.77	--	828	3	28		
DISK INT	3.2	3.4	48	69%	17	6	15	7	47	8	48	69%	--	--	891	7	14		
PFAULT	3.2	0.0	24	69%	27	10	12	5	37	9	32	124%	3	5	1784	7	5		
send	2.5	4.3	83	9%	19	8	11	5	46	12	84	-39%	0.71	--	410	16	17		
DBL_FAULT	2.4	3.0	1	38%	44	0	1	0	38	16	1	37%	--	--	26894	0	0		
exit	2.0	0.9	1136	78%	27	12	10	11	14	25	1146	73%	2	8	24	481	231		
CLOCK INT	1.8	0.9	30	33%	13	3	11	7	52	14	30	33%	--	--	798	1	6		
fcntl	1.6	2.5	26	19%	15	4	9	3	51	17	26	20%	--	0.44	838	4	4		
recv	1.4	1.8	42	36%	23	4	7	4	50	12	43	37%	--	0.49	436	9	5		
Other	9.0	20.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		

