

CACHE PARA DISCOS: ARQUITETURAS E ALGORITMOS

Norival Ribeiro Figueira

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M.Sc.) EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E COMPUTAÇÃO

Aprovada por:



Prof. Newton Faller  
(Presidente)



Prof. Júlio Salek Aude



Prof. Edil Severiano Tavares Fernandes

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 1988

FIGUEIRA, NORIVAL RIBEIRO

Cache para discos: Arquiteturas e algoritmos (Rio de Janeiro) 1988.

V, 170 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M.Sc., Engenharia de sistemas, 1988)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

I. Desempenho de sistemas I. COPPE/UFRJ  
II. Título (série)

Resumo da Tese Apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.).

## CACHE PARA DISCOS: ARQUITETURAS E ALGORITMOS

Norival Ribeiro Figueira

Abril, 1988

Orientador: Newton Faller

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Este trabalho apresenta o estudo de uma técnica chamada cache de disco. Um cache de disco consiste basicamente em um buffer que mantém uma cópia de parte das informações contidas em um disco.

Caches de disco são usados para diminuir o "gargalo" existente na fila de acessos ao disco. Este "gargalo" é originado pela diferença entre a taxa de geração de acessos ao disco e a capacidade de resposta do mesmo.

Nossos estudos estão divididos em análise de arquiteturas e algoritmos eficientes para sua implementação. Verificamos nossas propostas através de simulações.

Este trabalho foi desenvolvido no Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCE/UFRJ).

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.).

DISK CACHE: ARCHITECTURES AND ALGORITHMS

Norival Ribeiro Figueira

April, 1988

Chairman: Newton Faller

Department: Systems Engineering and Computer Science

This work presents a study of a technique called disk cache. A disk cache consists basically of a buffer that keeps a copy of part of the information stored in the disk.

Disk caches are used to reduce the existing "bottleneck" in the disk access queue. This "bottleneck" arises from the difference between the disk access generation rate and the response capacity of the disk.

This study is divided into analysis of architectures and efficient algorithms for implementation. The propositions are evaluated through simulation techniques.

This work has been developed at Núcleo de Computação Eletrônica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NCE/UFRJ).

Índice

I.	Introdução.....	1
I.1.	Justificativa e apresentação.....	1
I.2.	Motivação.....	5
I.3.	Metodologia de estudo.....	6
I.4.	Sumário do conteúdo.....	9
II.	Fundamentos e implementação.....	10
II.1.	Algoritmos de controle.....	10
II.2.	Estudo de arquiteturas.....	18
II.3.	Proposta de simulação.....	22
II.3.1.	Modelagem do disco.....	22
II.3.2.	O simulador.....	24
III.	Resultados de simulações.....	31
III.1.	Acessos seqüenciais.....	32
III.2.	Acessos uniformemente distribuídos.....	49
III.3.	Acessos do "Trace".....	59
IV.	O Sistema Operacional e o cache de disco.....	82
V.	Conclusões finais.....	88
VI.	Referências bibliográficas.....	93
Apêndice I	- A origem do "trace".....	96
Apêndice II	- Características dos discos simulados.....	102
Apêndice III	- Definição dos testes simulados.....	103
Apêndice IV	- Resultados das simulações.....	115

## I. Introdução

### I.1. Justificativa e apresentação

Um sistema computacional tradicional é composto de diversos módulos que operam seqüencialmente ou paralelamente. Cada módulo tem uma velocidade de operação determinada e pode estar ocupado ou livre em determinado instante. Em determinadas aplicações, certos módulos são mais exigidos que outros e pode ocorrer que alguns deles fiquem ocupados todo o tempo. A situação ideal seria aquela em que todos os módulos estivessem 100% ocupados, o que significa que deveria haver um compromisso de velocidade e paralelismo de execução de tarefas.

Um sistema multiprogramado tenta minimizar o tempo livre da UCP (Unidade Central de Processamento) dando-lhe outro processo para ser executado em paralelo com a execução dos módulos de entrada e saída (E/S). Eventualmente, os processos em execução requisitam E/S liberando a UCP. Se a taxa de pedidos de E/S exigir uma demanda maior que a suportada pelo dispositivo de E/S, temos caracterizado um "gargalo" no sistema. Note que o "gargalo" será determinado pela aplicação (processos em execução) e pela relação de velocidades entre UCP e dispositivos de E/S.

Um sistema multiprocessado tem como característica a existência de mais de uma UCP funcionando em paralelo. Este paralelismo aumenta a capacidade de processamento e, conseqüentemente, a taxa de pedidos de E/S.

Para E/S de discos magnéticos alguns fatores indicam que este gargalo se manterá num futuro próximo, conforme SMITH (11). Algumas das razões estão transcritas abaixo:

- 1- A velocidade dos sistemas computacionais continuará a

dobrar a cada 3-6 anos.

2- A densidade dos discos continuará a dobrar a cada 3 ou mais anos.

3- O tempo de acesso dos discos continuará a decrescer muito lentamente.

4- A taxa de pedidos de E/S continuará proporcional à taxa de execução da UCP mesmo com o aumento da memória do sistema.

5- O custo de discos com grande capacidade e velocidade não decrescerá significativamente nos próximos anos, embora haja grandes decréscimos no preço por byte.

6- O número de discos de sistemas grandes não crescerá tão rapidamente quanto a taxa de E/S gerada pelas novas UCPs.

7- O desempenho dos discos é limitado pelo tempo de acesso e pelo número de caminhos independentes de E/S.

Concluimos que embora "sintonizado" com as UCPs, o sistema de E/S não será capaz de atender a taxa de E/S gerada por um sistema com a(s) UCP(s) completamente utilizada(s).

Este trabalho propõe o estudo de uma alternativa chamada cache de disco para reduzir este "gargalo".

Um cache de disco consiste de um buffer (memória semicondutora) que mantém uma cópia de parte das informações contidas em um sistema de discos. Para que este buffer diminua o "gargalo", é necessário que as condições abaixo se verifiquem:

1- O buffer deve capturar uma quantidade significativa de acessos ao disco.

2- Os tempos de acesso e transferência do buffer devem ser muito menores que os do disco.

3- O buffer não deve introduzir sobrecarga (overhead)

excessiva de processamento.

A condição 1 pode ser satisfeita se os acessos ao disco apresentarem alguma localidade. Esta localidade é comum em acessos a bancos de dados, diretórios, leituras seqüenciais de arquivos e na reutilização de arquivos (freqüentemente intermediários).

Em um sistema multiprogramado é comum o intercalamento dos acessos de diversos processos independentes. Cada processo pode apresentar uma determinada localidade de referência. Esta localidade pode ser prejudicada pelo acesso de outro processo que apresente uma localidade distante. Assim, o braço do disco pode ser forçado a ter movimentos longos a cada acesso, embora cada processo, independentemente, apresente uma localidade de referência curta. Estes movimentos resultam em um tempo de movimentação médio maior.

Os caches de disco reais (geralmente acima de 1Megabyte) são suficientemente grandes para manter uma cópia das informações de várias localidades do disco ao mesmo tempo. Os acessos intercalados às localidades presentes no cache não resultam em movimentação do braço do disco. Portanto, o tempo médio dos acessos (tempo entre o início do pedido e a resposta final) é reduzido.

Um processo em execução pode gerar acessos ao sistema de discos. Estes acessos constituem o "caminho de E/S" gerado por este processo.

Em SMITH (13) temos um estudo de discos com múltiplos braços. Deste modo, cada braço poderia seguir um caminho independente de E/S. Este estudo mostrou uma grande redução do tempo de E/S e a viabilidade do uso de um cache de disco para



aumentar ainda mais o desempenho do sistema de E/S.

A condição 2 pode ser facilmente obtida com memórias semicondutoras comuns, visto que seus tempos (acesso típico de 200ns) comparados com os dos sistemas de E/S (acesso médio de 40ms) são muito menores.

A condição 3 dependerá dos algoritmos empregados e será analisada no decorrer deste trabalho.

Existem vários estudos de cache de disco publicados. Os trabalhos de CHANEY (1), HUGELSHOFER (6), MCKEON (8), e WINTERSTEIN (15) resultam de implementações comerciais e não cobrem alguns aspectos que serão estudados neste trabalho. Em SMITH (11) temos um estudo completo da taxa de ausência ("miss rate") de acessos.

Nosso estudo levará em conta, além da taxa de ausência, o tempo gasto com sobrecarga de UCP (overhead de software) e o tempo gasto em leituras adiantadas ("prefetch").

Tentaremos determinar em que condições e com que parâmetros e algoritmos um cache de disco é vantajoso. Estudaremos os limites de sobrecarga de processamento para que este cache de disco seja útil no aumento do desempenho do sistema.

## 1.2. Motivação

Este trabalho foi motivado pela experiência de implementação de um cache de disco no super-microcomputador Pegasus-32x desenvolvido no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ (NCE/UFRJ).

Neste projeto utilizou-se uma unidade de processamento periférico para um canal que suportava vários discos com características diversas. Esta unidade dispõe de um microprocessador e uma memória de 256Kbytes para a implementação de um cache de disco. Este cache de disco de tamanho reduzido aumentou significativamente o desempenho do sistema em algumas aplicações, e originou o questionamento de alguns aspectos da implementação e de novos projetos nesta área.

Neste trabalho procuraremos estudar todos os aspectos disponíveis na literatura e outros que surgiram com nossa experiência de implementação.

### 1.3. Metodologia de estudo

O objetivo final de um cache de disco é melhorar o desempenho do sistema como um todo (tempo de resposta, "throughput", etc). Para se determinar o desempenho do sistema é necessário determinar parâmetros significativos para a análise e um método de medição. Os estudos de SMITH (ii) e CHANEY (i) usam a taxa de ausência ("miss rate") como parâmetro comparativo entre as políticas utilizadas. Uma taxa de ausência pequena indica que a maioria dos acessos ao disco foi executada no cache de disco. Como o tempo médio esperado de acesso do cache de disco é muito menor que o tempo médio de acesso ao disco, espera-se um melhor desempenho do sistema.

Embora sirva como indicativo do aumento de desempenho, existem situações em que uma taxa de ausência menor não garante um maior desempenho. Isto pode ocorrer quando a leitura em avanço ("prefetch") utilizada diminui a taxa de ausência, mas introduz um aumento do tempo médio de acesso (tempo entre o pedido da informação pela UCP e a resposta final = tempo do cache + tempo do disco) por causa da leitura de partes não usadas do disco.

Outro fator não levado em conta com a taxa de ausência é a sobrecarga de processamento ("overhead") introduzida pelos algoritmos do cache de disco.

Portanto, concluímos que precisamos de um outro elemento de medição além da taxa de ausência. Este elemento deve permitir avaliar o tempo gasto em leituras em avanço e sobrecarga de processamento.

Como o número de situações diferentes a serem analisadas é muito grande e exigem arquiteturas não disponíveis, as

medições serão obtidas através de simulações.

O simulador levará em consideração o tempo de processamento dos algoritmos do cache de disco e todos os tempos requeridos pelo disco e pela memória do cache de disco. Consideraremos que o gargalo do sistema é o disco. Assim, supõe-se que a fila de pedidos de E/S para o disco está sempre cheia, e que o tempo entre o final de um acesso e o pedido do próximo é nulo (UCP muito mais rápida que o sistema de discos). Deste modo, obteremos o tempo de execução total dos acessos requeridos, independente da velocidade da(s) UCP(s) utilizada(s). Este tempo servirá de parâmetro comparativo entre as diversas políticas simuladas.

O simulador contará o número de atrasos ("overheads") de cada tipo observado durante a simulação. Esta contagem servirá para a determinação do tempo máximo aceitável para cada procedimento executado no cache de disco.

Como entrada para o simulador nós usaremos acessos seqüenciais, uniformemente distribuídos, e os acessos obtidos através da execução de diversos processos em um computador real ("trace"). Com estas entradas procuraremos determinar o comportamento do cache de disco para as diversas possibilidades propostas.

Os acessos seqüenciais e uniformemente distribuídos foram incluídos para que fosse possível determinar quais os parâmetros que são sensíveis a estas entradas e com que valores nós poderemos obter o maior desempenho ou, no pior caso, não piorar muito.

O computador que foi usado para o "trace" é um PEGASUS-32X

(\*) com duas UCPs Mc68020 trabalhando em multiprocessamento. O sistema operacional utilizado neste computador é o PLURIX (\*\*). O PLURIX é um sistema operacional multiprocessado com filosofia UNIX (\*\*\*) e compatível a nível de interface de usuário com a versão V.2.

Em nossas simulações usaremos um bloco de 512 bytes como unidade mínima de acesso ao sistema de discos. Esta unidade foi escolhida por ser a mesma usada no sistema operacional PLURIX. O sistema pode requisitar em um único pedido de E/S a transferência de um número inteiro qualquer de blocos.

Nossos discos terão como unidade mínima de acesso um setor (que por simplicidade será de 512 bytes). Cada trilha terá um número inteiro de setores.

(\*) PEGASUS é marca registrada do NCE UFRJ.

(\*\*) PLURIX é marca registrada do NCE UFRJ.

(\*\*\*) UNIX é marca registrada da AT&T.

#### 1.4. Sumário do conteúdo

Este trabalho contém uma revisão da literatura disponível. Esta revisão se divide em estudo de algoritmos (cap II.1) e possíveis arquiteturas (cap II.2) para implementação.

Propomos a avaliação de nossos algoritmos e arquiteturas por meio de um simulador (cap II.3), e apresentamos os resultados em forma de tabelas ou gráficos (cap III).

O sistema operacional dispõe de informações que geralmente não estão disponíveis ao cache de disco. Estas informações podem ser usadas para melhorar o seu desempenho. Consideramos no capítulo (IV) as possíveis interações do sistema operacional com o cache de disco.

No capítulo (V) apresentamos as conclusões finais deste trabalho.

Apresentamos no apêndice (I) o método utilizado na monitoração de acessos ao disco (trace) do computador PEGASUS-32x.

No apêndice (II) descrevemos os tempos dos disco simulados.

No apêndice (III) apresentamos um resumo dos testes propostos para simulação, e no apêndice (IV) apresentamos os resultados das simulações destes testes.

## II. Fundamentos e implementação

### II.1. Algoritmos de controle

#### II.1.1. Busca

Todo acesso ao disco é atrasado enquanto o processador que controla o cache de disco verifica se o bloco desejado se encontra no cache. Este atraso deve ser minimizado usando-se estruturas de dados convenientes. Uma escolha consiste em uma busca seqüencial em todos os blocos contidos no cache de disco. Para minimizar o atraso deste tipo de busca usa-se organizar esta "fila" em ordem de uso (LRU= least recently used). Neste caso, o último bloco referenciado é posto no início da fila de busca, enquanto os outros são deslocados para ocupar o lugar vazio deixado por este bloco na fila (caso ele estivesse presente no cache de disco). Este artifício leva em conta a maior probabilidade da próxima referência ser no mesmo bloco ou no seguinte a este.

Mesmo com LRU a busca ainda é muito lenta se considerarmos que esta fila pode ter alguns milhares de blocos.

Outro método muito utilizado é o de endereçamento direto. O endereçamento direto consiste em utilizar parte do número do bloco sendo referenciado (chave) como endereço de referência em uma tabela que contém o número dos blocos presentes na memória cache. Esta chave pode ser o resto da divisão do número do bloco pelo tamanho da tabela (que é um tipo de função do método de "Hash"). Note que existirão diversos blocos com a mesma chave. Este método é rápido na determinação da presença ou não do bloco, mas apresenta a limitação de não permitir a permanência ao mesmo tempo de blocos com a mesma chave.

Um método intermediário entre o seqüencial e o endereçamento direto é a organização da tabela de busca como uma memória associativa. Memórias associativas são usadas comumente em cache de memória (ver SMITH (12)). Este método consiste em usar um endereçamento direto para acessar um conjunto de blocos no qual a busca é feita em paralelo (em nosso caso será seqüencial por se tratar de busca por processamento). Esta associatividade diminui a exclusão de blocos do cache que tenham a mesma chave.

A associatividade no caso de cache de memória (implementada em circuitos semicondutores - "hardware") é sempre uma potência de 2 e geralmente não ultrapassa 4 por motivo de complexidade (tamanho dos circuitos). Como nossa implementação é por processamento, podemos variar nossa associatividade de 1 (só uma chave em cada posição da tabela = endereçamento direto) até o número de entradas máximo do cache de disco (só há uma fila = busca seqüencial única).

Em nossas simulações usaremos uma tabela associativa que permite variar o grau de associatividade como descrito acima, e com as filas dos conjuntos associativos organizadas em forma de LRU.

### II.1.2. Leituras em avanço

A leitura de blocos do disco para a memória do cache de disco (carregamento) deve respeitar algum critério predefinido. É comum o uso de carregamento por demanda, que consiste em carregar os blocos a medida que estes são referenciados e não estejam presentes na memória.



Se pudéssemos determinar antecipadamente quais os blocos que seriam lidos num futuro próximo poderíamos carregá-los em avanço. Deste modo, quando fossem referenciados, teríamos um tempo de acesso médio muito menor. Porém, tal situação exigiria um algoritmo que adivinhasse o futuro.

Não podemos adivinhar qual o próximo bloco a ser lido, mas sabemos que os acessos seqüenciais a arquivos são muito comuns. Podemos, portanto, carregar um certo número de blocos seqüenciais ao acesso corrente.

Se os acessos do sistema tiverem uma distribuição muito aleatória esta política certamente trará um aumento do tempo médio de acesso em determinadas situações.

A leitura em avanço propõe as seguintes questões:

- (1) Quantos blocos devemos ler ?
- (2) A leitura deve cruzar os limites de uma trilha ?
- (3) Vale a pena ler em avanço se houver a necessidade de um movimento do braço de leitura/escrita do disco ?
- (4) Como organizar a presença destes blocos na memória do cache de disco ?

Considerando estas questões vemos que é necessário conciliar os diversos tipos de leitura em avanço com uma organização adequada dos blocos lidos para a memória cache. Com este objetivo criamos uma unidade de leitura chamada grupo. Um grupo é um conjunto de "n" blocos que compartilham a mesma entrada na tabela de busca de blocos. Para determinarmos a presença de um determinado bloco no cache de disco primeiro calculamos o grupo ao qual pertence ( $\text{grupo} = (\text{bloco}/\text{Tam\_grupo}) * \text{Tam\_grupo}$ ) e, posteriormente, calculamos a

chave do grupo (resto da divisão pelo número de conjuntos associativos). Com a chave nós endereçamos a fila LRU de grupos que têm a mesma chave, e fazemos uma busca seqüencial do grupo. Ao acharmos o grupo nesta fila nós verificamos a presença do bloco procurado numa tabela de presença de blocos do referido grupo.

A leitura em avanço é sempre limitada ao tamanho do grupo. Assim, se estivermos lendo um bloco não presente na memória do cache de disco, e que esteja no meio de um grupo, o tamanho máximo da leitura em avanço será menor que o tamanho do grupo.

A maioria dos estudos de cache de disco usa como elemento de leitura em avanço um número inteiro de trilhas do disco. Esta definição traz problemas quando existem discos com tamanhos de trilha diferentes conectados ao cache de disco. Nossa definição de grupo elimina estes problemas e pode ser reduzida a este caso colocando-se o grupo do tamanho de uma trilha ou múltiplo.

Para permitir a leitura avançada das formas tradicionais e responder às questões levantadas anteriormente, propomos a simulação dos seguintes algoritmos de leitura em avanço:

(Tipo A) - Ler todos os blocos do grupo a partir do início do grupo (mesmo que alguns blocos já estejam presentes)

(Tipo B) - Ler a partir do bloco pedido (ausente) dentro do grupo até o primeiro bloco já presente no cache de disco, ou final de uma trilha do disco, ou final do grupo.

(Tipo C) - Ler a partir do bloco pedido (ausente) dentro do grupo até o primeiro bloco presente no cache de disco, ou final do grupo.

(Tipo D) - Ler a partir do bloco pedido (ausente) dentro do grupo até o primeiro bloco presente no cache de disco, ou final do cilindro do disco, ou final do grupo.

Observações:

1 - Os tipos A e C podem executar um movimento no braço de leitura/escrita do disco, enquanto os tipos B e D não executam movimentação.

2 - Na determinação de quantos blocos serão lidos para um grupo é necessário saber o tipo do disco (tamanho da trilha em blocos e número de trilhas em um cilindro).

Lembre-se de que a leitura em avanço só trará benefícios se houver um certo grau de seqüencialidade e localidade nos acessos. A leitura em avanço também tem ligação com o tamanho da memória do cache de disco. Uma memória pequena não permitirá uma leitura em avanço muito grande, enquanto uma memória relativamente grande permitirá uma leitura bem maior.

Concluimos que a leitura em avanço deve ser função dos seguintes fatores:

- (1) Seqüencialidade de acessos.
- (2) Tamanho da memória do cache de disco.
- (3) Tempos do disco (principalmente movimentação)

### II.1.3. Políticas de alocação

Quando um determinado bloco acessado está ausente da memória do cache de disco nós precisamos encontrar um lugar nesta memória para colocá-lo. Se não há lugar vago (cache de disco em regime normal) devemos retirar algum grupo do cache de disco para podermos alocar o novo grupo. O grupo retirado

deve ser o que tenha a menor probabilidade de ser acessado em um futuro próximo.

Em SMITH (11) temos simulações de um algoritmo chamado "purge behind" que consiste em retirar o bloco  $i-1$  do cache de disco quando o bloco  $i$  for acessado. Este algoritmo só cria espaço no cache de disco quando os acessos são seqüenciais, e mostrou um aumento na taxa de ausência.

Alguns trabalhos (MACKEDON (9), e HUGELSHOFER (6)) mostram a eficiência de algoritmos que utilizam contadores de utilização associados com tempo sem uso para determinação de uma prioridade de permanência no cache de disco dos blocos presentes. Estes algoritmos mostram-se eficientes principalmente quando o tamanho do cache de disco é reduzido. Para caches de disco reais (acima de 1 Mbyte) os algoritmos de alocação não têm uma influência muito crítica na taxa de ausência. Podemos até usar a alocação por escolha aleatória (CHANEY (1)) que ainda teremos resultados positivos (embora menores que em outros algoritmos). Portanto, devemos preferir algoritmos mais rápidos (menores sobrecargas de processamento).

Propomos um algoritmo bem simples e rápido que está associado com o de busca (LRU). Este algoritmo utiliza o último elemento da fila LRU dos grupos (obtido da busca seqüencial do grupo em seu conjunto associativo) como o grupo menos prioritário da fila.

#### II.1.4. Políticas de invalidação

Quando ocorre uma escrita em um bloco presente na memória do cache de disco podemos proceder de formas diversas na manutenção da consistência do cache de disco.

a) "write through"

Consiste em escrever o bloco desejado no disco e, opcionalmente, no cache de disco, conforme as opções:

(1) Com alocação (write allocate)

Uma cópia é feita no cache de disco se o bloco não estiver presente. Em caso de presença a cópia é atualizada.

(2) Só atualização (write update)

A atualização só é feita se o bloco estiver presente. É feita a escrita imediata no disco.

(3) Com invalidação (write purge)

Se o bloco estiver presente ele será retirado do cache de disco (somente o bloco referenciado e não o grupo).

b) "Copy back"

Pode funcionar como um "write allocate" puro (sem escrita no disco) ou com um carregamento do bloco (como se fosse leitura) com posterior atualização no cache de disco.

Note que com copy back é necessário determinar um momento para efetivar realmente a escrita no disco. É comum o uso de um relógio que de tempos em tempos obriga a escrita de todos os blocos ainda não atualizados no disco.

"Copy back" pode ser muito útil com o uso de arquivos intermediários (temporários).

Acreditamos que "copy back" deve ser usado somente com caches de disco implementados na memória principal e controlados pela UCP do sistema operacional. O sistema operacional tem maiores informações sobre os acessos e pode determinar quais as escritas prioritárias (acessos a diretórios por exemplo) ou quais as desnecessárias (arquivos intermediários). Lembre-se

que pode ocorrer uma falha no sistema (falta de energia por exemplo) que determine uma inconsistência no sistema de arquivos em disco.

Embora haja indícios de que "copy back" dê um aumento significativo no desempenho do cache de disco nós optaremos pelo algoritmo "write through" pelos motivos apresentados.

Obs: O problema da falta de energia no sistema pode ser solucionado utilizando-se baterias de emergência para alimentar as memórias do cache de disco enquanto a energia não retorna.

## 11.2. Estudo de arquiteturas

Um cache de disco pode ser implementado de formas diversas:

### (1) No disco

A unidade de disco tem um processador para o controle da memória cache local.

### (2) No canal controlador do(s) disco(s).

O canal de controle de E/S possui o controle de um cache de disco local.

### (3) Na memória do sistema

O(s) processador(es) do sistema controla(m) o cache de disco localizado na memória global do sistema.

(4) Cache de disco no canal com controle da(s) UCP(s) do sistema. A memória do cache de disco fica no canal de E/S e o controle é executado pela(s) UCP(s) do sistema.

Como visto acima, o "hardware" do cache de disco pode ser controlado por processador local (dedicado) ou pelo processador do sistema. Quando controlado pela UCP do sistema temos um aumento da sobrecarga (overhead) do sistema operacional. Esta sobrecarga seria em alguns casos eliminada (por paralelismo) se o controle fosse feito por um processador dedicado (controlador de E/S localizado no canal ou disco). Achamos que o controle feito pela UCP deve ser preferido somente no caso do cache de disco ser implementado na memória global do sistema.

Quanto mais próximo da UCP estiver o cache de disco, mais discos podem compartilhá-lo. Assim, se um disco A for acessado num determinado intervalo de tempo, e um disco B for acessado em um outro intervalo diferente, ambos podem usar o cache de

disco. Portanto, preferimos um cache de disco, ou na memória principal, ou no canal de E/S.

Um cache de disco controlado pela UCP pode usar as informações do sistema operacional para obter maior desempenho. Arquivos intermediários não precisam ser escritos no disco. Basta escrevê-los no cache de disco e liberar a área tão logo eles não sejam mais necessários. O conhecimento de reutilização futura de determinadas áreas do disco, e de sua frequência de uso, também é fator decisivo na implementação do cache de disco.

Concluimos que um cache de disco deveria ser controlado preferencialmente pela UCP do sistema operacional.

Note que a decisão final pode levar em consideração fatores práticos como:

(1) Temos total domínio do sistema operacional e não temos um canal inteligente de E/S.

(2) Estamos desenvolvendo sistemas operacionais.

(3) Não dominamos o sistema operacional e temos domínio completo de um canal de E/S com memória suficiente para a implementação de um cache de disco.

(4) Somos fabricantes de canais de E/S.

Neste trabalho estudaremos um cache de disco controlado por um processador de E/S independente da UCP que executa o sistema operacional (O processador de E/S não tem informações adicionais sobre os acessos). A nossa escolha é por motivo de simplificação no projeto do simulador e pela dificuldade de extração/simulação de informações sobre os acessos feitos pelo sistema operacional. Com esta simulação teremos condições de

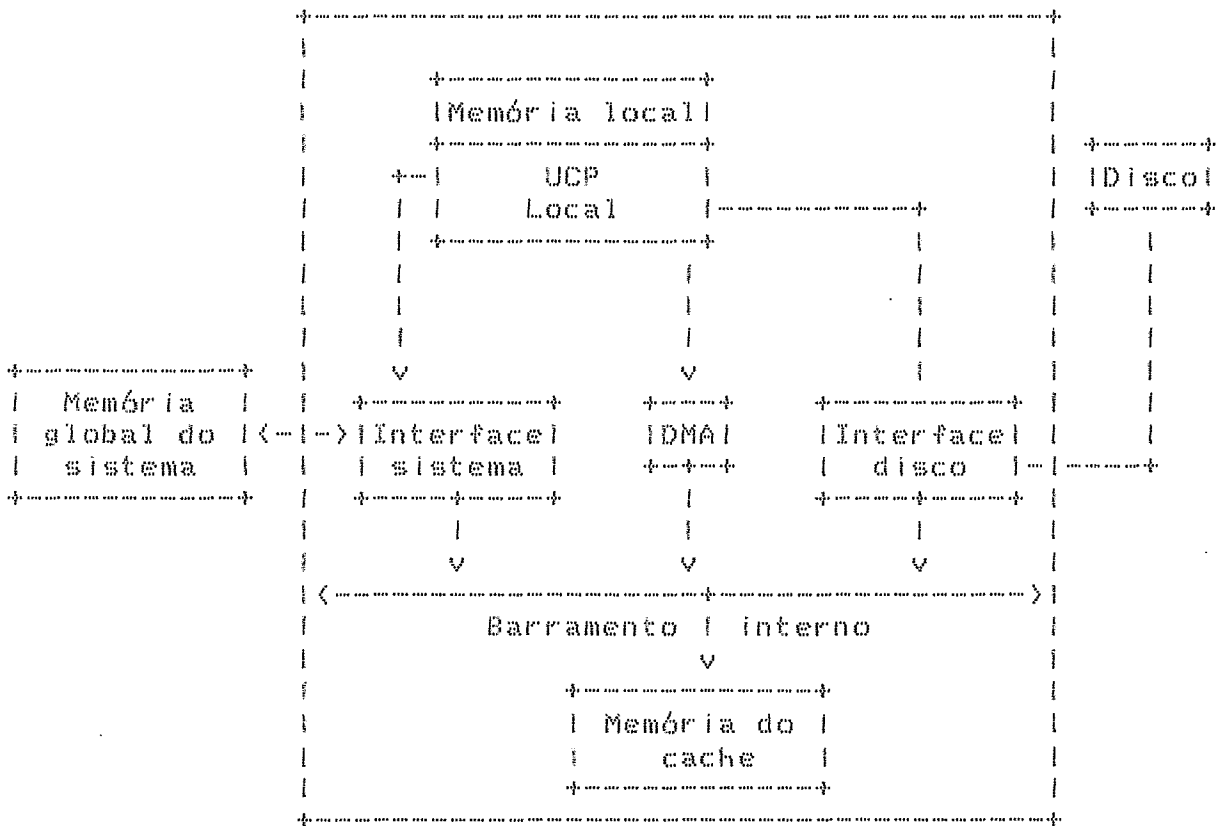


avaliar o comportamento do cache de disco, podendo prever o mínimo de desempenho esperado.

Note que os resultados obtidos são aplicáveis a um cache de disco controlado pela UCP do sistema e localizado na memória global. Basta considerarmos que a UCP do sistema não introduz nos algoritmos do cache de disco as informações adicionais que possui sobre os acessos (quais os acessos que são de arquivos temporários, etc). Neste caso, a sobrecarga de processamento obtida seria da UCP do sistema e não haveria o paralelismo entre esta e a UCP do canal.

No capítulo (IV) analisaremos como o desempenho do cache de disco pode ser aumentado utilizando as informações que o sistema operacional tem sobre os acessos ao disco.

Temos então a arquitetura proposta de um canal de E/S com processador local dedicado:



Características:

(1) A UCP dedicada possui memória local independente da memória cache (em outro barramento).

(2) Um controlador de DMA (direct memory access) é usado para transferir os dados entre os seguintes módulos: interface de disco, memória cache ou memória global do sistema.

(3) Durante as transferências do DMA a UCP local continua o processamento (está em outro barramento).

### II.3. Proposta de simulação

#### II.3.1. Modelagem do disco

Neste capítulo apresentaremos os modelos utilizados nas simulações.

1- Tempos de posicionamento do braço de leitura/escrita (tempo de seek)

Pela dedução de WATERS (14) temos que a distância média de movimentação do braço do disco para acessos uniformemente distribuídos (randômicos) em um disco de NCIL cilindros é:

$$\frac{(NCIL^2 - 1)}{3NCIL} \text{ ou } NCIL/3 \text{ quando } NCIL \gg 1$$
 ( ) = muito maior que)

Ainda por WATERS (14) sabemos que o tempo de movimentação médio para acessos uniformemente distribuídos entre os cilindros 0 e NCIL é:

$$AVG = \left( \frac{2}{NCIL} \right) [ (NCIL - 1) T(1) + (NCIL - 2) T(2) + \dots + 2 T(NCIL - 2) + 1 T(NCIL - 1) ]$$

Onde T(n) é o tempo de movimentação de n cilindros.

Conforme WATERS (14) observou, o tempo de movimentação médio depende da curva T(n) e só seria T(NCIL/3) se a função fosse linear ( T(n) = n T(1) ).

Sabemos que os discos atuais não são lineares e que T(n) (= n T(1)). Também observamos que a curva T(n) x n varia de um modelo (ou tipo) de disco para outro. Existem discos que

especificam o tempo de movimentação como funções lineares por intervalos (gráfico é composto de segmentos de reta). Precisamos de um modelo de tempo de movimentação que seja simples o suficiente para ser implementado e que represente com certa proximidade o tempo do disco.

A maioria dos fabricantes especifica o tempo médio de movimentação (AVG), o tempo de movimentação da maior distância do disco (MAX), e o tempo de movimentação de um cilindro (TTT).

Propomos a aproximação (por falta de dados) de que o tempo médio fosse obtido para  $NCIL/3$  e unimos os pontos obtidos por dois segmentos de reta.

$(1, TTT)$  a  $(NCIL/3, AVG)$  e  $(NCIL/3, AVG)$  a  $(NCIL, MAX)$

Certamente esta função não representa o disco do qual obtivemos os parâmetros e, nem este, representa o universo de disco disponíveis. Assim, consideramos o disco obtido como sendo um dispositivo que se aproxima de um disco que poderia existir. Note que não é essencial a modelagem com perfeição do tempo de movimentação de um disco específico, e sim de um dispositivo que tenha as mesmas características que um disco.

Este trabalho não tem como objetivo prever o desempenho de um sistema para um disco específico, e nem determinar o ganho específico de desempenho com o uso do cache para este disco. Objetivamos sim a determinação das condições em que este desempenho pode ser aumentado.

O modelo de disco utilizado só tem influência sobre o tempo final de simulação (não afeta as taxas de ausência). Sabemos que só haverá ganho de desempenho se o tempo gasto

pele cache quando há um acerto for menor que o tempo do disco (movimentação, latência rotacional, etc) mais a sobrecarga de processamento introduzida quando não há acerto. Logo, se nosso disco simulado for suficientemente rápido comparativamente com os tempos do cache podemos ter um aumento de desempenho pequeno. Aumentando-se ainda mais a velocidade do disco podemos até anular qualquer ganho de desempenho ou mesmo torná-lo menor (cache piora o desempenho). A última hipótese pode ser evitada usando-se UCPs, memórias, e controladores de DMA também rápidos.

Para que nossos resultados possam ser aplicáveis a uma grande parte dos discos disponíveis faremos simulações com discos rápidos e discos lentos. O disco rápido terá tempos comparáveis aos de um disco da tecnologia "voice coil", e o disco lento terá tempos semelhantes aos da tecnologia de motor de passos (os tempos usados foram extraídos dos manuais de discos disponíveis no mercado durante o desenvolvimento deste trabalho).

Para a determinação da existência de algum ganho de desempenho simularemos o sistema sem o cache de disco para que possamos comparar o tempo de simulação com aqueles obtidos com o cache ligado.

Podemos concluir que:

$$TSEEK = (N - 1)(AVG - TTT)/(NCIL/3 - 1) + TTT$$

para  $1 \leq N \leq NCIL/3$

$$TSEEK = (N - NCIL/3)(MAX - AVG)/(NCIL - NCIL/3) + AVG$$

para  $NCIL/3 \leq N \leq NCIL$

## 2- Latência rotacional

O tempo de latência rotacional é calculado utilizando-se o relógio de tempo atual do simulador. Calcula-se a posição do setor 1 em relação ao braço de leitura/escrita do disco. Este cálculo é feito no momento em que o braço de escrita/leitura está posicionado e estabilizado.

## 3- Tempos de transferência de dados.

Os tempos de transferência (leitura e escrita no disco) são constantes programadas no código fonte do simulador.

### II.3.2. O simulador

O simulador foi programado no computador PEGASUS-32x na linguagem C.

O simulador implementa a arquitetura descrita anteriormente e permite a configuração dos seguintes parâmetros:

a) Cache on/off

Permite simulações com o cache de disco desligado. Todos os acessos ao disco são feitos diretamente no disco sem a interferência do cache de disco (não há bufferização). Será utilizado na avaliação do tempo do disco sem o cache de disco.

b) Tamanho da memória do cache de disco.

Permite variar o tamanho da memória do cache de disco desde 64Kbytes até 16Megabytes.

c) Tamanho do grupo.

Permite variar o tamanho do grupo desde 1 bloco até o tamanho da memória do cache de disco.

d) Associatividade.

Podemos ter associatividade desde 1 (endereçamento direto) até o número de grupos usado na simulação (cache totalmente associativo).

e) Número de canais de DMA.

O DMAC (direct memory access controller) pode ter 1 ou 2 canais independentes e paralelos.

f) Tipo de endereçamento dos canais do DMAC.

Os canais de DMA são responsáveis pela transferência de

dados entre o controlador de disco, a memória do cache de disco, e a memória do sistema. O procedimento de leitura do disco com carregamento da memória do cache de disco (manutenção de uma cópia), e posterior transferência desta cópia para a memória do sistema, pode ser feito de duas formas diferentes:

(1) Endereçamento simples

O DMAC transfere os blocos lidos do disco para a memória do cache de disco e, posteriormente, transfere o bloco requisitado da memória do cache de disco para a memória do sistema.

(2) Endereçamento duplo

O DMAC transfere os blocos lidos do disco para a memória do cache de disco e, simultaneamente, transfere o bloco requisitado para a memória do sistema (uma leitura do disco, uma escrita na memória do cache de disco, e uma escrita na memória do sistema).

Note que o caso 2 é mais rápido pois libera o pedido de transferência (leitura de bloco do disco) antes do final da leitura de todos os blocos em avanço. Este procedimento produz um efeito de paralelismo e requer controle adequado do canal e a verificação de disco/canal ocupado no início de qualquer acesso ao disco/canal.

Observe que o canal com duplo endereçamento obriga o uso de uma taxa de transferência de dados menor (entre cada leitura de dados há duas escritas).

g) Tipo do disco

O tipo do disco descreve na realidade o tipo do controla-



dor de disco utilizado.

Temos as seguintes opções:

(1) Sem "bufferização"

Os dados do disco são transferidos imediatamente para o canal. Não há buffer de bloco ou trilha.

(2) Com buffer de um (1) bloco

Os blocos lidos do disco (um de cada vez) são primeiramente lidos do disco para um buffer interno do controlador e, posteriormente, são transferidos para o canal de E/S.

Este tipo de buffer é comumente utilizado para liberar o barramento de comunicação entre o canal e o disco durante o tempo de latência rotacional. Esta liberação é muito útil quando há mais de um disco conectado ao mesmo barramento.

Tem como desvantagem a necessidade de uso de entrelaçamento (interleave) na formatação do disco para permitir a leitura seqüencial rápida de múltiplos blocos (como é o caso da leitura avançada do cache de disco).

(3) Com buffer de trilha

Igual ao tipo anterior só que pode armazenar até uma trilha. Não tem a desvantagem do entrelaçamento apresentada anteriormente. No caso da leitura de somente um bloco do disco, somente este é carregado no buffer. Deste modo, funciona como buffer de 1 bloco.

h) Entrelaçamento

Entrelaçamento é um artifício utilizado na formatação (ou transformação física) que permite a leitura/escrita de setores seqüenciais do disco sem que haja a necessidade de aguardar

diversas voltas do prato. Consiste basicamente em intercalar os setores consecutivos.

Exemplo:

Entrelaçamento 3 com 17 setores.

1 7 13 2 8 14 3 9 15 4 10 16 5 11 17 6 12

Observe que entre setores consecutivos há dois setores de espaço que permitem a transferência (ou processamento), sem que o setor seguinte passe pelo braço de leitura/escrita (o setor é encontrado nesta mesma volta).

Note que o entrelaçamento é um fator que necessita ser "sintonizado" com o sistema em utilização. Assim, nossas conclusões quanto ao entrelaçamento ajustado nas simulações só serão válidas para nosso sistema simulado.

i) Tipo de escrita

Determina o tipo de invalidação (política de escrita) que será utilizado em escritas no disco com presença na memória do cache de disco. Temos duas opções implementadas:

- (1) Escrita com atualização (write update)
- (2) Escrita com invalidação (write purge)

j) Tipo de leitura em avanço

São possíveis os tipos A, B, C e D descritos no capítulo (II.1.2.).

k) Os parâmetros abaixo são constantes definidas no código do simulador e são passíveis de alteração:

(a) Características do disco

TTT - tempo de seek de um cilindro incluindo estabilização.

MAX - tempo de seek máximo.

AVG - tempo de seek médio.

NSUPS - Número de cabeças de leitura/escrita.

NSETORES - Número de setores de uma trilha.

NCIL - Número de cilindros.

T\_TRANF\_R - tempo em segundos da transferência de um bloco de 512 bytes de informação do controlador do disco para o canal (via DMAC) em leituras.

T\_TRANSF\_W - idem para escritas

TLAT - tempo de latência rotacional.

(b) Tempos de processamento.

Delta0 - Tempo gasto no processamento de qualquer comando pelo canal de E/S estando o cache de disco ligado ou não.

Delta1 - Tempo médio de busca de blocos no cache de disco.

Delta2 - Tempo médio de atualização de tabelas do cache de disco no caso de ausência (gasto na inclusão)

Delta4 - Tempo em segundos da transferência de um bloco de 512 bytes de informação da memória do cache de disco para a memória do sistema.

Delta5 - Tempo de atualização de tabelas (algoritmo de LRU ou outros) não paralelo com delta4.

Delta7 - Tempo de invalidação de um bloco (exclusão do bloco das tabelas do cache de disco).

Obs: Os atrasos Delta3 e Delta6 foram eliminados durante o desenvolvimento deste trabalho (por paralelismo com outros procedimentos). A numeração dos atrasos remanescentes não foi alterada por motivos históricos.

### III. Resultados das simulações

As simulações seguintes utilizam os discos descritos no Apêndice (II).

Para todas as simulações foram utilizados os seguintes tempos de processamento:

DELTA0 = 0,001 s

DELTA1 = 0,001 s

DELTA2 = 0,001 s

DELTA4 = 0,001 s

DELTA5 = 0,0005 s

DELTA7 = 0,001 s

OBS:

Ao final da simulação é mostrado um contador de utilização para cada DELTAX.

Os atrasos acima foram escolhidos tendo como base os valores observados no cache de disco existente no canal de E/S do computador PEGASUS-32X. Este cache de disco tem um algoritmo semelhante ao exposto neste trabalho e é executado por um microprocessador Z80 (palavra de 8 bits) com 4 Megahertz de frequência de clock.

Os valores dos atrasos de processamento (Delta4 é um atraso do "hardware") observados foram aproximadamente três vezes maiores que os valores listados acima. Diminuímos propositalmente os valores obtidos pois sabemos que o cache de disco deve ser implementado com UCPs mais rápidas (com palavra de 16 ou 32 bits e frequência de clock maior).

O valor usado para Delta4 foi o mesmo observado no canal de E/S do computador PEGASUS-32X.

### III.1. Acessos seqüenciais

#### III.1.1. Análise com o cache de disco desligado.

As simulações com o cache de disco desligado têm como objetivo a caracterização do sistema para uso comparativo com os resultados obtidos nas simulações de cache de disco ligado.

##### Testes propostos:

Testes->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Cache	off	off	off	off	off	off	off
Tam Cache	--	--	--	--	--	--	--
Tam grupo	--	--	--	--	--	--	--
Associativ	--	--	--	--	--	--	--
Num canais	--	--	--	--	--	--	--
Tipo canal	--	--	--	--	--	--	--
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	sembuf	biblk	biblk	biblk	btrilh	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	3	4	5	1	3	2
Tipo write	--	--	--	--	--	--	--
T prefetch	--	--	--	--	--	--	--

Onde:

sembuf = disco sem buffer

biblk = disco com buffer de 1 bloco

btrilh = disco com buffer de trilha

a) Simulações seqüenciais simples

Resultados obtidos com a leitura seqüencial de 10000 blocos a partir do bloco 0 (disco 15Megabytes "lento").

Teste	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	1178460	1198106	42582	50767	1178461	32759	1164051
Tipo disco	sembuf	ibiblk	ibiblk	ibiblk	ltrilh	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	3	4	5	1	3	2

Observações:

1- Melhor entrelaçamento observado para cada tipo de buffer:

Tipo	entrelaçamento
Sem buffer	3
Buffer 1 bloco	4
Buffer de trilha	1

2- Melhores resultados:

Teste	Tipo buffer	entrelaçamento	tempo
T5	sem buffer	3	32,759
T2	buffer 1 bloco	4	42,582

Concluimos que o uso do buffer de trilha, ou de um bloco, aumenta o tempo médio de acesso ao disco na configuração proposta (diminuiu o desempenho do sistema).

Lembre-se que o uso do buffer no disco tem grande importância em outras configurações mais complexas do sistema.

b) Seqüencial duplo

Resultados obtidos com a leitura intercalada de dois caminhos seqüenciais de 5000 blocos (disco 15Megabytes "lento").

Exemplo da seqüência gerada:

0, 5000, 1, 5001, 2, 5002, ..... , 4999, 10000.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	1591000	1599190	1604103	1609016	1672805	1599189	1594276
Tipo disco	sebuf	b1b1k	b1b1k	b1b1k	btrilh	sebuf	sebuf
Entrelaçam	1	3	4	5	1	3	2

Observação:

O entrelaçamento apresentou uma característica totalmente diferente do caso seqüencial único . Agora, quanto menor foi o entrelaçamento, menor foi o tempo médio de acesso.

Note, porém, que a diferença percentual dos tempos médios não é significativa.

c) Seqüencial triplo

Resultados obtidos com a leitura intercalada de três caminhos seqüenciais de 3333 blocos (total de 9999 acessos - disco 15Megabytes "lento").

Exemplo da seqüência gerada:

0, 3333, 6666, 1, 3334, 6667, ... , 3332, 6665, 9999.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6		
Tempo (ms)	1559837	1595106	1625308	1629583	1559838	1566387	1563112		
Tipo disco	sebuf	ibiblk	ibiblk	ibiblk	ibtrilh	sebuf	sebuf		
Entrelaçam	1	1	3	4	5	1	1	3	2

Observação:

O entrelaçamento teve o mesmo comportamento do seqüencial duplo.

Este comportamento nos mostra que no caso de um número relativamente pequeno de caminhos seqüenciais distintos e intercalados o entrelaçamento não tem influência significativa.



Conclusões finais para cache de disco desligado:

1- Para uma leitura seqüencial sem perturbações (um único caminho) devemos ajustar corretamente o entrelaçamento do disco para diminuir o tempo médio de acesso ao disco.

2- O uso de buffer no disco (trilha ou bloco) aumenta o tempo médio de acessos.

3- Quando tivemos mais de duas seqüências intercaladas a variação do entrelaçamento não apresentou diferença significativa no tempo de acesso.

Esta conclusão nos sugere que no caso de acessos totalmente aleatórios (uniformemente distribuídos) o entrelaçamento não terá influência significativa.

4- Pelos itens 1 e 3 notamos que o disco deve ser ajustado para o entrelaçamento obtido no item 1.

### III.1.2. Análise com o cache de disco ligado

Como o tamanho do cache de disco não apresenta variação no tempo de execução para acessos seqüenciais sem reutilização de blocos usaremos um cache de 16Megabytes.

#### Testes propostos:

Testes->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	16M	16M	16M	16M	16M	16M	16M
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Associativl	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	sempuf	sempuf	sempuf	sempuf	sempuf	sempuf	sempuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1
Tipo writel	purge	purge	purge	purge	purge	purge	purge
IT prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Cache	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	16M	16M	16M	16M	16M	16M
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Associativl	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	Btrilh	B1blk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1
Tipo writelpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge
T prefetch	A	A	A	A	A	A

Onde ES= Endereçamento simples

ED= Endereçamento duplo

B1blk= Buffer de um bloco

sembuf= Sem buffer no disco

Btrilh= Com buffer de trilha no disco

Observações:

1- Os testes de t10 a t16 trabalham sem buffer no disco. Como o algoritmo do cache de disco fará leituras de múltiplos blocos, não usaremos entrelaçamento.

2- Foi usado somente o tipo A de prefetch pois qualquer tipo de prefetch traria o mesmo resultado para a simulação proposta.

3- Os testes de t17 a t20 tentarão caracterizar a influência do entrelaçamento.

4- Os testes de t10 a t16 caracterizarão o tamanho do grupo, tipo de canal de DMA, e número de canais.

a) Seqüencial simples

É usada a mesma seqüência do teste com cache desligado (disco 15Megabytes "lento", cache de 16 Megabytes, associatividade 4, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço).

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	50778	50795	47539	47589	50776	47589	47587
Num acessos	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leituras	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escritas	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	589	99	99
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Tipo disco	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	60615	70450	80285	90121	50778	198325
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	Btrilh	B1blk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1

Observações:

1- O tamanho do grupo (que determina também o tamanho da leitura em avanço) não mostrou uma variação significativa no tempo final das simulações, embora tenha mostrado uma variação significativa da taxa de ausência (veja t10 a t13).

2- Canal com endereçamento duplo não mostrou variação significativa no tempo de simulação (ver t14 x t10 e t15 x t16).

3- Pelos testes de t17 a t20 e t22 concluímos que o entrelaçamento deve ser 2 para disco com buffer de um bloco.

4- Disco sem buffer é mais rápido que disco com buffer de bloco.

5- O resultado com discos com buffer de trilha é semelhante ao de discos sem buffer. Isto era esperado pois a transferência do conteúdo do buffer de trilha do disco é feita em paralelo com o tempo de latência necessário para a leitura da próxima trilha. Deste modo, o resultado final é o mesmo.

6- O uso de dois canais de DMA não mostrou melhora significativa no tempo de simulação.

b) Seqüencial duplo

É usada a mesma seqüência do teste com cache desligado (disco 15Megabytes "lento", cache de 16 Megabytes, associatividade 4, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço).

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	78561	61393	55682	50839	78540	50839	50000
Num acessos	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leituras	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escritas	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	588	99	98
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Tipo disco	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	88397	98233	108068	117903	78561	226107
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Btrilh	Biblk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1

Observações:

1- O tamanho do grupo (que é o limite máximo da leitura em avanço) influenciou de modo significativo os resultados. Os resultados mostraram que quanto maior foi o tamanho do grupo, menor foi o tempo de simulação (ver t10 a t13). Isto era esperado pois uma leitura avançada maior diminui a necessidade de movimentação da cabeça de leitura/escrita do disco, neste tipo de entrada seqüencial intercalada.

Também foi notada uma diminuição significativa da taxa de ausência com o aumento do tamanho do grupo.



2- 3- 4- 5- 6- Idênticas às conclusões do item III.1.2-a.

c) Seqüencial triplo

É usada a mesma seqüência do teste com cache desligado (disco 15Megabytes "lento", cache de 16 Megabytes, associatividade 4, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço).

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	75271	60558	55632	50255	75267	50255	50234
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	295	197	99	587	99	97
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9410	9999	9900
Num Delta5	9410	9704	9802	9900	9410	9900	9900
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Tipo disco	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	85107	94943	104778	114613	75271	222818
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leituri	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escriti	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9410	9410
Num Delta7	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	Btrilh	B1blk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1

Observações:

1- 2- 3- 4- 5- 6- As mesmas do item III.1.2-b.

Conclusões finais para cache de disco ligado com acessos seqüenciais.

1- Observamos em nossas simulações que o tamanho do grupo (que determina o tamanho máximo da leitura em avanço) é um fator que influencia o desempenho do cache de disco para acessos seqüenciais intercalados (mais de uma seqüência sendo lida de modo intercalado). Este resultado era esperado, pois quanto maior for a leitura em avanço, maior será a taxa de acerto nas leituras futuras.

Cuidado especial deve ser tomado com outros tipos de leitura do disco que tenham uma taxa de acerto pequena e que não garantam um bom desempenho da leitura em avanço.

Observe que no caso da seqüência simples tivemos uma variação significativa da taxa de ausência, sem que o tempo de simulação mudasse significativamente na mesma proporção.

2- Os seguintes fatores não mostraram alteração significativa no desempenho do cache de disco:

- Número de canais independentes de DMA.
- Tipo de endereçamento dos canais de DMA.

3- Disco com buffer de um único bloco diminuiu o desempenho do sistema quando comparado com o disco sem buffer, ou com buffer de trilha.

4- Disco com buffer de trilha tem o mesmo desempenho que discos sem buffer.

### Conclusões finais do capítulo III.1.

1- Para leituras seqüenciais simples e sem perturbações (um único caminho seqüencial), o cache de disco diminuiu o desempenho do sistema quando comparado aos resultados obtidos com um disco sem buffer (com o entrelaçamento ajustado corretamente) e com um disco com buffer de um único bloco (também com entrelaçamento ajustado). Concluimos que neste caso o cache de disco não é útil.

Algumas implementações de cache de disco mostram um aumento do desempenho do sistema neste tipo de acesso pois o sistema de discos provavelmente estava mal "sintonizado" com os tempos do sistema. Neste caso, como o cache de disco é geralmente bem "sintonizado" com o disco, temos um resultado positivo.

2- Para leituras seqüenciais duplas ou triplas (e por conseqüência outras de maior ordem) com intercalamento nós observamos um aumento no desempenho do sistema (tempo de simulação em torno de 7 vezes menor, para disco com buffer de um único bloco, e 11 vezes menor, para disco sem buffer de bloco). Isto se deve principalmente à grande taxa de acerto obtida, e conseqüente redução do tempo de movimentação do braço do disco.

3- De "1" e "2" concluimos que devemos ajustar o cache de disco para o melhor resultado do caso 1, e o maior desempenho do caso "2". Note que o caso 2 pode ocorrer em sistemas multi-programados (embora não seja um tipo de acesso muito comum).

No capítulo seguinte simularemos acessos uniformemente distribuídos para determinar quais os parâmetros que são importantes neste tipo de acesso.

4- Os testes do capítulo (III.1) foram submetidos também aos seguintes discos:

-68 Megabytes dos tipos "rápido" e "lento".

-15 Megabytes do tipo "rápido".

Todas as conclusões acima permaneceram válidas para estes discos.

Observamos com o cache de disco ligado, e para os acessos seqüenciais simulados, que os tempos finais do disco "lento" são comparáveis aos do disco rápido, também com o cache ligado. Logo, o tempo de posicionamento do disco não é o principal componente do tempo final quando usamos o cache de disco neste tipo de acesso.

### III.2. Acessos uniformemente distribuídos

Neste capítulo submeteremos o cache de disco a uma seqüência de acessos uniformemente distribuídos dentro de uma área de 15 Megabytes do disco.

Faremos simulações com o cache de disco desligado para que possamos compará-las às simulações obtidas com o cache de disco ligado.

#### III.2.1. Análise de acessos uniformes com o cache de disco desligado

Neste capítulo submeteremos o cache de disco aos teste de t0 a t4 com uma seqüência de 10000 acessos uniformemente distribuídos nos primeiros 15 Megabytes do disco simulado.

Estes testes visam basicamente a determinação da influência do tipo de buffer de disco e entrelaçamento.

(disco 15 Megabytes motor "lento")

Teste	t0	t1	t2	t3	t4
Tempo (ms)	1933388	1943188	1942978	1942451	1943141
Tipo disco	embufl	biblk	biblk	biblk	btrilk
Entrelaçam	1	3	4	5	1

Observação:

As simulações mostraram que o tipo do buffer de disco e o entrelaçamento utilizado não têm influência significativa no desempenho para este tipo de acesso.

III.2.2. Análise de acessos uniformemente distribuídos com o cache de disco ligado.

Neste capítulo usaremos os teste de t10 a t21 definidos anteriormente, e outros testes que serão aqui definidos.

É usada a mesma entrada do teste com cache desligado (disco 15Megabytes "lento", cache de 16 Megabytes, associatividade 4, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço).

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	1234651	1149085	1124212	1107481	1226781	1107765	1106375
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	118,30%	9,18%	6,35%	3,82%	118,30%	3,83%	3,85%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	918	635	382	897	383	222
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	8170	10000	9615
Num Delta5	8170	9082	9365	9618	8170	9617	9615
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Tipo disco	sembuf	sembuf	sembuf	senbuf	sembuf	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	265455	294027	322767	351741	234651	696442
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,34%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1834	1834	1830	1830	1830	1830
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	8166	8170	8170	8170	8170	8170
Num Delta7	0	0	0	0	0	0
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Btrilh	Biblk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1

Observações:

1- O tamanho do grupo (que determina o tamanho máximo da leitura em avanço) mostrou uma influência significativa no desempenho do sistema. Note que, quanto maior foi o tamanho do grupo, maior foi o desempenho obtido (t10 a t13).

2-3-4-5-6- São idênticas às do capítulo III.1.2-a.

7- O desempenho foi muito superior ao do sistema sem cache de disco.



Nos testes seguintes faremos simulações variando o tamanho da memória do cache de disco.

Testes->	t30	t31	t32	t33
Cache	on	on	on	on
Tam Cache	1M	2M	4M	8M
Tam grupo	17	17	17	17
Associativ	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3
Tipo writel	purge	purge	purge	purge
IT prefetch	A	A	A	A

Resultados: (disco 15 Megabytes "lento")

Teste->	t30	t31	t32	t33
Tempo (s)	1346,8	1260,9	1078,4	755,27
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0
Aus. leit.	193,04%	186,83%	173,82%	150,81%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9304	8683	7382	5081
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	696	1317	2618	4919
Num Delta7	0	0	0	0

Observações:

Notamos que o desempenho caiu consideravelmente quando utilizamos um cache de disco cada vez menor (resultado esperado). Além disso, só conseguimos um ganho real de desempenho para cache de disco com tamanho acima de 4Mbytes (note que nós estamos lendo exatamente 5 Megabytes do disco).

Os testes seguintes usam um grupo de tamanho de um bloco.

Testes->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	256K	512K	1024K	2048K	4096K	8192K	16384K
Tam grupo	1	1	1	1	1	1	1
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo writelpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge
IT prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Resultados: (disco 15 Megabytes "lento")

(Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	1960122	1944591	1918823	1883336	1848399	1839264	1838196
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	198,55%	196,86%	194,30%	190,59%	186,88%	185,71%	185,60%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9855	9686	9490	9059	8688	8571	8560
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	145	314	570	941	1312	1429	1440
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Observações:

1- A diferença entre o tempo final e a taxa de ausência não foi significativa quando comparamos um resultado com o seu vizinho (quando dobramos o tamanho da memória do cache de disco). Portanto, o tamanho da memória do cache de disco não é fator que produza grande variação no desempenho (sua influência é mais discreta).

2- Com a leitura e bufferização (permanência no cache de disco) de um único bloco de cada vez nós observamos que o desempenho tornou-se comparável aos resultados obtidos sem o uso do cache de disco. Além disso, para um cache de disco acima de 1Mbyte tivemos resultados melhores (houve melhora no desempenho).

Os testes seguintes verificam o uso de grupo com dois blocos e os dois extremos de associatividade (endereçamento direto e completamente associativo).

Testes->	t50	t51	t52	t53
Cache	on	on	on	on
Tam Cache	1024K	1024K	256K	256K
Tam grupo	2	1	1	1
Associativ	4	4	512(*)	1 (**)
Num canais	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100
Tipo disco	1B1blk	1B1blk	1B1blk	1B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3
Tipo writelpurge	lpurge	lpurge	lpurge	lpurge
IT prefetch	A	A	A	A

(\*) Nesta simulação o cache de disco tem 512 entradas. Logo, com associatividade 512 teremos um cache totalmente associativo.

(\*\*) Com associatividade 1 temos um cache de disco com endereçamento direto.

Resultados: (disco 15 Megabytes "lento")

Teste->	t50	t51	t52	t53
Tempo (ms)	1941588	1919859	1959588	1959271
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	193,62%	194,34%	198,43%	198,42%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9362	9434	9843	9842
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	638	566	157	158
Num Delta7	0	0	0	0

Observações:

1- Com a leitura de dois blocos de cada vez para o cache de disco (t50) observamos que a taxa de ausência foi menor que a taxa obtida com a leitura de apenas 1 bloco. Note que embora tivesse uma taxa de ausência menor, o teste t50 obteve um tempo final maior por causa das leituras avançadas desnecessárias.

2- A associatividade não foi um fator significativo com acessos uniformemente distribuídos.

Conclusões finais do capítulo III.2 (acessos uniformes)

1- O tipo de buffer de disco utilizado não teve influência significativa no desempenho do sistema com o cache de disco ligado ou não.

2- O entrelaçamento teve de ser ajustado corretamente para permitir as leituras em avanço no menor tempo possível quando o cache de disco está ligado.

O entrelaçamento não teve influência significativa quando o cache de disco estava desligado.

3- O tamanho do grupo (que determina o tamanho máximo da leitura em avanço) teve grande influência no desempenho do sistema. Para memória acima de 8Megabytes, quanto maior foi o tamanho do grupo, maior foi a taxa de acerto (hit rate) e o desempenho. Para memória de tamanho menor, o cache de disco apresentou um comportamento inverso; ou seja, obtivemos resultados melhores com um grupo menor.

Com grupo de tamanho unitário obtivemos um comportamento relativamente uniforme desde um cache de disco de 256kbytes até 16Megabytes. A partir de uma memória de 1Megabyte obtivemos ganho no desempenho do sistema quando o comparamos com o sistema sem uso do cache de disco.

4- A associatividade não apresentou influência significativa com acessos uniformemente distribuídos.

5- O número de canais de DMA (e o seu tipo de endereçamento) não apresentou influência significativa com acessos uniformemente distribuídos.

6- Os testes do capítulo (III.2) foram também submetidos aos seguintes disco:

-68 Megabytes "rápido" e "lento".

-15 Megabytes "rápido".

Todas as conclusões acima permaneceram válidas para os disco simulados.

### III.3. Acessos do "Trace"

Neste capítulo analisaremos o desempenho do sistema de disco quando o mesmo é submetido aos acessos gerados por um computador real. Estes acessos foram monitorados durante a execução de diversos processos no computador PEGASUS-32x. A seqüência monitorada se caracteriza como um ambiente de desenvolvimento de "software".

No apêndice (I) apresentaremos a configuração do sistema que foi utilizada no momento do "trace", o método de monitoração de acessos, e os processos executados.

#### III.3.1. Análise com o cache de disco desligado.

Estas simulações têm como objetivo a caracterização do sistema de disco sem o uso do cache de disco.

Resultado dos testes de t0 a t6 (disco 68 Megabytes "lento"):

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	1768064	1747953	1724252	1727356	1776182	1712648	1724007
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Tipo disco	sembuf	biblk	biblk	biblk	btrilh	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	3	4	5	1	3	2

Observações:

- 1- Melhor entrelaçamento para disco sem buffer = 3.



2- Melhor entrelaçamento para disco com buffer de um bloco = 4.

3- A diferença no tempo final da simulação não é grande entre todas as simulações (< 10%).

III.3.2. Análise com o cache de disco ligado.

-Análise da influência do tipo de disco e canal de DMA.

Resultado dos testes t10 a t22 (disco 68 Megabytes "lento", cache de 16 Megabytes, associatividade 4, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço).

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	422617	421251	441341	469130	417019	469130	465723
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	13,09%	10,41%	3,60%	8,06%	13,09%	8,06%	8,06%
Aus. escr.	45,16%	37,56%	32,55%	26,94%	45,16%	26,94%	26,94%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	1351	1074	991	832	1159	832	757
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	8968	10319	9487
Num Delta5	8968	9245	9328	9487	8968	9487	9487
Num Delta7	3167	3606	3895	4219	2882	4219	3967
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Tipo disco	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf	sembuf
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	404865	424353	446012	467186	387313	727494
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%
Aus. escr.	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	607	608	599	612	611	614
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	8968	8968	8968	8968	8968	8968
Num Delta7	851	903	798	742	763	754
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1

Observações:

1- Aumento considerável do desempenho quando o comparamos aos resultados dos testes t0 a t6 (cache desligado).

2- Desempenho decresce com o aumento da leitura em avanço (ver t10 a t13).

3- Endereçamento duplo (com dois canais de DMA) proporcionou uma diminuição insignificante no tempo de simulação (ver t14 [end. duplo] X t10 [end. simples] e t16 [end. duplo] x t13 [end. simples]).

4- Comparando t15 (dois canais de DMA com endereçamento simples) e t16 (dois canais com endereçamento duplo) verificamos que a diferença de tempo não justifica a implementação de endereçamento duplo.

5- O disco com buffer de trilha obteve um desempenho melhor que todos os outros tipos.

6- Para disco com buffer de um bloco o melhor entrelaçamento é 2.

-Análise do tamanho da memória cache e tamanho da leitura em avanço.

Resultado dos testes de t30 a t33 (disco 68 Megabytes "lento", grupo = 17, associatividade 4, disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço, um canal de DMA com endereçamento simples).

Teste->	t30	t31	t33	t34	Teste	T. cache
Tempo (ms)	1471691	1439660	1426307	1424717	t30	1 Mega
Num acesso	16094	16094	16094	16094	t31	2 Mega
Num leitura	10319	10319	10319	10319	t32	4 Mega
Num escrita	5775	5775	5775	5775	t34	8 Mega
Aus. leit.	116,87%	114,32%	113,23%	113,12%		
Aus. escr.	149,56%	145,52%	145,42%	145,16%		
Num Delta1	16094	16094	16094	16094		
Num Delta2	833	679	615	609		
Num Delta4	10319	10319	10319	10319		
Num Delta5	8578	8841	8954	8965		
Num Delta7	905	917	902	903		

Observação:

O desempenho para memória cache de 1 Megabyte é superior ao do sistema sem cache.

Resultado dos testes de t40 a t46 (disco 68 Megabytes "lento", grupo = 17, associatividade 4, disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço, um canal de DMA com endereçamento simples).

[Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
[Tempo (ms)]	1568060	1532356	1504725	1493737	1490615	1490615	1490615
[Num acesso]	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
[Num leitura]	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
[Num escrita]	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
[Aus. leit.]	163,06%	154,88%	148,03%	145,33%	144,71%	144,71%	144,71%
[Aus. escr.]	172,31%	167,71%	164,40%	163,50%	163,34%	163,34%	163,34%
[Num Delta1]	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
[Num Delta2]	4761	4071	3448	3228	3175	3175	3175
[Num Delta4]	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
[Num Delta5]	3811	4656	5363	5641	5705	5705	5705
[Num Delta7]	643	728	769	777	776	776	776
[Tam Cache]	256K	512K	1024K	2048K	4096K	8192K	16384K

Observações:

1- Os testes de t30 a t33 são com grupo de 17 blocos enquanto os testes de t40 a t46 são com grupo de 1 bloco (não há leitura em avanço). Compare os testes com mesmo tamanho da memória do cache:

t30 x t42	(1 Megabyte)
t31 x t43	(2 Megabytes)
t32 x t44	(4 Megabytes)
t33 x t45	(8 Megabytes)
t18 x t46	(16 Megabytes)

Observamos que a leitura em avanço (única diferença entre os teste) maior proporcionou um maior desempenho para cache maior que 1 Megabyte (com disco "rápido" só acima de 2 Megabytes).

Podemos esperar que o melhor tamanho da leitura em avanço dependa do tamanho da memória do cache, da velocidade do disco, e do tipo de acesso ao disco.

Diante da conclusão acima simulamos as leituras em avanço descritas no gráfico seguinte (teste tcx e tdx, disco de 68 Megabytes "lento", disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3, associatividade 4, um canal de DMA com endereçamento simples, escrita com atualização, tipo A de leitura em avanço).

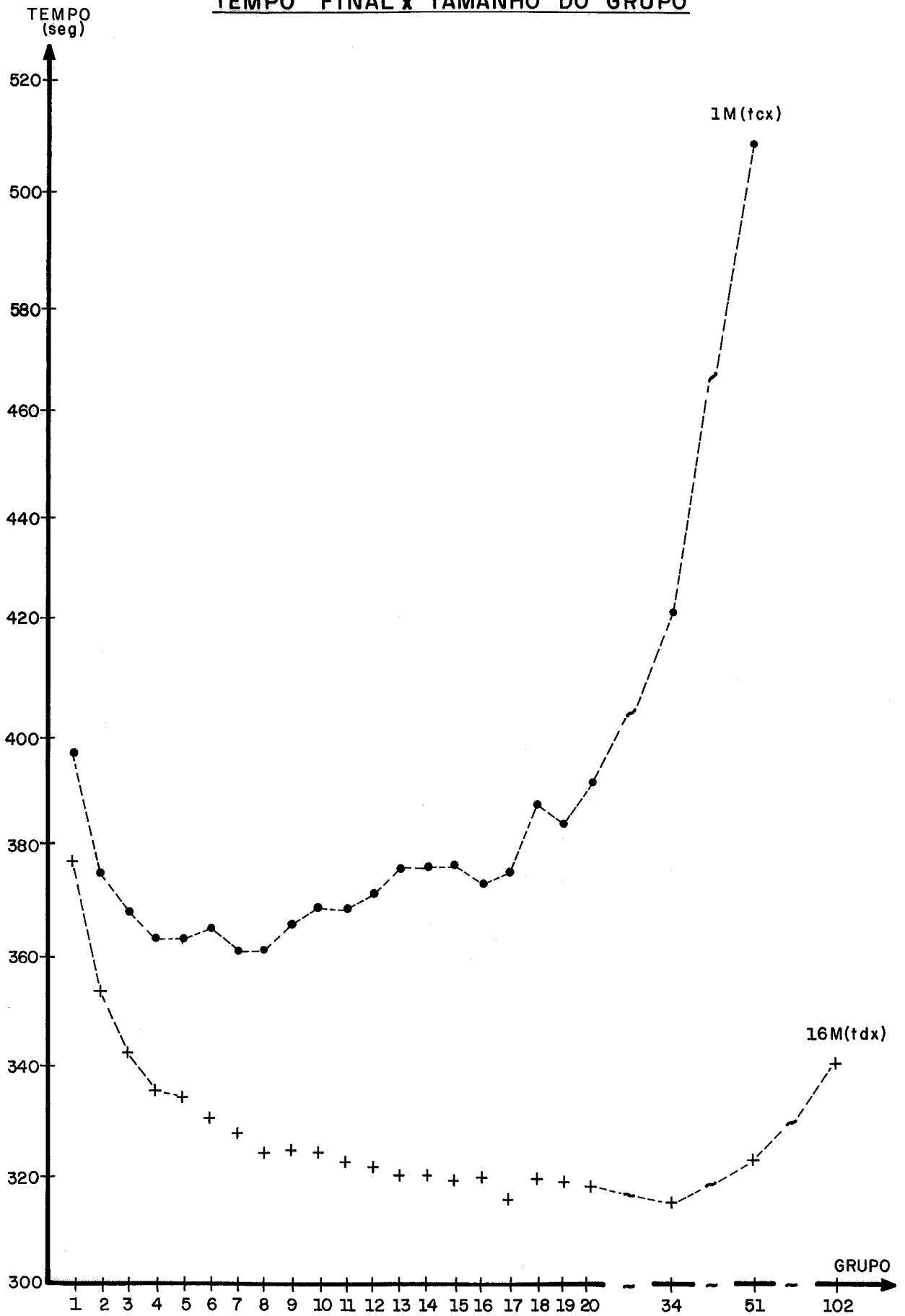
Podemos notar que até com memória cache muito grande (16 Megabytes) existe um valor máximo além do qual o desempenho cai rapidamente.

Observe também que mesmo sem leitura em avanço (grupo unitário) o desempenho é superior ao do sistema sem cache de disco.

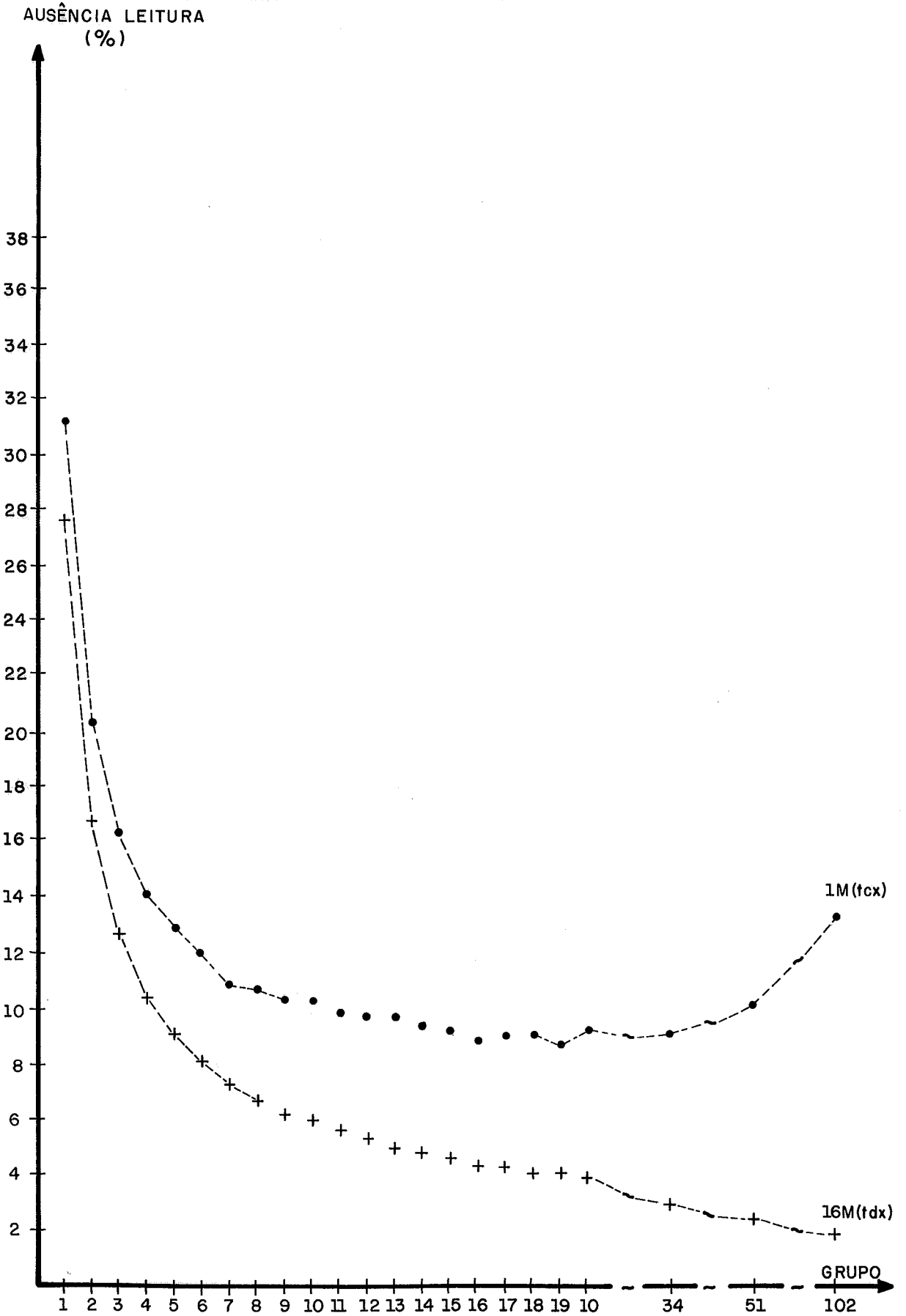
Note que a curva tem uma curvatura suave ao redor do valor mínimo do tempo final de simulação. Para memórias do cache acima de 1 Megabyte podemos escolher um grupo entre 4 e 19, sem que tenhamos que determinar precisamente o valor ótimo da leitura em avanço (diferença de desempenho será muito pequena).

Uma observação importante é que a taxa de acerto máxima não corresponde ao tempo final mínimo. Notamos que as leituras em avanço aumentam a taxa de acerto (até certo limite), e que o tempo final diminui até um limite em que ler em avanço prejudica o desempenho (enquanto a taxa de acerto continua a crescer).

TEMPO FINAL x TAMANHO DO GRUPO



### AUSÊNCIA LEITURA x TAMANHO DO GRUPO





-Análise da associatividade do cache de disco.

Resultado do testes de t50 a t53 (disco 68 Megabytes "lento", um canal de DMA com endereçamento simples, escrita com invalidação, tipo A de leitura em avanço, disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3).

(Teste->	t50	t51	t52	t53
(Tempo (ms)	1471224	1504725	1561464	1587583
(Num acesso	16094	16094	16094	16094
(Num leitura	10319	10319	10319	10319
(Num escrita	5775	5775	5775	5775
(Aus. leit.	133,67%	148,03%	161,51%	165,36%
(Aus. escr.	161,77%	164,40%	173,26%	173,25%
(Num Delta1	16094	16094	16094	16094
(Num Delta2	2121	3448	4644	4927
(Num Delta4	10319	10319	10319	10319
(Num Delta5	6845	5363	3972	3575
(Num Delta7	781	769	617	640
(Tam Cache	1024K	1024K	256K	256K
(Tam grupo	2	1	1	1
(Associativ	4	4	1512(*)	11 (**)

Observação:

Um cache totalmente associativo apresentou um desempenho maior que um com cache de endereçamento direto.

Para analisarmos este comportamento em mais detalhe simulamos o gráfico seguinte (testes [tfx, tgx, thx], disco de 68 Megabytes "lento", grupo = 8, escrita com atualização, tipo A de leitura em avanço, um canal de DMA com endereçamento

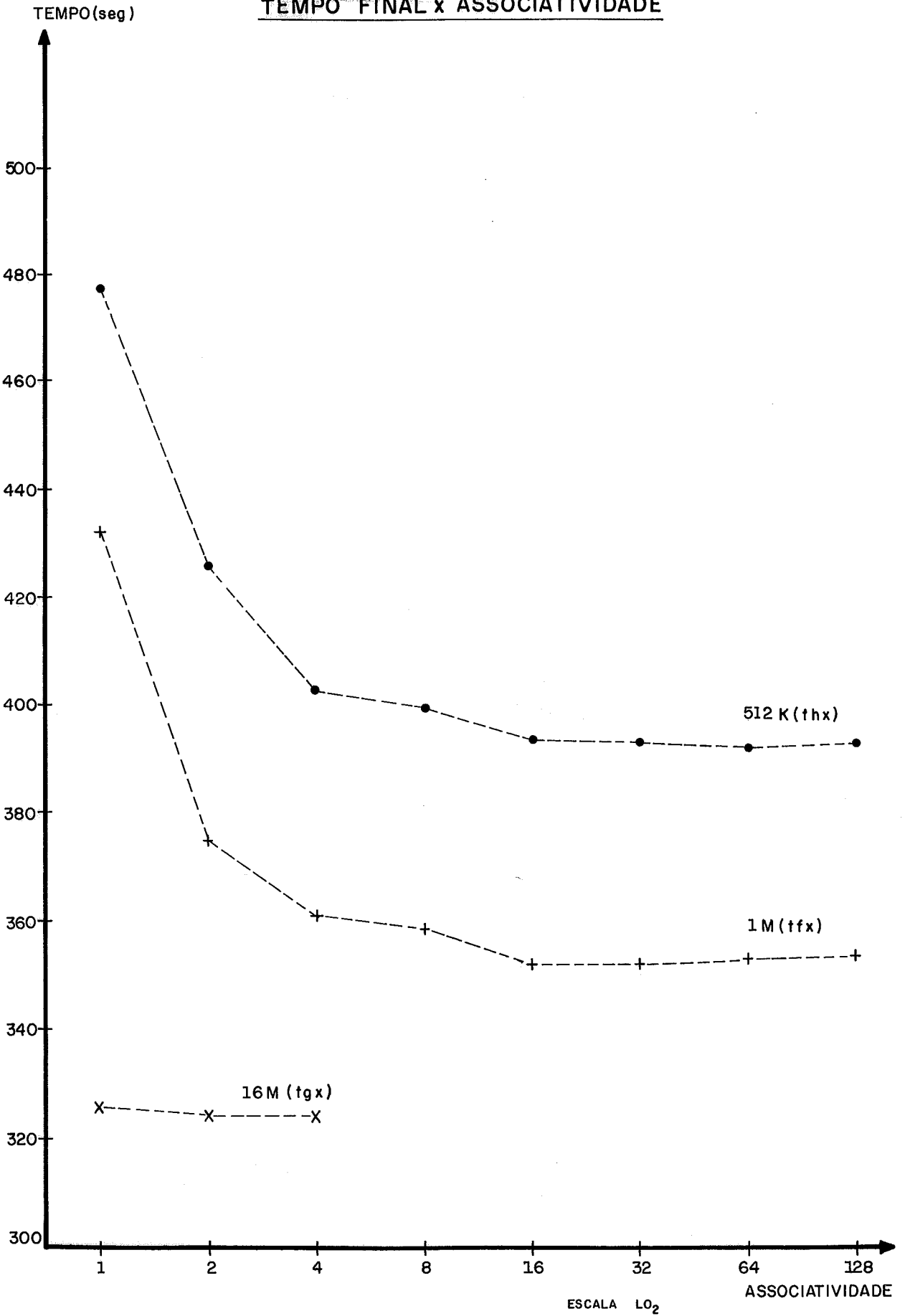
simples, disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3).

Concluímos pelo gráfico seguinte que:

1- Os caches de disco pequenos são mais sensíveis à associatividade. Isto acontece porque a exclusão mútua de blocos com a mesma chave aumenta neste caso.

2- A partir de uma associatividade 4 obtemos um bom desempenho para todos os tamanhos simulados da memória cache. Lembre-se de que uma associatividade muito grande pode aumentar a sobrecarga de processamento a níveis indesejáveis. Portanto, sugerimos o uso de uma associatividade 4 em todos os tamanhos da memória cache.

TEMPO FINAL x ASSOCIATIVIDADE



-Análise do tipo de escrita (invalidação x atualização)

Resultado dos testes de tb0 a tb6 (disco 68 Megabytes "lento", grupo = 17, associatividade 4, disco com buffer de um bloco, entrelaçamento 3, escrita com atualização, tipo A de leitura em avanço, um canal de DMA com endereçamento simples).

Os testes tbx são os testes t4x com escrita de atualização.

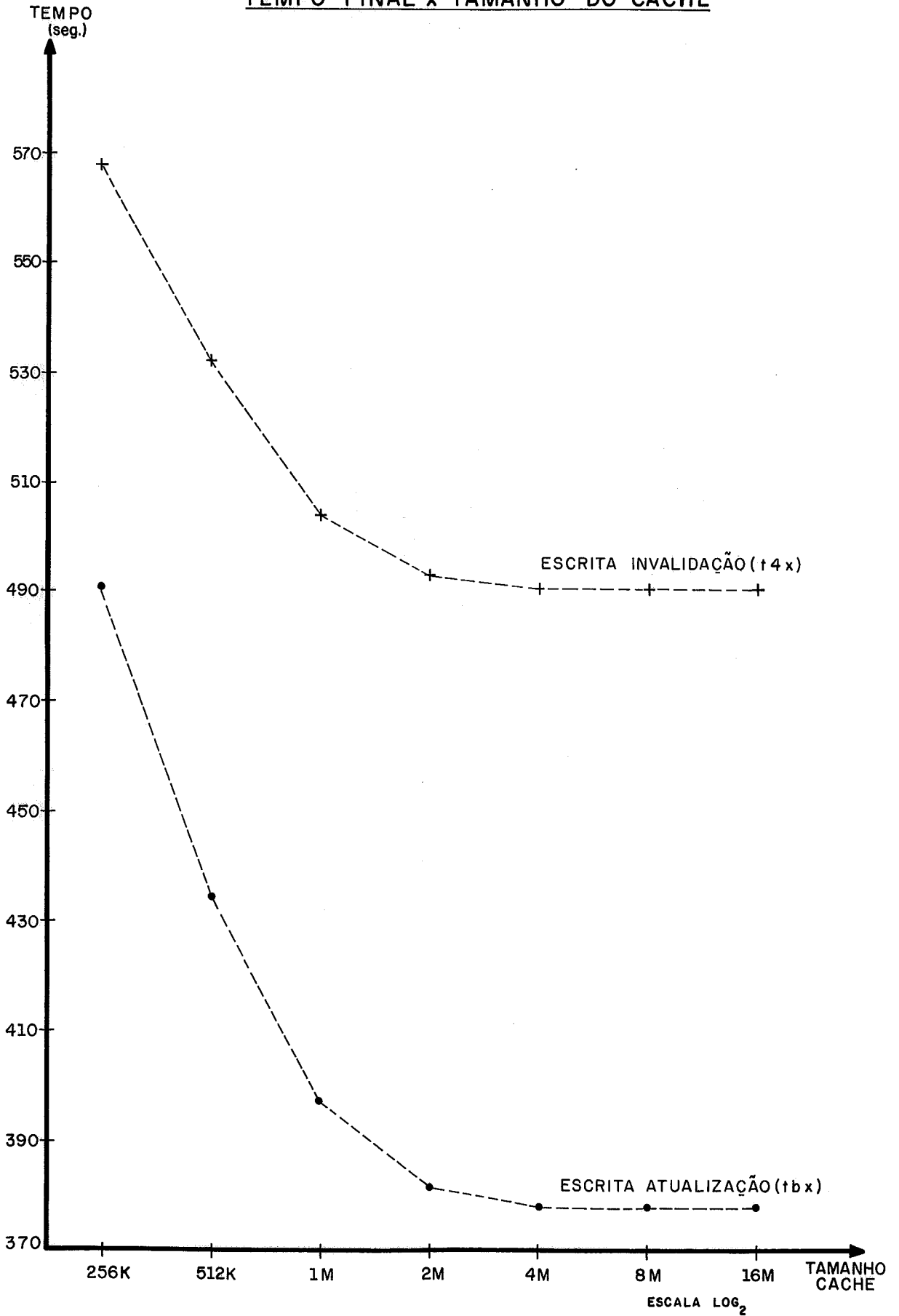
Teste->	tb0	tb1	tb2	tb3	tb4	tb5	tb6
Tempo (ms)	1490823	1434995	1397093	1381725	1378318	1378318	1378318
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	51,62%	40,32%	31,57%	28,19%	27,54%	27,54%	27,54%
Aus. escr.	53,80%	45,77%	40,36%	38,79%	38,48%	38,48%	38,48%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	4055	3163	2457	2201	2155	2155	2155
Num Delta4	12987	13451	13763	13854	13872	13872	13872
Num Delta5	4992	6158	7061	7410	7477	7477	7477
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0
Tam Cache	256K	512K	1024K	2048K	4096K	8192K	16384K

Observações:

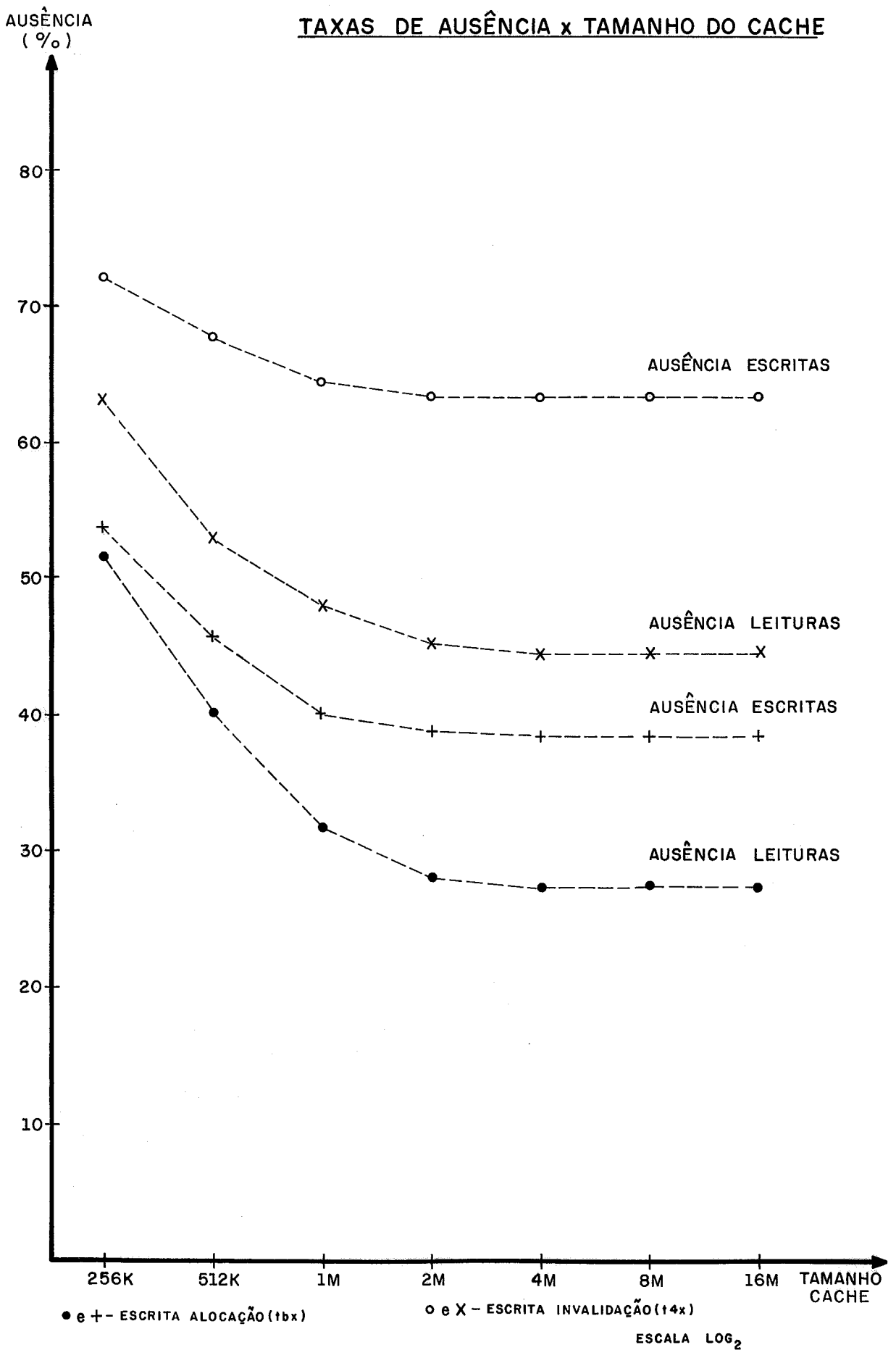
1- Notamos um ganho considerável quando comparamos os testes tbx com t4x.

2- Note que a taxa de acerto aumentou consideravelmente com a escrita com atualização. Isto indica que houve uma grande reutilização de blocos escritos no disco.

### TEMPO FINAL x TAMANHO DO CACHE



### TAXAS DE AUSÊNCIA x TAMANHO DO CACHE



-Análise do tipo de leitura em avanço (prefetch)

Nós definimos quatro tipos de leitura em avanço: A, B, C e D.

Tipo A- Ler todo o grupo, a partir do primeiro bloco do grupo (independente da ocupação de alguns blocos).

Tipo B- Idem tipo C com a limitação de não mudar de trilha.

Tipo C- Ler a partir do bloco pedido até o primeiro bloco presente (leitura limitada dentro do grupo).

Tipo D- Idem tipo C com limitação de não mudar de cilindro.

Vemos que os únicos tipos que podem forçar uma movimentação do braço do disco são os tipos A e C, e isto não ocorrerá se o tamanho do grupo for um divisor ou múltiplo do número de blocos de um cilindro do disco.

Ex: Cilindro contém 136 blocos. O grupo pode ter : 1, 2, 4, 8 e 17 (divisores) ou  $136 \times n$  (múltiplos).

Caso o tamanho do grupo seja igual ao tamanho de uma trilha (também não há movimentação) os tipos B, C e D são idênticos.

Cabe lembrar que dependendo do tipo de leitura utilizado podemos impor um tamanho máximo da leitura em avanço. Assim, quando o tamanho do grupo for grande o suficiente, o desempenho pode ser muito diferente para os diferentes tipos, simplesmente pela característica de variação do desempenho em função da leitura em avanço (vista anteriormente), e não pela existência de movimentação no tipo de leitura escolhida.

Vejamos o comportamento do cache para um grupo de 17 blocos (lembre-se Tipo B = C = D pois uma trilha tem 17

blocos).

Características simuladas:

- Cache de 16 Megabytes
- Associatividade 4
- Tamanho do grupo = 17
- Escrita com invalidação
- Disco de 68 Megabytes "lento", sem buffer

Tipo	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Unif	Trace
A (t10)	50361	68741	62212	142016	422617
B (t70)	50361	68783	62266	224217	443368
C (t71)	50361	68783	62266	224217	443368
D (t72)	50361	68783	62266	224217	443368

Onde:

- Seq 1 = acesso seqüencial simples
- Seq 2 = acesso seqüencial duplo
- Seq 3 = acesso seqüencial trilho
- Unif = acessos uniformemente distribuídos
- Trace = acessos do trace

Como era esperado, um grupo de tamanho 17 (nunca permite a movimentação do braço do disco) teve um comportamento idêntico para os tipos B, C e D de leitura em avanço. Para o tipo A houve um desempenho maior no "trace" e nos acessos uniformes. Isto aconteceu porque a média de leituras em avanço foi de 8 blocos para os tipos B, C e D, e foi de 17 blocos para o tipo A. Lembre-se de que os outros tipos efetuam leituras a partir do bloco pedido, enquanto o Tipo A lê todo o grupo.

Concluimos, portanto, que o tipo A aumentou a taxa de



acerto para o "trace" porque um cache de disco de 16 Megabytes tem maior desempenho com leituras em avanço entre 13 e 20 blocos (veja gráfico). Para o caso uniforme houve também um aumento da taxa de acerto porque para um cache de 16 Megabytes quanto maior a leitura em avanço melhor o desempenho.

Concluimos também que o tipo B de leitura em avanço não deve ser usado pois impõe um limite (máximo e médio) para a leitura em avanço que nem sempre é adequado à obtenção do melhor desempenho. Os tipos C e D também impõem um tamanho médio de leitura em avanço menor que o tamanho do grupo (metade do tamanho do grupo para leituras uniformemente distribuídas). Esta leitura em avanço menor que o tamanho do grupo (para os tipos B, C e D) diminui a ocupação da memória cache e, conseqüentemente, a taxa de acerto (cache é mal utilizado) quando o tamanho do grupo for maior que o tamanho de uma trilha do disco.

Com relação à movimentação do braço do disco que pode ocorrer nos tipos A e C nós podemos observar sua influência na tabela que representa o gráfico do tamanho do grupo versus tamanho da memória do cache. Observamos que os pontos com tamanho de grupo de 4, 8, 17 e 34 têm tempos de simulação atípicos em relação ao comportamento dos pontos vizinhos. Estes pontos não executam movimentação do braço do disco na leitura do grupo. Notamos no gráfico que a influência da movimentação é desprezível. Assim, podemos usar leituras em avanço com os tipos A ou C sem prejuízo no desempenho.

Para reforçar nossas afirmações observe a tabela abaixo

com as simulações de um grupo de 19 blocos e com a mesma configuração anteriormente utilizada.

Tipo	Seq 1	Seq 2	Seq 3	Unit	Trace
A (t13)	57349	64363	61281	141479	427770
B (t73)	55605	78953	76728	261508	450348
C (t74)	57349	64398	61348	222106	444320
D (t75)	55077	63329	61388	222317	443769

Com este tamanho de grupo os tipos A e C podem executar movimentação do braço do disco. Observamos na tabela que esta movimentação não teve uma influência significativa no tempo final da simulação. Neste exemplo o que influenciou o tempo de simulação foi o tamanho efetivo da leitura em avanço. Note que o tipo B obteve um menor desempenho que os outros tipos pois forçou uma leitura em avanço pequena.

Concluimos finalmente que a influência da movimentação do braço do disco pode ser ignorada quando esta movimentação for necessária para a obtenção de um maior desempenho com o aumento da leitura em avanço (tamanho do grupo e tipo).

Logo, o tipo A é o melhor entre os tipos estudados e deve ser preferido.

#### -Análise da sobrecarga de processamento

Podemos observar que o ganho de desempenho para o disco mais rápido não foi tão grande quanto o ganho de desempenho do disco mais lento. O ganho de desempenho depende da relação entre a velocidade do disco e os tempos do cache (sobrecarga de processamento do cache de disco e velocidade de

transferência de dados). Quando o disco é mais rápido a sobrecarga de processamento pode se tornar crítica. Observe os resultados do teste com cache de 256 Kbytes de memória (escrita com atualização, associatividade 4, disco rápido) contra o tempo de simulação do disco sem cache:

Teste	Tempo	sobrecarga
tb0(cache)	253,649	35,694
t0	312,733	-----

Tempos em segundos.

A sobrecarga foi calculada utilizando-se os contadores de sobrecarga de processamento (DELTAX) que são fornecidos pelo simulador, e os valores atribuídos para os mesmos.

Se a sobrecarga de processamento triplicasse não teríamos ganho para este tamanho de memória cache (tempo final de aproximadamente 325,037 segundos). Neste caso (triplicando a sobrecarga), precisaríamos de um cache de 1 Megabyte (veja tb2 com tempo final de 204,793 segundos).

Observação: Durante a simulação alguns atrasos de processamento são paralelos com os tempos do disco. Logo, quando aumentamos a sobrecarga de algum parâmetro é possível que o contador deste parâmetro aumente na próxima simulação. Vemos, então, que a sobrecarga seria ainda maior que a obtida na exposição anterior.

Conclusão final do capítulo (III.3.)

Um cache de disco pode ser usado para aumentar o desempenho do sistema mesmo quando o cache tem tamanho reduzido (256 Kbytes).

Concluimos que o tipo de leitura em avanço ideal é o tipo A (ler todo o grupo desde o primeiro bloco), e que o tamanho do grupo depende do tamanho da memória cache utilizada.

Pelo gráfico de tamanho do grupo versus tamanho da memória cache concluimos que para memórias do cache acima de 1 Megabyte um grupo de tamanho entre 4 e 19 proporciona um desempenho melhor.

Observamos que a associatividade não deve ser menor que 4 para obtermos um bom desempenho.

Finalmente, lembramos que a sobrecarga de processamento deve ser minimizada ao máximo principalmente quando o disco é rápido (comparativamente aos tempos do cache).

Comparação entre os acessos do trace e os outros acessos simulados (acessos seqüenciais e uniformes).

Observamos nas leituras seqüenciais intercaladas que quanto maior foi o tamanho da leitura em avanço, maior foi o desempenho. Como o número de seqüências intercaladas era pequeno (2 e 3), não foi possível observar a influência do tamanho do cache em relação ao desempenho. Sabemos, entretanto, que se o número de seqüências crescesse muito haveria uma tendência de diminuição do ganho a partir de um determinado tamanho de leitura em avanço.

Os acessos uniformemente distribuídos apresentaram um

desempenho melhor para leituras em avanço maiores quando o tamanho da memória do cache de disco era de 16 Megabytes. Sabemos, também, que esta tendência deve ter um limite superior além do qual o desempenho cai. Contrariamente, para um cache de disco de 1 Megabyte observamos um comportamento inverso. Quanto maior a leitura em avanço, menor o desempenho.

É esperado que para tamanhos de memória maiores que 1 Megabyte haja um tamanho de leitura em avanço (que é maior que um bloco) que proporcione um máximo desempenho para este tamanho de memória. Neste caso, se aumentarmos ou diminuirmos a leitura em avanço diminuiremos o desempenho. Logo, os acessos uniformes apresentam uma característica de desempenho com ponto de máximo variando em função da leitura em avanço e do tamanho da memória do cache de disco.

Ainda para os acessos uniformes podemos notar que somente com a memória do cache muito grande (praticamente do tamanho da área do disco sendo lida) alcançamos um ganho razoável de desempenho.

Os acessos do trace apresentaram uma característica semelhante à descrita anteriormente com relação à variação do desempenho em função da leitura em avanço e do tamanho da memória do cache de disco. Entretanto, houve um grande ganho de desempenho para tamanhos de memória do cache relativamente pequenos.

Observamos na seqüência de acessos do trace que há pequenos trechos seqüenciais distribuídos entre acessos relativamente dispersos no disco.

Concluimos pelas observações anteriores que os acessos do

traces se assemelham em seus efeitos a uma seqüência uniformemente distribuída de trechos seqüenciais de tamanho variável.

#### IV. O Sistema Operacional e o cache de disco

O desempenho do cache de disco pode ser aumentado se algumas informações quanto ao tipo de acesso sendo executado forem passadas para o controle do cache. Assim, poderíamos implementar um cache seletivo no qual o sistema pudesse determinar o que deve ser mapeado no cache e o que não deve. Eventualmente podem existir acessos que não precisam ser mapeados pois são muito dispersos no disco (por exemplo acessos a banco de dados com pouca localidade), ou não serão acessados novamente, ou causariam a leitura em avanço de áreas do disco que não seriam lidas (forçando a retirada do cache de partes com probabilidade não nula de acesso futuro), ou podem se constituir da leitura de um arquivo tão grande que forçaria a retirada do cache de muitas informações que estão dispersas no disco e que podem trazer um ganho maior de desempenho.

Além da seletividade de mapeamento poderíamos implementar as escritas de arquivos intermediários com alocação no cache (faz-se espaço no cache para a escrita) e sem a escrita efetiva no disco. Note que precisa haver um comando de liberação dos blocos escritos de um determinado arquivo intermediário para que o cache possa liberar a área ocupada por estes blocos. Neste caso, a ação do cache seria a de colocá-los na cabeça da fila de candidatos à remoção da memória do cache (observar que antes deste comando estes blocos não seriam removíveis).

A seletividade de operação em determinado acesso pode ser visível ou transparente ao usuário. A visibilidade seria o uso pelo cache dos parâmetros que identificam o tipo de arquivo na sua abertura. Tais parâmetros geralmente existem na abertura

dos arquivos (por exemplo, na identificação de arquivos intermediários), e só precisariam ser ampliados para permitir que o usuário determinasse o mapeamento ou não do arquivo sendo acessado.

A seletividade transparente seria aquela em que o sistema operacional determina os tipos de arquivos que serão mapeados no cache, não havendo um controle por parte do usuário.

A leitura em avanço do cache de disco tem como objetivo aumentar a probabilidade de acerto. Esta taxa poderia aumentar se o sistema informasse ao cache de disco quais os blocos seqüenciais ao acesso corrente quando o mesmo se tratasse de leitura seqüencial de arquivos. Assim, quando um arquivo estivesse fragmentado no disco, o cache não perderia tempo com a leitura de blocos não pertencentes ao arquivo, e tentaria ler em avanço os blocos realmente necessários. Até o presente momento não se tem notícia da implementação de algum cache de disco deste tipo para sabermos se há um aumento efetivo de desempenho com este artifício.

Outro tipo de controle que poderia haver sobre as operações do cache de disco é a criação de blocos permanentemente residentes no cache de disco. O sistema operacional poderia determinar no momento da carga de determinado programa ou área do disco (diretórios, etc) a sua permanência por tempo indeterminado. Este procedimento poderia ser executado para todos os processos de uso intenso e que não pudessem ter residência na memória principal (há sistemas que implementam processos e áreas permanentemente residentes na memória principal).



Mudanças no próprio funcionamento do Sistema Operacional podem ser feitas para melhor utilizar a existência do cache de disco. Se o cache de disco fosse controlado pelo Sistema Operacional podemos imaginar que a troca de contexto (pelo "dispatcher") poderia não ocorrer se o pedido de E/S de um determinado processo estivesse no cache de disco. Tal procedimento eliminaria uma grande quantidade de sobrecarga de processamento ("overhead") que seria ocasionada pela troca do contexto e manipulação do acesso de E/S. Note, neste caso, que é necessário que o cache de disco esteja na memória principal do sistema (eliminamos a sobrecarga de atendimento de interrupção).

Outra mudança no Sistema Operacional e cache de disco pode ser incluída na escolha do processo a ser executado ("scheduling"). Pode-se imaginar que na existência de mais de um processo pronto para ser executado escolha-se o que tem mais blocos presentes no cache de disco. É esperado que tal processo aumente a taxa de acerto do cache pela existência de blocos que foram lidos em avanço, ou que serão acessados novamente (arquivos intermediários, etc).

Alterações na ordenação da fila de E/S dos discos ("disk scheduling algorithms") também podem ser feitas se houver um controle do Sistema Operacional sobre o conteúdo do cache. Considere, por exemplo, que haja um acesso de leitura de um bloco muito distante da localidade atual dos acessos da cabeça da fila de E/S. Geralmente, o algoritmo de ordenação faria com que este acesso fosse atrasado (posto mais para o final da fila). Se o bloco em questão estiver na memória do cache de disco esta política certamente não é a mais recomendada. Portanto, a ordenação deve levar em consideração a possibilidade do acesso ser feito na memória do cache de disco.

Alternativamente, um cache de disco com processador local e independente do Sistema Operacional pode resolver este problema pelo controle de uma fila de E/S local. Neste caso, o Sistema Operacional passaria para o cache um certo número de pedidos (ou todos) de E/S de sua fila (que pode ser ordenada ou não), e o cache de disco faria a ordenação em sua fila interna. O esquema anterior implica em que haja a identificação do acesso que terminou no procedimento de resposta final de um pedido de E/S.

Pelo exposto anteriormente podemos concluir que o cache de disco seria melhor aproveitado se fosse controlado pelo Sistema Operacional e mantido na memória principal. Além disso, seriam eliminados muitos níveis de processamento e rotinas de interrupção (no caso do acerto não seria necessário gerar interrupção). De fato, alguns sistemas já utilizam verdadeiros caches de disco. Os buffers de E/S do Sistema UNIX são efetivamente um cache de disco mantido na memória principal.

Segundo SMITH (11) um cache de disco também pode ser

obtido pelo Sistema Operacional com o uso do sistema de manipulação de memória virtual já existente. Para isto, basta mapear o espaço de endereçamento do disco dentro do espaço de endereçamento do processo e deixar o sistema de memória virtual trabalhar normalmente. Com o uso de páginas grandes ou leituras em avanço podemos obter ganhos de desempenho semelhantes aos de um cache de disco. Este artifício já é usado por alguns sistemas.

Cabe lembrar, que segundo as observações de SMITH (11), o uso de leitura em avanço para as páginas do processo não encontradas na memória não apresenta um aumento na taxa de acerto, pois tais páginas apresentam pouca localidade nos acessos ao disco (nos endereços físicos).

Embora um cache de disco controlado pelo Sistema Operacional seja tecnicamente uma solução superior ao de um cache padrão (fora da memória principal e que implemente técnicas padronizadas de aumento de desempenho), compartilhamos com SMITH (11) a opinião de que a programação de diferentes sistemas (ou programas individuais) com bufferização seria um desperdício de tempo e esforço, além de eventualmente não alcançar o desempenho esperado.

Devemos tomar cuidado com o uso de múltiplos níveis de cache de disco. Se o Sistema Operacional já implementa alguma bufferização ou artifício que tenha as características de um cache de disco, isto implica em que um segundo nível de cache (no canal ou disco) pode ter um desempenho muito baixo. De fato, se o primeiro nível capturar um grande número de acessos, os acessos para o segundo nível (que não estavam no

primeiro nível) certamente não serão capturados (também não estarão no cache do segundo nível). Portanto, obteremos um tempo de resposta aumentado por múltiplos atrasos de processamento.

Neste trabalho falamos diversas vezes no ganho que pode ser obtido com a correta manipulação dos arquivos intermediários. Cabe lembrar que tais arquivos são originados da falta de memória principal. Assim, os antigos compiladores geravam um grande número de arquivos intermediários para que pudessem ser executados em memórias pequenas (50K, 100K). Atualmente os compiladores dispõem de memória suficiente para conter as informações de vários dos arquivos intermediários anteriormente utilizados. Logo, quando o cache de disco (ou outro mecanismo implementado pelo Sistema Operacional que se assemelhe a um cache) é organizado na memória principal, não há sentido em criarmos artifícios para a alocação de arquivos intermediários no cache visto que, se há memória suficiente para a existência do cache, há certamente memória também suficiente para a inexistência dos arquivos intermediários.

Para finalizar, observamos que o cache de disco pode utilizar informações referentes aos acessos feitos pelo Sistema Operacional para aumentar o ganho de desempenho. Do mesmo modo, o Sistema Operacional pode usar informações do cache de disco para tentar otimizar a troca de contexto. Lembramos que algumas das idéias acima idealizadas precisam ser testadas para a verificação do aumento efetivo no desempenho.

## V. Conclusões finais

Iniciamos este trabalho mostrando que um cache de disco era uma opção para a diminuição do "gargalo" originado pelo rápido aumento de desempenho das UCPs sem o correspondente desenvolvimento dos disco magnéticos.

Observamos que a maioria dos estudos disponíveis nesta área usavam como argumento os resultados de implementações de caches de disco para alguns computadores específicos, ou a taxa de ausência obtida através de simulações. Não foi observado nenhum trabalho que levasse em conta a sobrecarga de processamento e os tempos dos discos. Neste trabalho consideramos estes fatores e pudemos observar o comportamento real do cache.

### V.1. Resultados obtidos

Pelas nossas simulações concluímos que caches de disco relativamente pequenos podem efetivamente diminuir o "gargalo" anteriormente descrito. Para que isto seja possível, os algoritmos de controle do cache não podem introduzir uma sobrecarga de processamento muito elevada quando comparada aos tempos do disco (principalmente o tempo de movimentação de um cilindro e transferência de dados). Além disso, seus parâmetros (leituras em avanço, associatividade, etc) precisam estar ajustados ao tipo de acesso recebido e ao tamanho da memória do cache de disco.

Observamos que para leituras puramente seqüenciais (um único caminho seqüencial) o cache de disco diminuiu o desempenho do sistema quando comparado aos resultados obtidos com o disco sem cache e com o entrelaçamento ajustado. Algumas

implementações de cache de disco mostram um aumento do desempenho do sistema neste tipo de acesso. Provavelmente o sistema de discos estava mal "sintonizado" com os tempos do sistema (algumas vezes o sistema apresenta uma característica muito variável em seus tempos, não permitindo um ajuste fácil). Neste caso, como o cache de disco é geralmente bem "sintonizado" com o disco, temos um resultado positivo. Note que este é um outro motivo para usar o cache de disco em um sistema.

Uma observação importante em nossas simulações com o "trace" é que uma taxa de acerto maior nem sempre apresentou um maior desempenho (ver variação do tamanho do grupo nas simulações com o "trace").

O uso de dois canais de DMA foi sugerido inicialmente com o objetivo de aproveitar algum paralelismo entre uma leitura com acerto e uma leitura em avanço ainda em andamento. Do mesmo modo, o uso de duplo endereçamento no canal também tinha como objetivo um ganho de desempenho com o paralelismo. Observamos, entretanto, que o ganho de desempenho obtido não foi significativo para nenhum dos dois esquemas anteriormente citados. Logo, achamos dispensável o uso de tais arquiteturas.

## V.2. Alternativas para caches de disco

Pode-se neste momento alertar quanto à existência de alternativas para um cache de disco. De fato, alguns sistemas já utilizam "buffers" dos quais obtemos resultados semelhantes aos de um cache (ver capítulo IV).

Fora do contexto do Sistema Operacional temos uma alternativa no uso de dispositivos estáticos. Este dispositivo seria

como um cache em que carregamos previamente todos os blocos com maior frequência de uso em uma monitoração anterior. Após a iniciação do dispositivo não efetuamos mais a carga de blocos. Tal dispositivo apresentou um desempenho inferior ao de um cache real (dinâmico) segundo as simulações de SMITH (11).

Um outro dispositivo de armazenamento seria aquele em que os blocos residentes fossem atualizados toda vez que a curva de frequência fosse alterada. Acreditamos que tal dispositivo ainda tenha desempenho inferior ao de um cache totalmente dinâmico.

### 5.3. Direções futuras

Ainda há um certo número de questões que não foram tratadas neste trabalho e que merecem ser estudadas futuramente. Entre elas podemos destacar:

-As escritas com alocação que possivelmente aumentarão o desempenho do sistema. Observe o grande aumento de desempenho das escritas com atualização contra as escritas com invalidação (que foram estudadas neste trabalho).

-Algoritmos de controle do cache de disco que efetuem a paralização e reiniciação das operações de carga e leituras em avanço em função da taxa de acerto.

Tais algoritmos (chamados de adaptativos) permitirão ao cache de disco ser automaticamente desligado quando a taxa de acerto diminuir abaixo de certo valor. Enquanto desligado, o algoritmo do cache de disco continuaria verificando a taxa de acerto esperada (simularia seu funcionamento real). Se a taxa subisse acima de certo valor o processamento real do cache de

disco seria reiniciado.

Este tipo de algoritmo precisa ser testado quanto ao efetivo ganho de desempenho. Acreditamos que não será grande (se houver) pois, se há uma taxa de acerto simulada aceitável para o funcionamento do cache, esta já foi perdida. Só haverá ganho futuro se a tendência de acerto se mantiver para os novos acessos.

#### V.4. Limitações deste trabalho

Devemos nos lembrar que nossas conclusões estão baseadas em simulações efetuadas com a monitoração de acessos que representam uma pequena fração do tempo de utilização de um único computador sem memória virtual, e que foi utilizado em um ambiente identificado como de desenvolvimento de "software". Portanto, as conclusões não cobrem os acessos de um sistema com memória virtual, embora saibamos que os acessos de escrita de páginas e de falta de páginas devam ter tratamento diferenciado pelo algoritmo do cache (Não vale a pena ler em avanço. Há falta de localidade nos endereços do disco).

Outra limitação importante em nossas conclusões é o tamanho do bloco mínimo de leitura do disco. Em nosso computador monitorado é usado um bloco de 512 bytes que corresponde ao tamanho de um setor do disco. Precisaríamos experimentar o cache de disco em um sistema com blocos maiores para verificar a influência deste fator relativamente ao tamanho da memória do cache de disco utilizado. Acreditamos que um bloco maior pode diminuir a taxa de acerto pois diminui o número de elementos individuais contidos no cache.



Para finalizar ressaltamos que o uso de caches de disco localizados nos canais de E/S já é uma realidade comercial e que a sua adição aos sistemas computacionais já existentes se deve ao fato de que ele é uma solução elegante que evita a necessidade de custosas alterações ou melhorias nestes sistemas.

VI. Referências bibliográficas

- (1). CHANEY, R. & JOHNSON, B., "Maximizing hard-disk performance", BYIE, Peterborough, New York, McGraw-Hill, VOL. 9, NO. 5, p. 307-334, May, 1984
- (2). FALLER, N. ET AL., "O projeto PEGASUS-32X/PLURIX", ANAIS DO XVII CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA, Rio de Janeiro, Nov., 1984
- (3). FALLER, N., ANIDO, M. & SALENBAUCH, P., "Técnicas de projeto utilizadas na construção do super-microcomputador PEGASUS-32X e do sistema operacional PLURIX", CONVENCION INFORMÁTICA LATINA, CIL 85, Barcelona, Abr., 1985 (publicado também no DATANEWS, 30 abril 1985)
- (4). FIGUEIRA, N. R., "Uma unidade de processamento periférico para SASibus", Trabalho de graduação em Engenharia Eletrônica, UFRJ, 250p., 1983
- (5). FOXLEY, E. & SALMAN, D., "Validation of an analitic model of computer performance", THE COMPUTER JOURNAL, London, Heyden & Son, VOL. 24, NO. 4, p. 347-352, Nov., 1981
- (6). HUGELSHOFER, W. & SCHULTZ, B., "Cache buffer for disk accelerates minicomputer performance", ELECTRONICS, February 10, p. 155-159, 1982

- (7). LEUNG, C. H. C., "A model for disc locality referencing",  
THE COMPUTER JOURNAL, London, Wiley Heyden,  
VOL. 26, NO. 3, p. 196-198, Aug., 1983
- (8). MCKEON, B., "An algorithm for disk caching with limited  
memory", Peterborough, NY, McGraw-Hill, VOL. 10,  
NO. 9, p. 129-138, Sep., 1985
- (9). PAGE, J. P. & WOOD, R. T., "Empirical analysis of a  
moving head disk model with two heads separated by  
a fixed number of tracks", THE COMPUTER JOURNAL,  
London, Heyden & Son, VOL. 24, NO. 4, p. 339-342,  
Nov., 1981
- (10). RIBEIRO FILHO, J. L., "Modularidade e inteligência em  
unidades de processamento periférico", CONGRESSO  
REGIONAL SUCESU-BRASILIA, 1985
- (11). SMITH, A. J., "Disk cache-Miss ratio analysis and design  
considerations", ACM TRANSACTIONS ON COMPUTER  
SYSTEMS, New York, VOL. 3, NO. 3, p. 161-203, Aug.,  
1985
- (12). SMITH, A. J., "Cache memories", ACM COMPUTING SURVEYS,  
VOL. 14, NO. 3, p. 473-530, Sep., 1982
- (13). SMITH, A. J., "On the effectiveness of buffered and  
multiple arm disks", PROCEEDINGS OF THE SIXTH  
COMPUTER ARCHITECTURE SYMPOSIUM, Palo Alto, Calif.,  
p. 242-248, Apr., 1977

(14). WALTERS, S. J., "Estimating magnetic disc seeks", THE COMPUTER JOURNAL, London, The British Computer Society, VOL. 18, NO. 1, p. 12-17, Feb., 1975

(15). WINTERSTEIN, B., "Cache design boosts SMD disk drive performance", COMPUTER DESIGN, Littleton, MA, Penn Well Publis., VOL. 25, NO. 6, p. 87-92, Mar. 15, 1986

## Apêndice I

### A origem do "trace"

O "trace" foi obtido da monitoração de acessos no computador PEGASUS-32x cuja configuração naquele momento era:

-Capacidade de memória principal = 4 Megabytes

-Número de buffers para E/S = 40 (20 kbytes)

Normalmente o sistema trabalha com 1024 buffers (512 Kbytes). Estes buffers têm funcionamento semelhante ao de um cache de disco. Portanto, fomos obrigados a diminuir a sua influência com a redução de seu tamanho.

-Tamanho do "RAM DISK" = 0 bytes

RAM DISK é uma área da memória usada como um disco. Este disco é normalmente montado para o diretório "/tmp". Após a carga do sistema são copiados os módulos de compilação C do disco para este diretório. Assim, os arquivos intermediários e o próprio compilador (não é reentrante) são lidos da memória (RAM DISK).

Quando colocamos o RAM DISK com tamanho zero os arquivos são lidos diretamente do disco.

-Compilador de C não reentrante.

Sendo não reentrante, a cada nova ativação do compilador é feita uma nova cópia do programa objeto do compilador.

Este compilador gera alguns arquivos intermediários.

-Gerência de memória por segmentação.

O Sistema Operacional que foi utilizado naquele momento (PLURIX) era com gerência de memória por segmentação. Assim,

os programas eram carregados integralmente na memória. Não houve "swap" (retirada de processo da memória principal) pois havia memória principal suficiente para os processos executados.

#### Programas residentes

Os seguintes programas foram tornados permanentemente residentes na memória principal após a carga do sistema (a monitoração iniciou após a carga do sistema e antes da leitura dos programas residentes):

ed, vi, cc, as, make, lc, e ps.

#### Observação:

O programa "cc" é o responsável pela ativação dos módulos de compilação de C. Note que estes módulos não estavam residentes e eram não reentrantes. Logo, a cada nova ativação estes módulos eram lidos do disco.

#### Método de monitoração

O computador PEGASUS-32x dispõe de um processador periférico de discos (canal de E/S) provido de microprocessador e uma linha serial (RS232-C) para monitoração/depuração. Com um comando enviado por esta linha de comunicação é possível receber todos os comando que chegam ao processador periférico.

Com a ligação da linha serial do processador periférico de disco a uma das linhas seriais de comunicação com terminais do PEGASUS-32x foi possível armazenar em disco os parâmetros e comandos recebidos. Um programa especialmente desenvolvido para este fim recebia os dados da linha de comunicação,

convertia-os em uma forma usável pelo simulador, separava os acessos ao disco desejado (havia no sistema dois discos rígidos e não removíveis, duas unidades de disco flexível de 5 1/4", e uma unidade de fita magnética), e armazenava os resultados em um arquivo no disco.

O armazenamento no disco foi feito com a bufferização do sistema, o que resultou em acessos de escrita com pouca frequência (não houve interferência significativa no trace). O arquivo final, com os 16094 acessos, contém aproximadamente 132 Kbytes.

#### Processos executados durante a monitoração

A monitoração foi executada com cinco usuários no sistema. Os acessos de dois usuários foram caracterizados pela execução em paralelo dos processos de dois arquivos que serão listados a seguir. Os outros três usuários eram reais e faziam parte da equipe de desenvolvimento do próprio sistema. Os processos executados por estes usuários não foram previamente determinados e nem mesmo anotados.

#### Arquivo 1

```
stty -page
man grep
grep "Sxts" arq
rmtree -f diretório
rmtree -f diretóriox
mkdir diretório
mkdir diretóriox
lc
```

```
man mv

cp -f arq diretório/arq
cp arq diretório/arq
cp arqx diretóriox/arqx.c
lc

man pwd

pwd

cd diretório

ls

man split

split -l100 arq x

lc

rm -f arq
rm -f x*

lc

cd ..

lc

man rmdir

rmdir diretório

lc

cd diretóriox

wc arqx

cc -o arqx arqx.c

cd ..

rmtree -f diretóriox

man wc

wc arq

man sort

sort arq > saída
```



```
rm saída
mkdir tese
cd tese
man cptree
cptree $H/tese .
lc
cc *.c
rm -f a.out
rm -f t*
sync
rm -f *
cd bak
rm -f *
cd ..
rmdir tese
sync
```

Onde o arquivo "arq" era um manual com 84177 bytes.

Os arquivos compilados no diretório "tese" são os utilizados nas simulações desta tese (várias versões do simulador, filtros, e gerador de acessos)

#### Arquivo 2

```
cd arq.c
cc -o arq0 arq0.c &
cc -o arq1 arq1.c &
cc -o arq2 arq2.c &
cc -o arq3 arq3.c
rm -f arq0 arq1 arq2 arq3
```

```
cc -o arq4 arq4.c &  
cc -o arq5 arq5.c &  
cc -o arq6 arq6.c &  
cc -o arq7 arq7.c  
rm -f arq4 arq5 arq6 arq7  
cc -o arq8 arq8.c &  
cc -o arq9 arq9.c &  
cc -o arq10 arq10.c &  
cc -o arq11 arq11.c  
rm -f arq8 arq9 arq10 arq11  
cc -o arq12 arq12.c &  
cc -o arq13 arq13.c &  
cc -o arq14 arq14.c &  
cc -o arq15 arq15.c  
rm -f arq12 arq13 arq14 arq15
```

Onde os arquivos em C tinham tamanho médio de 1 Kbyte.

## Apêndice II

### Características dos discos simulados

#### Caracterização do tamanho dos discos

Tamanho	NSUPS	NSETORES	NCIL
115 Mega	6	17	306
168 Mega	8	17	1024

#### Caracterização dos tempos de movimentação

Tipo	TTT	MAX	TLAT	AVG
IM. passo	0,018 s	0,205 s	0,0167 s	0,085 s
IVoice coil	0,004 s	0,046 s	0,0167 s	0,028 s

#### Características de transferência de dados

T\_TRANSF\_R = 0,001, T\_TRANSF\_W = 0,001 s

Onde:

NSUPS- Número de pratos do disco

NSETORES- Número de setores por trilha (uma superfície)

NCIL- Número de cilindros do disco

TTT- Tempo da movimentação de um cilindro incluindo a estabilização da cabeça de leitura/escrita.

MAX- Tempo de movimentação do cilindro 0 até o cilindro NCIL-1

AVG- Tempo médio de movimentação fornecido pelo fabricante.

T\_TRANSF\_R- Tempo de transferência de um setor de 512 bytes na leitura do disco.

T\_TRANSF\_W- Idem para escrita.

### Apêndice III

#### Definição dos testes simulados

Onde: Update = escrita com atualização

purge = escrita com invalidação

Testes->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Cache	off	off	off	off	off	off	off
Tam Cache	--	--	--	--	--	--	--
Tam grupo	--	--	--	--	--	--	--
Associativo	--	--	--	--	--	--	--
Num canais	--	--	--	--	--	--	--
Tipo canal	--	--	--	--	--	--	--
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	sempufl	b1b1k	b1b1k	b1b1k	btrilh	sempufl	sempufl
Entrelaçam	1	3	4	5	1	3	2
Tipo write	--	--	--	--	--	--	--
T prefetch	--	--	--	--	--	--	--

Testes->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	16M	16M	16M	16M	16M	16M	16M
Tam grupo	17	34	51	102	17	102	102
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	2	2	2
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ED	ES	ED
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	sembufl	sembufl	sembufl	sembufl	sembufl	sembufl	sembufl
Entrelaçam	1	1	1	1	1	1	1
Tipo writ	epurge	epurge	epurge	epurge	epurge	epurge	epurge
IT prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Cache	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	16M	16M	16M	16M	16M	16M
Tam grupo	17	17	17	17	17	17
Associativ	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	Btrilh	B1blk
Entrelaçam	2	3	4	5	1	1
Tipo writ	epurge	epurge	epurge	epurge	epurge	epurge
IT prefetch	A	A	A	A	A	A

(Testes->	t30	t31	t32	t33
Cache	on	on	on	on
Tam Cache	1M	2M	4M	8M
Tam grupo	17	17	17	17
Associativ	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3
Tipo write	purge	purge	purge	purge
T prefetch	A	A	A	A

(Testes->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	256K	512K	1024K	2048K	4096K	8192K	16384K
Tam grupo	1	1	1	1	1	1	1
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	purge	purge	purge	purge	purge	purge	purge
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	t50	t51	t52	t53
Cache	on	on	on	on
Tam Cache	1024K	1024K	256K	256K
Tam grupo	2	1	1	1
Associativ	4	4	512(*)	1 (**)
Num canais	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3
Tipo writel	purge	purge	purge	purge
T prefetch	A	A	A	A

```
+-----+-----+-----+-----+
|Testes-> | t70 | t71 | t72 |
+-----+-----+-----+-----+
|Cache     | on  | on  | on  |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam Cache | 16M | 16M | 16M |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam grupo | 17  | 17  | 17  |
+-----+-----+-----+-----+
|Associativ| 4   | 4   | 4   |
+-----+-----+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  | ES  |
+-----+-----+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 | 100 |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo disco|sembu#|sembu#|sembu#|
+-----+-----+-----+-----+
|Entrelaçam| 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo writel|purge |purge |purge |
+-----+-----+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   | A   |
+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+
|Testes-> | t73 | t74 | t75 |
+-----+-----+-----+-----+
|Cache     | on  | on  | on  |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam Cache | 16M | 16M | 16M |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam grupo | 19  | 19  | 19  |
+-----+-----+-----+-----+
|Associativ| 4   | 4   | 4   |
+-----+-----+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  | ES  |
+-----+-----+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 | 100 |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo disco|sembu#|sembu#|sembu#|
+-----+-----+-----+-----+
|Entrelaçam| 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo writel|purge |purge |purge |
+-----+-----+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   | A   |
+-----+-----+-----+-----+
```



Testes->	tb0	tb1	tb2	tb3	tb4	tb5	tb6
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	256K	512K	1024K	2048K	4096K	8192K	16384K
Tam grupo	1	1	1	1	1	1	1
Associativo	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	update	update	update	update	update	update	update
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	tc0	tc1	tc2	tc3	tc4	tc5	tc6
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	1	2	3	4	5	6	7
Associativo	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	update	update	update	update	update	update	update
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	tc7	tc8	tc9	tc10	tc11	tc12	tc14
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	8	9	10	11	12	13	15
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo writel	update	update	update	update	update	update	update
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	tc15	tc16	tc17	tc18	tc19	tc20	tc21
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	16	17	18	19	20	34	52
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo writel	update	update	update	update	update	update	update
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

```
+-----+-----+
|Testes-> | tc22 |
+-----+-----+
|Cache     | on   |
+-----+-----+
|Tam Cache | 1M   |
+-----+-----+
|Tam grupo | 102  |
+-----+-----+
|Associativ| 4    |
+-----+-----+
|Num canais| 1    |
+-----+-----+
|Tipo canal| ES   |
+-----+-----+
|Intervalo | 100  |
+-----+-----+
|Tipo disco|B1blk|
+-----+-----+
|Entrelaçam| 3    |
+-----+-----+
|Tipo writel|update|
+-----+-----+
|T prefetch| A    |
+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Testes-> | td0 | td1 | td2 | td3 | td4 | td5 | td6 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Cache     | on  | on  | on  | on  | on  | on  | on  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tam Cache | 1M  | 1M  | 1M  | 1M  | 1M  | 1M  | 1M  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tam grupo | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Associativ| 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  | ES  | ES  | ES  | ES  | ES  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo disco|B1blk|B1blk|B1blk|B1blk|B1blk|B1blk|B1blk|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Entrelaçam| 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo writel|update|update|update|update|update|update|update|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   | A   | A   | A   | A   | A   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Testes->	td7	td8	td9	td10	td11	td12	td14
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	8	9	10	11	12	13	15
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	update	update	update	update	update	update	update
IT prefetch	A	A	A	A	A	A	A

Testes->	td15	td16	td17	td18	td19	td20	td21
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	16	17	18	19	20	34	52
Associativ	4	4	4	4	4	4	4
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk	B1blk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	update	update	update	update	update	update	update
IT prefetch	A	A	A	A	A	A	A

```
+-----+
|Testes-> | td22 |
+-----+
|Cache     | on  |
+-----+
|Tam Cache | 1M  |
+-----+
|Tam grupo | 102 |
+-----+
|Associativ| 4   |
+-----+
|Num canais| 1   |
+-----+
|Tipo canal| ES  |
+-----+
|Intervalo | 100 |
+-----+
|Tipo disco|Biblk|
+-----+
|Entrelaçam| 3   |
+-----+
|Tipo write|update|
+-----+
|T prefetch| A   |
+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Testes-> | tf0 | tf1 | tf2 | tf3 | tf4 | tf5 | tf6 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Cache     | on  | on  | on  | on  | on  | on  | on  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tam Cache | 512K| 512K| 512K| 512K| 512K| 512K| 512K|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tam grupo | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   | 8   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Associativ| 1   | 2   | 4   | 8   | 16  | 32  | 64  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  | ES  | ES  | ES  | ES  | ES  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo disco|Biblk|Biblk|Biblk|Biblk|Biblk|Biblk|Biblk|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Entrelaçam| 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   | 3   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tipo write|update|update|update|update|update|update|update|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   | A   | A   | A   | A   | A   |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Testes->	t#7	t#8
Cache	on	on
Tam Cache	512K	512K
Tam grupo	8	8
Associativ	64	128
Num canais	1	1
Tipo canal	ES	ES
Intervalo	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3
Tipo write	update	update
T prefetch	A	A

Testes->	tg0	tg1	tg2	tg3	tg4	tg5	tg6
Cache	on	on	on	on	on	on	on
Tam Cache	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M
Tam grupo	8	8	8	8	8	8	8
Associativ	1	2	4	8	16	32	64
Num canais	1	1	1	1	1	1	1
Tipo canal	ES	ES	ES	ES	ES	ES	ES
Intervalo	100	100	100	100	100	100	100
Tipo disco	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk	Biblk
Entrelaçam	3	3	3	3	3	3	3
Tipo write	update	update	update	update	update	update	update
T prefetch	A	A	A	A	A	A	A

```
+-----+-----+
|Testes-> | tg7 | tg8 |
+-----+-----+
|Cache     | on  | on  |
+-----+-----+
|Tam Cache | 1M  | 1M  |
+-----+-----+
|Tam grupo | 8   | 8   |
+-----+-----+
|Associativ| 64  | 128 |
+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   |
+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  |
+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 |
+-----+-----+
|Tipo disco|Biblk|Biblk|
+-----+-----+
|Entrelaçam| 3   | 3   |
+-----+-----+
|Tipo writelupdate|update|update|
+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   |
+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+
|Testes-> | th0 | th1 | th2 | th3 |
+-----+-----+-----+-----+
|Cache     | on  | on  | on  | on  |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam Cache | 16M | 16M | 16M | 16M |
+-----+-----+-----+-----+
|Tam grupo | 8   | 8   | 8   | 8   |
+-----+-----+-----+-----+
|Associativ| 1   | 2   | 4   | 8   |
+-----+-----+-----+-----+
|Num canais| 1   | 1   | 1   | 1   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo canal| ES  | ES  | ES  | ES  |
+-----+-----+-----+-----+
|Intervalo | 100 | 100 | 100 | 100 |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo disco|Biblk|Biblk|Biblk|Biblk|
+-----+-----+-----+-----+
|Entrelaçam| 3   | 3   | 3   | 3   |
+-----+-----+-----+-----+
|Tipo writelupdate|update|update|update|update|
+-----+-----+-----+-----+
|T prefetch| A   | A   | A   | A   |
+-----+-----+-----+-----+
```

Apêndice IV

Resultados das simulações

Listamos neste apêndice os resultados das simulações com os seguintes discos:

- 15 Megabytes lento - pág 115
- 15 Megabytes rápido - pág 123
- 68 Megabytes lento - pág 132
- 68 Megabytes rápido - pág 156

Disco 15 Megabytes "lento"

Acessos seqüenciais simples

(Teste-)	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
(Tempo (ms))	1178460	1198106	42582	50767	1178461	32759	164051

(Teste-)	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
(Tempo (ms))	50778	50795	47539	47589	50776	47589	47587
(Num acesso)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num leitura)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num escrita)	0	0	0	0	0	0	0
(Aus. leit.)	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
(Aus. escr.)	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
(Num Delta1)	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num Delta2)	589	295	197	99	589	99	99
(Num Delta4)	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
(Num Delta5)	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
(Num Delta7)	0	0	0	0	0	0	0



Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	60615	70450	80285	90121	50778	198325
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Acessos seqüenciais duplos

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	1591000	1599190	1604103	1609016	1672805	1599189	1594276

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	785611	613993	556821	508391	785401	508391	500001
Num acesso	100001	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num leitura	100001	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	100001	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num Delta2	589	295	197	99	588	99	98
Num Delta4	100001	100001	100001	100001	94111	100001	99011
Num Delta5	94111	97051	98031	99011	94111	99011	99011
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste-)	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	88397	98233	108068	117903	78561	1226107
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Acessos sequenciais triplos

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	559837	585106	625308	628583	559838	566387	563112

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	75271	60558	55632	50255	75267	50255	50234
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	295	197	99	587	99	97
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9410	9999	9900
Num Delta5	9410	9704	9802	9900	9410	9900	9900
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	851071	949431	1047781	1146131	752711	2228181
Num acesso	99991	99991	99991	99991	99991	99991
Num leitura	99991	99991	99991	99991	99991	99991
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	99991	99991	99991	99991	99991	99991
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	99991	99991	99991	99991	99991	99991
Num Delta5	94101	94101	94101	94101	94101	94101
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Acessos uniformes

Teste->	t30	t31	t32	t33
Tempo (s)	1346,81	1260,91	1078,41	755,271
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	93,04%	86,83%	73,82%	50,81%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9304	8683	7382	5081
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	696	1317	2618	4919
Num Delta7	0	0	0	0

Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	1960122	1944591	1918823	1883336	1848399	1839264	1838196
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	198,55%	196,86%	194,30%	190,59%	186,88%	185,71%	185,60%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9855	9686	9430	9059	8688	8571	8560
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	145	314	570	941	1312	1429	1440
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t50	t51	t52	t53
Tempo (ms)	1941588	1919859	1959588	1959271
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	93,62%	94,34%	98,43%	98,42%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9362	9434	9843	9842
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	638	566	157	158
Num Delta7	0	0	0	0

Disco "rápido" de 15Megabytes

Resultados com acessos seqüenciais simples.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	176824	196470	40945	50768	176825	31122	162197
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	49142	49159	45902	45952	49140	45952	45950
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	589	99	99
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0



Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	58978	68814	78649	88484	49142	196688
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leituras	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escritas	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Resultados com acessos seqüenciais duplos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	255397	265224	270136	275049	255398	265223	260310
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	58955	51607	49169	47583	58935	47583	46744
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	588	99	98
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	68792	78627	88462	98281	58955	1206502
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leituri	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escriti	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Resultados com acessos seqüenciais triplos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	225904	232455	235730	239005	225905	232454	229179
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	62178	52392	49136	47015	52405	47015	46994
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	295	197	99	587	99	97
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9410	9999	9900
Num Delta5	9410	9704	9802	9900	9410	9900	9900
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	72015	78593	88429	91751	62178	209758
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9410	9410
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Resultados com distribuição uniforme de acessos.

Teste ->	t0	t1	t2	t3	t4
Tempo (ms)	338367	348418	348224	348432	348555
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0

Teste ->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	125120	95214	87021	85371	116331	85371	83613
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,30%	9,18%	6,35%	3,82%	18,30%	3,82%	3,82%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	918	635	382	897	382	219
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	8170	10000	9618
Num Delta5	8170	9082	9365	9618	8170	9618	9618
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste-)	t17	t18	t19	t20	t21
Tempo (ms)	155526	184049	212689	241261	125120
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	1830	1830	1830	1830
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	8170	8170	8170	8170	8170
Num Delta7	0	0	0	0	0

(Teste-)	t30	t31	t32	t33
Tempo (ms)	1791779	1742114	1636369	1450097
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	193,04%	186,83%	173,82%	150,81%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9304	8683	7382	5081
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	696	1317	2618	4919
Num Delta7	0	0	0	0

Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	1374620	1368725	1359590	1346664	1333655	1330081	1329731
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	198,55%	196,86%	194,34%	190,59%	186,88%	185,71%	185,60%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9855	9686	9434	9059	8688	8571	8560
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	145	314	566	94	1312	1429	1440
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t50	t51	t52	t53
Tempo (ms)	1383257	1359590	1374303	1374270
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	193,62%	194,34%	198,43%	198,42%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9362	9434	9843	9842
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	638	566	157	158
Num Delta7	0	0	0	0



Disco 68Megabytes "lento"

Resultados com acessos seqüenciais simples.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	178043	197689	41747	50351	178044	31924	163567
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	50361	50378	48758	48841	50359	48841	48839
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	589	99	99
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	4901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	601971	700331	798681	897031	503611	1979071
Num acesso	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num leitur	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num escrit	01	01	01	01	01	01
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num Delta2	5891	5891	5891	5891	5891	5891
Num Delta4	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num Delta5	94111	94111	94111	94111	94111	94111
Num Delta7	01	01	01	01	01	01

Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	503611	503611	503611	503611	488411	479561
Num acesso	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num leitur	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num escrit	01	01	01	01	01	01
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	0,99%	1,48%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	100001	100001	100001	100001	100001	100001
Num Delta2	5891	5891	5891	5891	991	1481
Num Delta4	100001	100001	100001	100001	100001	01
Num Delta5	94111	94111	94111	94111	99011	98521
Num Delta7	01	01	01	01	01	01

Teste->	t76	t77	t78	t79
Tempo (ms)	55605	57349	55077	57349
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0
Aus. leit.	10,85%	5,27%	5,97%	5,27%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1085	527	597	527
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	8915	9473	9403	9473
Num Delta7	0	0	0	0

Resultados com acessos sequenciais duplos.

(Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
(Tempo (ms)	338897	348724	353636	358549	338898	348723	349810
(Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
(Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
(Tempo (ms)	68741	56500	54062	50071	58951	50071	49249
(Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
(Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
(Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
(Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
(Num Delta2	589	295	197	99	588	99	98
(Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
(Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
(Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	78578	83520	93355	98298	68741	216288
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	68783	68783	68783	68783	50112	49611
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	1,00%	1,49%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	590	590	590	590	100	149
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9900	9851
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

(Teste-)	t76	t77	t78	t79
(Tempo (ms))	78953	64398	63329	64363
(Num acessos)	10000	10000	10000	10000
(Num leituras)	10000	10000	10000	10000
(Num escritas)	0	0	0	0
(Aus. leit.)	10,86%	5,28%	5,98%	5,27%
(Aus. escr.)	0%	0%	0%	0%
(Num Delta1)	10000	10000	10000	10000
(Num Delta2)	1086	528	598	527
(Num Delta4)	10000	10000	10000	10000
(Num Delta5)	8914	9472	9402	9473
(Num Delta7)	0	0	0	0

Resultados com acessos seqüenciais triplos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	1337226	1344178	1402697	1405972	1337227	1343776	1340501
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	62212	54045	52960	49787	62208	49787	49766
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	295	197	99	587	99	97
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9410	9999	9900
Num Delta5	9410	9704	9802	9900	9410	9900	9900
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste-)	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	72048	81883	91719	101554	62212	1209758
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leituras	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escritas	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9410	9410
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

(Teste-)	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	62266	62266	62266	62266	49854	49648
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leituras	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escritas	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,91%	5,91%	5,91%	5,91%	1,01%	1,50%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	591	591	591	591	101	150
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9408	9408	9408	9408	9898	9849
Num Delta7	0	0	0	0	0	0



Teste->	t76	t77	t78	t79
Tempo (ms)	76728	61348	61388	61281
Num acesso	9999	9999	9999	9999
Num leitur	9999	9999	9999	9999
Num escrit	0	0	0	0
Aus. leit.	10,87%	5,29%	5,99%	5,27%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	1087	529	599	527
Num Delta4	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	8912	9470	9400	9472
Num Delta7	0	0	0	0

Resultados com distribuição uniforme de acessos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4
Tempo (ms)	1431953	1442389	1442162	1441735	1441340
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	1142016	1103547	983931	95608	134748	95608	94051
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,30%	9,18%	6,35%	3,82%	18,30%	3,82%	3,82%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	918	635	382	897	382	219
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	8170	10000	9618
Num Delta5	8170	9082	9365	9618	8170	9618	9618
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t17	t18	t19	t20	t21
(Tempo (ms)	172494	201200	230006	259206	142016
(Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000
(Num leituri	10000	10000	10000	10000	10000
(Num escriti	0	0	0	0	0
(Aus. leit.	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%
(Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%
(Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000
(Num Delta2	1830	1830	1830	1830	1830
(Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000
(Num Delta5	8170	8170	8170	8170	8170
(Num Delta7	0	0	0	0	0

(Teste->	t30	t31	t32	t33
(Tempo (ms)	1879237	1822908	1704990	1496240
(Num acesso	10000	10000	10000	10000
(Num leituri	10000	10000	10000	10000
(Num escriti	0	0	0	0
(Aus. leit.	193,04%	186,83%	173,82%	150,81%
(Aus. escr.	100%	100%	100%	100%
(Num Delta1	10000	10000	10000	10000
(Num Delta2	9304	8683	7382	5081
(Num Delta4	10000	10000	10000	10000
(Num Delta5	696	1317	2618	4919
(Num Delta7	0	0	0	0

Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	465101	457753	446497	429764	413849	409173	408638
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	98,55%	96,86%	94,34%	90,59%	86,88%	85,71%	85,60%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9855	9686	9434	9059	8688	8571	8560
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	145	314	566	941	1312	1429	1440
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t50	t51	t52	t53
Tempo (ms)	470665	446497	464683	464550
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	93,62%	94,34%	98,43%	98,42%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9362	9434	9843	9842
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	638	566	157	158
Num Delta7	0	0	0	0

Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	224217	224217	224217	227440	127369	136241
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	139,37%	139,37%	139,37%	140,09%	112,69%	116,56%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	3937	3937	3937	4009	1269	1656
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	6063	6063	6063	5991	8731	8344
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Teste->	t76	t77	t78	t79
Tempo (ms)	261508	222106	222347	141479
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	148,81%	137,24%	138,76%	116,39%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	4891	3724	3876	1639
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	5119	6276	6124	8361
Num Delta7	0	0	0	0

Disco 68 Megabytes "lento"

Resultados do "trace".

(Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
(Tempo (ms)	1768064	1747953	1724252	1727356	1776182	1712648	1724007
(Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
(Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
(Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775

(Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
(Tempo (ms)	1422617	1421251	1441341	1469130	1417019	1469130	1465723
(Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
(Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
(Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
(Aus. leit.	13,09%	10,41%	3,60%	8,06%	13,09%	8,06%	8,06%
(Aus. escr.	45,16%	37,56%	32,55%	26,94%	45,16%	26,94%	26,94%
(Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
(Num Delta2	1351	1074	991	832	1159	832	757
(Num Delta4	10319	10319	10319	10319	8968	10319	9487
(Num Delta5	8968	9245	9328	9487	8968	9487	9487
(Num Delta7	3167	3606	3895	4219	2882	4219	3967

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 | t22 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|404865|424353|446012|467186|387313|727494|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acessos| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leituras| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escritas| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|13,09%|13,09%|13,09%|13,09%|13,09%|13,09%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|45,16%|45,16%|45,16%|45,16%|45,16%|45,16%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|   607|   608|   599|   612|   611|   614|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  8968|  8968|  8968|  8968|  8968|  8968|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|   851|   903|   798|   742|   763|   754|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t30 | t31 | t32 | t33 |
+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|471691|439660|426307|424717|
+-----+-----+-----+-----+
|Num acessos| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+
|Num leituras| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+
|Num escritas| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|16,87%|14,32%|13,23%|13,12%|
+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|49,56%|45,52%|45,42%|45,16%|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|   833|   679|   615|   609|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  8578|  8841|  8954|  8965|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|   905|   917|   902|   903|
+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t40 | t41 | t42 | t43 | t44 | t45 | t46 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|568060|532356|504725|493737|490615|490615|490615|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|63,06%|54,88%|48,03%|45,33%|44,71%|44,71%|44,71%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|72,31%|67,71%|64,40%|63,50%|63,34%|63,34%|63,34%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 4761| 4071| 3448| 3228| 3175| 3175| 3175|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 3811| 4656| 5363| 5641| 5705| 5705| 5705|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 643| 728| 769| 777| 776| 776| 776|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t50 | t51 | t52 | t53 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|471224|504725|561464|587583|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|33,67%|48,03%|61,51%|65,36%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|61,77%|64,40%|73,26%|73,25%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 2121| 3448| 4644| 4927|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 6845| 5363| 3972| 3575|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 781| 769| 617| 640|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```



```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t70 | t71 | t72 | t73 | t74 | t75 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|443368|443368|443368|444387|437173|435469|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acessos| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leituras| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escritas| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|20,06%|20,06%|20,06%|20,18%|17,01%|17,35%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|53,06%|53,06%|53,06%|53,65%|40,80%|42,77%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 2070| 2070| 2070| 2082| 1755| 1790|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 8249| 8249| 8249| 8237| 8564| 8529|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 2711| 2711| 2711| 2677| 3419| 3305|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t76 | t77 | t78 | t79 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|450348|444320|443769|427770|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acessos| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leituras| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escritas| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|21,76%|19,61%|19,91%|12,45%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|55,90%|53,07%|53,56%|44,38%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 2245| 2024| 2054| 1285|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 8074| 8295| 8265| 9034|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 2547| 2710| 2682| 3212|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tb0 | tb1 | tb2 | tb3 | tb4 | tb5 | tb6 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|490823|434995|397093|381725|378318|378318|378318|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|151,62%|40,32%|31,57%|28,19%|27,54%|27,54%|27,54%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|153,80%|45,77%|40,36%|38,79%|38,48%|38,48%|38,48%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 4055| 3163| 2457| 2201| 2155| 2155| 2155|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 12987| 13451| 13763| 13854| 13872| 13872| 13872|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 4992| 6158| 7061| 7410| 7477| 7477| 7477|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tc0 | tc1 | tc2 | tc3 | tc4 | tc5 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|397093|374732|368050|363525|363469|365445|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|31,57%|20,35%|16,34%|14,08%|12,86%|12,02%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|40,36%|37,33%|34,79%|34,60%|35,34%|32,64%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 2457| 1390| 1035| 846| 733| 683|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 13763| 13938| 14085| 14096| 14053| 14209|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 7061| 8219| 8633| 8866| 8992| 9079|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tc6 | tc7 | tc8 | tc9 | tc10 | tc11 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|360967|361406|366398|369447|368983|371607|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|10,84%|10,64%|10,30%|10,24%| 9,83%| 9,73%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|33,19%|32,85%|31,31%|31,10%|31,17%|30,34%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 605| 573| 541| 526| 506| 485|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14177| 14197| 14286| 14298| 14297| 14342|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9200| 9221| 9256| 9262| 9305| 9315|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tc12 | tc13 | tc14 | tc15 | tc16 | tc17 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|375951|376409|376726|373103|375382|387741|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 9,72%| 9,41%| 9,25%| 8,85%| 9,00%| 9,72%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|29,90%|32,29%|29,11%|28,83%|27,95%|29,13%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 486| 453| 461| 445| 449| 443|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14367| 14229| 14413| 14429| 14480| 14412|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9316| 9348| 9365| 9406| 9390| 9378|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tc18 | tc19 | tc20 | tc21 | tc22 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|384050|391905|423912|509733|804354|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|  5775|  5775|  5775|  5775|  5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|  8,76%|  9,22%|  9,01%|10,16%|13,36%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|29,00%|29,51%|24,97%|22,74%|26,22%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|   418|   450|   417|   475|   619|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14419| 14390| 14652| 14781| 14580|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  9415|  9368|  9389|  9271|  8940|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | td0  | td1  | td2  | td3  | td4  | td5  |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|378318|354387|343198|336585|335149|331308|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|  5775|  5775|  5775|  5775|  5775|  5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|27,54%|16,78%|12,71%|10,46%| 9,13%| 8,12%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|38,48%|34,94%|31,72%|30,22%|29,44%|27,41%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|  2155|  1153|   806|   627|   512|   455|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 13872| 14076| 14262| 14349| 14394| 14511|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  7477|  8587|  9007|  9240|  9377|  9481|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | td6 | td7 | td8 | td9 | td10 | td11 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|328502|324862|325196|342828|322841|321772|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 7,34%| 6,77%| 6,29%| 6,02%| 5,64%| 5,38%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|27,31%|25,71%|24,38%|24,03%|22,89%|22,34%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 396| 361| 329| 312| 292| 277|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14517| 14609| 14686| 14706| 14772| 14804|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9562| 9620| 9670| 9698| 9737| 9764|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | td12 | td13 | td14 | td15 | td16 | td17 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|320085|320152|319768|319568|315894|319618|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 5,08%| 4,83%| 4,61%| 4,49%| 4,33%| 4,18%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|21,52%|22,06%|21,23%|20,21%|19,53%|18,56%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 262| 241| 234| 222| 220| 210|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14851| 14820| 14868| 14927| 14966| 15022|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9795| 9521| 9843| 9856| 9872| 9888|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | td18 | td19 | td20 | td21 | td22 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|318900|317914|315259|323392|341094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 4,05%| 3,95%| 2,92%| 2,46%| 1,88%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|18,77%|18,23%|13,28%| 8,95%| 4,83%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 206| 202| 142| 123| 89|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 15010| 15041| 15327| 15577| 15815|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9901| 9911| 10018| 10065| 10125|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tf0 | tf1 | tf2 | tf3 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|427421|375618|361406|359185|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|17,00%|11,97%|10,64%|10,40%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|42,77%|35,05%|32,85%|31,45%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 883| 634| 573| 556|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 13624| 14070| 14197| 14278|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 8565| 9084| 9221| 9246|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tf4 | tf5 | tf6 | tf7 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|352321|352238|353156|353657|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 9,79%| 9,76%| 9,84%| 9,87%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|30,91%|31,01%|31,19%|31,13%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 533| 529| 539| 539|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14309| 14303| 14293| 14296|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9309| 9312| 9304| 9300|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | tg0 | tg1 | tg2 |
+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|326014|324862|324862|
+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+
|Num leitura| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+
|Num escrita| 5775| 5775| 5775|
+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 6,88%| 6,77%| 6,77%|
+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|25,92%|25,71%|25,71%|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2| 367| 361| 361|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 14603| 14609| 14609|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5| 9609| 9620| 9620|
+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7| 0| 0| 0|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | th0 | th1 | th2 | th3 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|476829|425544|402848|399224|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|  5775|  5775|  5775|  5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|22,56%|17,19%|15,16%|14,66%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|50,96%|41,75%|39,38%|40,00%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|  1228|   926|   816|   785|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 13151| 13683| 13820| 13784|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  7991|  8545|  8755|  8806|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | th4 | th5 | th6 | th7 |
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)|393630|392878|392060|393129|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10319| 10319| 10319| 10319|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|  5775|  5775|  5775|  5775|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.|14,17%|14,11%|14,12%|14,24%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|39,71%|39,81%|39,31%|39,41%|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 16094| 16094| 16094| 16094|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|   765|   764|   773|   783|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 13801| 13795| 13824| 13818|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  8857|  8863|  8862|  8850|
+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+
```





```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t17 | t18 | t19 | t20 | t21 | t22 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)| 58978| 68814| 78649| 88484| 49142|196688|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|    0|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 5,89%| 5,89%| 5,89%| 5,89%| 5,89%| 5,89%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.| 100%| 100%| 100%| 100%| 100%| 100%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|  589|  589|  589|  589|  589|  589|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  9411|  9411|  9411|  9411|  9411|  9411|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Teste-> | t70 | t71 | t72 | t73 | t74 | t75 |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Tempo (ms)| 49142| 49142| 49142| 49142| 46787| 46737|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num acesso| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num leitur| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num escrit|    0|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. leit.| 5,89%| 5,89%| 5,89%| 5,89%| 0,99%| 1,48%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Aus. escr.|  0%|  0%|  0%|  0%|  0%|  0%|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta1| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta2|  589|  589|  589|  589|   99|  148|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta4| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000| 10000|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta5|  9411|  9411|  9411|  9411|  9901|  9852|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|Num Delta7|    0|    0|    0|    0|    0|    0|
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Resultados com acessos sequenciais duplos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	171914	181740	186653	108066	171915	181739	176826
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	54045	51591	49971	47599	49148	47599	46777
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	295	197	99	589	99	98
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	9411	10000	9901
Num Delta5	9411	9705	9803	9901	9411	9901	9901
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	63882	68824	78659	88495	54045	204615
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9411	9411	9411	9411	9411	9411
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	54070	54070	54070	54070	47624	47557
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitur	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrit	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,90%	5,90%	5,90%	5,90%	1,00%	1,49%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	590	590	590	590	100	149
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9900	9851
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Resultados com acessos seqüenciais triplos.

(Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	170259	176811	180086	183361	170260	176810	173535
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0

(Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	52409	48117	48885	47315	52405	47315	47311
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	2,95%	1,97%	0,99%	5,89%	0,99%	0,99%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	295	197	99	587	99	97
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9410	9999	9900
Num Delta5	9410	9704	9802	9900	9410	9900	9900
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	62245	72080	81916	91751	52409	199955
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%	5,89%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	589	589	589	589	589	589
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9410	9410	9410	9410	9410	9410
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	52429	52429	52429	52429	47349	47193
Num acesso	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num leitura	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	5,91%	5,91%	5,91%	5,91%	1,01%	1,50%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta2	591	591	591	591	101	150
Num Delta4	9999	9999	9999	9999	9999	9999
Num Delta5	9408	9408	9408	9408	9898	9849
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Resultados com distribuição uniforme de acessos.

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4
Tempo (ms)	196734	206468	206792	206816	206538
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	97331	81503	80524	83333	90112	83333	81542
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,30%	9,18%	6,35%	3,82%	18,30%	3,82%	3,82%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	918	635	382	897	382	219
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	8170	10000	9618
Num Delta5	8170	9082	9365	9618	8170	9618	9618
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	127892	1156744	185518	214775	97331	1559536
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%	18,30%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	1830	1830	1830	1830	1830	1830
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	8170	8170	8170	8170	8170	8170
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Teste->	t30	t31	t32	t33
Tempo (ms)	1649395	1608898	1523728	1373211
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	193,04%	186,83%	173,82%	150,81%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9304	8683	7382	5081
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	6961	13171	26181	49191
Num Delta7	0	0	0	0



Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	235092	231769	226658	218893	211378	209107	208906
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	198,55%	196,86%	194,34%	190,59%	186,88%	185,71%	185,60%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9855	9686	9434	9059	8688	8571	8560
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	145	314	566	941	1312	1429	1440
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0

Teste->	t50	t51	t52	t53
Tempo (ms)	252630	226658	234992	234908
Num acesso	10000	10000	10000	10000
Num leitura	10000	10000	10000	10000
Num escrita	0	0	0	0
Aus. leit.	193,62%	194,34%	198,43%	198,42%
Aus. escr.	100%	100%	100%	100%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	9362	9434	9843	9842
Num Delta4	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	638	566	157	159
Num Delta7	0	0	0	0

Teste->	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	132000	132000	132000	133770	94520	97197
Num acesso	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num leituri	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num escriti	0	0	0	0	0	0
Aus. leit.	139,37%	139,37%	139,37%	140,09%	12,69%	116,56%
Aus. escr.	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Num Delta1	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta2	3937	3937	3937	4009	1269	1656
Num Delta4	10000	10000	10000	10000	10000	10000
Num Delta5	6063	6063	6063	5991	8731	8344
Num Delta7	0	0	0	0	0	0

Disco "rápido" de 68Megabytes

Resultados do "trace".

Teste->	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Tempo (ms)	366146	358225	321916	326205	375165	312733	336250
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775

Teste->	t10	t11	t12	t13	t14	t15	t16
Tempo (ms)	228613	235781	253032	284578	222814	284578	281138
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	13,09%	10,41%	9,60%	8,06%	13,09%	8,06%	8,06%
Aus. escr.	45,16%	37,56%	32,55%	26,94%	45,16%	26,94%	26,94%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	1351	1074	991	832	1159	832	757
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	8968	10319	9487
Num Delta5	8968	9245	9328	9487	8968	9487	9487
Num Delta7	3167	3606	3895	4219	2882	4219	3967

Teste->	t17	t18	t19	t20	t21	t22
Tempo (ms)	216973	236545	257252	277658	198954	538784
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitur	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrit	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%	13,09%
Aus. escr.	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%	45,16%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	686	687	670	677	684	688
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	8968	8968	8968	8968	8968	8968
Num Delta7	936	974	1035	844	843	844

Teste->	t30	t31	t32	t33
Tempo (ms)	266882	246474	237697	236742
Num acesso	16094	16094	16094	16094
Num leitur	10319	10319	10319	10319
Num escrit	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	16,87%	14,32%	13,23%	13,12%
Aus. escr.	49,56%	45,52%	45,42%	45,16%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	922	766	696	689
Num Delta4	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	8578	8841	8954	8965
Num Delta7	962	983	973	974

Teste->	t40	t41	t42	t43	t44	t45	t46
Tempo (ms)	1287985	269297	253623	247529	245993	245993	245993
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	63,05%	54,88%	48,03%	45,33%	44,71%	44,71%	44,71%
Aus. escr.	72,26%	67,71%	64,40%	63,50%	63,34%	63,34%	63,34%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	4799	4116	3499	3269	3218	3218	3218
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	3813	4656	5363	5641	5705	5705	5705
Num Delta7	651	742	794	805	806	806	806

Teste->	t50	t51	t52	t53	t54
Tempo (ms)	233049	253623	284695	296452	251
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094
Num leitura	10319	10319	10319	10319	10319
Num escrita	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	93,67%	48,03%	61,51%	65,36%	47,22%
Aus. escr.	61,77%	64,40%	73,26%	73,25%	63,81%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	2186	3499	4678	4961	3435
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	6845	5363	3972	3575	5449
Num Delta7	807	794	624	642	804

(Teste-)	t70	t71	t72	t73	t74	t75
Tempo (ms)	229224	229224	229224	229692	231379	229241
Num acessos	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leituras	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escritas	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	20,06%	20,06%	20,06%	20,18%	17,01%	17,35%
Aus. escr.	53,06%	53,06%	53,06%	53,65%	40,80%	42,77%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	2070	2070	2070	2082	1755	1790
Num Delta4	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num Delta5	8249	8249	8249	8237	8564	8529
Num Delta7	2711	2711	2711	2677	3419	3305

Teste ->	tb0	tb1	tb2	tb3	tb4	tb5	tb6
Tempo (ms)	253649	225477	204793	196808	195155	195155	195155
Num acesso	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num leituri	10319	10319	10319	10319	10319	10319	10319
Num escriti	5775	5775	5775	5775	5775	5775	5775
Aus. leit.	51,62%	40,32%	31,57%	28,19%	27,54%	27,54%	27,54%
Aus. escr.	53,80%	45,77%	40,36%	38,79%	38,48%	38,48%	38,48%
Num Delta1	16094	16094	16094	16094	16094	16094	16094
Num Delta2	4117	3225	2509	2242	2195	2195	2195
Num Delta4	12987	13451	13763	13854	13872	13872	13872
Num Delta5	4992	6158	7061	7410	7477	7477	7477
Num Delta7	0	0	0	0	0	0	0