

Benchmarks GCC_2 e IJPEGB_1 - Caches

Nomes:

- Murilo Costa Salem
- Kevin Ferreira da Silva

Uso do Simplescalar (sim-cache)

Tarefa 1 – Verificar o efeito da associatividade

Verifique o efeito da associatividade (direta, totalmente associativo e associativo por conjunto) mantendo os outros parâmetros de configuração (apresente um conjunto mínimo de resultados). Utilize apenas 1 nível de cache (L1) separadas em instruções e dados. Apresente os seus resultados em tabelas e gráficos.

Benchmark		GCC 2		
Instruções Executadas		264581935		
Instruções L/S Executadas		97581461		
Parâmetros	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Conjunto Associativo (4 way)	Totalmente Associativa
	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	1024	512	256	1
<bsize>	16	16	16	16
<assoc>	1	2	4	1024
<repl>	l*	l*	l*	l*
Misses	30348570	22806592	19241693	13039225
Miss rate	0.1147	0.0862	0.0727	0.0493
Parâmetros	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Conjunto Associativo (4 way)	Totalmente Associativa
	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	1024	512	256	1
<bsize>	16	16	16	16
<assoc>	1	2	4	1024
<repl>	l*	l*	l*	l*
Misses	3327751	2236408	1983148	1811668
Miss rate	0.0339	0.0228	0.0202	0.0184

* letra “L” minúscula

Benchmark		IJPEG 1		
Instruções Executadas		22715		
Instruções L/S Executadas		5529		
Parâmetros	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Conjunto Associativo (4 way)	Totalmente Associativa
	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	1024	512	256	1
<bsize>	16	16	16	16
<assoc>	1	2	4	1024
<repl>	l*	l*	l*	l*
Misses	1287	1126	1097	1071
Miss rate	0.1365	0.0496	0.0483	0.0471
Parâmetros	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Conjunto Associativo (4 way)	Totalmente Associativa
	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	1024	512	256	1
<bsize>	16	16	16	16

<i><assoc></i>	1	2	4	1024
<i><repl></i>	l*	l*	l*	l*
Misses	1042	1017	1010	1010
Miss rate	0.1365	0.1333	0.1323	0.1323

* letra “L” minúscula

Explique os seus resultados e responda as seguintes perguntas:

- Qual das políticas de mapeamento que apresenta o melhor resultado ? Por que ? Isto está de acordo com a teoria vista em aula ?

R. A política de mapeamento que apresenta o melhor resultado (menor miss rate) para ambos os benchmarks e ambas as caches (instruções e dados) é a Totalmente Associativa. Isso ocorre porque na cache totalmente associativa qualquer bloco pode ir para qualquer linha, reduzindo conflitos. Sim, os resultados estão de acordo com a teoria. A teoria de hierarquia de memória indica que:

O Mapeamento Direto é o mais rápido e simples, mas tem a maior taxa de conflitos e, consequentemente, a maior taxa de misses.

O Mapeamento por Conjunto Associativo oferece um equilíbrio, reduzindo significativamente os misses de conflito em comparação com o mapeamento direto.

O Mapeamento Totalmente Associativo tem a menor taxa de misses de conflito, pois oferece a maior flexibilidade de alocação, mas é o mais complexo e mais lento para ser implementado, devido à necessidade de pesquisar todas as linhas da cache simultaneamente.

- Sendo que as caches de dados e instruções estão separadas, qual a melhor combinação (menor taxa de misses) entre cache de instruções e de dados considerando-se qualquer possibilidade de configuração para ambas ?

R.

GCC_2:

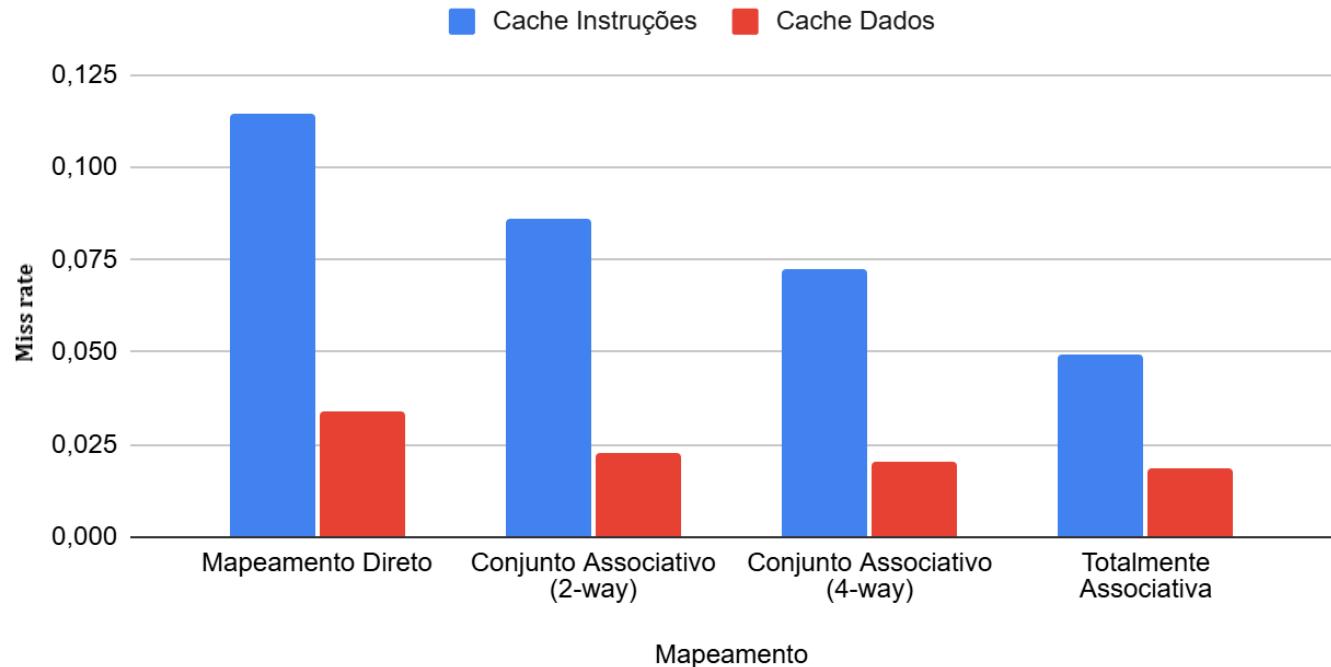
- Cache Instruções (Totalmente Associativa): *Miss Rate* de 0,0493.
- Cache Dados (Totalmente Associativa): *Miss Rate* de 0,0184.

IJPEG_1:

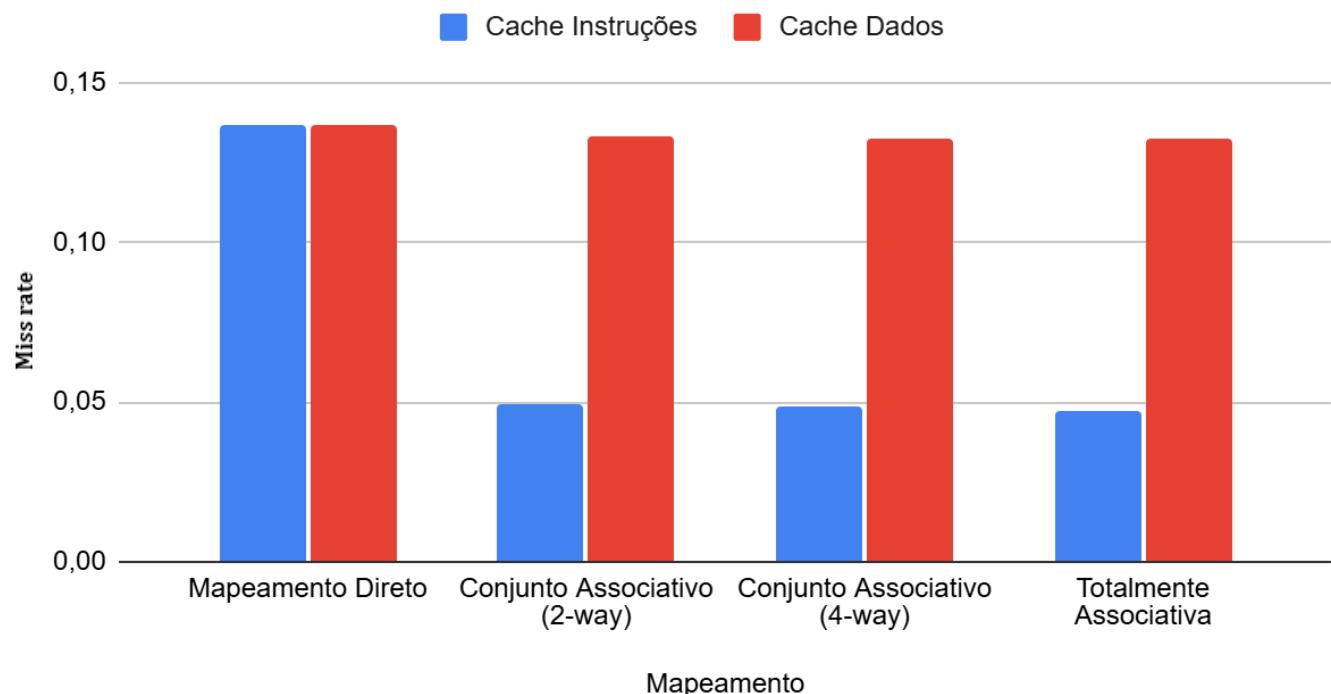
- Cache Instruções (Totalmente Associativa): *Miss Rate* de 0,0471.
- Cache Dados (Totalmente Associativa): *Miss Rate* de 0,1323.

A combinação de caches totalmente associativas resulta no *miss rate* mais baixo para cada cache individual, garantindo o melhor desempenho geral em termos de perdas.

Taxa de Misses por Associatividade (Benchmark GCC_2)



Taxa de Misses por Associatividade (Benchmark IJPEG_1)



Tarefa 2 – Verificar o efeito da política de substituição

Verifique o efeito da política de substituição (LRU, FIFO, RANDOM) utilizando mapeamento totalmente associativo e mantendo os outros parâmetros de configuração. Utilize apenas 1 nível de cache (L1) separadas em instruções e dados. Apresente os seus resultados em tabelas e gráficos.

Benchmark	GCC 2
Instruções Executadas	264581935
Instruções L/S Executadas	97581461

Parâmetros	Totalmente Associativa + LRU	Totalmente Associativa + FIFO	Totalmente Associativa + RANDOM
	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	1	1	1
<bsize>	16	16	16
<assoc>	1024	1024	1024
<repl>	1	F	R
Misses	13039225	14773512	15362328
Replacement	13038201	14772488	15361304
Miss rate	0.0493	0.0558	0.0581
Parâmetros	Totalmente Associativa + LRU	Totalmente Associativa + FIFO	Totalmente Associativa + RANDOM
	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	1	1	1
<bsize>	16	16	16
<assoc>	1024	1024	1024
<repl>	1	f	r
Misses	1811668	2163127	2224425
Replacement	1810644	2162103	2223401
Miss rate	0.0184	0.0220	0.0226

* letra "L" minúscula

Benchmark	IJPEG 1
Instruções Executadas	22715
Instruções L/S Executadas	5529

Parâmetros	Totalmente Associativa + LRU	Totalmente Associativa + FIFO	Totalmente Associativa + RANDOM
	Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	1	1	1
<bsize>	16	16	16
<assoc>	1024	1024	1024
<repl>	1	F	R
Misses	1071	1071	1221
Replacement	47	47	514
Miss rate	0.0471	0.0471	0.0538
Parâmetros	Totalmente Associativa + LRU	Totalmente Associativa + FIFO	Totalmente Associativa + RANDOM
	Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	1	1	1
<bsize>	16	16	16
<assoc>	1024	1024	1024
<repl>	1	f	r
Misses	1010	1010	1053
Replacement	0	0	388
Miss rate	0.1323	0.1323	0.1380

* letra "L" minúscula

Explique os seus resultados.

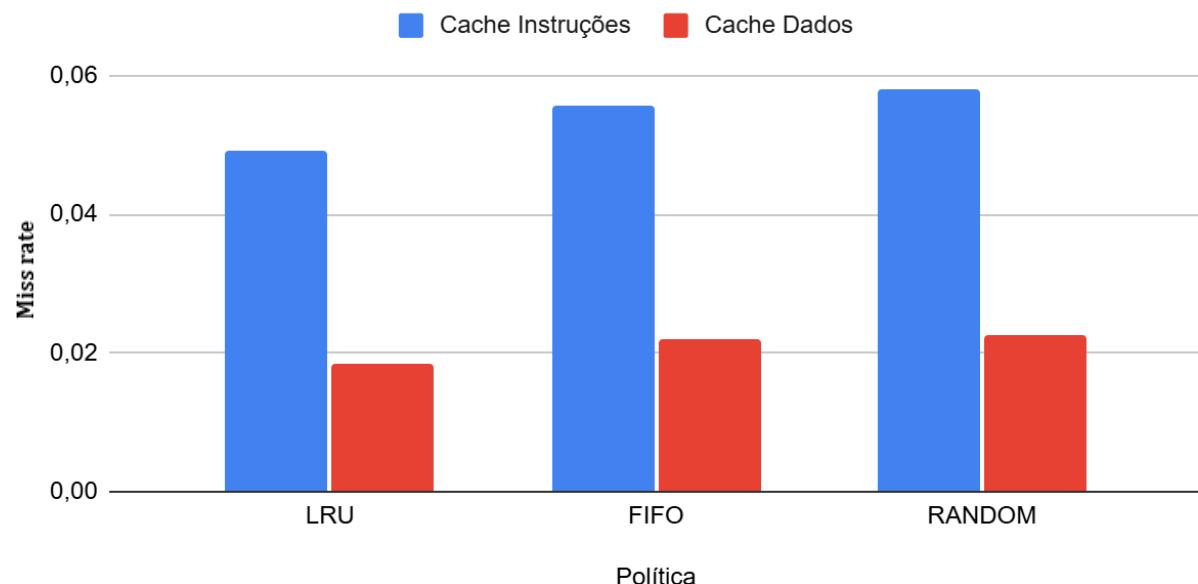
- Qual das políticas de substituição que apresenta o melhor resultado ? Os resultados são esperados ?

R.

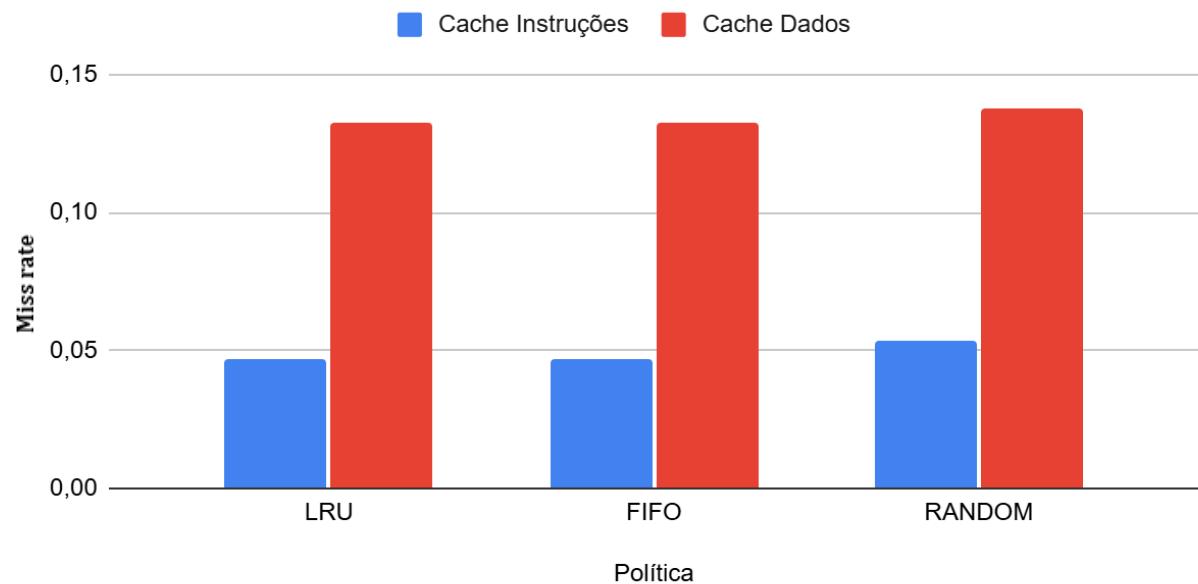
A política de substituição que apresenta o melhor resultado (menor *miss rate*) é a LRU. Os resultados são esperados: Sim.

LRU é considerada a política ideal na prática porque tenta explorar o princípio da localidade temporal. Ela descarta o bloco que não foi usado há mais tempo, assumindo que este bloco é o menos provável de ser acessado no futuro próximo, o que geralmente resulta nas menores taxas de misses.

Taxa de Misses por Política de Substituição (Benchmark GCC_2)



Taxa de Misses por Política de Substituição (Benchmark IJPEG_1)



Tarefa 3 – Verificar o efeito do tamanho de bloco

Verifique o efeito do tamanho do bloco mantendo o mesmo tamanho de cache e os outros parâmetros de configuração para mapeamento direto e conjunto associativo (2-way). Utilize apenas 1 nível de cache (L1) separadas em instruções e dados. Apresente os seus resultados em tabelas e gráficos. Explique os seus resultados.

Benchmark		GCC 2			
Instruções Executadas		264581935			
Instruções L/S Executadas		97581461			
Parâmetros	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 8 bytes		Mapeamento Direto Tam. Bloco = 16 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 32 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Instruções		Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	2048	1024	512	256	
<bsize>	8	16	32	64	
<assoc>	1	1	1	1	
<repl>	1	1	1	1	
Misses	52036062	30348570	19489526	13283212	
Miss rate	0.1967	0.1147	0.0737	0.0502	
Parâmetros	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 8 bytes		Mapeamento Direto Tam. Bloco = 16 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 32 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Dados		Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	2048	1024	512	256	
<bsize>	8	16	32	64	
<assoc>	1	1	1	1	
<repl>	1	1	1	1	
Misses	4224680	3327751	2941734	3044040	
Miss rate	0.0430	0.0339	0.0299	0.0310	

* letra “L” minúscula

Benchmark		GCC 2			
Instruções Executadas		264581935			
Instruções L/S Executadas		97581461			
Parâmetros	Associativo 2-way Tam. Bloco = 8 bytes		Associativo 2-way Tam. Bloco = 16 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 32 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Instruções		Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	1024	512	256	128	
<bsize>	8	16	32	64	
<assoc>	2	2	2	2	
<repl>	1	1	1	1	
Misses	38530408	22806592	15106647	10845070	
Miss rate	0.1456	0.0862	0.0571	0.0410	
Parâmetros	Associativo 2-way Tam. Bloco = 8 bytes		Associativo 2-way Tam. Bloco = 16 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 32 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Dados		Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados
<nsets>	1024	512	256	128	
<bsize>	8	16	32	64	
<assoc>	2	2	2	2	
<repl>	1	1	1	1	
Misses	3095074	2236408	1814324	1696272	
Miss rate	0.0315	0.0228	0.0185	0.0173	

* letra “L” minúscula

Agora Benchmark do IJPEGL:

Benchmark		IJPEG 1			
Instruções Executadas		22715			
Instruções L/S Executadas		5529			
Parâmetros	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 8 bytes		Mapeamento Direto Tam. Bloco = 16 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 32 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Instruções		Cache Instruções	Cache Instruções	Cache Instruções
<nsets>	2048	1024	512	256	
<bsize>	8	16	32	64	
<assoc>	1	1	1	1	
<repl>	1	1	1	1	
Misses	2339	1287	757	461	
Miss rate	0.1030	0.0567	0.0333	0.0203	
Parâmetros	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 8 bytes		Mapeamento Direto Tam. Bloco = 16 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 32 bytes	Mapeamento Direto Tam. Bloco = 64 bytes
	Cache Dados		Cache Dados	Cache Dados	Cache Dados

$<nsets>$	2048	1024	512	256
$<bsize>$	8	16	32	64
$<assoc>$	1	1	1	1
$<repl>$	1	1	1	1
Misses	2015	1042	545	288
Miss rate	0.2640	0.1365	0.0714	0.0377

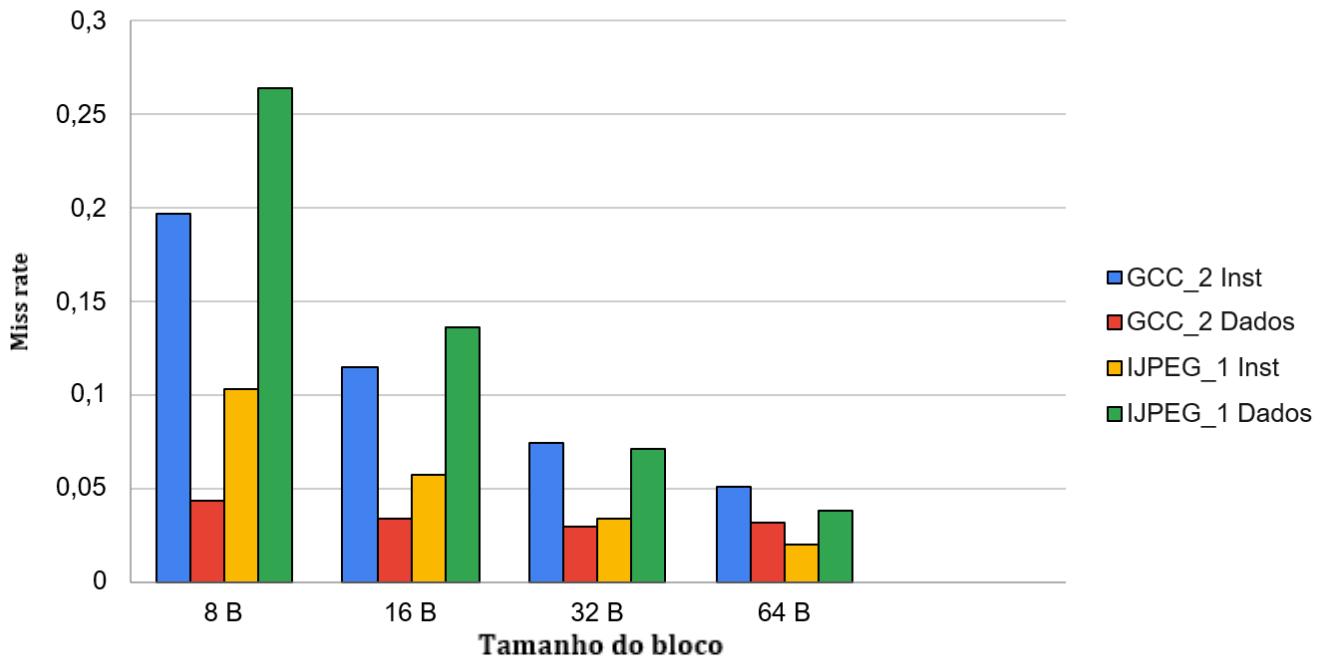
* letra “L” minúscula

Benchmark	IJPEG 1
Instruções Executadas	22715
Instruções L/S Executadas	5529

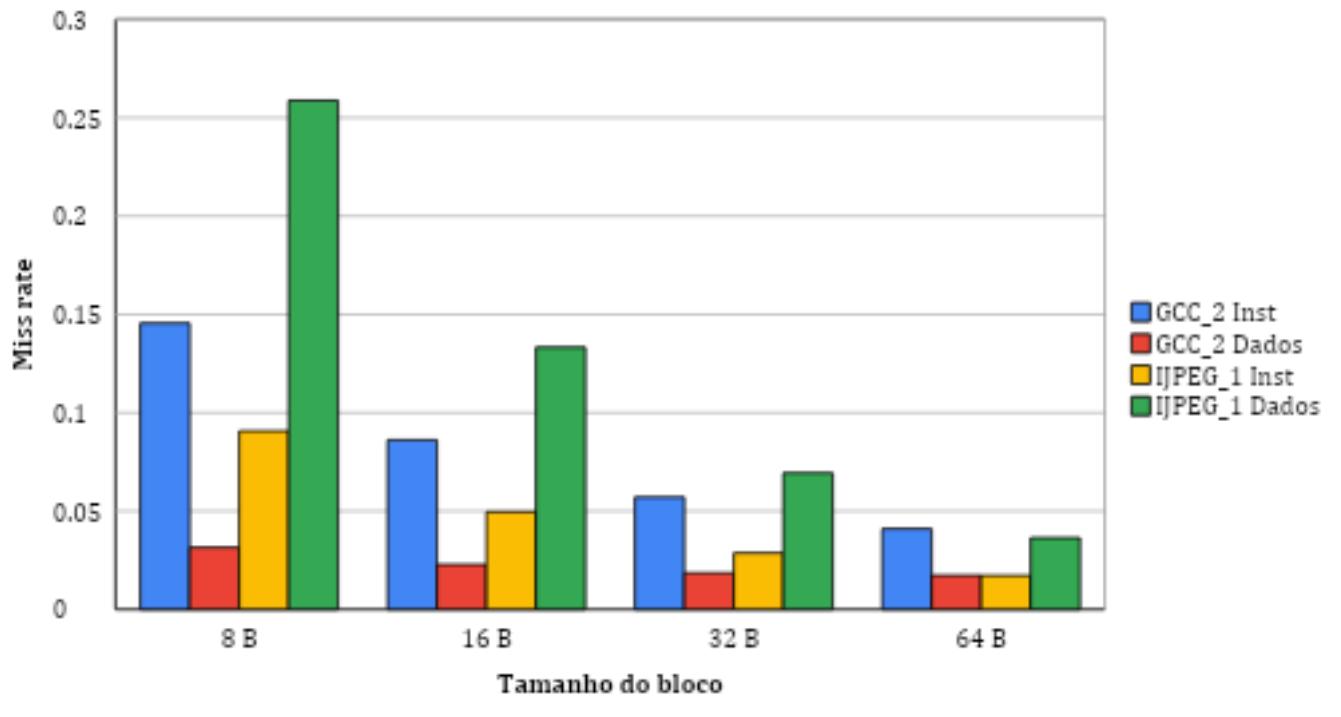
Parâmetros	Associativo 2-way Tam. Bloco = 8 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 16 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 32 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 64 bytes
	<i>Cache Instruções</i>		<i>Cache Instruções</i>	
	$<nsets>$	1024	512	256
$<bsize>$	8	16	32	64
$<assoc>$	2	2	2	2
$<repl>$	1	1	1	1
Misses	2061	1126	653	390
Miss rate	0.0907	0.0496	0.0287	0.0172
Parâmetros	Associativo 2-way Tam. Bloco = 8 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 16 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 32 bytes	Associativo 2-way Tam. Bloco = 64 bytes
	<i>Cache Dados</i>		<i>Cache Dados</i>	
	$<nsets>$	1024	512	256
$<bsize>$	8	16	32	64
$<assoc>$	2	2	2	2
$<repl>$	1	1	1	1
Misses	1975	1017	530	278
Miss rate	0.2588	0.1333	0.0694	0.0364

* letra “L” minúscula

Taxa de Misses por Tamanho de Bloco (Mapeamento Direto)



Taxa de Misses por Tamanho de Bloco (Conjunto Associativo 2-way)



O aumento do tamanho do bloco (mantendo o tamanho total da cache) reduziu a taxa de misses. Por causa de dois fatores:

1. Melhor Exploração da Localidade Espacial: Aumentar o tamanho do bloco significa que mais dados vizinhos são trazidos da memória principal em uma única transferência. Como as referências a instruções e dados frequentemente exibem localidade espacial, isso aumenta a probabilidade de um acesso futuro ser um hit.
2. Redução de Misses Compulsórios: Cada *miss* compulsório (o primeiro acesso a um bloco) agora preenche mais dados úteis.

Tarefa 4 – Verificar o uso de caches unificadas e separadas

Verifique o efeito do uso de caches unificadas em L1 e compare com resultados de caches de dados e instruções mantendo se possível o maior número de parâmetros sem alteração (apresente um conjunto mínimo de resultados). Apresente os seus resultados em tabelas e gráficos. Explique os seus resultados.

Benchmark		GCC 2		
Instruções Executadas		264581935		
Instruções L/S Executadas		97581461		
Parâmetros	Cache L1 splitted		Cache L1 Unified	
	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)
Cache Instruções		Cache Instruções		
<nsets>				
<bsize>	16	16	16	16
<assoc>	1	2	1	2
<repl>	l*	l*	l*	l*
Misses	30348570	22806592	30348570	22806592
Miss rate	0.1147	0.0862	0.1147	0.0862
Parâmetros	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)		

	<i>Cache Dados</i>	<i>Cache Dados</i>		
<nsets>				
<bsize>	16	16		
<assoc>	1	2		
<repl>	l*	l*		
Misses	3327751	2236408		
Miss rate	0.0339	0.0228		

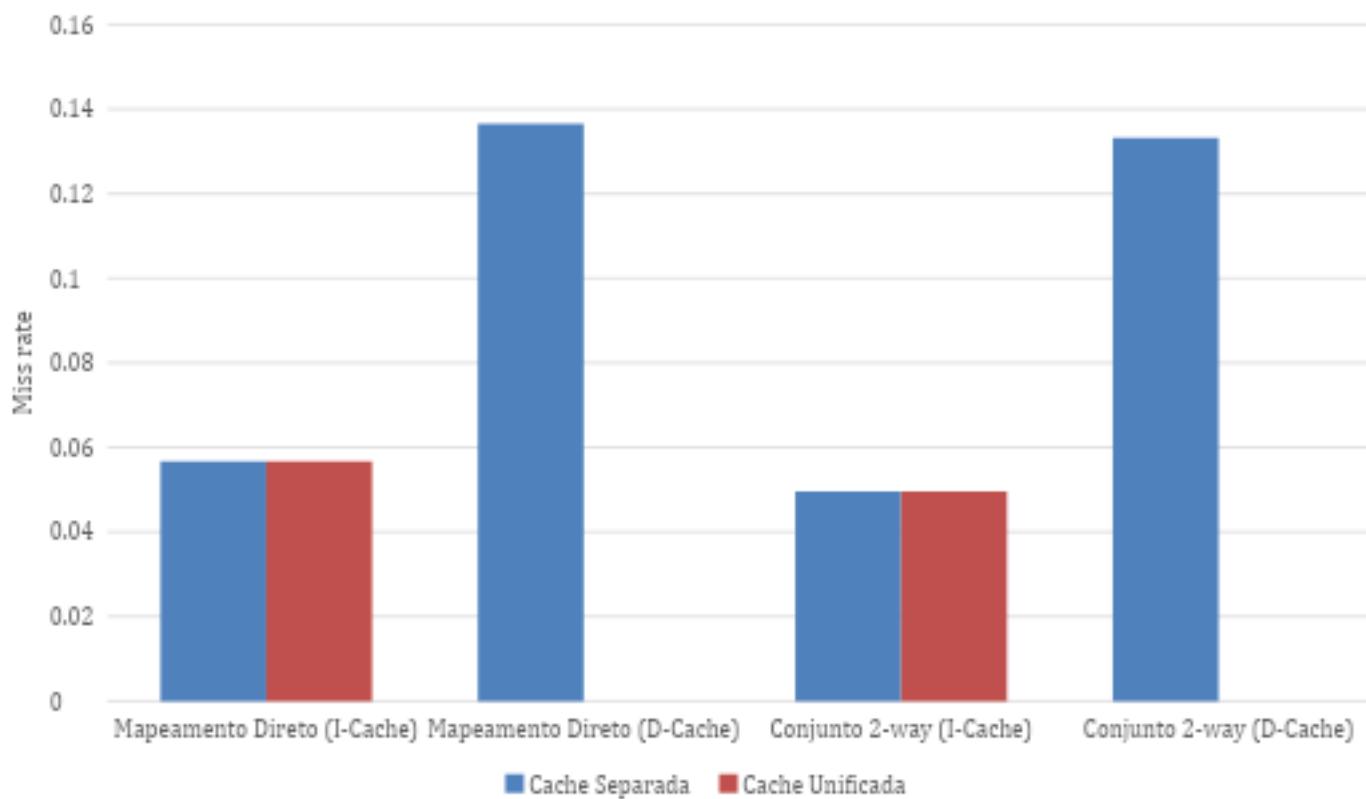
* letra “L” minúscula

Benchmark	IJPEG 1
Instruções Executadas	22715
Instruções L/S Executadas	5529

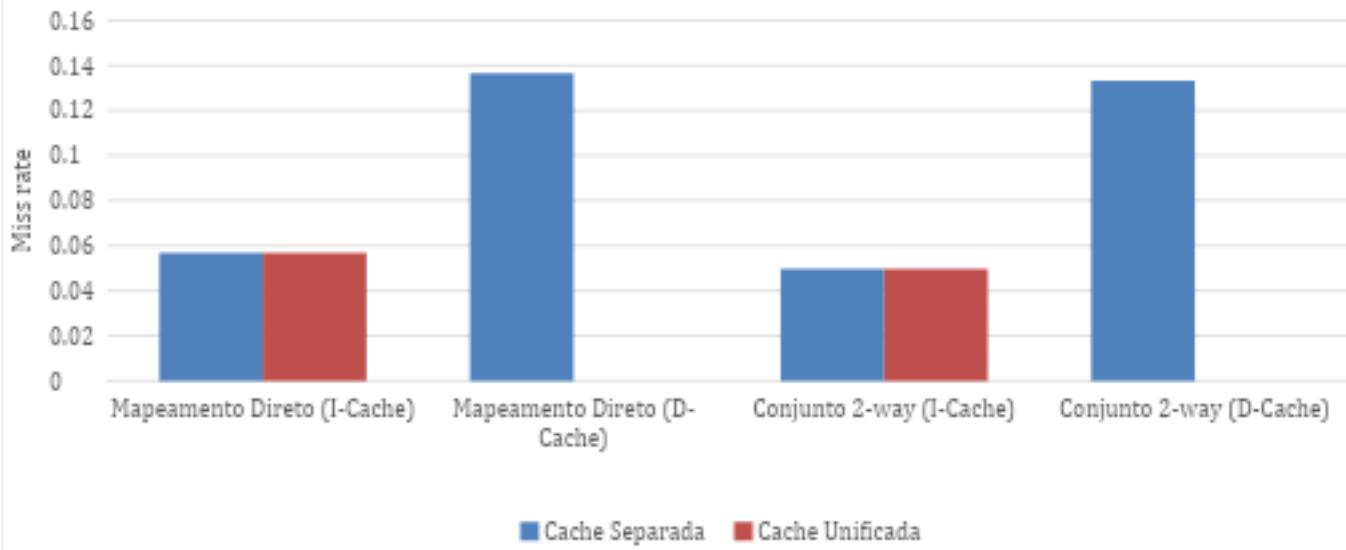
Parâmetros	Cache L1 splitted		Cache L1 Unified	
	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)	Mapeamento Direto	Conjunto Associativo (2 way)
	<i>Cache Instruções</i>	<i>Cache Instruções</i>	<i>Cache Instruções</i>	<i>Cache Instruções</i>
<nsets>				
<bsize>	16	16	16	16
<assoc>	1	2	1	2
<repl>	l*	l*	l*	l*
Misses	1287	1126	1287	1126
Miss rate	0.0567	0.0496	0.0567	0.0496
Parâmetros	Mapeamento Direto			
	Conjunto Associativo (2 way)			
	<i>Cache Dados</i>	<i>Cache Dados</i>		
<nsets>				
<bsize>	16	16		
<assoc>	1	2		
<repl>	l*	l*		
Misses	1042	1017		
Miss rate	0.1365	0.1333		

* letra “L” minúscula

Comparação Cache Separada vs. Unificada (GCC_2)



Comparação Cache Separada vs. Unificada (JPEG_1)



Em geral, em L1, as Caches Separadas tendem a ser a melhor opção devido à sua capacidade de permitir acesso paralelo e evitar a competição por espaço, resultando em uma menor miss rate combinado e maior velocidade de acesso, apesar de a cache unificada poder teoricamente ter uma taxa de misses ligeiramente menor para o mesmo tamanho total (devido à alocação dinâmica), mas com a desvantagem da serialização dos acessos.