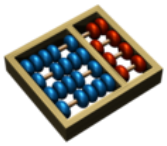
Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Computação
Arquitetura de Computadores II – MO601
Prof. Rodolfo Jardim de Azevedo



Projeto 3

Experimentar ferramentas e coletar dados

Rubens de Castro Pereira

RA 217146

Campinas – SP

Maio de 2023

Índice

1 Introdução

Esse trabalho tem o propósito de utilizar algumas ferramentas de avaliação de arquitetura de computadores com a coleta de dados da execução de *benchmarks* e programas que exploram aspectos como tempo de processamento, número de instruções executadas e uso de memória RAM e cache. As ferramentas utilizadas foram SPEC CPU 2017, simulador multi-core Sniper, Perf profiler, Parsec benchmark, Rodinia benchmark, Intel Pin e Dinero cache simulator.

Os resultados obtidos na execução das ferramentas estão organizados no repositório Github por meio do link https://github.com/rubenscp/RCP-MO601-Project-03.

A Seção 2 apresenta o ambiente de experimentação, a Seção 3 detalhada a execução e resultados alcançados em cada ferramenta, a Seção 4 descreve considerações sobre o aprendizado neste projeto e a Seção 5 apresentas as conclusões do trabalho.

2 Ambiente de Experimentação

O computador utilizado nesse trabalho será denominado como “Laptop Rubens” e o sistema operacional base é o Windows 10 Pro 22H2, contudo para a execução de todas as ferramentas foi utilizado o *Windows Subsystem for Linux* (WSL).

Os detalhes da configuração do Laptop Rubens são descritos a seguir:

- Notebook HP Pavilion dm4
- Memória RAM: 16 Gbytes
- SSD: 1 TBytes
- Sistema Operacional utilizado no Windows Subsystem for Linux:
    - Ubuntu 22.04.2 LTS (GNU/Linux 5.15.90.1-microsoft-standard-WSL2 x86_64)
- CPU:
    - Model name: Intel(R) Core(TM) i7-2620M CPU @ 2.70GHz
    - Architecture: x86_64
    - CPU op-mode(s): 32-bit, 64-bit
    - Address sizes: 36 bits physical, 48 bits virtual
    - Byte Order: Little Endian
    - CPU(s): 4
    - Vendor ID: GenuineIntel
    - CPU family: 6
    - Thread(s) per core: 2

- Core(s) per socket: 2
- L1d cache: 64 KiB (2 instances)
- L1i cache: 64 KiB (2 instances)
- L2 cache: 512 KiB (2 instances)
- L3 cache: 4 MiB (1 instance)

3 Ferramentas experimentadas

As ferramentas utilizadas para avaliações em arquitetura de computadores foram definidas previamente na especificação do projeto cujos detalhes de cada execução são apresentados nas próximas subseções.

3.1 SPEC CPU 2017 benchmark *

O SPEC CPU 2017 é um pacote de benchmark que contém a próxima geração de SPECs (*Standard Performance Evaluation Corporation*), pacotes de processamento intensivo de CPU para medição e comparação de desempenho computacional, sobrecarregando o processador do sistema, memória e compilador. Esta ferramenta oferece 4 suites para benchmark considerando velocidade (*speed*) e throughput (*rate*) para números inteiros e em ponto flutuante: intspeed, fpspeed, intrate e fprate.

A Tabela 1 apresenta o resumo da experimentação do SPEC CPU 2017 no Laptop Rubens indicando os parâmetros da execução, a duração da execução e a métrica final de execução produzida pela ferramenta. Os resultados detalhados desse experimento podem ser consultados na seção SPEC CPPU 2017 do repositório Github.

Resultados da execução do SPEC CPU 2017						
Suíte	**Cópias**	**Threads**	**Nº Iterações**	**Qtde de Benchmarks**	**Tempo de execução**	**Métrica Final (base)**
intspeed	4	4	3	9	17993 s - 4,99 hs	**3,42**
intspeed	8	8	3	10	18438 s – 5,12 hs	**3,35**
intspeed	16	16	3	10	32523 s - 9,03 hs	**1,96**
intrate	4	4	3	10	38073 s - 10,57 hs	**5,32**
intrate	8	8	3	9	65121 s – 18,08 hs	**5,03**

fpspeed	4	4	3	9	79708 s - 22,14 hs	**3,11**
fpspeed	4	8	3	9	????????????	**??????**
fprate	4	4	3	13	58396 s - 16,22 hs	**6,25**
fprate	8	1	3	14	124885 s - 34,69 hs	**5,82**
				Duração total das execuções	~~435137 s – 120,87 hs~~	

Tabela 1. Suites executadas na ferramenta SPEC CPU 2017 com seus parâmetros da execução, o tempo de execução e a métrica final da execução.

A Tabela 2 apresenta a comparação das métricas produzidas no Laptop Rubens e de outros computadores selecionados a partir da lista de resultados disponíveis no site oficial da ferramenta SPEC CPU 2017 (https://www.spec.org/cpu2017/results/cpu2017.html). Os computadores selecionados são aqueles que mais se aproximam das características do computador Laptop Rubens a fim de que as comparações possam ser equilibradas e justas. Destaca-se que as métricas finais de Laptop Rubens foram obtidas em execuções sem exclusiva do computador, isto é, diversas outras tarefas não relacionadas aos benchmarks eram executadas simultaneamente.

Suite	**Threads**	**Métrica obtida do Laptop Rubens**	**Outros computadores**	**Métrica**
intspeed	4	int_base: 3,42	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i3-8100)	int_base: 7,58
intspeed	8	Int_base: 3,35	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	int_base: 10,6
intspeed	16	int_base: 1,96	Não localizado computador equivalente com thread = 16	---
intrate	4	int_base: 5,32	ASUS Z170M-PLUS Motherboard (Intel Core i7-6700K)	int_base: 23,5
intrate	8	int_base: 5,03	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	int_base: 44,8
fpspeed	4	fp_base: 3,11	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	fp_base: 32,2
fpspeed	8	fp_base: ???	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	fp_base: 32,2

fprate	4	fp_base: 6,25	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	fp_base: 42,6
fprate	8	fp_base: 5,82	SuperWorkstation 5039C-T (X11SCA , Intel Core i7-9700K)	fp_base: 42,6

Tabela 2. Comparação das métricas dos benchmarks executados no laptop Rubens e outros computadores.

A Tabela 3 apresenta os comandos com os parâmetros utilizados na execução de cada uma das suítes.

Suite	Comando para execução do SPEC CPU 2017
intspeed	runcpu --config=rubens-try1 --noreportable --iterations=3 600.perlbench_s 602.gcc_s 605.mcf_s 620.omnetpp_s 623.xalancbmk_s 625.x264_s 631.deepsjeng_s 641.leela_s 648.exchange2_s 998.specrand_is
intrate	runcpu --config=rubens-try1 --reportable --iterations=3 intrate
fpspeed	runcpu --config=rubens-try1 --noreportable --iterations=3 603.bwaves_s 607.cactuBSSN_s 619.lbm_s 621.wrf_s 628.pop2_s 638.imagick_s 644.nab_s 649.fotonik3d_s 654.roms_s 996.specrand_fs
fprate	runcpu --config=rubens-try1 --reportable --iterations=3 fprate

Tabela 3. Comandos SPEC CPU 2017 executados para as suites intspeed, intrate, fpspeed e fprate.

3.2 Simulador multi-core Sniper *

Sniper é uma ferramenta de simulação de código voltada para a modelagem e análise do desempenho de sistemas multi-core explorando o comportamento do sistema para sua otimização.

A Tabela 4 apresenta os comandos utilizados na execução dos programas de teste que acompanham a ferramenta Sniper e o resultado da execução.

Os resultados detalhados desse experimento podem ser consultados na seção Sniper do repositório Github.

Comando para execução do programa	Resultado da execução do programa	Arquivo com o resultado da execução
make run > sniper-result-api.txt	sucesso	sniper-result-api.txt
make run > sniper-result-dvfs.txt	sucesso	sniper-result-dvfs.txt
make run > sniper-result-fft.txt	sucesso	sniper-result-fft.txt
make run > sniper-result-fft-dvfs.txt	sucesso	sniper-result-fft-dvfs.txt
make run > sniper-result-fft-hetero.txt	sucesso	sniper-result-fft-hetero.txt
make run > sniper-result-fft-hetero-cfg.txt	erro	sniper-result-fft-hetero-cfg.txt
make run > sniper-result-fft-marker.txt	erro	sniper-result-fft-marker.txt
make run > sniper-result-fork.txt	sucesso	sniper-result-fork.txt
make run > sniper-result-shared.txt	sem programa fonte	sniper-result-shared.txt
make run > sniper-result-signal.txt	erro	sniper-result-signal.txt
make run > sniper-result-smc.txt	erro	sniper-result-smc.txt
make run > sniper-result-sniper-in-sniper.txt	erro	sniper-result-sniper-in-sniper.txt
make run > sniper-result-spinloop.txt	sucesso	sniper-result-spinloop.txt
make run > sniper-result-true.txt	sucesso	sniper-result-true.txt
Programas adicionais		
../../run-sniper ./RADIX > sniper-result-radix.txt	sucesso	sniper-result-RADIX.txt
../../run-sniper ./CHOLESKY tk14.0 > sniper-result-CHOLESKY-tk14.O.txt	Sucesso	sniper-result-CHOLESKY-tk14.O.txt

../../run-sniper ./CHOLESKY d750.O > sniper-result-CHOLESKY-d750.O.txt	Sucesso	sniper-result-CHOLESKY-d750.O.txt

Tabela 4. Comandos Sniper executados nos benchmarks.

A Tabela 5 indica os programas selecionados com os tempos de execução nativo e pelo simulador Sniper e o cálculo do slowdown de simulação. A Tabela 6 apresenta outras métricas produzidas pelo Sniper.

Programas selecionados	**Número de instruções executadas**	**Tempo de execução no simulador Sniper "Total Time" (TSni)**	**Tempo de execução nativo "Total Time" (TNat)**	**Slowdown de simulação (TSni / TNat)**
radix	46,6M	2430	2585	**0,940**
cholesky tk14.0	44,3M	2906	31135	**0,093**
cholesky d750.o	309,8M	42077	158097	**0,266**
fft	1,6M	249	276	**0,902**

Tabela 5. Cálculo de slowdown para programas selecionados.

Programas	**Número de Instruções Executadas (Milhão)**	**Instruções por Ciclo (IPC)**	**Ciclos (Milhão)**	**Tempo total com inicialização**	**Tempo decorrido (s)**		**Leaving ROI Time (s)**	**Velocidade da Simulação (KIPS)**
radix	46,6M	0,45	104,4M	39118	267,41		267,37	174,5
cholesky tk14.O	44,3M	2,30	19,3M	7085	704,18		704,33	62,9
cholesky d750.O	309,8M	1,84	167,9M	62965	4628,97		4632,49	66,9
fft	1,6M	1,45	1,1M	370	36,19		2,92	404,9

Tabela 6. Outras métricas de desempenho coletadas pelo Sniper.

3.3 Perf profiler *

Perf profiler é uma ferramenta Linux que coleta e analisa dados de desempenho de programas ou do sistema operacional.

A Tabela 7 apresenta os comandos com os parâmetros utilizados na execução de cada um dos programas.

Comando para execução do programa Perf	**Arquivo com o resultado da execução**
perf stat ./api > results/perf-result-api.txt	perf-result-api.txt
perf stat ./dvfs > results/perf-result-dvfs.txt	perf-result-dvfs.txt
perf stat ./fft > results/perf-result-fft.txt	perf-result-fft.txt
perf stat ./fork > results/perf-result-fork.txt	perf-result-fork.txt
perf stat ./signal > results/perf-result-signal.txt	perf-result-signal.txt
perf stat ./smc > results/perf-result-smc.txt	perf-result-smc.txt
perf stat ./spinloop > results/perf-result-spinloop.txt	perf-result-spinloop.txt
perf stat ./true > results/perf-result-true.txt	perf-result-true.txt
perf stat ./RADIX > results/perf-result-RADIX.txt	perf-result-RADIX.txt
perf stat ./CHOLESKY tk14.O > results/perf-result-CHOLESKY-tk14.O.txt	perf-result-CHOLESKY-tk14.O.txt
perf stat ./CHOLESKY d750.O > results/perf-result-CHOLESKY-d750.O.txt	perf-result-CHOLESKY-d750.O.txt

Tabela 7. Comandos Perf profiler executados nos programas.

A Tabela 8 apresenta as mesmas métricas coletadas de forma nativa pelo Perf aplicados aos programas RADIX, CHOLESKY e FFT, sendo as mesmas métricas coletadas pelo Sniper.

Programas	Número de Instruções Executadas	Instruções por Ciclo (IPC)	Ciclos	Tempo total com inicialização	Tempo decorrido (s)
radix	49058550 ~ 49M	0,42	118135743 ~ 118M	231299	0,244433302
cholesky tk14.O	47273748 ~ 47M	1,09	43349489 ~ 43,5M	56411	0,085269899
cholesky d750.O	318793875 ~ 318M	1,27	250775918 ~ 250M	179758	0,209806402
fft	2793932 ~ 2,8M	0,66	4238960 ~ 4,2M	6133	0,021505200

Tabela 8. Métricas coletadas pelo Perf.

A comparação entre as métricas produzidas pelo Sniper e Perf, observou-se o seguinte:

- para a métrica “número de instruções executadas”, Perf apresentou valores maiores em todos os programas;
- para as métricas “instruções por ciclo (IPC)” e “ciclo”, Perf apresentou valores menores do que Sniper em todos os programas;
- para a métrica “tempo total com inicialização”, Perf apontou apresentou maiores do que Sniper em todos os programas;
- para a métrica “tempo decorrido”, Perf apresentou valores menores do que Sniper em todos os programas.

Dessa forma, as diferenças nos valores das métricas entre Perf e Sniper ocorrem devido ao Perf coletar dados de uma execução nativa do programa e Sniper coletar dados de uma execução simulada do programa.

3.4 PARSEC Benchmark Suite 3.0 *

O PARSEC (*Princeton Application Repository for Shared-Memory Computers*) é um conjunto de benchmark composto por programas *multithread* com o propósito de possibilitar estudos de desempenho em computadores com múltiplos processadores.

A Tabela 9 apresenta a compilação dos pacotes de benchmark oferecidos no PARSEC com o resultado indicando sucesso ou os erros apresentados no processo de compilação (build).

Pacote	Comando para compilação	Resultado
blackscholes	parsecmgmt -a build -p blackscholes	Compilou com sucesso.
bodytrack	parsecmgmt -a build -p bodytrack	Compilou com sucesso.
facesim	parsecmgmt -a build -p facesim	make[2]: *** [/usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/facesim/obj/amd64-linux.gcc/Public_Library/Makefile.common:407: obj/Collisions_And_Interactions/COLLISION_BODY_LIST_3D.o] Error 1 make[2]: Leaving directory '/usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/facesim/obj/amd64-linux.gcc/Public_Library' make[1]: *** No rule to make target '/usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/facesim/obj/amd64-linux.gcc/lib/libPhysBAM.a', needed by 'facesim'. Stop. make[1]: Leaving directory '/usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/facesim/obj/amd64-linux.gcc/Benchmarks/facesim' make: *** [Makefile:16: all] Error 2 [PARSEC] Error: 'env version=pthreads PHYSBAM=/usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/facesim/obj/amd64-linux.gcc CXXFLAGS=-O3 -g -funroll-loops -fprefetch-loop-arrays -fpermissive -fno-exceptions -std=c++11 -static-libgcc -Wl,--hash-style=both,--as-needed -DPARSEC_VERSION=3.0-beta-20150206 -fexceptions /usr/bin/make' failed.
ferret	parsecmgmt -a build -p ferret	make: *** [Makefile:108: /usr/local/parsec-3.0/pkgs/apps/ferret/obj/amd64-linux.gcc/parsec/obj/LSH_query.o] Error 1 [PARSEC] Error: 'env version=pthreads CFLAGS=-I/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/gsl/inst/amd64-linux.gcc/include -I/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/libjpeg/inst/amd64-linux.gcc/include -O3 -g -funroll-loops -fprefetch-loop-arrays -static-libgcc -Wl,--hash-style=both,--as-needed -DPARSEC_VERSION=3.0-beta-20150206 LDFLAGS=-L/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/gsl/inst/amd64-linux.gcc/lib -L/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/libjpeg/inst/amd64-linux.gcc/lib -L/usr/lib64 -L/usr/lib /usr/bin/make' failed.
fluidanimate	parsecmgmt -a build -p fluidanimate	Compilou com sucesso.
freqmine	parsecmgmt -a build -p freqmine	Compilou com sucesso.
raytrace	parsecmgmt -a build -p raytrace	No package 'xext' found Consider adjusting the PKG_CONFIG_PATH environment variable if you installed software in a non-standard prefix. Alternatively, you may set the environment variables XLIBGL_CFLAGS and XLIBGL_LIBS to avoid the need to call pkg-config. See the pkg-config man page for more details. [PARSEC] Error: 'env ./configure --with-driver=xlib --enable-glut --enable-static --disable-shared --prefix=/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/mesa/inst/amd64-linux.gcc' failed.
swaptions	parsecmgmt -a build -p swaptions	| ^~~~~~ make[1]: *** [../../build/Makefile.tbbmalloc:70: proxy.o] Error 1 make[1]: Leaving directory '/usr/local/parsec-3.0/pkgs/libs/tbblib/obj/amd64-linux.gcc/build/linux_intel64_gcc_cc11.3.0_libc2.35_kernel5.15.90.1_debug' make: *** [Makefile:49: tbbmalloc] Error 2 [PARSEC] Error: 'env compiler=gcc PATH=/usr/bin:/usr/local/parsec-3.0/bin:/usr/local/sbin:/usr/local/bin:/usr/sbin:/usr/bin:/sbin:/bin:/snap/bi

		n:/usr/local/parsec-3.0/bin CXXFLAGS=-O3 -g -funroll-loops -fprefetch-loop-arrays -fpermissive -fno-exceptions -static-libgcc -Wl,--hash-style=both,--as-needed -DPARSEC_VERSION=3.0-beta-20150206 -fexceptions /usr/bin/make' failed.
vips	parsecmgmt -a build -p vips	Compilou com sucesso.

Tabela 9. Resultado da compilação dos pacotes do PARSEC.

O PARSEC possibilita definir a região de interesse (ROI – *Region Of Interest*) baseada em seis tipos de entrada possíveis na execução dos benchmarks. As entradas são: *test, simdev, simsmall, simmedium, simlarge* e *native*. Além disso, foram realizadas execuções considerando diferentes valores para o parâmetro ”–n” que indica número mínimo de threads na execução. O valor default de “n” é 1.

Os testes realizados no experimento utilizaram todas as entradas nos benchmarks executados, cujos comandos de execução e indicação dos arquivos de resultados são apresentados na Tabela 10.

Os resultados detalhados desse experimento podem ser consultados na seção Parsec do repositório Github.

Núm. da Execução	Pacote	Entrada	Comando de execução do pacote de Benchmark
001	blackscholes	test	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i test > results/exec-001-blackscholes-test.txt
002	blackscholes	simdev	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i simdev > results/exec-002-blackscholes-simdev.txt
003	blackscholes	simsmall	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i simsmall > results/exec-003-blackscholes-simsmall.txt
004	blackscholes	simlarge	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i simlarge > results/exec-004-blackscholes-simlarge.txt
005	blackscholes	native	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i native > results/exec-005-blackscholes-native.txt
006	vips	test	parsecmgmt -a run -p vips -i test > results/exec-006-vips-test.txt
007	vips	simdev	parsecmgmt -a run -p vips -i simdev > results/exec-007-vips-simdev.txt
008	vips	simsmall	parsecmgmt -a run -p vips -i simsmall > results/exec-008-vips-simsmall.txt
009	vips	simlarge	parsecmgmt -a run -p vips -i simlarge > results/exec-009-vips-simlarge.txt
010	vips	native	parsecmgmt -a run -p vips -i native > results/exec-010-vips-native.txt
011	bodytrack	test	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i test > results/exec-011-bodytrack-test.txt
012	bodytrack	simdev	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i simdev > results/exec-012-bodytrack-simdev.txt
013	bodytrack	simsmall	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i simsmall > results/exec-013-bodytrack-simsmall.txt
014	bodytrack	simlarge	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i simlarge > results/exec-014-bodytrack-simlarge.txt
015	bodytrack	native	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i native > results/exec-015-bodytrack-native.txt
016	fluidanimate	test	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i test > results/exec-016-fluidanimate-test.txt

017	fluidanimate	simdev	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i simdev > results/exec-017-fluidanimate-simdev.txt
018	fluidanimate	simsmall	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i simsmall > results/exec-018-fluidanimate-simsmall.txt
019	fluidanimate	simlarge	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i simlarge > results/exec-019-fluidanimate-simlarge.txt
020	fluidanimate	native	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i native > results/exec-020-fluidanimate-native.txt
021	freqmine	test	parsecmgmt -a run -p freqmine -i test > results/exec-021-freqmine-test.txt
022	freqmine	simdev	parsecmgmt -a run -p freqmine -i simdev > results/exec-022-freqmine-simdev.txt
023	freqmine	simsmall	parsecmgmt -a run -p freqmine -i simsmall > results/exec-023-freqmine-simsmall.txt
024	freqmine	simlarge	parsecmgmt -a run -p freqmine -i simlarge > results/exec-024-freqmine-simlarge.txt
025	freqmine	native	parsecmgmt -a run -p freqmine -i native > results/exec-025-freqmine-native.txt
026	splash2	test	parsecmgmt -a run -p splash2 -i test > results/exec-026-splash2-test.txt
027	splash2	simdev	parsecmgmt -a run -p splash2 -i simdev > results/exec-027-splash2-simdev.txt
028	splash2	simsmall	parsecmgmt -a run -p splash2 -i simsmall > results/exec-028-splash2-simsmall.txt
029	splash2	simlarge	parsecmgmt -a run -p splash2 -i simlarge > results/exec-029-splash2-simlarge.txt
030	splash2	native	parsecmgmt -a run -p splash2 -i native > results/exec-030-splash2-native.txt
031	splash2x	test	parsecmgmt -a run -p splash2x -i test > results/exec-031-splash2x-test.txt
032	splash2x	simdev	parsecmgmt -a run -p splash2x -i simdev > results/exec-032-splash2x-simdev.txt
033	splash2x	simsmall	parsecmgmt -a run -p splash2x -i simsmall > results/exec-033-splash2x-simsmall.txt
034	splash2x	simlarge	parsecmgmt -a run -p splash2x -i simlarge > results/exec-034-splash2x-simlarge.txt
035	splash2x	native	parsecmgmt -a run -p splash2x -i native > results/exec-035-splash2x-native.txt
051	blackscholes	native	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i native -n 2 > results/exec-051-blackscholes-native-n2.txt
052	blackscholes	native	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i native -n 4 > results/exec-052-blackscholes-native-n4.txt
053	blackscholes	native	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i native -n 8 > results/exec-053-blackscholes-native-n8.txt
054	blackscholes	native	parsecmgmt -a run -p blackscholes -i native -n 16 > results/exec-054-blackscholes-native-n16.txt
055	vips	native	parsecmgmt -a run -p vips -i native -n 2 > results/exec-055-vips-native-n2.txt
056	vips	native	parsecmgmt -a run -p vips -i native -n 4 > results/exec-056-vips-native-n4.txt
057	vips	native	parsecmgmt -a run -p vips -i native -n 8 > results/exec-057-vips-native-n8.txt
058	vips	native	parsecmgmt -a run -p vips -i native -n 16 > results/exec-058-vips-native-n16.txt
059	bodytrack	native	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i native -n 2 > results/exec-059-bodytrack-native-n2.txt
060	bodytrack	native	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i native -n 4 > results/exec-060-bodytrack-native-n4.txt
061	bodytrack	native	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i native -n 8 > results/exec-061-bodytrack-native-n8.txt
062	bodytrack	native	parsecmgmt -a run -p bodytrack -i native -n 16 > results/exec-062-bodytrack-native-n16.txt

063	fluidanimate	native	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i native -n 2 > results/exec-063-fluidanimate-native-n2.txt
064	fluidanimate	native	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i native -n 4 > results/exec-064-fluidanimate-native-n4.txt
065	fluidanimate	native	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i native -n 8 > results/exec-065-fluidanimate-native-n8.txt
066	fluidanimate	native	parsecmgmt -a run -p fluidanimate -i native -n 16 > results/exec-066-fluidanimate-native-n16.txt
067	freqmine	native	parsecmgmt -a run -p freqmine -i native -n 2 > results/exec-067-freqmine-native-n2.txt
068	freqmine	native	parsecmgmt -a run -p freqmine -i native -n 4 > results/exec-068-freqmine-native-n4.txt
069	freqmine	native	parsecmgmt -a run -p freqmine -i native -n 8 > results/exec-069-freqmine-native-n8.txt
070	freqmine	native	parsecmgmt -a run -p freqmine -i native -n 16 > results/exec-070-freqmine-native-n16.txt
071	splash2	native	parsecmgmt -a run -p splash2 -i native -n 2 > results/exec-071-splash2-native-n2.txt
072	splash2	native	parsecmgmt -a run -p splash2 -i native -n 4 > results/exec-072-splash2-native-n4.txt
073	splash2	native	parsecmgmt -a run -p splash2 -i native -n 8 > results/exec-073-splash2-native-n8.txt
074	splash2	native	parsecmgmt -a run -p splash2 -i native -n 16 > results/exec-074-splash2-native-n16.txt
075	splash2x	native	parsecmgmt -a run -p splash2x -i native -n 2 > results/exec-075-splash2x-native-n2.txt
076	splash2x	native	parsecmgmt -a run -p splash2x -i native -n 4 > results/exec-076-splash2x-native-n4.txt
077	splash2x	native	parsecmgmt -a run -p splash2x -i native -n 8 > results/exec-077-splash2x-native-n8.txt
078	splash2x	native	parsecmgmt -a run -p splash2x -i native -n 16 > results/exec-078-splash2x-native-n16.txt

Tabela 10. Comandos PARSEC para execução dos benchmarks com as entradas possíveis.

A Tabela 11 apresenta os tempos de execução dos programas executados pelo Parsec com entrada "native" combinado com variado número de threads.

Programa	**Execução do programa com tipo de entrada "native" combinado com os diversos números de Threads (N)**									
	N = 1		**N = 2**		**N = 4**		**N = 8**		**N = 16**	
blackscholes	real user sys	1m39.122s 1m38.267s 0m0.830s	real user sys	6m0.260s 3m54.314s 0m6.030s	real user sys	3m52.404s 3m21.764s 0m4.591s	real user sys	3m12.120s 3m19.701s 0m4.644s	real user sys	2m57.154s 3m20.085s 0m4.987s
vips	real user sys	2m10.307s 2m8.549s 0m3.862s	real user sys	9m50.830s 5m58.435s 0m36.888s	real user sys	5m52.170s 5m41.750s 0m19.538s	real user sys	4m55.799s 5m56.183s 0m24.917s	real user sys	4m31.167s 6m23.196s 0m46.789s
Incluir os demais programas	...		...		…		…		…	

Tabela 11. Execução do Parsec nos programas de benchmark com o parâmetro de entrada "-i native" combinado com os diversos valores de número de Threads "-n " apresentando os tempos de execução.

Fazer um gráfico quatro aplicações, variando o valor de N no eixo X e o tempo real no Y. Usar N=1 a referencia (baseline)

3.5 Rodinia benchmark *

O Rodinia Benchmark é uma ferramenta destinada a infraestrutura de computação heterogênea com implementações com OpenMP, OpenCL e CUDA.

A Tabela 12 apresenta a lista dos programas que foram compilados com sucesso em cada implementação.

CUDA (make CUDA)	OPENMP (make OMP)	OPENCL (make OPENCL)
backprop	backprop	OCL_particlefilter_double
bfs	bfs	OCL_particlefilter_naive
dwt2d	euler3d_cpu	OCL_particlefilter_single
gaussian	euler3d_cpu_double	backprop
heartwall	heartwall	gaussian
hotspot	hotspot	heartwall
kmeans	kmeans	hotspot
leukocyte	lavaMD	kmeans
needle	leukocyte	lavaMD
nn	lud_omp	leukocyte
pathfinder	needle	lud
sc_gpu	nn	nn
srad_v1	particle_filter	nw
srad_v2	pathfinder	srad
	pre_euler3d_cpu	
	pre_euler3d_cpu_double	
	sc_omp	
	srad_v1	
	srad_v2	

Tabela 12. Lista de programas que foram compilados com sucesso no ambiente da ferramenta Rodinia Benchmark.

A Tabela 13 apresenta a execução de benchmarks com alguns resultados detalhados ou o nome do arquivo de resultado devido ao seu tamanho excessivo. Para a execução de cada benchmark, basta acessar a respectiva pasta e executar o comando "./run" e os resultados da execução estão armazenados no arquivo "result.txt".

Implementação	Benchmark	Resultado
OPENMP	bfs	result.txt
OPENMP	cfd (euler3d)	409.637 segundos root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/cfd# ./run Starting... Compute time: 409.637 Saving solution... Saved solution... Cleaning up... Done...
OPENMP	heartwall	result.txt
OPENMP	hotspot	output.out
OPENMP	kmeans	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/kmeans# ./run ./run: line 1: ./kmeans_serial/kmeans: No such file or directory I/O completed

		num of threads = 4 number of Clusters 5 number of Attributes 34 Time for process: 4.266001
OPENMP	lavaMD	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/lavaMD# ./run Configuration used: cores = 4, boxes1d = 10 Time spent in different stages of CPU/MCPU KERNEL: 0.000000000000 s, 0.000000000000 % : CPU/MCPU: VARIABLES 0.000014000000 s, 0.000279933040 % : MCPU: SET DEVICE 0.000000000000 s, 0.000000000000 % : CPU/MCPU: INPUTS 5.001182079315 s, 99.999717712402 % : CPU/MCPU: KERNEL Total time: 5.001195907593 s
OPENMP	leukocyte	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/leukocyte# ./run Num of threads: 4 Detecting cells in frame 0 Cells detected: 36 Detection runtime ---------- GICOV computation: 0.52551 seconds GICOV dilation: 0.21413 seconds Total: 0.79247 seconds Tracking cells across 5 frames Processing frame 5 / 5 Tracking runtime (average per frame): ---------- MGVF computation: 14.68158 seconds Snake evolution: 0.02456 seconds Total: 4.09308 seconds Total application run time: 21.25787 seconds
OPENMP	nn	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/nn# ./run The 5 nearest neighbors are: 1974 12 22 18 24 JOYCE 30.6 89.9 80 593 --> 0.608276 2003 8 27 12 10 TONY 29.9 89.4 160 286 --> 0.608275 1997 11 14 12 24 HELENE 30.5 89.8 134 529 --> 0.538515 1980 10 22 18 3 ISAAC 30.1 90.4 110 778 --> 0.412312 1988 12 27 0 18 TONY 30.0 89.8 113 39 --> 0.199997 total time : 0.527607023716 s
OPENMP	particle_filter	Result.txt
OPENMP	pathfinder	o.out
OPENMP	srad_v1	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/srad/srad_v1# ./run Time spent in different stages of the application: 0.000000000000 s, 0.000000000000 % : SETUP VARIABLES 0.000021000000 s, 0.001276622177 % : READ COMMAND LINE PARAMETERS 0.131821006536 s, 8.013600349426 % : READ IMAGE FROM FILE 0.002430000110 s, 0.147723421454 % : RESIZE IMAGE 0.000082999999 s, 0.005045697093 % : SETUP, MEMORY ALLOCATION 0.016366999596 s, 0.994974911213 % : EXTRACT IMAGE 1.328287959099 s, 80.748657226562 % : COMPUTE 0.005131000187 s, 0.311921358109 % : COMPRESS IMAGE 0.160110995173 s, 9.733392715454 % : SAVE IMAGE INTO FILE 0.000714000023 s, 0.043405152857 % : FREE MEMORY Total time: 1.644966006279 s
OPENMP	srad_v2	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/srad/srad_v2# ./run

		Randomizing the input matrix Start the SRAD main loop Computation Done

Tabela 13. Benchmarks executados com os resultados.

A Tabela 14 apresenta comparações de alguns benchmarks que foram executados nas três implementações CUDA, OpenMP e OpenCL.

Comparação de Benchmarks entre as Implementações CUDA, OpenMP e OpenCL		
Hotspot		
CUDA	**OpenMP**	**OpenCL**
root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/cuda/hotspot# ./run WG size of kernel = 16 X 16 pyramidHeight: 2 gridSize: [512, 512] border:[2, 2] blockGrid:[43, 43] targetBlock:[12, 12] Start computing the transient temperature Ending simulation	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/hotspot# ./run Start computing the transient temperature Ending simulation Total time: 0.045 seconds	Erro de execução
BFS		
CUDA	**OpenMP**	**OpenCL**
root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/cuda/bfs# ./run Reading File Read File Copied Everything to GPU memory Start traversing the tree Kernel Executed 1 times Result stored in result.txt >> 1.000.000 lines	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/bfs# ./run Reading File Start traversing the tree Compute time: 0.633491 Result stored in result.txt >> 1.000.000 lines	Erro de compilação
HeartWall		
CUDA	**OpenMP**	**OpenCL**
root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/cuda/heartwall# ./run WG size of kernel = 256 frame progress: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 Resultados no arquivo result.txt	root@NotebookRubens:/usr/local/rodinia_3.1/openmp/heartwall# ./run num of threads: 4 frame progress: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 Resultados no arquivo result.txt	Erro de execução
particlefilter		
CUDA	**OpenMP**	**OpenCL**
Erro de compilação	video sequence took 0.043539 time to get neighbors took: 0.000005 time to get weightstook: 0.014813 time to set arrays took: 0.000106 time to set error took: 0.000682 time to get likelihoods took: 0.002394 time to get exp took: 0.000109 time to sum weights took: 0.000008 time to normalize weights took: 0.000004 time to move object took: 0.000008 xe: 64.523185 ye: 64.469547 0.702991	root@notebookrubens:/usr/local/rodinia_3.1/opencl/particlefilter# ./run video sequence took 0.063222 error: clgetplatformids(1,*,0) failed particle filter took 0.694592 entire program took 0.757814 video sequence took 0.031961 error: clgetplatformids(1,*,0) failed particle filter took 0.632983 entire program took 0.664944

	... time to calc cum sum took: 0.000033 time to calc u took: 0.011697 time to calc new array x and y took: 0.061382 time to reset weights took: 0.000047 time to set error took: 0.006374 time to get likelihoods took: 0.008245 time to get exp took: 0.011114 time to sum weights took: 0.011051 time to normalize weights took: 0.008430 time to move object took: 0.016451 xe: 48.546698 ye: 72.385056 17.581630 time to calc cum sum took: 0.000034 time to calc u took: 0.013806 time to calc new array x and y took: 0.053608 time to reset weights took: 0.000045 particle filter took 0.937339 entire program took 0.980878	

Tabela 14. Comparação de benchmarks nas três implementações CUDA, OpenMP e OpenCL.

- Se tiver hardware suficiente, rodar as múltiplas versões do programa e comparar o desempenho no mesmo computador.
- Para múltiplas configurações do mesmo programa, indicar as diferenças de desempenho.
- Executar o Rodínia nos três programas abaixo e comparar o desempenho:
    - RADIX
    - CHOLESKY
    - FFT

3.6 Intel Pin

A Tabela 15 apresenta os comandos de execução dos programas e o resultado da execução. Antes deve-se acessar a pasta "/usr/local/pin-3.27-98718-gbeaa5d51e-gcc-linux/source/tools" no ambiente de experimentação.

PinTool programa	Programa selecionado	Comando de execução do pacote de Benchmark
opcodemix	RADIX	../../pin -t SimpleExamples/obj-intel64/opcodemix.so -- ./programs_selected/radix/RADIX
opcodemix	CHOLESKY tk14.O	../../pin -t SimpleExamples/obj-intel64/opcodemix.so -- ./programs_selected/cholesky/CHOLESKY tk14.O
opcodemix	CHOLESKY tk14.O	../../pin -t SimpleExamples/obj-intel64/opcodemix.so -- ./programs_selected/cholesky/CHOLESKY d750.O
opcodemix	FFT	../../pin -t SimpleExamples/obj-intel64/opcodemix.so -- ./programs_selected/fft/fft

Tabela 15. Comandos para execução do PinTools nos programas selecionados com os respectivos resultados.

PinTool programa	Programa selecionado	Resultado da Execução
opcodemix	RADIX	Integer Radix Sort 262144 Keys 1 Processors Radix = 1024 Max key = 524288 [HOOKS] Entering ROI [HOOKS] Leaving ROI PROCESS STATISTICS Total Rank Sort Proc Time Time Time 0 112299 66758 20663 TIMING INFORMATION Start time : 667317197 Initialization finish time : 668397616 Overall finish time : 668509915 Total time with initialization : 1192718 Total time without initialization : 112299
opcodemix	CHOLESKY tk14.O	
opcodemix	CHOLESKY tk14.O	
opcodemix	FFT	FFT with Blocking Transpose 1024 Complex Doubles 1 Processors 65536 Cache lines 16 Byte line size 4096 Bytes per page PROCESS STATISTICS Computation Transpose Transpose Proc Time Time Fraction 0 133392 41462 0.31083 TIMING INFORMATION Start time : 938681432 Initialization finish time : 939364208 Overall finish time : 939497600 Total time with initialization : 816168 Total time without initialization : 133392 Overall transpose time : 41462 Overall transpose fraction : 0.31083

3.7 Dinero cache simulator

A ferramenta Dinero é um simulador de cache de 4ª geração de simuladores.

Os programas utilizados nessa ferramenta foram o RADIX e o fft. Vários parâmetros foram avaliados considerando valores distintos para cache L1 (instrução e data), combinados com cache L2 e L3 (unificadas).

A Tabela 16 apresenta os comandos utilizados na execução dos programas RADIX e fft com os diversos parâmetros de execução relacionados às caches L1, L2 e L3.

Programa RADIX		
Execução	**Comando de execução**	**Arquivo com o resultado da execução**
001	./dineroIV-tar -l1-isize 1k -l1-dsize 1k -l1-ibsize 32 -l1-dbsize 32 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-001.txt	dinero-result-RADIX-001.txt
002	./dineroIV-tar -l1-isize 2k -l1-dsize 2k -l1-ibsize 16 -l1-dbsize 16 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-002.txt	dinero-result-RADIX-002.txt
003	./dineroIV-tar -l1-isize 4k -l1-dsize 4k -l1-ibsize 8 -l1-dbsize 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-003.txt	dinero-result-RADIX-003.txt
004	./dineroIV-tar -l1-isize 8k -l1-dsize 8k -l1-ibsize 4 -l1-dbsize 4 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-004.txt	dinero-result-RADIX-004.txt
005	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-005.txt	dinero-result-RADIX-005.txt
006	./dineroIV-tar -l1-isize 32k -l1-dsize 32k -l1-ibsize 1 -l1-dbsize 1 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-006.txt	dinero-result-RADIX-006.txt
007	./dineroIV-tar -l1-isize 1k -l1-dsize 1k -l1-ibsize 32 -l1-dbsize 32 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-007.txt	dinero-result-RADIX-007.txt
008	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-008.txt	dinero-result-RADIX-008.txt
009	./dineroIV-tar -l1-isize 32k -l1-dsize 32k -l1-ibsize 1 -l1-dbsize 1 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-009.txt	dinero-result-RADIX-009.txt
010	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 512k -l2-ubsize 1 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-010.txt	dinero-result-RADIX-010.txt
011	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 256k -l2-ubsize 2 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-011.txt	dinero-result-RADIX-011.txt
012	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-012.txt	dinero-result-RADIX-012.txt
013	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 1m -l3-ubsize 4 -l3-uassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-013.txt	dinero-result-RADIX-013.txt

014	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 2m -l3-ubsize 4 -l3-uassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-014.txt	dinero-result-RADIX-014.txt
015	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 4m -l3-ubsize 1 -l3-uassoc 8 -informat p < RADIX > dinero-result-RADIX-015.txt	dinero-result-RADIX-015.txt

	Programa FFT	
	Comando de execução	**Arquivo com o resultado da execução**
	./dineroIV-tar -l1-isize 1k -l1-dsize 1k -l1-ibsize 32 -l1-dbsize 32 -informat p < fft > dinero-result-fft-001.txt	dinero-result-fft-001.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 2k -l1-dsize 2k -l1-ibsize 16 -l1-dbsize 16 -informat p < fft > dinero-result-fft-002.txt	dinero-result-fft-002.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 4k -l1-dsize 4k -l1-ibsize 8 -l1-dbsize 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-003.txt	dinero-result-fft-003.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 8k -l1-dsize 8k -l1-ibsize 4 -l1-dbsize 4 -informat p < fft > dinero-result-fft-004.txt	dinero-result-fft-004.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -informat p < fft > dinero-result-fft-005.txt	dinero-result-fft-005.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 32k -l1-dsize 32k -l1-ibsize 1 -l1-dbsize 1 -informat p < fft > dinero-result-fft-006.txt	dinero-result-fft-006.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 1k -l1-dsize 1k -l1-ibsize 32 -l1-dbsize 32 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-007.txt	dinero-result-fft-007.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-008.txt	dinero-result-fft-008.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 32k -l1-dsize 32k -l1-ibsize 1 -l1-dbsize 1 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-009.txt	dinero-result-fft-009.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 512k -l2-ubsize 1 -informat p < fft > dinero-result-fft-010.txt	dinero-result-fft-010.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 256k -l2-ubsize 2 -informat p < fft > dinero-result-fft-011.txt	dinero-result-fft-011.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -informat p < fft > dinero-result-fft-012.txt	dinero-result-fft-012.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 1m -l3-ubsize 4 -l3-uassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-013.txt	dinero-result-fft-013.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 2m -l3-ubsize 4 -l3-uassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-014.txt	dinero-result-fft-014.txt
	./dineroIV-tar -l1-isize 16k -l1-dsize 16k -l1-ibsize 2 -l1-dbsize 2 -l1-iassoc 8 -l1-dassoc 8 -l2-usize 128k -l2-ubsize 4 -l2-uassoc 8 -l3-usize 4m -l3-ubsize 1 -l3-uassoc 8 -informat p < fft > dinero-result-fft-015.txt	dinero-result-fft-015.txt

Tabela 16. Comandos Dinero para execução dos programas RADIX e FFT com variados parâmetros de execução relacionados às caches L1, L2 e L3.

Os resultados detalhados desse experimento podem ser consultados na seção Dinero do repositório Github.

Decisão sobre a melhor configuração de cache entre as testadas.

- **A melhor configuração de cache seria aquela com menor índice de miss?**

Programa RADIX Métrica "*Total demand miss rate*"					
Execução	**L1-icache (instruction)**	**L1-dcache (data)**	**L2-ucache (unified)**	**L3-ucache (unified)**	**Existe algum critério geral ??**
001	0,1175	0,6308	---	---	???
007	0,1177	0,5039	---	---	???
010	0,7340	0,3908	0,9483	---	???
015	0,7340	0,3908	0,4723	0,8739	???

Tabela 17. Avaliação da métrica "Demand miss rate" produzida pelo Dinero na execução do programa RADIX.

4 Considerações sobre o aprendizado nesse projeto

Esse projeto propôs um desafio diferente dos projetos anteriores devido ao uso de ferramentas de terceiros as quais deveriam ser instaladas, configuradas, compiladas e por fim, executadas no ambiente operacional escolhido. Algumas dessas ferramentas foram disponibilizadas para determinadas versões de compiladores e bibliotecas. Devido a essa diversidade de versões, surgiram vários desafios que precisam ser transpostos para se iniciar a tarefa de coleta dados e avaliar desempenho de benchmarks e programas. No meu caso, estimo que me dediquei a mais de 50% do tempo do projeto em tarefas de configuração e compilação das ferramentas, algo que poderia ser reduzido caso existisse documentação mais amigável e direcionada a determinado sistema operacional em uma certa versão. Apesar desse tempo, muito aprendizado foi obtido ao se conseguir ter todas as sete ferramentas aptas para o uso nas avaliações.

Outro aspecto de aprendizagem é o conhecimento que se consolida com experimentos reais de simulação demonstrando a importância na área de arquitetura de computadores para a inovação. Essas ferramentas de simulação auxiliam novos projetos de processadores e de seus componentes na etapa de validação.

Por fim, creio que ao final desse projeto consegui ter uma visão mesmo que superficial dessas ferramentas com possibilidade de aprofundamento em uma ou outra ferramenta caso necessário.