AULA PRÁTICA 6 PLANO

Avalie qualitativamente o programa a ser caracterizado em termos dos acessos de memória esperados e localidade de referência. Identifique as estruturas de dados e segmentos de código críticos (p.ex., mais custosos)

R: É esperado do programa o acesso a dois blocos de 10 espaços de memória contíguos. As estruturas de dados e segmentos críticos são a fila e a pilha evidentemente. As principais funções são o empilha e o desempilha. A cada empilha aloca-se memória à um dos dois blocos de 10 espaços. No caso do desempilha, enfileira em uma fila o retorno do desenfileira da outra. Como a fila é composta por um vetor, é esperado que a localidade de referência seja sempre cumprida e os vizinhos são acessados. Avaliando qualitativamente é um programa eficiente para o problema proposto com o gerenciamento de memória simples e contíguo.

Elabore o plano de caracterização de localidade de referência

R: O plano é que se sempre acesse os locais de memória vizinhos, pois o programa trabalha exclusivamente com vetores garantindo a localidade de referência dentro da região contígua de memória.

Selecione os parâmetros do programa a ser caracterizado

R: Irei rodar o programa com a seed “21304”, pois ela possui 5 empilhar e 5 desempilhar, não são em ordem, mas não gera nenhum erro e possui um número igual de empilhar e de desempilhar Cada empilhar da pilha são 5 alocações de memória em um dos blocos e a cada desempilhar da pilha, há uma desalocação em uma fila e uma alocação na outra. Portanto, é esperado na média 10 alocações e 5 desalocações no programa.

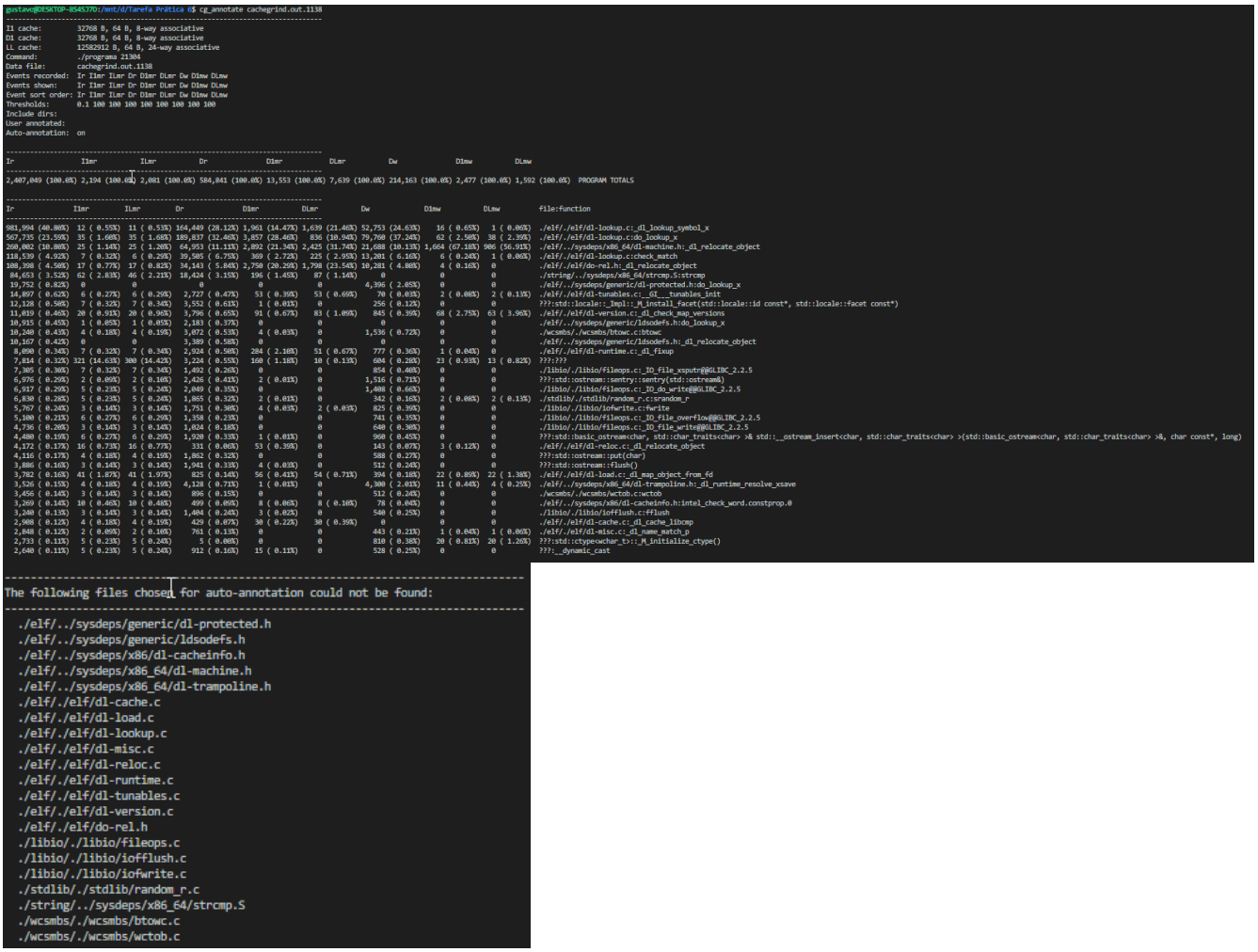
**Execute o código com Cachegrind:**

```
gustavo@DESKTOP-8S4SJ7D:/mnt/d/Tarefa Prática 6$ valgrind --tool=cachegrind ./programa 21304
==1138== Cachegrind, a cache and branch-prediction profiler
==1138== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Nicholas Nethercote et al.
==1138== Using Valgrind-3.18.1 and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==1138== Command: ./programa 21304
==1138==
--1138-- warning: L3 cache found, using its data for the LL simulation.
--1138-- warning: specified LL cache: line_size 64  assoc 16  total_size 12,582,912
--1138-- warning: simulated LL cache: line_size 64  assoc 24  total_size 12,582,912
==1138==
==1138== I   refs:      2,407,049
==1138== I1  misses:        2,194
==1138== LLi misses:        2,081
==1138== I1  miss rate:      0.09%
==1138== LLi miss rate:      0.09%
==1138==
==1138== D   refs:        799,004  (584,841 rd   + 214,163 wr)
==1138== D1  misses:       16,030  ( 13,553 rd   +   2,477 wr)
==1138== LLd misses:        9,231  (  7,639 rd   +   1,592 wr)
==1138== D1  miss rate:       2.0% (    2.3%     +     1.2%  )
==1138== LLd miss rate:       1.2% (    1.3%     +     0.7%  )
==1138==
==1138== LL refs:          18,224  ( 15,747 rd   +   2,477 wr)
==1138== LL misses:        11,312  (  9,720 rd   +   1,592 wr)
==1138== LL miss rate:        0.4% (    0.3%     +     0.7%  )
```

Podemos afirmar que, o programa apresentou uma taxa de miss relativamente baixa para a cache de instrução (0,09%) e para a cache de dados (1,2%). Isso indica que a maioria das instruções e dados necessários foi encontrada nas caches, o que é um bom sinal para o desempenho geral.
O programa teve um total de 2.194 misses de primeira cache de instrução (I1 misses) e 16.030 misses de primeira cache de dados (D1 misses). Além disso, ocorreram 2.081 misses na última cache de instrução (LLi misses) e 9.231 misses na última cache de dados (LLd misses).

O programa realizou um total de 584.841 leituras e 214.163 escritas. Isso indica que há uma proporção significativamente maior de leituras em comparação com as escritas. As leituras são mais rápidas que as escritas, portanto esse é um ponto positivo para o desempenho do programa.

(Necessário zoom para próxima imagem)



```
gustave@DESKTOP-8S4537D:/mnt/d/Tarefa Prática 6$ cg_annotate cachegrind.out.1138
--------------------------------------------------------------------------------
I1 cache:         32768 B, 64 B, 8-way associative
D1 cache:         32768 B, 64 B, 8-way associative
LL cache:         12582912 B, 64 B, 24-way associative
Command:          ./programa 21304
Data file:        cachegrind.out.1138
Events recorded:  Ir I1mr ILmr Dr D1mr DLmr Dw D1mw DLmw
Events shown:     Ir I1mr ILmr Dr D1mr DLmr Dw D1mw DLmw
Event sort order: Ir I1mr ILmr Dr D1mr DLmr Dw D1mw DLmw
Thresholds:       0.1 100 100 100 100 100 100 100 100
Include dirs:
User annotated:
Auto-annotation:  on

--------------------------------------------------------------------------------
Ir                  I1mr          ILmr          Dr            D1mr          DLmr          Dw            D1mw          DLmw
--------------------------------------------------------------------------------
2,407,049 (100.0%) 2,194 (100.0%) 2,081 (100.0%) 584,841 (100.0%) 13,553 (100.0%) 7,639 (100.0%) 214,163 (100.0%) 2,477 (100.0%) 1,592 (100.0%)  PROGRAM TOTALS

--------------------------------------------------------------------------------
Ir                  I1mr          ILmr          Dr            D1mr          DLmr          Dw            D1mw          DLmw          file:function
--------------------------------------------------------------------------------
981,994 (40.80%)  12 ( 0.55%)  11 ( 0.53%) 164,449 (28.12%) 1,961 (14.47%) 1,639 (21.46%) 52,753 (24.63%)   16 ( 0.65%)   1 ( 0.06%)  ./elf/./elf/dl-lookup.c:_dl_lookup_symbol_x
567,735 (23.59%)  35 ( 1.60%)  35 ( 1.68%) 189,837 (32.46%) 3,857 (28.46%)   836 (10.94%) 79,760 (37.24%)   62 ( 2.50%)  38 ( 2.39%)  ./elf/./elf/dl-lookup.c:do_lookup_x
260,002 (10.80%)  25 ( 1.14%)  25 ( 1.20%)  64,953 (11.11%) 2,892 (21.34%) 2,425 (31.74%) 21,688 (10.13%) 1,664 (67.18%) 986 (56.91%)  ./elf/../sysdeps/x86_64/dl-machine.h:_dl_relocate_object
118,539 ( 4.92%)   7 ( 0.32%)   6 ( 0.29%)  39,505 ( 6.75%)   369 ( 2.72%)   225 ( 2.95%) 13,201 ( 6.16%)   6 ( 0.24%)   1 ( 0.06%)  ./elf/./elf/dl-lookup.c:check_match
108,360 ( 4.50%)  17 ( 0.77%)  17 ( 0.82%)  34,143 ( 5.84%) 2,750 (20.29%) 1,798 (23.54%) 10,281 ( 4.80%)   4 ( 0.16%)   0             ./elf/./elf/do-rel.h:_dl_relocate_object
 84,653 ( 3.52%)  62 ( 2.83%)  46 ( 2.21%)  18,424 ( 3.15%)   196 ( 1.45%)    87 ( 1.14%)     0             0             0             ./string/../sysdeps/x86_64/strcmp.S:strcmp
 19,752 ( 0.82%)   0             0             0             0             4,396 ( 2.05%)   0             0             0             ./elf/../sysdeps/generic/dl-protected.h:do_lookup_x
 14,897 ( 0.62%)   6 ( 0.27%)   6 ( 0.29%)   2,727 ( 0.47%)    53 ( 0.39%)    53 ( 0.69%)    70 ( 0.03%)   2 ( 0.08%)   2 ( 0.13%)  ./elf/./elf/dl-tunables.c:__GI___tunables_init
 12,128 ( 0.50%)   7 ( 0.32%)   7 ( 0.34%)   3,552 ( 0.61%)     1 ( 0.01%)     0              256 ( 0.12%)   0             0             ???:std::locale::_Impl::_M_install_facet(std::locale::id const*, std::locale::facet const*)
 11,019 ( 0.46%)  20 ( 0.91%)  20 ( 0.96%)   3,796 ( 0.65%)    91 ( 0.67%)    83 ( 1.05%)    845 ( 0.39%)   68 ( 2.75%)   63 ( 3.96%)  ./elf/./elf/dl-version.c:_dl_check_map_versions
 10,915 ( 0.45%)   1 ( 0.05%)   1 ( 0.05%)   2,183 ( 0.37%)     0              0              0             0             0             ./elf/../sysdeps/generic/ldsodefs.h:do_lookup_x
 10,240 ( 0.43%)   4 ( 0.18%)   4 ( 0.19%)   3,072 ( 0.53%)     4 ( 0.03%)     0            1,536 ( 0.72%)   0             0             ./wcsmbs/./wcsmbs/btowc.c:btowc
 10,167 ( 0.42%)   0             0             3,389 ( 0.58%)     0              0              0             0             0             ./elf/../sysdeps/generic/ldsodefs.h:_dl_relocate_object
  8,090 ( 0.34%)   7 ( 0.32%)   7 ( 0.34%)   2,924 ( 0.50%)   284 ( 2.10%)    51 ( 0.67%)    777 ( 0.36%)   1 ( 0.04%)   0             ./elf/./elf/dl-runtime.c:_dl_fixup
  7,814 ( 0.32%)  321 (14.62%)  300 (14.42%)   3,224 ( 0.55%)   160 ( 1.18%)    10 ( 0.13%)    604 ( 0.28%)   23 ( 0.93%)  13 ( 0.82%)  ???:???
  7,305 ( 0.30%)   7 ( 0.32%)   7 ( 0.34%)   1,492 ( 0.26%)     0              0              854 ( 0.40%)   0             0             ./libio/./libio/fileops.c:_IO_file_xsputn@@GLIBC_2.2.5
  6,976 ( 0.29%)   2 ( 0.09%)   2 ( 0.10%)   2,426 ( 0.41%)     2 ( 0.01%)     0            1,516 ( 0.71%)   0             0             ???:std::ostream::sentry::sentry(std::ostream&)
  6,917 ( 0.29%)   5 ( 0.23%)   5 ( 0.24%)   2,049 ( 0.35%)     0              0            1,408 ( 0.66%)   0             0             ./libio/./libio/fileops.c:_IO_do_write@@GLIBC_2.2.5
  6,830 ( 0.28%)   5 ( 0.23%)   5 ( 0.24%)   1,855 ( 0.32%)     2 ( 0.01%)     0              342 ( 0.16%)   2 ( 0.08%)   2 ( 0.13%)  ./stdlib/./stdlib/random_r.c:srandom_r
  5,767 ( 0.24%)   3 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)   1,751 ( 0.30%)     4 ( 0.03%)     2 ( 0.03%)     825 ( 0.39%)   0             0             ./libio/./libio/iofwrite.c:fwrite
  5,100 ( 0.21%)   6 ( 0.27%)   6 ( 0.29%)   1,358 ( 0.23%)     0              0              741 ( 0.35%)   0             0             ./libio/./libio/fileops.c:_IO_file_overflow@@GLIBC_2.2.5
  4,736 ( 0.20%)   3 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)   1,024 ( 0.18%)     0              0              640 ( 0.30%)   0             0             ./libio/./libio/fileops.c:_IO_file_write@@GLIBC_2.2.5
  4,480 ( 0.19%)   6 ( 0.27%)   6 ( 0.29%)   1,920 ( 0.33%)     1 ( 0.01%)     0              960 ( 0.45%)   0             0             ???:std::basic_ostream<char, std::char_traits<char> >& std::__ostream_insert<char, std::char_traits<char> >(std::basic_ostream<char, std::char_traits<char> >&, char const*, long)
  4,172 ( 0.17%)  16 ( 0.73%)  16 ( 0.77%)     331 ( 0.06%)    53 ( 0.39%)     0              143 ( 0.07%)   3 ( 0.12%)   0             ./elf/./elf/dl-reloc.c:_dl_relocate_object
  4,116 ( 0.17%)   4 ( 0.18%)   4 ( 0.19%)   1,862 ( 0.32%)     0              0              588 ( 0.27%)   0             0             ???:std::ostream::put(char)
  3,886 ( 0.16%)   3 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)   1,941 ( 0.33%)     4 ( 0.03%)     0              512 ( 0.24%)   0             0             ???:std::ostream::flush()
  3,782 ( 0.16%)  41 ( 1.87%)  41 ( 1.97%)     825 ( 0.14%)    56 ( 0.41%)    54 ( 0.71%)    394 ( 0.18%)   22 ( 0.89%)  22 ( 1.38%)  ./elf/./elf/dl-load.c:_dl_map_object_from_fd
  3,526 ( 0.15%)   4 ( 0.18%)   4 ( 0.19%)   4,128 ( 0.71%)     1 ( 0.01%)     0              0            4,300 ( 2.01%)   11 ( 0.44%)   4 ( 0.25%)  ./elf/../sysdeps/x86_64/dl-trampoline.h:_dl_runtime_resolve_xsave
  3,456 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)     896 ( 0.15%)     0              0              512 ( 0.24%)   0             0             ./wcsmbs/./wcsmbs/wctob.c:wctob
  3,269 ( 0.14%)  10 ( 0.46%)  10 ( 0.48%)     499 ( 0.09%)     8 ( 0.06%)     8 ( 0.10%)     70 ( 0.03%)   0             0             ./elf/../sysdeps/x86/dl-cacheinfo.h:intel_check_word.constprop.0
  3,240 ( 0.13%)   3 ( 0.14%)   3 ( 0.14%)   1,404 ( 0.24%)     3 ( 0.02%)     0              540 ( 0.25%)   0             0             ./libio/./libio/iofflush.c:fflush
  2,908 ( 0.12%)   4 ( 0.18%)   4 ( 0.19%)     429 ( 0.07%)    30 ( 0.22%)    30 ( 0.39%)     0              0             0             ./elf/./elf/dl-cache.c:_dl_cache_libcmp
  2,848 ( 0.12%)   2 ( 0.09%)   2 ( 0.10%)     761 ( 0.13%)     0              0              443 ( 0.21%)   1 ( 0.04%)   1 ( 0.06%)  ./elf/./elf/dl-misc.c:_dl_name_match_p
  2,733 ( 0.11%)   5 ( 0.23%)   5 ( 0.24%)       5 ( 0.00%)     0              0              810 ( 0.38%)   20 ( 0.81%)  20 ( 1.26%)  ???:std::ctype<wchar_t>::_M_initialize_ctype()
  2,640 ( 0.11%)   5 ( 0.23%)   5 ( 0.24%)     912 ( 0.16%)    15 ( 0.11%)     0              528 ( 0.25%)   0             0             ???:__dynamic_cast

--------------------------------------------------------------------------------
The following files chosen for auto-annotation could not be found:
--------------------------------------------------------------------------------
  ./elf/../sysdeps/generic/dl-protected.h
  ./elf/../sysdeps/generic/ldsodefs.h
  ./elf/../sysdeps/x86/dl-cacheinfo.h
  ./elf/../sysdeps/x86_64/dl-machine.h
  ./elf/../sysdeps/x86_64/dl-trampoline.h
  ./elf/./elf/dl-cache.c
  ./elf/./elf/dl-load.c
  ./elf/./elf/dl-lookup.c
  ./elf/./elf/dl-misc.c
  ./elf/./elf/dl-reloc.c
  ./elf/./elf/dl-runtime.c
  ./elf/./elf/dl-tunables.c
  ./elf/./elf/dl-version.c
  ./elf/./elf/do-rel.h
  ./libio/./libio/fileops.c
  ./libio/./libio/iofflush.c
  ./libio/./libio/iofwrite.c
  ./stdlib/./stdlib/random_r.c
  ./string/../sysdeps/x86_64/strcmp.S
  ./wcsmbs/./wcsmbs/btowc.c
  ./wcsmbs/./wcsmbs/wctob.c
```

A partir desses dados podemos observar pontos positivos e negativos. Os maiores problemas são:
Altos índices de leitura na memória de cache L1 de instruções (I1mr) e dados (D1mr). Isso pode resultar em atrasos devido à necessidade de buscar os dados na memória principal.
Ocorrência significativa de leituras em cache L2 de instruções (ILmr) e dados (DLmr), sugerindo que o programa pode estar acessando dados que não estão presentes no cache L1.
Alto número de gravações na memória de cache L1 de dados (D1mw), indicando que o programa está realizando muitas operações de gravação na memória principal.
Positivos:
O programa tem um bom aproveitamento da memória cache L1 de instruções (I1mr) e dados (D1mr), com uma taxa de acertos próxima de 100%.
O programa tem uma boa taxa de acerto na memória cache L2 de instruções (ILmr) e dados (DLmr), com taxas próximas de 100%.

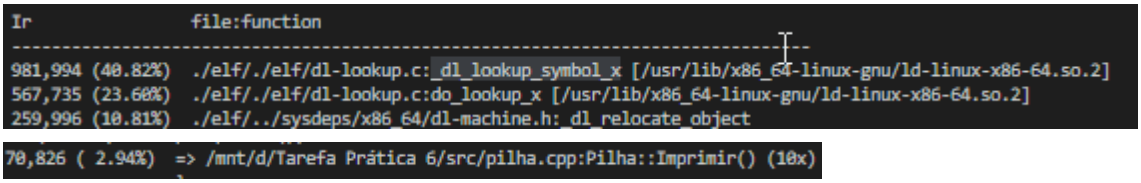
**Execute o código com Callgrind:**

Foram executados ambos comandos:

1. valgrind --tool=callgrind  <binário do programa> <parâmetros>
2. callgrind_annotate callgrind.out.<número do processo do passo 1>

Não coloquei toda a saída por não considerar relevante.

A primeira informação interessante que diz respeito à saída do Callgrind é a relação de porcentagem de “Instructions Referenced” com as funções.




As funções de maior custo não foram funções implementadas por mim, mas sim funções internas. Dentre as funções implementadas, Imprimir representou disparadamente o maior custo. Obviamente, a escrita não é o ideal, uma vez que a leitura é mais rápida e barata, entretanto para o enunciado do problema não havia outra solução, sendo assim um custo necessário.

As funções de empilhar e desempilhar só utilizam 0.01% cada, na linha da chamada de enfileira e desenfileira. As de enfileira e desenfileira também só gastam 0.01% cada, na linha de atribuição enfileira(tras) e desenfileira (frente). Os custos maiores foram nas impressões da main e como citado anteriormente a função Imprimir de Pilha.

**Portanto,**

1. Quão bem o programa se comporta em termos de memória?

O programa se comporta extremamente bem para o enunciado proposto. É possível notar um gasto alto no Cachegrind, mas a complexidade do programa é de O(n^2), portanto era esperado. Os pontos negativos do programa, como o excesso de leitura e escrita são consequência da natureza do problema e infelizmente não podem ser contornando. Logo, o foco deve ser nas baixas taxas de misses e no gasto pequeno para empilhar e desempilha itens.

2. Quais estruturas de dados devem serem caracterizadas para melhor entendimento?

Em relação às estruturas de dados só existem a fila e a pilha que possuem papel igualmente importante para o funcionamento do programa.  Contudo, o Imprimir da Pilha se mostrou como a função mais custosa do programa e por isso deve ter uma ênfase maior.

3. Quais segmentos de código devem instrumentados para suportar a caracterização?

Como ficou claro anteriormente os segmentos de código mais importante são a função de Imprimir da Pilha, as impressões da main, o empilha, desempilha, enfileira e desenfileira por suas funcionalidades. Ademais, não consegui identificar qual segmento de código seria responsável pelas três funções mais custosas, mas estas como certeza são importantes também.