

# Avaliação de concorrência em aplicações paralelas “multisoftware”

Kelly Sandim, Lucas Queiroz, Vitória Freitas

<sup>1</sup>Faculdade de Computação – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
(FACOM–UFMS) Campo Grande, Brasil.

## 1. Introdução

Lock ou mutex, é um mecanismo de sincronização para impor limites de acesso a um recurso em um ambiente onde há muitas threads. Esta técnica é apenas eficaz, no entanto, se todos os programas que dependem de um recurso, utilizem o mesmo mecanismo de bloqueio. Cada tipo de recurso reutilizável é atribuído à um bloqueio. Um lock aplica uma política de controle de concorrência baseada em exclusão mútua. [Center b]

O lock permite programas modificarem tabelas do sistema mantidas no armazenamento principal compartilhado. Ele utiliza um indicador no qual os programas referenciam antes de acessar uma região crítica para modificar variáveis compartilhadas. Se um indicador está definido, o programa verificando o indicador de bloqueio deve esperar até que o indicador de bloqueio é liberado. Quanto mais acessos ao lock são feitos por aplicações, maior a taxa de concorrência da aplicação. [Center a]

O presente trabalho foi realizado como parte da disciplina de Tópicos em Arquitetura de Computadores. Ele se propõe a analisar a concorrência em aplicações multisoftware, baseando-se, num primeiro momento, na quantidade de requisições feitas ao lock por cada aplicação e, posteriormente, também na quantidade de acessos de leitura e escrita na memória.

Este trabalho está organizado conforme segue: A Seção 2 descreve a metodologias adotada nos experimentos e as configurações básicas da máquina utilizada nos testes; Na Seção 3 são mostrados os experimentos, seus resultados e análise; As conclusões finais são apresentadas na Seção 4.

## 2. Metodologia

Nesse experimento foi analisado quantos acesso ao dispositivo LOCK são feitos para controle de concorrência, além da quantidade de acessos à memória para READ/WRITE, em relação à aplicações *multi – software*. Esse experimento foi executado com o MPSoCBench. Por ser um experimento simples, não foi necessário dividi-lo em partes.

Para a realização do experimento, foram feitas modificações no arquivo *tlm\_lock.cpp*, presente em MPSoCBench/ip/tlm\_lock/tlm\_lock.cpp, alterando-se a quantidade de processadores utilizados; neste caso, quatro, em razão do fato de cada aplicação *multi – software* ser, na verdade, um conjunto de quatro aplicações individuais. Assim, cada core do processador é responsável por uma dessas aplicações.

O experimento foi feito para as aplicações **Multi-Security**, **Multi-Office-Telecomm** e **Multi-Network-Automotive**, pertencentes ao MPSoCBench, com apenas

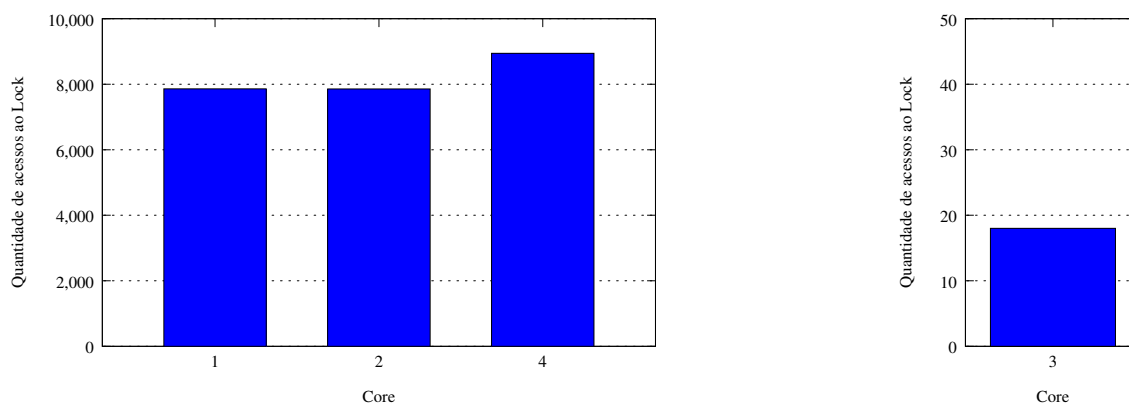
um processador utilizado na execução. O processador simulado no MPSoCBench foi o *PowerPC*.

A máquina na qual o experimento foi realizado possui as seguintes configurações básicas:

- **8 GB de memória RAM DDR3**, 798.1MHz ;
- **1 TB de HDD**;
- Sistema Operacional: **Ubuntu 16.04 LST**;
- Arquitetura: **AMD64**;
- **Processador Intel Core i5 - 5200U** com tecnologia *Turbo Boost 2.0*, que acelera o desempenho do processador, fazendo com que os núcleos do processador trabalhem mais rapidamente do que a frequência operacional nominal quando estiverem operando abaixo dos limites especificados para energia, corrente e temperatura, fazendo com que a frequência varie de 2.2 GHz até 2.7 GHz. Este processador possui cache de 3 MB, 2 cores e 4 *threads*.

### 3. Resultados

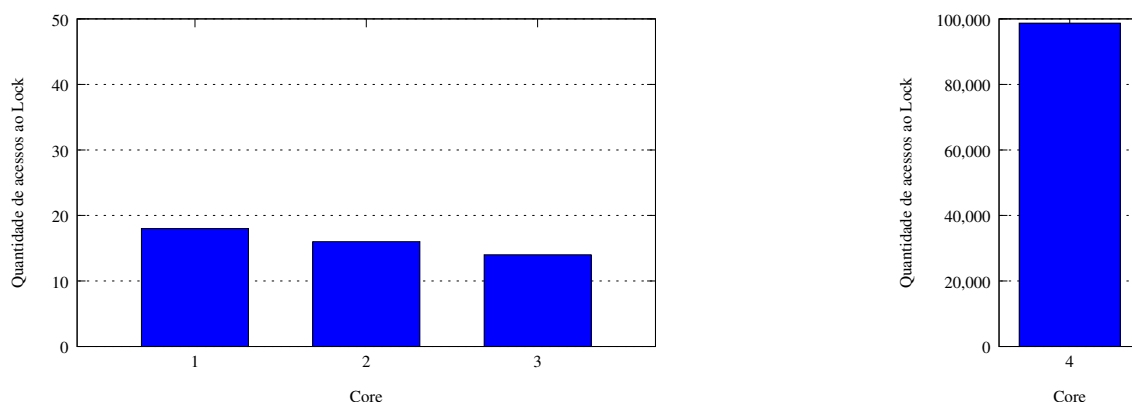
A primeira aplicação analisada foi a Multi-Office-Telecomm. A quantidade de acessos ao Lock realizados pelo processador 3 foi muito pequena em relação aos demais, o que a princípio gerou um gráfico de difícil visualização e entendimento. Portanto, para melhor visualização, esse processador foi separado dos demais e representado num gráfico à parte. Nos testes com as aplicações seguintes, o mesmo fato ocorreu, e pelo mesmo motivo o grupo optou por essa alternativa de visão. Ambos os gráficos da Multi-Office-Telecomm são apresentados a seguir:



**Figura 1. Quantidade de acessos ao Lock realizados por cada processador nas aplicações Multi-Office-Telecomm**

Nos resultados ilustrados no gráfico 1, é possível notar que os processadores 1, 2 e 3 tiveram praticamente a mesma quantidade de acessos ao Lock, cerca de 8.000. Por haver essa semelhança e o número de acessos ser alto, podemos inferir que, durante a execução, as sub-aplicações rodadas nesses processadores devem ter requisitado acesso aos recursos compartilhados muitas vezes e quase simultaneamente. Tal afirmação indica que houve grande concorrência pelos recursos entre a maioria dos processadores usados. Portanto, pode-se concluir que a aplicação Multi-Office-Telecomm tem uma alta taxa de concorrência.

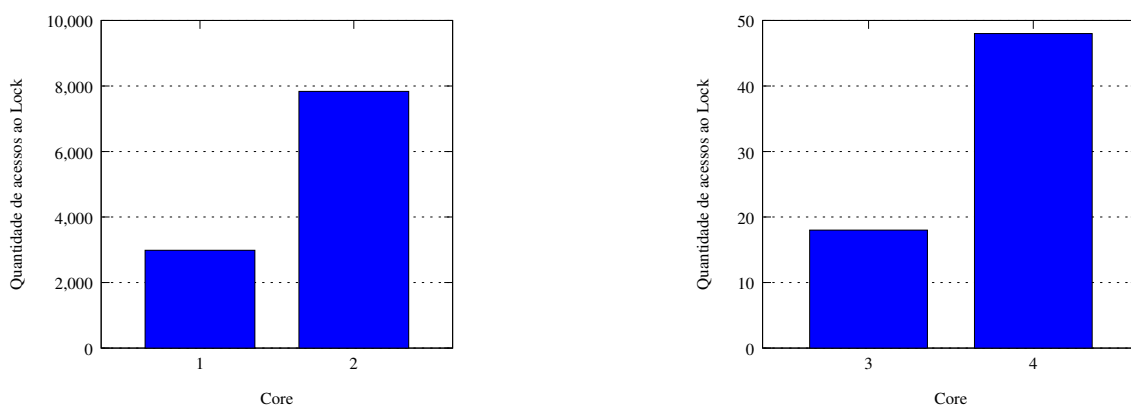
As contagens de acessos ao Lock da aplicação Multi-security resultaram no seguinte gráfico:



**Figura 2. Quantidade de acessos ao Lock realizados por cada processador nas aplicações Multi-security**

Na execução da Multi-security, o processador 4 realizou muitos acessos ao Lock, quase 100.000, o que, numa análise pouco cuidadosa, que considera apenas a quantidade absoluta de acessos, levaria a crer que a aplicação Multi-security tem alta concorrência. Porém, os processadores 1, 2 e 3 realizaram muito poucos acessos, menos de 20 cada um, o que indica que quase todas as 100.000 requisições do processador 4 foram realizadas por ele sozinho, sem real concorrência com os demais processadores. Assim sendo, a taxa de concorrência da aplicação Multi-security é extremamente baixa.

Por fim, foi testada a Multi-network-automotive a qual resultou nos valores apresentados a seguir:

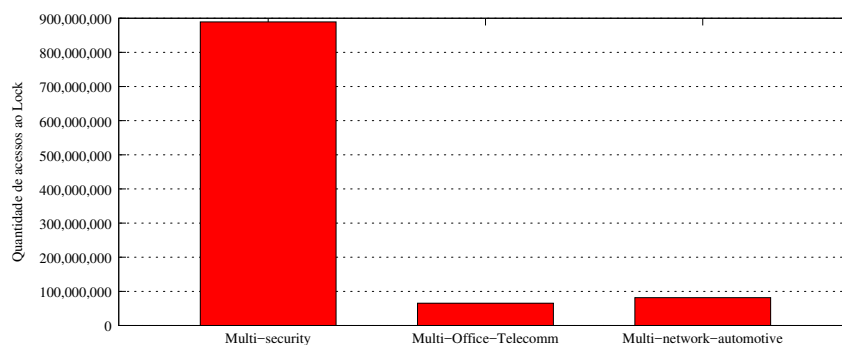


**Figura 3. Quantidade de acessos ao Lock realizados por cada processador nas aplicações Multi-network-automotive**

Esse foi o conjunto de sub-aplicações com mais diferenças entre si. O processador com mais acessos, 2, teve mais de 1.000 acessos a menos que os de mais acessos dos conjuntos anteriores e mais que o dobro de acessos do processador 1, segundo em quantidade nesta aplicação, com cerca de 2.000 acessos apenas. O processador 1 também se destaca por ter sido o único a realizar tal quantidade de acessos. O 3 e o 4 não realizaram, em

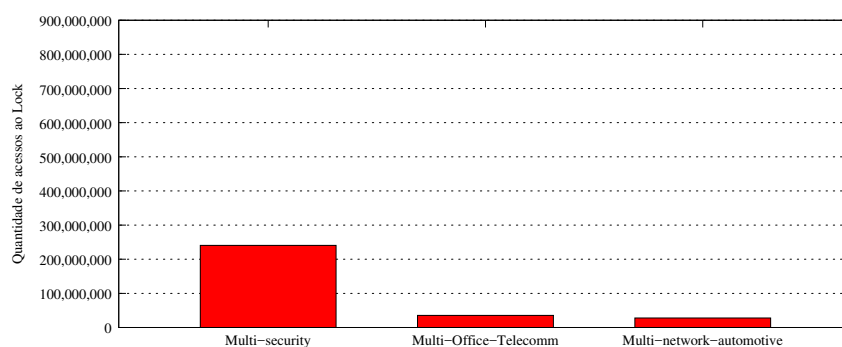
comparação aos dois primeiros, muitos acessos ao Lock, o 4 fez cerca de 50 e o 3 não chegou aos 20.

A ausência nessa aplicação de dois ou três processadores com uma quantidade mais parecida de acessos impede uma análise como a realizada nas anteriores. Não é, portanto, possível concluir algo sobre sua taxa de concorrência observando apenas os acessos ao Lock de cada processador.



**Figura 4. Quantidade total de acessos a memória para READ**

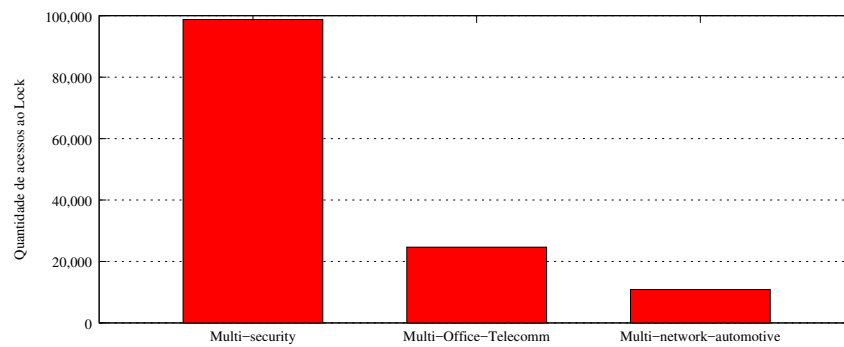
Na análise dos acessos totais a memória para realizar a leitura, a Multi-security obteve valores muito superiores aos demais, quase dez vezes acima das outras.



**Figura 5. Quantidade total de acessos a memória para WRITE**

Quanto aos acessos a memória para a escrita, a Multi-security manteve o padrão de possuir mais acessos que as demais, no entanto, a diferença não foi tão exorbitante quanto as outras, mas ainda assim, quase o triplo comparado com as demais.

Após a análise detalhada de cada aplicação, foram computadas suas quantidades totais de acessos ao Lock, com o objetivo de deduzir a comparação de suas taxas de concorrência. O gráfico a seguir apresenta tais quantidades totais:

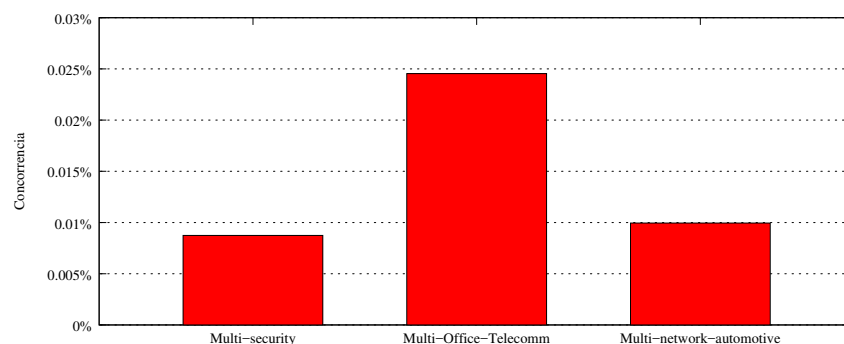


**Figura 6. Quantidade total de acessos ao Lock para cada aplicação**

Na análise geral das aplicações, em relação ao acesso ao Lock, Multi-security ganha em disparada, destacando-se com quase 100.000 acessos. Enquanto isso, a Multi-network-automotive é o que menos acessa, bem menos de 20.000, confirmando a suposição feita anteriormente, na análise de seu desempenho detalhada por processador.

Nota-se aqui uma grande diferença de acessos entre a Multi-security em relação aos demais, tendo ela quase o quádruplo de acessos em relação à Multi-Office-Telecomm, e quase dez vezes mais acessos que a Multi-network-automotive. Por outro lado, a Multi-office-telecomm e a multi-network-automotive, essa diferença é bem menos drástica.

Considerando então que, quanto mais acessos ao Lock, maior é a taxa de concorrência da aplicação, o gráfico 4 nos levaria a crer que a Multi-security é a aplicação de maior concorrência, seguida de bem longe pela Multi-Office-Telecomm e a Multi-network-automotive. Os acessos ao Lock por si só, porém, não definem a taxa de concorrência de uma aplicação. Para uma comparação mais segura, foi calculado o percentual de acessos à memória (considerando a soma dos acessos de leitura e de escrita) que foram antecidos por um acesso ao Lock. Dessa forma, quanto maior esse percentual, maior a necessidade de se acessar o Lock para ter acesso à memória, ou seja, mais concorrida a memória é e, portanto mais alta é a taxa de concorrência da aplicação. Para as aplicações testadas, os resultados obtidos estão no gráfico a seguir:



**Figura 7. Relação entre a quantidade de acessos ao Lock e a quantidade de acessos à memória**

Ao contrário, do que se concluiria caso fosse levado em conta apenas o Lock, observa-se que a aplicação multisoftware de maior concorrência foi Multi-Office-Telecomm, com um resultado maior que o dobro obtido pela Multi-network-automotive.

Ademais, a Multi-security, que apresentara a maior quantidade de acessos ao Lock, agora mostrou-se como a aplicação de menor concorrência entre as três.

#### **4. Conclusão**

A observação das aplicações em cada processador mostrou que a aplicação Multi-Office-Telecomm possui alta taxa de concorrência, enquanto a Multi-security possui baixa concorrência e, quanto a Multi-network-automotive, nada pôde ser afirmado.

Posteriormente, a análise do percentual de acessos à memória feitos por cada aplicação que exigiram acessos ao Lock confirmou as conclusões sobre a Multi-Office-Telecomm e a Multi-security, esta possui, entre as três aplicações, a menor taxa de concorrência e aquela possui a maior. O percentual indicou também que a Multi-network-automotive ficou entre essas duas em termos de concorrência, com taxa um pouco maior que a Multi-security e bem menor que a Multi-Office-Telecomm.

#### **Referências**

Center, I. K. Locking. Disponível em: [http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLTBW\\_2.2.0/com.](http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLTBW_2.2.0/com.)  
. Acesso em: 12 Ago. 2016.

Center, I. K. Processor lock. Disponível em:  
[https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSB23S\\_1.1.0.13/gtpc3/prolock.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSB23S_1.1.0.13/gtpc3/prolock.html)  
. Acesso em: 12 Ago. 2016.

Intel. Intel® core™ i5-5200u processor (3m cache, up to 2.70 ghz). Disponível em:  
<http://ark.intel.com/pt-br/products/85212/Intel-Core-i5-5200U-Processor-3M-Cache-up-to-270-GHz> . Acesso em: 12 Ago. 2016.

Intel. Tecnologia intel® turbo boost 2.0. Disponível em:  
<http://www.intel.com.br/content/www/br/pt/architecture-and-technology/turbo-boost/turbo-boost-technology.html> . Acesso em: 12 Ago. 2016.