

# Tolerância a Falhas em Aplicações Paralelas de Alto Desempenho

Caio Brigagão Lunardi & Paolo Rech (Orientador)

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

cblunardi@inf.ufrgs.br

## Introdução

Aplicações paralelas de alto desempenho são ferramentas muito empregadas em diversos setores da indústria e em diversos âmbitos acadêmicos e científicos. As GPGPUs (Placas de Vídeo de Propósito Geral) são de grande importância neste contexto, já que possibilitam uma quantidade expressiva de cálculos em códigos paralelos quando comparadas aos processadores convencionais.

Estes processadores são, porém, susceptíveis a falhas de dois tipos induzidas por radiação (nêutrons): corrupção silenciosa de dados (SDC) ou interrupção da aplicação (Crash).

## Objetivos e Metodologia

O objetivo do trabalho é determinar o impacto dos diversos métodos de otimização na tolerância a falhas induzidas por radiação.

Foram conduzidos testes utilizando placas NVIDIA Tesla K20c sob o acelerador de partículas disponível no Los Alamos Neutron Science Center (LANSCCE). O fluxo de nêutrons disponível simulava as partículas presentes na atmosfera entre 10 e 750 MeV, com 8 ordens de magnitude superior ao presente no nível do mar, conforme a Fig.1.

Como o fluxo foi restrito ao chipset das GPGPUs (Fig.2), as memórias principais não foram afetadas.

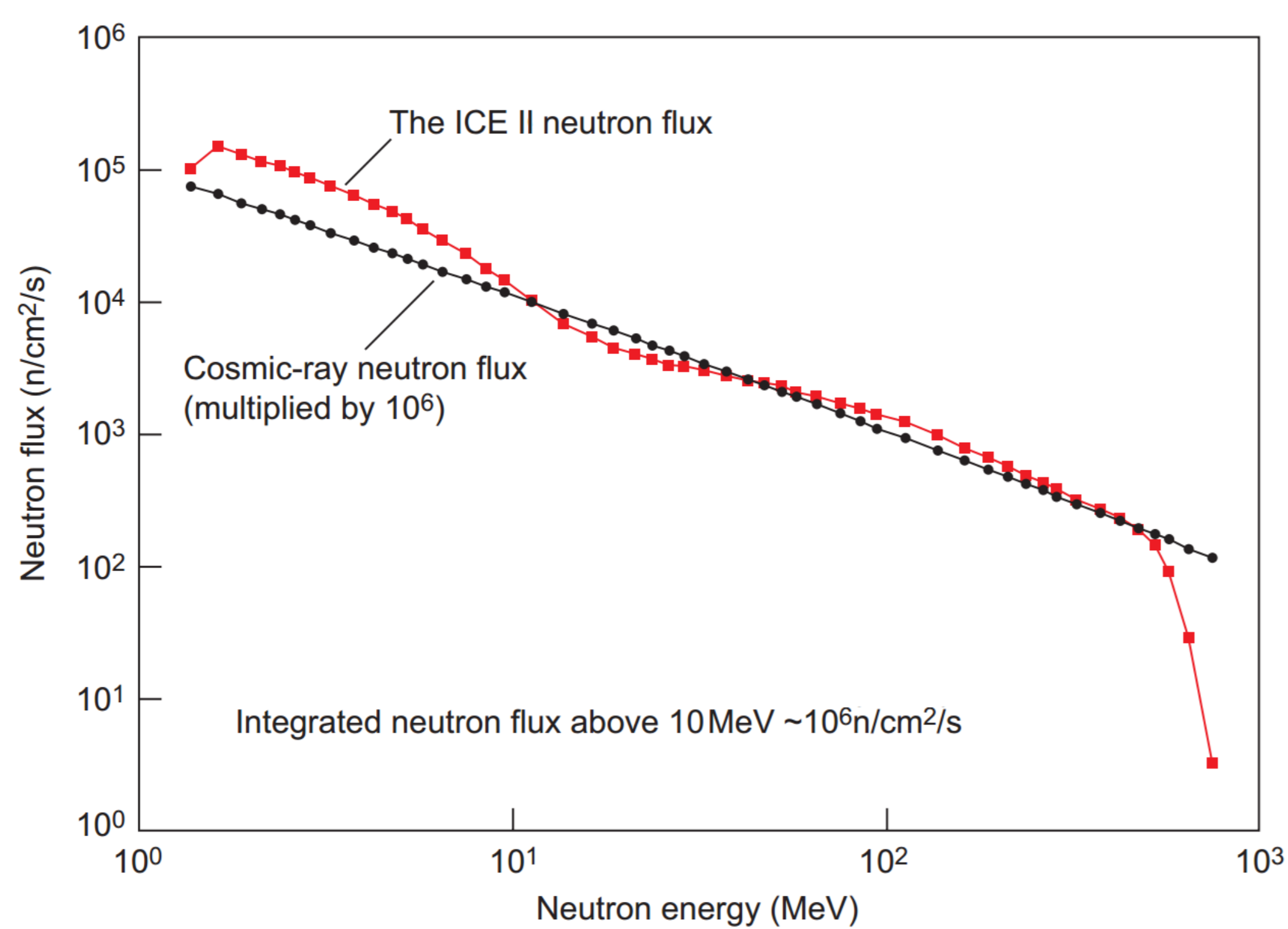


Figure 1: Fluxo de nêutrons no LANSCE comparado ao fluxo de nêutrons ao nível do mar multiplicado por  $10^8$

Como forma de analisar a sensibilidade de aplicações diversas, foi introduzido o fator MWBF (Trabalho Médio Realizado entre Falhas), que corresponde à quantidade de resultados gerados antes de um erro acontecer. Quanto maior o trabalho realizado sem falhas, maior o MWBF.

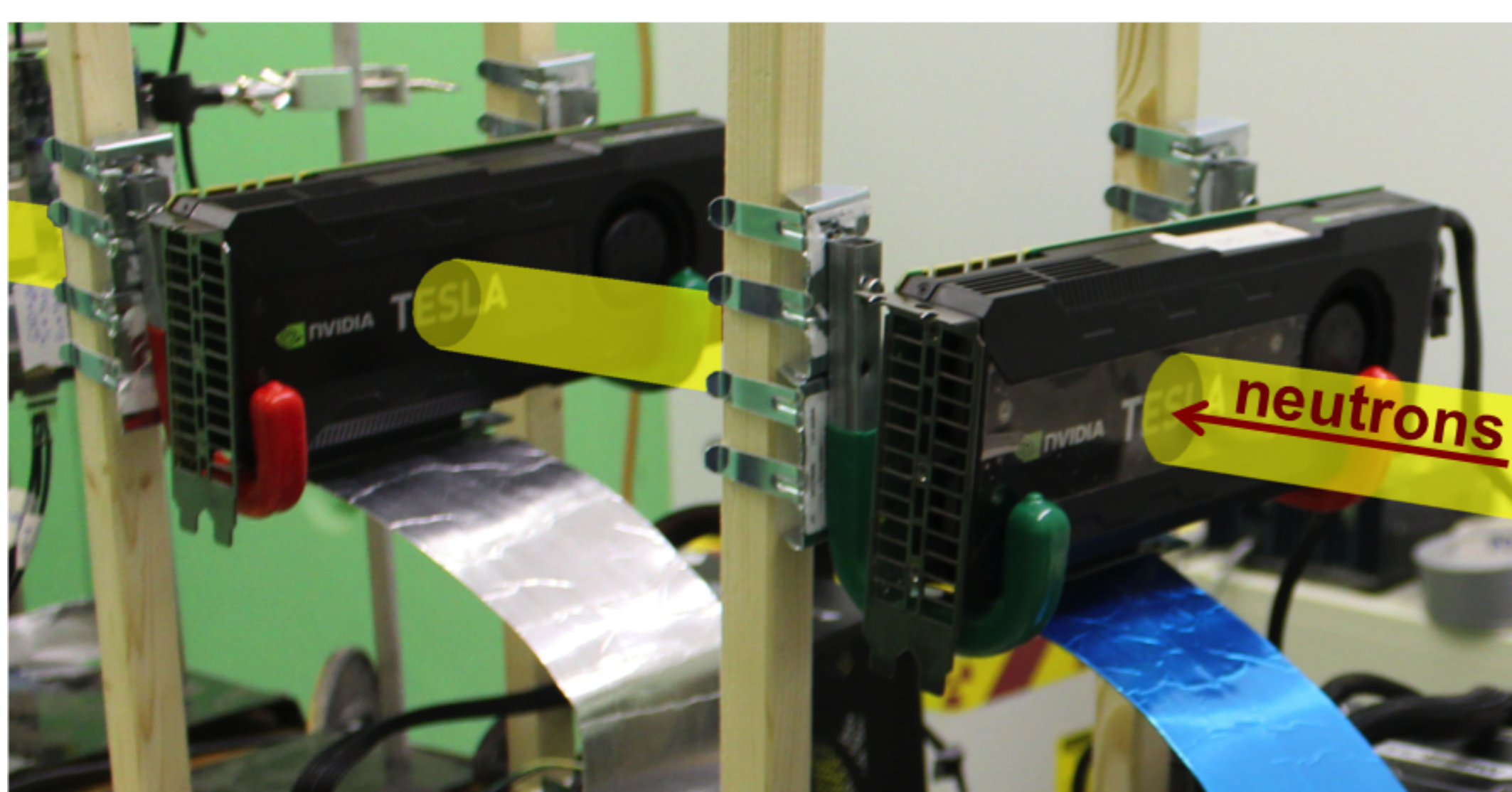


Figure 2: Posicionamento das placas Tesla K20 sob o fluxo de nêutrons

As aplicações utilizadas foram diversos benchmarks tais quais FFT (Fast Fourier Transform), GEMM (Multiplicação de Matrizes), Hotspot (Simulação de distribuição de calor em uma superfície), lavaMD (Simulação de colisão entre blocos) e Kmeans (Algoritmo de agrupamento). As diferentes naturezas destes benchmarks possibilitaram estender a abrangência desse grupo restrito de aplicações testadas para um âmbito muito maior de classes de aplicações.

## Resultados

Os resultados da experimentação com o código GEMM estão representados na Fig.3. Em caráter geral, as otimizações consistiram em um melhor uso da cache de cada Streaming Multiprocessor (SM), e na distribuição melhorada de trabalho em cada SM, reduzindo o tempo de acesso à memória.

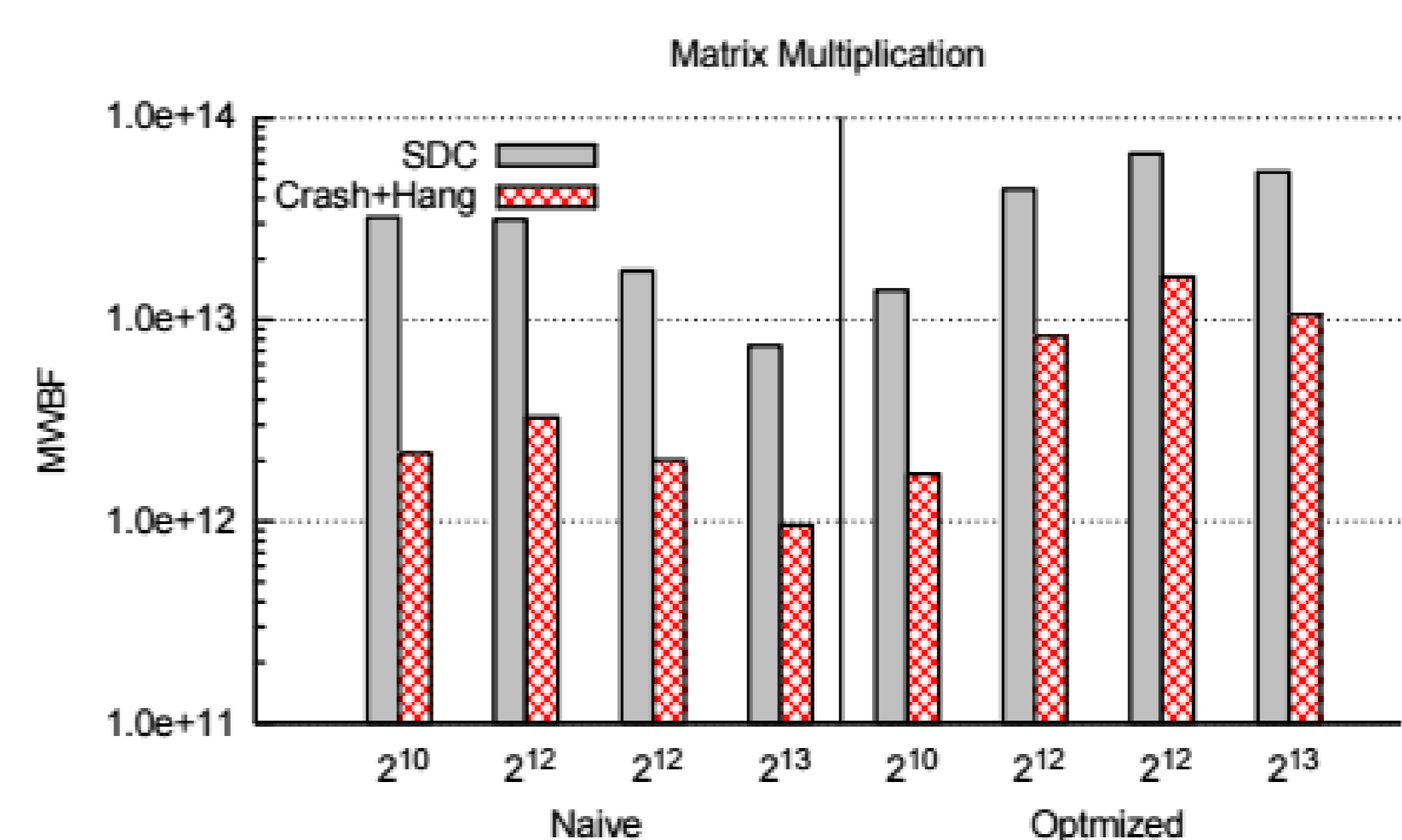


Figure 3: MWBF do código GEMM com diversos tamanhos de input

## Conclusão

O fator MWBF se mostrou de grande relevância no contexto de tolerância a falhas em aplicações críticas onde é esperado um grande fluxo de dados.

Foi também verificado que as otimizações em nível de uso de cache nas GPGPUs são de grande contribuição ao aumento da tolerância à falhas em aplicações críticas, já que diminuem o tempo de exposição dos dados críticos ao longo da execução da aplicação.

A meta para as próximas pesquisas será analisar o impacto na tolerância à falha das tecnologias embarcadas nas novas arquiteturas de GPGPUs do mercado, como o Dynamic Parallelism e o Hyper-Q.

## References

- [1] NVIDIA. NVIDIA Kepler K20 GPU Datasheet, 2012.
- [2] D. A. G. Oliveira, C.B. Lunardi, L. L. Pilla, P. Rech, P. O. A. Navaux, and L. Carro. Radiation Sensitivity of High Performance Computing Applications on Kepler-Based GPGPUs. In *International Workshop on Fault Tolerance for HPC at eXtreme Scale (FTXS 2014)*, co-located with *IEEE International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN 2014)*, Atlanta, USA, 2014.