

III Escola Regional de Alto Desempenho (ERAD)  
Região Nordeste  
Sessão de Iniciação Científica



UNIVERSIDADE  
FEDERAL RURAL  
DE PERNAMBUCO



Universidade Federal de Sergipe

# DESEMPENHO DO MODELO DE ISING BIDIMENSIONAL EM GPU E CPU

Wagner Sousa

David Beserra

Alberto Araújo

# AGENDA

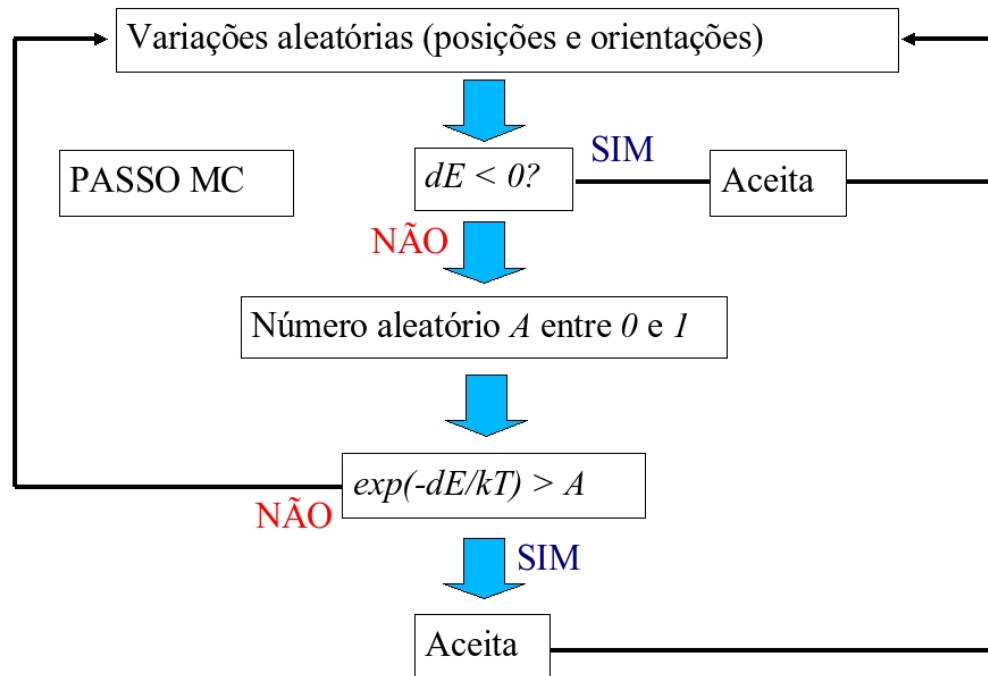
- Introdução
- O que fizemos nesse trabalho?
- Como fizemos?
- Quais foram os resultados obtidos?
- Considerações finais

# INTRODUÇÃO

- O modelo de Ising:
  - Muito utilizado em física estatística;
  - Computacionalmente intenso;
  - Apresenta grande paralelismo de dados.
- O algoritmo de Metropolis-Hastings
  - Método numérico computacional para resolução do modelo de Ising;
  - Impossível de simular redes de grandes dimensões em CPUs (ao menos em tempo hábil);
- Uma alternativa?
  - Paralelizar o algoritmo e executa-lo em Unidades de Processamento Gráfico (GPUs).

# INTRODUÇÃO

- Funcionamento geral do Algoritmo de Metropolis-Hastings:



# O QUE FIZEMOS NESSE TRABALHO?

## ○ Objetivos

- Comparar o tempo de execução de uma implementação paralela em GPU do algoritmo de Metropolis-Hastings em relação a uma implementação serial para CPU do mesmo algoritmo;
- Determinar o *speedup* obtido com o uso da implementação paralela em GPU do algoritmo de Metropolis-Hastings em relação a uma implementação serial para CPU do mesmo algoritmo.

# COMO FIZEMOS?

- Programas implementados:
  - Primeiro, foi implementada uma versão serial do algoritmo para CPU.
  - Em seguida, foi implementada uma versão paralela do algoritmo para execução em GPU, com as seguintes características:
    - Matriz de spins particionada em quatro segmentos bidimensionais, como em [Preis et al. 2009];
    - Segmentos de matrizes foram designados a blocos quadrados de threads paralelas de tamanho 32x32, que constituem *grids* computacionais quadrados de tamanho 16x16.

# COMO FIZEMOS?

- Ambiente de execução dos testes
  - CPU
    - Intel Core i7 2.4 GHz (quad core);
    - 8 GB RAM DDR 3.
  - GPU
    - GeForce GT 740M;
    - 384 CUDA cores;
    - 2 GB RAM.



# QUAIS FORAM OS RESULTADOS OBTIDOS?

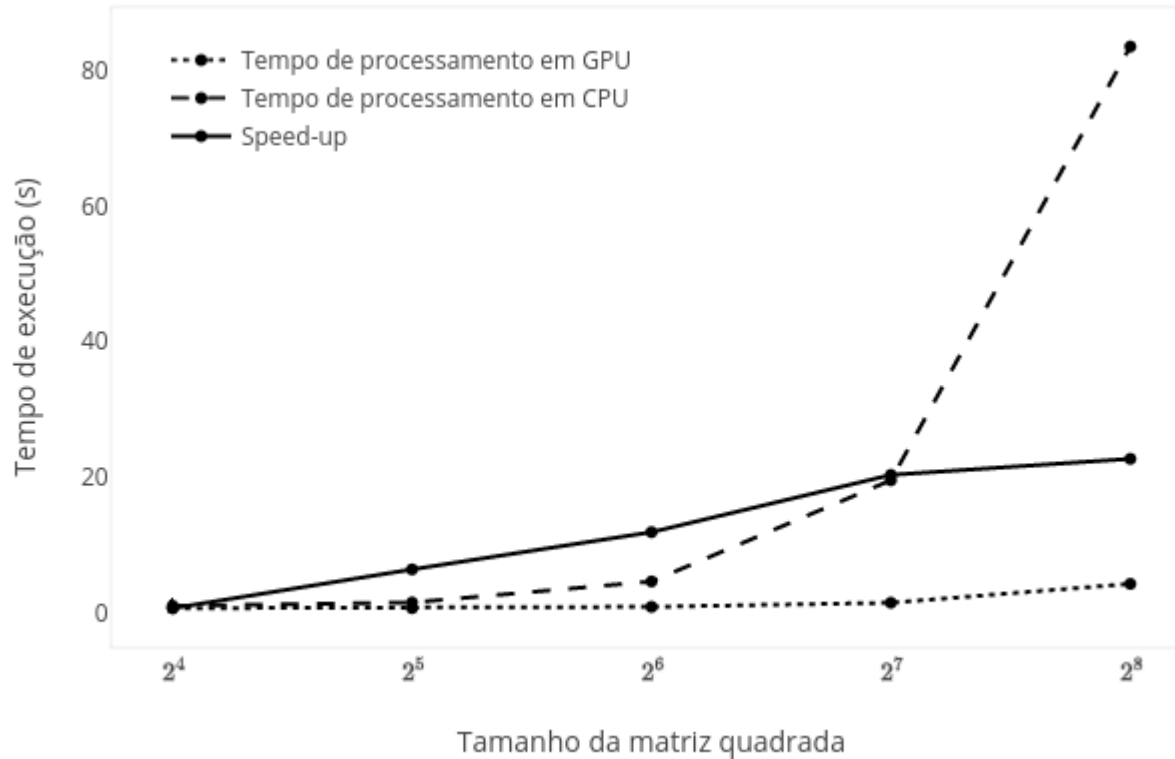


Figura 1. Tempo de processamento total das simulações. As linhas tracejada e pontilhada estão para as simulações serial e paralela, respectivamente.



# QUAIS FORAM OS RESULTADOS OBTIDOS?

- Após a execução, foi observado que:
  - O *speedup* da aplicação cresce a medida que a rede de spins aumenta;
  - O maior *speedup* obtido foi de 22x.

Tabela 1. *Speedup* e tempo de execução (em segundos) por redes de spins.

Tamanho da rede	Tempo de execução (em segundos)		Speed-up
	CPU	GPU	
$2^4$	0,5	0,15	0,15
$2^5$	1,0	0,16	5,88
$2^6$	4,1	0,35	11,38
$2^7$	19,04	0,96	19,83
$2^8$	83,05	3,74	20,22

# QUAIS FORAM OS RESULTADOS OBTIDOS?

- Resultados da simulação para redes de spins de tamanhos diversos:

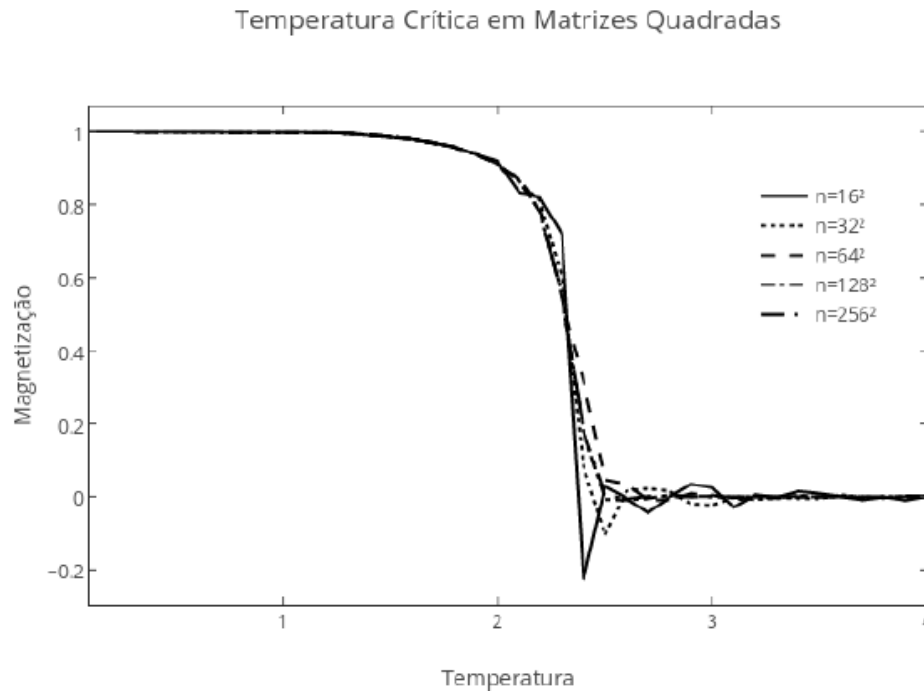


Figura 2. Temperatura crítica em redes de spins quadradas. Após passar pela temperatura crítica, a magnetização tende a zero.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Desempenho de GPU superior ao de CPU
- Desempenho de GPU mais escalável que o de CPU
- Trabalhos futuros:
  - Repetir experimento com implementações do Algoritmo de Metropolis-Hastings aplicados em sistemas tridimensionais;
  - Repetir experimento, porém em ambientes virtualizados;
  - Expandir simulação para ambientes de cluster com MPI+CUDA

OBRIGADO!

○ DUVIDAS?



# REFERÊNCIAS

- Harvey, M. J. and Fabritiis, G. D. (2009). An implementation of the smooth particle mesh ewald method on gpu hardware. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 5(9):2371–2377.
- Ising, E. (1925). Beitrag zur theorie des ferromagnetismus. *Zeitschrift für Physik*, 31(1):253–258.
- Metropolis, N., Rosenbluth, A. W., Rosenbluth, M. N., Teller, A. H., and Teller, E. (1953). Equation of state calculations by fast computing machines. *The Journal of Chemical Physics*, 21(6).
- Onsager, L. (1944). Crystal statistics. i. a two-dimensional model with an order-disorder transition. *Phys. Rev.*, 65:117–149.
- Preis, T., Virnau, P., Paul, W., and Schneider, J. J. (2009). {GPU} accelerated monte carlo simulation of the 2d and 3d ising model. *Journal of Computational Physics*, 228(12):4468 – 4477.