

Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Naturais e Exatas  
Departamento de Física  
Laboratório de Teoria da Matéria Condensada

# Teoria de campo médio com cluster aplicada ao modelo de Ising

Helena Zirbes Maurer

29 de Maio de 2014

# O Modelo de Ising

Proposto em 1920 por Wilhelm Lenz com o intuito de estudar os fenômenos magnéticos em materiais. O modelo foi resolvido exatamente para uma dimensão em 1925 por Ernst Ising.

Em 1944 Lars Onsager resolveu o modelo para duas dimensões na ausência de um campo magnético e mostrou que é possível obter uma transição de fase.

O modelo de Ising nos permite estudar os efeitos que ocorrem próximos da temperatura crítica.

Hamiltoniano de Ising:

$$H(\sigma) = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \sigma_i \sigma_j - h \sum_i \sigma_i$$

$\sigma_i \sigma_j$  spins da rede (+1 ou -1)

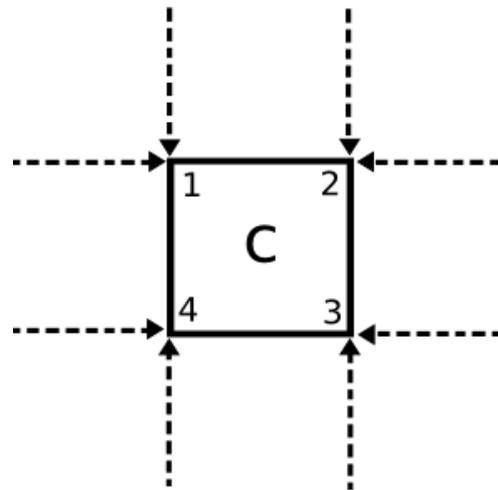
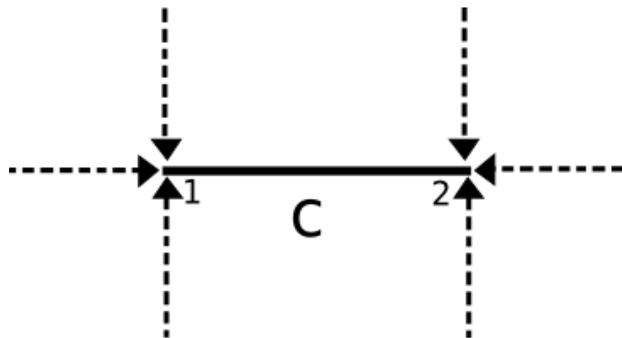
$J$  é a interação de troca

$\langle i,j \rangle$  soma é feita sobre sítios vizinhos

$h$  é o campo magnético externo

# Teoria de Campo Médio com Cluster

Representações esquemáticas das redes utilizadas:



Hamiltoniano de Ising com aproximação de campo médio com cluster

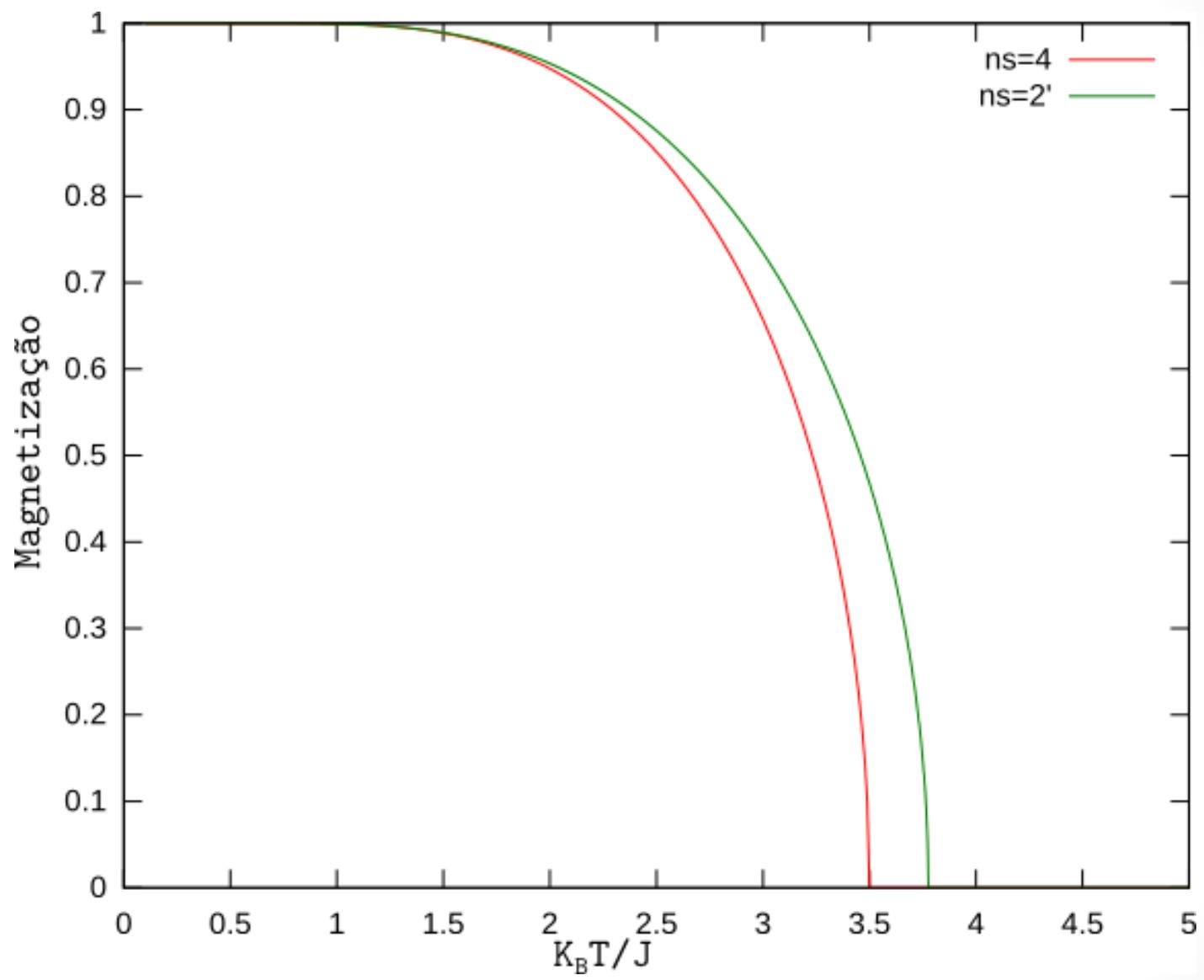
$$H(\sigma) = -J \sum_{\langle i,j \rangle} \sigma_i \sigma_j - h \sum_i \sigma_i - m_f \sum_i \sigma_i$$

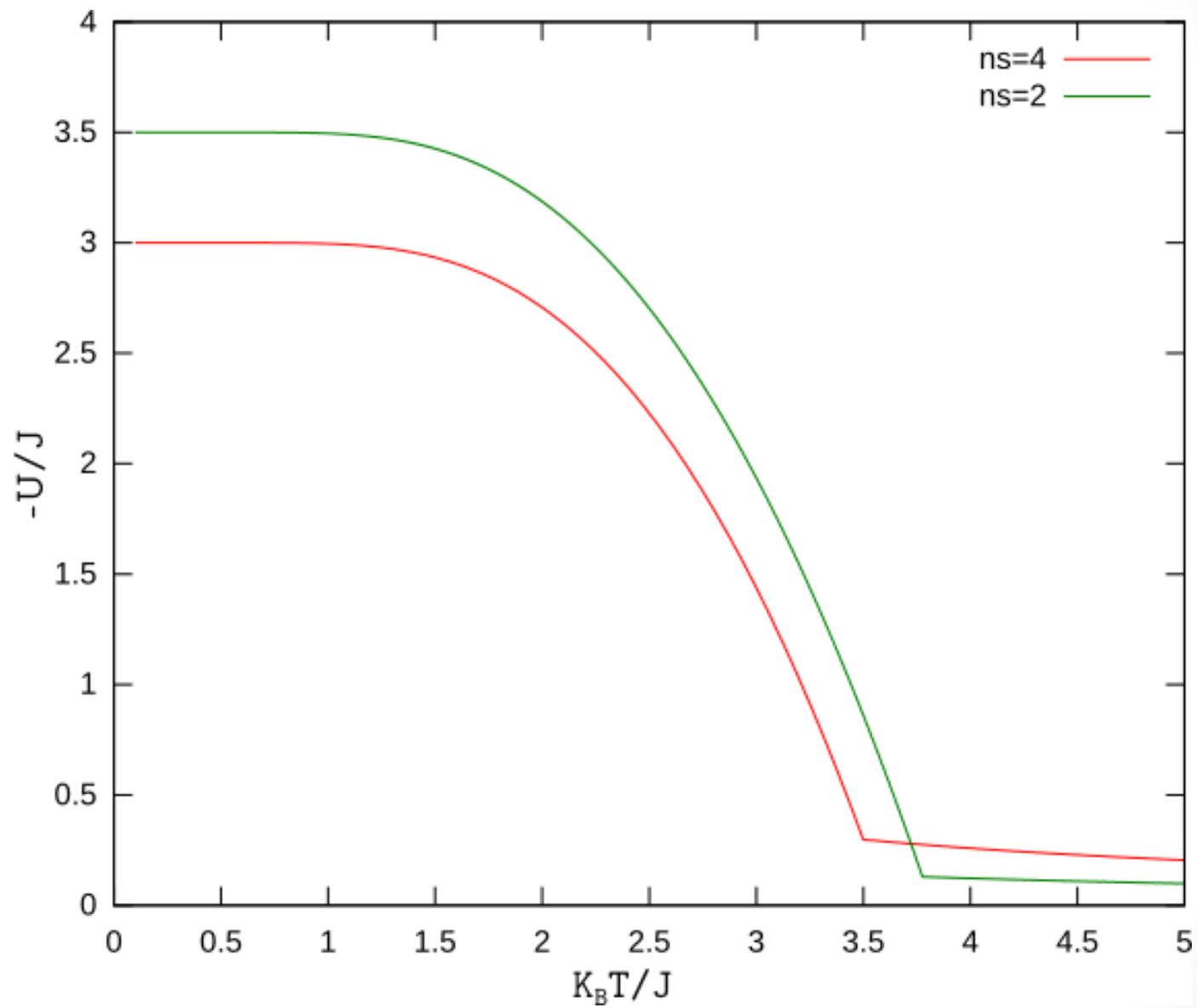
Magnetização por spin

$$m_f = \frac{\sigma_i e^{-\beta H_i}}{z}$$

Aproximação de campo médio fornece um entendimento qualitativo do comportamento da interação entre sistemas de muitos corpos.

A teoria de campo médio ainda é extensivamente utilizada, devido à sua simplicidade e ao baixo custo computacional da sua aplicação.





# Conclusão

Com a análise dos gráficos podemos ver que quanto maior for o número de spins no cluster mais próximo chegamos do valor exato da transição de fase obtida por Lars Onsager. Com o aumento dos clusters veremos o que ocorre chegando mais perto deste valor da transição.

## Referências

- Yamamoto, D. Cluster Mean-Field Approach Including Correlation Effects between Clusters. *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Vol. 200, 022072 (2010).
- Yamamoto, D. Correlated cluster mean-field theory for spin systems. *Physical Review B*, American Physical Society, Vol. 79, 144427 (2009).
- Costa, L. M. da. *O modelo de Ising 2D*. São Paulo, USP.