

Desenvolvimento de ferramentas gráficas para o estudo de sistemas que apresentam Exchange Bias

Introdução e objetivo

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento da interface gráfica de um software capaz de reproduzir o comportamento de sistemas magnéticos. Trata-se de um programa que executa cálculos micromagnéticos com ajuda da equação de LLG. Pretende-se aplicá-lo no estudo do fenômeno de Exchange Bias, que resulta do acoplamento de troca entre um material ferromagnético (FM) e um material antiferromagnético adjacente (AF). O deslocamento da curva de histerese e o aumento da coercividade são suas manifestações mais conhecidas.

Metodologia

Através do uso da linguagem de Programação Python 2.7.6, foram elaborados gráficos tanto em 2D quanto 3D usando, respectivamente, as bibliotecas Numpy, Scipy e Matplotlib, e a ferramenta de desenvolvimento gráfico em 3D e programação científica Mayavi 4.3.1. Os dados obtidos através das simulações e analisados graficamente foram basicamente: a energia dos sistemas magnéticos multicamadas, as projeções dos momentos magnéticos, assim como as constantes de anisotropia. A partir destas informações foi possível desenvolver uma ferramenta que permite ao usuário obter uma forma de visualização dos sistemas magnéticos simulados em computador.

Resultados obtidos

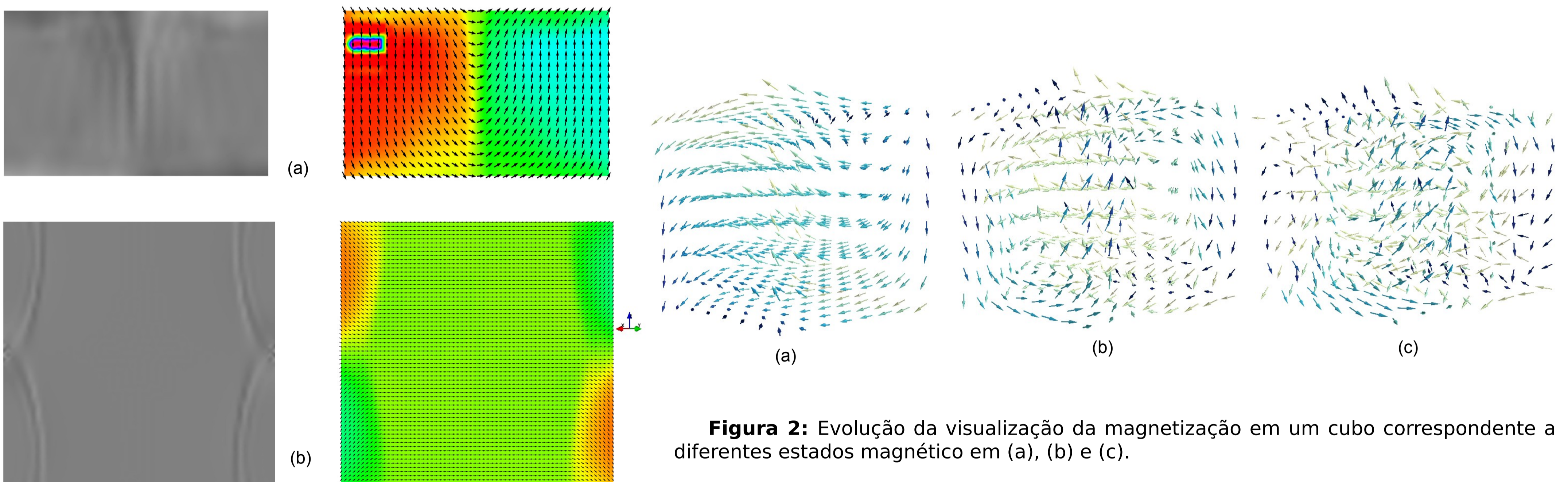


Figura 1: (a) - Estado C. (b) - Standard Stage. A imagem à esquerda corresponde as projeções das magnetizações no eixo z e à direita as projeções no eixos x e y.

Figura 2: Evolução da visualização da magnetização em um cubo correspondente a diferentes estados magnético em (a), (b) e (c).

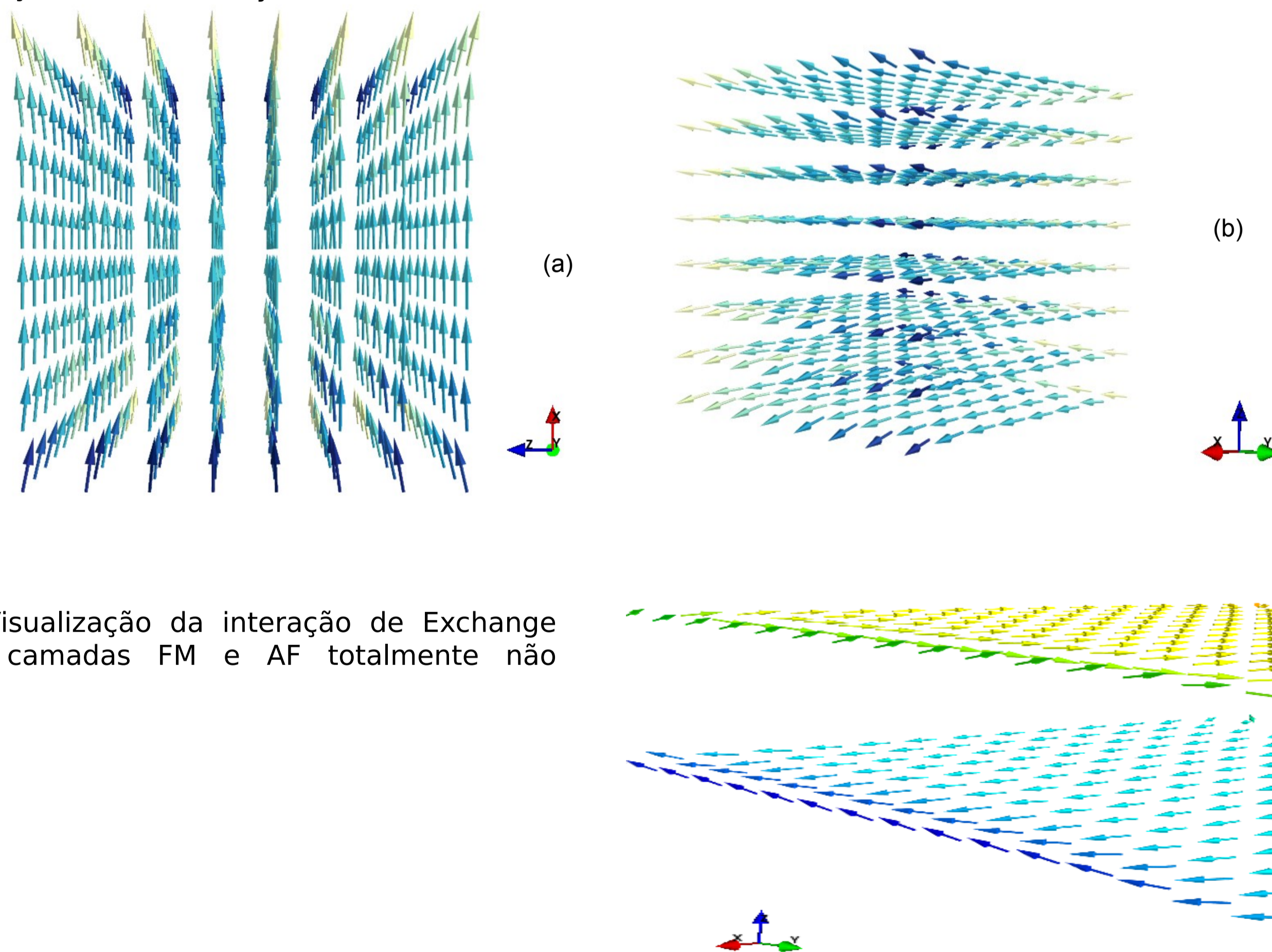


Figura 4: Visualização da interação de Exchange Bias entre as camadas FM e AF totalmente não compensadas.

Figura 3: Flower State. Consiste em um dos possíveis estados para verificação do funcionamento do micromagnetismo. Visualização em diferentes perspectivas em (a) e (b).

Considerações Finais

Com auxílio desta ferramenta foi possível aprimorar a análise de dados de sistemas magnéticos simulados computacionalmente, além de dar liberdade ao usuário de escolher uma forma de visualização que valorize as informações de seu interesse. Foi possível ainda observar a variação da energia, a evolução dos momentos magnéticos e as constantes de anisotropia em bicamadas FM/AF durante curvas de histerese.

Referências Bibliográficas

- LANDAU, L.D.; LIFSHITZ, E.M. (1935), "Theory of the dispersion of magnetic permeability in ferromagnetic bodies", Phys. Z. Sowietunion, 8, 153
NOGUÉS, J.; IVAN K. SCHULLER (1999-02-15). "Exchange bias". Journal of Magnetism and Magnetic Materials 192 (2): 203–232. Bibcode:1999JMMM..192..203N. doi:10.1016/S0304-8853(98)00266-2
KRONMULLER, H.; FANHLE, M., Micromagnetism and the microstructure of ferromagnetic solids; Cambridge : Cambridge University Press, 2009.