



# Simpósio de Integração Acadêmica

## “Ciências Básicas para o Desenvolvimento Sustentável”

SIA UFV 2023



# MAGNETORRESISTÊNCIA ANISOTRÓPICA EM FILMES FINOS MAGNÉTICOS DE PERMALLOY CRESCIDOS OBLIQUAMENTE PELA TÉCNICA DE SPUTTERING

Murilo Quirino de Andrade<sup>1</sup> (murilo.andrade@ufv.br); Joaquim Bonfim Santos Mendes<sup>2</sup> (joaquim.mendes@ufv.br)

Departamento de Física (DPF), Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Ciências Exatas e Tecnológicas, Física da Matéria Condensada. Trabalho de Pesquisa.

## Introdução

Os fenômenos magnéticos em nanoestruturas são de grande interesse dentro das áreas da física de matéria condensada, pois apresentam grandes possibilidades para investigações em ciência básica e também para aplicações tecnológicas. A descoberta do fenômeno de Magnetorresistência Gigante (GMR) nos anos 80, e mais recentemente a descoberta dos efeitos Spin Hall, Spin Hall Inverso e Efeito Seebeck de Spin [1, 2, 3, 4] tornaram-se fundamentais para avanços diversos na Spintrônica. A Magnetorresistência é a capacidade de materiais magnéticos alterarem sua resistência elétrica quando submetidos a um campo magnético externo.

## Objetivos

Neste trabalho, investigamos a Magnetorresistência Anisotrópica (AMR) [6] em filmes finos de Permalloy (Py) crescidos sobre substrato de Silício (Si) pela técnica de *Sputtering* oblíquo (12,2nm de espessura), comparando amostras com diferentes ângulos de crescimento  $\beta$ . O crescimento por *Sputtering* oblíquo é capaz de induzir forte anisotropia uniaxial na amostra devido ao efeito de *self-shadowing* [7].

## Material e Método

A amostra é posicionada centralizada entre dois eletroímãs alimentados por uma fonte de tensão bipolar (BOP) para garantir uniformidade do campo magnético externo. Os contatos elétricos na amostra são feitos com fios finos de cobre e tinta de prata. Mantendo a corrente elétrica fixa na amostra, é feita uma varredura de campo magnético de um valor "negativo" a um valor "positivo", e então uma varredura inversa. A tensão elétrica na amostra é medida por uma unidade *Source/Measure*, e uma curva de tensão elétrica em função do campo magnético é obtida. Todo processo de alimentação e obtenção de dados é automatizado em um programa em *Lab-View* pelo computador, via GPIB.

## Apoio financeiro



## Resultados

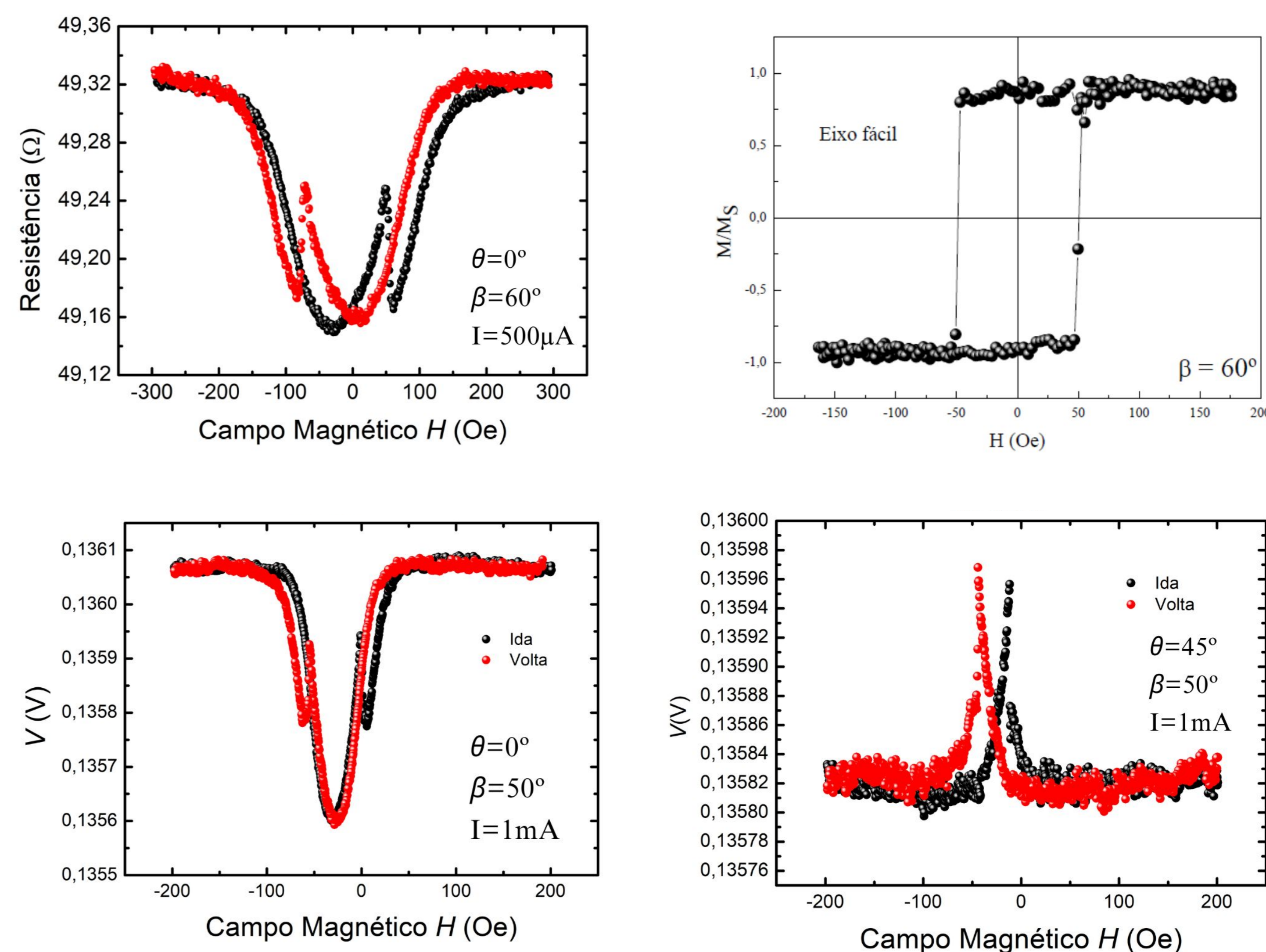


Figura 1 - (a): Curva de MR para amostra crescida com  $\beta=60^\circ$ ; (b): Curva de magnetização por efeito Kerr Magneto-óptico (MOKE) da amostra crescida com  $\beta=60^\circ$ ; (c) e (d): Curvas de MR para amostra crescida com  $\beta=50^\circ$ , para diferentes ângulos  $\theta$  entre corrente elétrica e as linhas de campo magnético.

## Discussões e Conclusões

A curva obtida na Fig. 1 (a) mostra a dependência da resistência elétrica com a intensidade do campo magnético, e possui picos em torno de  $-50$  Oe e  $+50$  Oe, que coincidem com os campos de transição na curva de histerese da magnetização em (b). Nas figuras (c) e (d) podemos notar a dependência da AMR com o ângulo  $\theta$  entre a corrente elétrica e o campo. As curvas obtidas estão de acordo com o modelo teórico de Stoner-Wohlfarth [8]. Concluímos que obtemos resultados satisfatórios para medidas de AMR com *setup* experimental de simples implementação e totalmente automatizado, e os avanços deste trabalho podem contribuir para que seja possível, de maneira sistemática, caracterizar filmes finos crescidos pela técnica de *Sputtering* oblíquo no Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa.

## Bibliografia

- [1] G. Binasch et al. *Enhanced magnetoresistance in layered magnetic structures with antiferromagnetic interlayer exchange*. Phys. Rev. B 39, 4828 (1989);
- [2] M. N. Baibich et al. *Giant Magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices*. Phys. Rev. Lett. 61, 2472 (1988);
- [3] J. Hirsch *Spin hall effect*. Physical Review Letters vol. 83, n° 9, p. 1834, (1999);
- [4] J. Sinova et al. *Spin Hall effects*. Rev. Mod. Phys. 87, 1213 (2015);
- [5] K. Uchida et al. *Observation of the spin Seebeck Effect*. Nature 455, (778-781) (2008);
- [6] W. Thompson *On the electro-dynamic qualities of metals: - Effects of magnetization on the electric conductivity of nickel and of iron*. Proceedings of the Royal Society of London (Vol. 8, pp. 546-550). The Royal Society. (1857);
- [7] Y. Hoshi et al. *Uniaxial magnetic anisotropy of iron thin films deposited by oblique incidence of deposition particles*. Journal of Applied Physics (Vol. 79, Issue 8, p. 4945). AIP Publishing. (1996).
- [8] Stoner, E. C., & Wohlfarth, E. P. *A mechanism of magnetic hysteresis in heterogeneous alloys*. IEEE Transactions on Magnetism (Vol. 27, Issue 4, p. 3475-3518). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (1991).