

NanoWork CBPF 2026

Workshop de Nanociências e Nanofabricação LABNANO

Livro de Resumos

Workshop de Nanociências e Nanofabricação

CBPF 2026

Programação

NanoWork CBPF 2026 — Workshop de Nanociências e Nanofabricação LABNANO

Quarta-feira, 2 de setembro de 2026

Horário	Sessão	Atividade
09:00–09:15	Registro	Registro dos participantes
09:15–09:30	Abertura	Sessão de abertura
09:30–10:15	Sessão 1: Microscopia	Plenária: Paula Jardim
10:15–10:45	Intervalo	Coffee break
10:45–12:00	Sessão 1	Suzana Peripolli; David Pereira; Anupama Ghosh; Fernanda Medeiros; Paulo Picciani
12:00–13:30	Almoço	Intervalo para almoço
13:30–14:45	Sessão 2: Biomateriais	Plenária: Helen Ferraz; Rodrigo Tomazzetto
14:45–16:00	Sessão de pôsteres	Coffee break / sessão de pôsteres
16:00–17:00	Sessão 2	Sara Gemini; Tiago Balbino; Ana Beatriz de Souza; Carolina N. Keim
17:00–17:30	Visita aos laboratórios	Visita aos laboratórios do LABNANO

Quinta-feira, 3 de setembro de 2026

Horário	Sessão	Atividade
09:00–10:15	Sessões 3/4: Sensores e Nanofabricação	Plenária: Lucimara S. Roman; Rafael Souza Palmeira
10:15–10:45	Intervalo	Coffee break
10:45–12:00	Sessão 3/4	Marcos Vinícius Woiski Barcote; Luciana Dornelas Pinto; Thaís C. V. Carvalho; Fabrício Borghi
12:00–13:30	Almoço	Intervalo para almoço
13:30–14:30	Sessão 4	Plenária: Alisson R. Cadore
14:30–14:45	Intervalo	Intervalo
14:45–15:45	Sessão 4	Plenária: Carlos C. B. Bufon
15:45–16:15	Intervalo	Coffee break
16:15–17:30	Encerramento	Perspectivas LABNANO e RAU

Sumário

Programação	ii
Microscopia eletrônica avançada	1
1 Caracterização de Nanoplaquetas de Grafeno para Aplicação em Óleo Lubrificante	1
2 FOTOCATALISADORES DE NaNbO_3 NANOESTRUTURADOS CRESCIDOS SOBRE PLACAS DE Nb E DECO- RADOS COM NANOPARTÍCULAS DE OURO	2
3 Influência de parâmetros físico-químicos na síntese de filmes de quitosana contendo cristais de carbonato de cálcio	3
4 Relatório de uso da plataforma multiusuário de microscopia eletrônica do LABNANO (2022-2025) .	4
5 Nanofibras de celulose como suporte reativo para produção de catalisadores nanométricos	5
Nanofabricação e suas aplicações	6
6 Estudo da nanonucleação utilizando nanofios de Ni eletrodepositados em membranas de alumina nanoporosa.	6
7 Obtenção e caracterização de flakes de FGT	7
8 Controle Elétrico da Magnetização em Filmes Finos Acoplados de Pt/Co/Ru/Co/Pt	8
9 Otimização de Ion Beam Etching em Filmes Finos de Nióbio para Circuitos Supercondutores	9
10 Fabricação de filmes finos de carbeto de tungstênio com diferentes dopantes para a produção de hidrogênio verde	10
11 Investigação da síntese de matriz de nanofios intermetálicos por infiltração de Ga líquido em cerâmicas nanoporosas altamente anisotrópicas	10
12 Ressonância Ferromagnética em Microestruturas	11
13 NANOPARTÍCULAS DE FERRITA CORE/SHELL: UM ESTUDO DE SÍNTESE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA . .	12
14 Processo de Fabricação de Sensores SQUID para Detecção de Carbono-13	13
Biomateriais e nanobiotecnologia	14
15 Detecção de Biomoléculas e Vírus por Espalhamento Dinâmico de Luz e Nanopartículas Anisotrópi- cas	14
16 Síntese verde de nanopartículas de quitosana carregadas com óleo essencial de <i>Piper aduncum</i> rico em dilapiol como sistema sustentável de bioinseticida	15
17 Precipitação de minerais autigênicos nas esteiras microbianas da Lagoa Vermelha, Saquarema, Brasil	16
18 Investigação de Micelas em Detergentes Usando SAXS: Um Estudo Sobre Variações de Marca, Efeitos de Concentração e Temperatura	17
19 Proposta de produção de vesículas de gás funcionalizadas para atuação como marcadores de fotoacústica	18
20 COFs Hidrofóbicos como uma Plataforma para Imobilização Instantânea e de Alta Capacidade de Lipase de <i>Diutina (Candida) rugosa</i>	19

21	Synthesis of albumin particles loaded with rose oxide: analysis of biocompatibility as a pharmaceutical prototype and effectiveness in a preclinical anticonvulsant model	20
Sensores e dispositivos: fundamentos físicos, químicos e biológicos		21
22	Deteção de mágnons em geometrias não convencionais de YIG via defeitos com spin em nitreto de boro hexagonal	21
23	Scanner Magnético Digital 3D para Detecção e Mapeamento de Fuga de Fluxo (MFL) em Estruturas Ferromagnéticas	22
24	Células solares de GaAs sobre bases flexíveis de PVC:PMMA	23
25	Sensoriamento quântico com centros NV de diamante para aplicações em laboratórios em chip.	24
26	Rumo ao Desenvolvimento de Dispositivos Orgânicos Multifuncionais por Meio de Filmes Finos Nanoestruturados	24
27	Síntese e caracterização de filmes finos de SrTiO₃ dopados com Nb crescidos próximos à temperatura ambiente	25
28	Desenvolvimento de Sensor Óptico de pH Baseado em Fibra Óptica Plástica Funcionalizada com Compósito PVA/Polianilina	26
29	Modelagem computacional de dispositivos supercondutores para controle de qubits	27
30	Construção de um Plastômero Customizado para Análise de Fluidez de Filamentos Multifuncionais 3D	28
31	Desenvolvimento de uma plataforma modular para automação de experimentos com centros NV em diamante utilizando Python	29

Microscopia eletrônica avançada

1 Caracterização de Nanoplaquetas de Grafeno para Aplicação em Óleo Lubrificante

Characterization of Graphene Nanoplatelets for Application in Lubricating Oil

Juliana Ferreira dos Santos¹, Deborah Vargas Cesar², Fábio Gatamorta¹, Carolina Paz Garín Correa⁴, Matheus Costa Ximenes¹, Camila Alves Pelicarto da Silva¹, Giovanna Machado⁵, Alberto Nei Carvalho Costa³, Alessandro Dias de Oliveira³, Jose Brant de Campos¹, Mila Rosendhal Avelino^{1,6}, Suzana Bottega Peripolli¹

Departamento de Engenharia Mecânica, UERJ, Rio de Janeiro – RJ.

² *Departamento de Química Analítica, UERJ, Rio de Janeiro – RJ.*

³ *Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, Rio de Janeiro – RJ.*

⁴ *Laboratório de Corrosão, LABCORR - UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.*

⁵ *Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste, CETENE, Recife – PE.*

⁶ *Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Inmetro, Rio de Janeiro – RJ.*

*julianafs100@gmail.com

Palavras-chave: Óxido de Grafeno Reduzido (rGO); Caracterização Morfológica; Composição Química Elementar

Keywords: Reduced Graphene Oxide (rGO); Morphology; Chemical Composition

Resumo

O grafeno é uma estrutura lamelar que apresenta propriedades físico-químicas relevantes para o desempenho tribológico quando utilizado como aditivo em óleo lubrificante, mostrando-se promissor na redução do atrito e do desgaste em sistemas mecânicos [1].

Este trabalho tem como objetivo caracterizar três amostras distintas de óxido de grafeno reduzido (rGO), denominadas rGO, rGO 4 e rGO Placas, visando à aplicação dessas nanoplaquetas em óleo lubrificante. As amostras foram produzidas a partir de óxido de grafeno obtido pelo método de Hummers modificado e submetidas a diferentes processos de redução, rGO, por redução térmica em rampa de aquecimento até aproximadamente 1000°C, rGO 4, por redução química por até 4 horas e rGO Placas, também por redução térmica [2].

As amostras foram dispersas e depositadas sobre substratos de silício (Si) para caracterização por Microscopia

Eletrônica de Varredura (MEV), seguindo parcialmente a norma ABNT ISO/TS 21356-1 [3]. As imagens por elétrons secundários foram utilizadas para análise morfológica e Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDS) para identificação dos elementos químicos presentes e avaliação de possíveis contaminações decorrentes da preparação das amostras. Adicionalmente, a espectroscopia Raman foi empregada para avaliação estrutural do material grafênico. A análise morfológica mostrou que a amostra rGO apresentou folhas de grafeno mais dispersas e enrugadas, enquanto as amostras rGO 4 e rGO Placas exibiram folhas mais lisas e aglomeradas. A análise química por EDS confirmou a presença de carbono e oxigênio, constituintes do material grafênico, além de silício proveniente do substrato utilizado. Os resultados indicam que a preparação das amostras ocorreu sem evidências de contaminação por outros elementos químicos e demonstram o potencial dessas nanoplaquetas para aplicação futura como aditivos em óleos lubrificantes.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio da bolsa PROATEC. Os autores agradecem o apoio do LabMEQ/IQ/UERJ, do LabNano/CBPF e do LAFES/INMETRO pelo suporte experimental e pelas análises de caracterização realizadas neste estudo.

Abstract

Graphene is a lamellar structure that exhibits relevant physicochemical properties for tribological performance when used as an additive in lubricating oil, showing promise in reducing friction and wear in mechanical systems [1].

The objective of this work is to characterize three distinct reduced graphene oxide (rGO) samples, named rGO, rGO 4, and rGO Plates, aiming at the application of these nanoplatelets in lubricating oil. The samples were produced from graphene oxide obtained by the modified Hummers method and subjected to different reduction processes: rGO was obtained by thermal reduction using a heating ramp up to approximately 1000 °C, rGO 4 by chemical reduction for up to 4 hours, and rGO Plates also by thermal reduction [2].

The samples were dispersed and deposited onto silicon (Si) substrates for characterization by Scanning Electron Microscopy (SEM), partially following the ABNT ISO/TS 21356-1 standard [3]. Secondary electron images were used for morphological analysis, and Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) was employed to identify the chemical elements present and evaluate possible contamination arising from sample preparation. Additionally, Raman spectroscopy was employed for the structural evaluation of the graphene-based material.

Morphological analysis showed that the rGO sample exhibited more dispersed and wrinkled graphene sheets, whereas the rGO 4 and rGO Plates samples displayed smoother and more agglomerated sheets. Chemical analy-

sis by EDS confirmed the presence of carbon and oxygen, which are constituents of graphene-based materials, in addition to silicon originating from the substrate used. The results indicate that sample preparation occurred without evidence of contamination by other chemical elements and demonstrate the potential of these nanoplatelets for future application as additives in lubricating oils.

Acknowledgements

This work was supported by the PROATEC scholarship. The authors acknowledge the support of LabMEQ/IQ/UERJ, LabNano/CBPF, and LAFES/INMETRO for the experimental support and characterization analyses performed in this study.

[1] PATEL, J.; KIANI, A. Effects of reduced graphene oxide (rGO) at different concentrations on tribological properties of liquid base lubricants. *Lubricants*, v. 7, n. 2, p. 11, 2019. DOI: 10.3390/lubricants7020011.

[2] BENEVIDES, A. P.; CAMPOS, A. R.; VIEIRA, L. C.; PEREZ, C. R.; CESAR, D. V. Reduced Graphene Oxide-Zinc Oxide Flower-Like Composite for Glass-Ionomer Materials Reinforcement. *Materials Research*, v. 23, n. 1, e20190580, 2020. DOI: 10.1590/1980-5373-MR-2019-0580.

[3] INMETRO. *Técnicas de caracterização de óxido de grafeno, parte 2: Microscopia eletrônica de varredura e microscopia de força atômica*. [Documento interno confidencial]. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – INMETRO.

2 FOTOCATALISADORES DE NaNbO_3 NANOESTRUTURADOS CRESCIDOS SOBRE PLACAS DE Nb E DECORADOS COM NANOPARTÍCULAS DE OURO

NANOSTRUCTURED NaNbO_3 PHOTOCATALYSTS GROWN ON Nb

PLATES AND DECORATED WITH GOLD NANOPARTICLES

Leticia P. M. de Carvalho^{*1}, Thaís L. de Paiva¹, Beatriz R.

Canabarro², Paula M. Jardim¹

¹ PEMM-COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*leticia.pinheiro@poli.ufrj.br

Palavras-chave: fotocatalisadores, cocatalisadores, deposição metálica

Keywords: photocatalyst, cocatalyst, metal deposition

Resumo

O niobato de sódio apresenta propriedades semicondutoras que conferem atividade fotocatalítica, tornando-o um material promissor para aplicações em geração de hidrogênio e degradação de poluentes orgânicos [1]. Embora sua eficiência fotocatalítica ainda seja limitada, a deposição de cocatalisadores, particularmente nanopartículas de metais nobres, está entre as principais estratégias utilizadas para aprimorar seu desempenho [2].

Neste trabalho, uma superfície nanoestruturada de NaNbO_3 foi produzida a partir de nióbio metálico por síntese hidrotérmica em solução de NaOH (40 °C, 36h, NaOH 0,75 mol·L⁻¹), seguida de tratamento térmico (520 °C, 15 min, sob vácuo) [3]. Para a deposição do cocatalisador, inicialmente foi realizado um planejamento experimental avaliando o efeito da corrente (20 e 40mA) e do tempo de sputtering (5 e 10s) sobre o tamanho das nanopartículas de ouro depositadas sobre grades de cobre recobertas com filme de carbono.

A morfologia superficial e a composição de fases da superfície placa de Nb após a síntese hidrotérmica e tratamento térmico foram avaliadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raios X com ângulo de incidência rasante (DRX-GI), confirmando a formação de uma camada de NaNbO_3 com estrutura cristalina ortorrômbica. Os cocatalisadores por sua vez, foram analisados por microscopia eletrônica de transmissão (MET). Os resultados mostraram, por meio de uma análise de partículas após binarização das imagens, que o diâmetro médio e o diâmetro de maior frequência atingiram valores máximos de 6,65 nm e 4,26 nm, respectivamente, nas condições mais severas de deposição e mínimos de 2,62 nm e 1,92 nm nas condições mais brandas. Em contrapartida, a densidade de partículas detectadas, em imagens com área analisada de aproximadamente 7.981 nm², apresentou comportamento oposto, com 160 e 196 partículas para as condições de deposição mais severa e mais branda, respectivamente, indicando uma distribuição mais fina e homogênea em menores correntes e tempos de sputtering.

Na etapa subsequente, nanopartículas de ouro serão depositadas diretamente sobre a superfície nanoestruturada utilizando os parâmetros otimizados identificados neste estudo, e o sistema será caracterizados por MET para avaliar a distribuição das nanopartículas sobre a nanoestrutura de NaNbO_3 . Esses resultados contribuirão para a compreensão da integração do cocatalisador à estrutura fotocatalítica e para o desenvolvimento de fotocatalisadores à base de NaNbO_3 mais eficientes.

Abstract

Sodium niobate exhibits semiconducting properties that confer photocatalytic activity, making it a promising material for hydrogen generation and the degradation of organic pollutants [1]. Although its photocatalytic efficiency is still limited, the deposition of cocatalysts, particularly noble metal nanoparticles, is among the main

strategies employed to enhance its performance [2].

In this work, a nanostructured NaNbO_3 surface was produced from metallic niobium through hydrothermal synthesis in NaOH solution (40°C , 36 h, $0.75\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaOH), followed by heat treatment (520°C , 15 min, under vacuum) [3]. For cocatalyst deposition, an experimental design was initially carried out to evaluate the effects of sputtering current (20 and 40 mA) and deposition time (5 and 10 s) on the size of gold nanoparticles deposited onto carbon-coated copper grids.

The surface morphology and phase composition of the Nb plate after hydrothermal synthesis and heat treatment were evaluated by scanning electron microscopy (SEM) and grazing-incidence X-ray diffraction (GIXRD), confirming the formation of a NaNbO_3 layer with an orthorhombic crystal structure. The cocatalysts, in turn, were analyzed by transmission electron microscopy (TEM). The results showed, through particle analysis after image binarization, that the mean particle diameter and the most frequent diameter reached maximum values of 6.65 nm and 4.26 nm under the most severe deposition conditions and minimum values of 2.62 nm and 1.92 nm under the mildest conditions. In contrast, the density of detected particles, measured from images with an analyzed area of approximately $7,981\text{ nm}^2$, exhibited the opposite behavior, with 160 and 196 particles for the most severe and mildest deposition conditions, respectively, indicating a finer and more homogeneous distribution at lower sputtering currents and shorter deposition times.

In the subsequent stage, gold nanoparticles will be deposited directly onto the nanostructured surface using the optimized parameters identified in this study, and the resulting system will be characterized by TEM to evaluate the distribution of nanoparticles throughout the NaNbO_3 nanostructure. These results will contribute to a better understanding of the integration of the cocatalyst with the photocatalytic structure and support the development of more efficient NaNbO_3 -based photocatalysts.

[1] H. Shi, *et al.*, Catal Letters 141 (2011) 525–530.

[2] A. Wolf, F. Schüth, Appl. Catal. A 226 (2002) 1–13.

[3] B.R. Canabarro, P.M. Jardim, Adv. Mater. Sci. Eng. (2018) 1–9.

3 Influência de parâmetros físico-químicos na síntese de filmes de quitosana contendo cristais de carbonato de cálcio

Influence of physicochemical parameters on the synthesis of chitosan films containing calcium carbonate crystals

Mateus Silva Barros Rosado^{1,2*}, André Linhares

Rossi²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ

*mateusbrosado@ufrj.br

Palavras-chave: biomineralização, polimorfismo, quitosana

Keywords: biomineralization, polymorphism, chitosan

Resumo

A compreensão e o controle dos mecanismos de nucleação e crescimento de cristais de carbonato de cálcio (CaCO_3) é fundamental para o desenvolvimento de biomateriais ou sistemas de liberação de fármacos [1,2]. Suas fases polimórficas (calcita, aragonita e vaterita) possuem diferentes propriedades que levam a uma série de possíveis aplicações [3]. Este trabalho tem como objetivo entender como os parâmetros físico-químicos influenciam na morfologia do CaCO_3 que foi sintetizado a partir de meios distintos. A metodologia geral foi composta por dois tipos de ensaio. Inicialmente, a síntese foi feita em soluções aquosas sobre lâminas de vidro que passaram por um processo de modificação de superfície para alterar a interação com os íons dos reagentes. Posteriormente, a síntese foi feita em uma solução de quitosana e ácido acético (1% v/v) na concentração de 2% m/v. Após a mistura dos reagentes a solução é seca em uma estufa a baixa temperatura, até que o produto final seja o filme de quitosana com cristais de carbonato de cálcio dispersos. Durante ambos os ensaios parâmetros como a ordem de adição dos reagentes (como o cloreto de cálcio antes do carbonato de sódio), concentrações, modificação de superfície, temperatura, foram controlados. As amostras foram caracterizadas quimicamente e morfologicamente, a partir de microscopia eletrônica de varredura (MEV) junto a espectroscopia de energia dispersiva (EDS) para avaliar a morfologia dos cristais e confirmar sua composição química. O filme de quitosana foi liofilizado e macerado para ser caracterizado por difração de raios-x (DRX) e obter a cristalinidade e estrutura cristalina presente na amostra. O ensaio de DRX identificou como fase dominante a calcita, junto a isso também foram identificados cristais de halita, decorrentes do NaCl , formado como produto secundário da síntese. Os resultados comprovam variações no tamanho e formação dos cristais ao alterar as condições da síntese. Os próximos passos envolvem compreender o papel do pH e do tempo de síntese em baixas concentrações na solução de quitosana com ácido acético. Para verificar a dispersão dos cristais no interior do filme e a interação com a matriz será utilizada a técnica de feixe de íons focalizado (FIB).

Abstract

The comprehension and control of the nucleation and growth mechanisms of calcium carbonate (CaCO_3) crystals are fundamental for the development of biomaterials or drug delivery systems [1,2]. Its polymorphic phases (calcite, aragonite, and vaterite) possess different properties that lead to a series of potential applications [3]. This work aims to understand how its physicochemical parameters influence the morphology of CaCO_3 synthesized from different media. The general methodology consisted of two types of procedures. Initially, the synthesis was performed in aqueous solutions on glass slides that underwent a surface modification process to alter the interaction with the reactant ions. Subsequently, the synthesis was carried out in a chitosan and acetic acid solution (1% v/v) at a concentration of 2% w/v. After mixing the reagents the solution is dried in an oven at a low temperature until the final product is a chitosan film with dispersed calcium carbonate crystals. During both procedures parameters such as the order of reagent addition (such as calcium chloride before sodium carbonate), concentrations, surface modification, and temperature were controlled. The samples were chemically and morphologically characterized using scanning electron microscopy (SEM) coupled with energy dispersive spectroscopy (EDS) to evaluate crystal morphology and confirm their chemical composition. The chitosan film was lyophilized and macerated to be characterized by x-ray diffraction (XRD) to obtain the crystallinity and crystal structure present in the sample. The XRD procedure identified calcite as the dominant phase. Besides that, halite crystals resulting from NaCl formed as a secondary product of the synthesis were also identified. The results demonstrate variations in crystal size and nucleation after altering the synthesis conditions. The next steps involve understanding how the pH and synthesis time at low concentrations in the chitosan solution with acetic acid alter the morphology. To verify the crystals dispersion within the film and the interaction with the matrix, the focused ion beam (FIB) technique will be used.

[1] DE FÁTIMA SOUZA, Eliane et al. Obtenção de vaterita estabilizada para aplicação em sistemas de liberação controlada de fármacos. *Revista Tecnologia e Tendências*, v. 11, n. 1, p. 138-148, 2020.

[2] MELDRUM, F. C. Calcium carbonate in biomineralisation and biomimetic chemistry. *International Materials Reviews*, v. 48, n. 3, p. 187-224, 2003.

[3] NIU, Yu-Qin et al. Calcium carbonate: controlled synthesis, surface functionalization, and nanostructured materials. *Chemical Society Reviews*, v. 51, n. 18, p. 7883-7943, 2022.

4 Relatório de uso da plataforma multiusuário de microscopia eletrônica do LABNANO (2022-2025)

Data report of the LABNANO multi-user electron microscopy platform (2022-2025)

Mattheus Torquato¹, Raquel P. Gonçalves^{2*}, Ayla S. Poltronieri¹, André L. Rossi¹,

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

*mtorquato@cbpf.br

Palavras-chave: Microscopia eletrônica, Plataforma multiusuário, Gestão de infraestrutura.

Keywords: Electron Microscopy, Infrastructure Management, Multi-user platform.

Resumo

Este trabalho apresenta um levantamento do uso da infraestrutura multiusuária do LABNANO no período de 2022 a 2025. A análise dos dados mostra sua relevância na comunidade científica nacional. No ano de 2022, o laboratório atendeu 56 usuários, totalizando 3936 horas de uso, com predominância do FIB TESCAN LYRA3 (1744h) e do MET JEOL 2100F (1312h). Usuários internos e da UFRJ figuraram como os principais usuários, seguidas pelo JBRJ e PUC; foram registradas 25 publicações, entre artigos, dissertações e teses defendidas. Já em 2023, observou-se um incremento na demanda, atingindo 59 usuários e um pico de 4548 horas de operação, impulsionado pelo uso intensivo do MET JEOL 2100F (1432h) e do MEV JEOL 7100FT (1328h). A internacionalização também foi notável, com publicações envolvendo colaboradores de países como Peru e Portugal, sendo o número total de registros para publicações de 29. Para o ano de 2024, o número de usuários cresceu para 62, mantendo uma carga horária robusta de 3584 horas, com destaque para o perfil acadêmico composto majoritariamente por pesquisadores de pós-doutorado e doutorado (representando aproximadamente 63% do total). Neste ano foram registradas 41 publicações, um aumento considerável em relação aos dois anos anteriores. Os dados relativos a 2025 apontam para uma expansão significativa na base de usuários únicos, alcançando 123 pesquisadores de diversas instituições como FIOCRUZ, UERJ e INT. Foram registradas 2261,67 horas de uso em 2025, com o MEV JEOL 7100FT sendo o equipamento mais solicitado em termos de carga horária (992,17h). Tais dados demonstram o impacto da plataforma multiusuário do LABNANO nas pesquisas e projetos da comunidade científica local e internacional.

Abstract

This work presents a survey of the multi-user infrastructure usage at LABNANO from 2022 to 2025. The data analysis shows its relevance to the national scientific community. In 2022, the laboratory served 56 users, totaling 3,936 hours of use, with a predominance of the FIB TESCAN LYRA3 (1,744h) and the MET JEOL 2100F (1,312h). Internal and UFRJ users were the primary users, followed by JBRJ and PUC; 25 publications were recorded, including articles, dissertations, and theses. In 2023, an increase in demand was observed, reaching 59 users and a peak of 4,548 hours of operation, driven by the intensive use of the MET JEOL 2100F (1,432h) and the SEM JEOL 7100FT (1,328h). Internationalization was also notable, with publications involving collaborators from countries such as Peru and Portugal, totaling 29 publication records. For 2024, the number of users grew to 62, maintaining a robust workload of 3,584 hours, highlighting an academic profile composed mostly of postdoctoral and doctoral researchers (representing approximately 63% of the total). In that year, 41 publications were recorded, a considerable increase compared to the previous two years. Data for 2025 points to a significant expansion in the unique user base, reaching 123 researchers from various institutions such as FIOCRUZ, UERJ, and INT. A total of 2,261.67 hours of use were recorded in 2025, with the SEM JEOL 7100FT being the most requested equipment in terms of workload (992.17h). These data demonstrate the impact of the LABNANO multi-user platform on research and projects within the local and international scientific community.

5 Nanofibras de celulose como suporte reativo para produção de catalisadores nanométricos

Cellulose nanofibers as a reactive template for nanometric catalysts synthesis

Renan S. P. Santos^{1*}, Rogério N. C. de Siqueira¹, Anupama Ghosh¹, Marcos S. Medeiros¹, Lucas T. Teixeira², Nakédia M. F. Carvalho³, Mayara A. dos Santos³

¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC-Rio, Rio de Janeiro – RJ.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

³ Universidade Estadual do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

*renansantos@nano.ufrj.br

Palavras-chave: Nanocelulose, ferrita de cobalto, geração de hidrogênio

Keywords: Nanocellulose, cobalto ferrite, hydrogen generation

Resumo

O gás hidrogênio é considerado uma alternativa possível a ser explorada no futuro em substituição aos combustíveis fósseis habituais. No entanto, sua geração por eletrólise da água exige o uso de algum tipo de catalisador heterogêneo, a fim de acelerar a velocidade da reação química. Nesse sentido, materiais à base de óxido têm sido amplamente explorados, especialmente aqueles que contêm ferro e/ou cobalto [1]. O presente trabalho tem como objetivo a utilização de fibras de nanocelulose (TCNF) [2] como suporte reativo para síntese de ferritas de cobalto, adsorvendo íons de Fe^{3+} e Co^{2+} , e posteriormente, geração de hidrogênio via eletrólise da água. A α -celulose será funcionalizada via catalisador TEMPO (2,2,6,6-tetrametil-piperidínio-N-óxido), NaBr e NaClO, oxidando álcool primário presente na estrutura da celulose, resultando na inserção de grupos carboxilato. A funcionalização aumenta a superfície de contato e afinidade por cátions metálicos [3]. Subsequente, ocorrerá a adsorção de cátions metálicos, filtração à vácuo e calcinação dos metais para formação dos óxidos em tamanho nanométrico. Após a síntese da TCNF, para confirmar a funcionalização, realizou-se a caracterização de espectroscopia na região do infravermelho (FTIR-ATR), destacando a presença do grupo carboxila. Para as ferritas de cobalto calcinadas, os testes realizados foram de difração de raio-X (DRX) para verificar as fases presentes e a cristalinidade do material, também foi feita as microscopias eletrônica de transmissão (MET) e varredura (MEV) e espectroscopia de energia dispersiva (EDS) para avaliar a morfologia das amostras e porcentagem atômica. Por último, o teste da reação de geração de oxigênio foi feito, indicando bons valores de sobrepotencial no ensaio eletroquímico. Os resultados obtidos até o momento sugerem que a ferrita de cobalto pode ser considerada um material promissor, apresentando um desempenho competitivo em comparação com outros materiais oxidados de natureza muito mais complexa e custos de síntese mais elevados.

Agradecemos à CAPES pela concessão da bolsa de estudos e ao LABNANO pela infraestrutura.

Abstract

Hydrogen gas is considered a possible alternative to be explored in the future as a replacement for conventional fossil fuels. However, its production via water electrolysis requires the use of some type of heterogeneous catalyst to accelerate the chemical reaction rate. In this regard, oxide-based materials have been extensively studied, especially those containing iron and/or cobalt [1]. The objective of this study is to use nanocellulose fibers (TCNF) [2] as a reactive support for the synthesis of cobalt ferrites, which adsorb Fe^{3+} and Co^{2+} ions, and sub-

sequently generate hydrogen via water electrolysis. α -Cellulose will be functionalized using a TEMPO (2,2,6,6-tetramethylpiperidiny-N-oxyl) catalyst, NaBr, and NaClO to oxidize the primary alcohol present in the cellulose structure, resulting in the introduction of carboxylate groups. This functionalization increases the surface area and affinity for metal cations [3]. Subsequently, metal cations will be adsorbed, followed by vacuum filtration and calcination of the metals to form nanoscale oxides. After the synthesis of TCNF, to confirm the functionalization, characterization was performed using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR-ATR), highlighting the presence of the carboxyl group. For the calcined cobalt ferrites, X-ray diffraction (XRD) tests were performed to determine the phases present and the crystallinity of the material. Transmission electron microscopy (TEM), scanning electron microscopy (SEM), and energy-dispersive spectroscopy (EDS) were also conducted to evaluate the morphology of the samples and their atomic percentages. Finally, an oxygen evolution reaction test was performed, indicating good overpotential values in the electrochemical assay. The results obtained so far suggest that cobalt ferrite can be considered a promising material, exhibiting competitive performance compared to other oxide materials that are much more complex in nature and have higher synthesis costs.

We would like to thank CAPES for awarding the scholarship and LABNANO for providing the infrastructure.

[1] Karami, M.; fathirad, F.; Inorganic Chemistry Communications, 2023, v. 150, p. 110552.

[2] ISOGAI, Akira; SAITO, Tsuguyuki; FUKUZUMI, Hayaka. *Nanoscale*, **2011**, v. 3, n. 1, p. 71-85.

[3] Teixeira, L.T.; de Lima, S.L.S.; Rosado, T.F.; Liu, L.; Vitorino, H.A.; dos Santos, C.C., et al. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 9169

* a231665@dac.unicamp.br

Palavras-chave: Nanofios, ligas intermetálicas, eletrodeposição.

Keywords: Nanowires, intermetallic alloys, electro-deposition.

Resumo

O progresso recente no desenvolvimento de equipamentos eletrônicos avançados, sensores magnéticos e dispositivos de armazenamento de informações está interligado ao avanço da diminuição de seus componentes. Isso motiva a busca por tecnologias alternativas para substituir as convencionalmente utilizadas. Os nanofios metálicos estão entre os materiais mais atrativos devido às suas propriedades únicas, tendo uma enorme variedade de aplicações, incluindo interconexões em nanoeletrônica, dispositivos baseados em spintrônica, sensores magnéticos, químicos, ópticos ou biológicos.

Um processo conhecido para a produção desses nanofios é a Nanonucleação por fluxo metálico (MFNN) em membranas nanoporosas de alumina anodizada (AAO) [1]. Essa técnica foi desenvolvida e patenteada em 2014 pela colaboração entre os grupos do Laboratório de Materiais e Baixas Temperaturas (LMBT) e o Grupo de Propriedades Ópticas e Magnéticas de Sólidos (GPOMS). O MFNN é uma técnica de crescimento de cristais a partir de fase líquida (metais com baixo ponto de fusão), que consiste na nucleação de cristais a partir de uma solução líquida supersaturada dentro dos poros da membrana nanoporosa de alumina. Os poros da membrana restringem o crescimento cristalino a uma direção enquanto confinam sua seção transversal em uma geometria circular. Outro processo conhecido é a eletrodeposição de metais em membranas AAO [2], que consiste na deposição de metais, inicialmente na forma de sais metálicos, nos poros das membranas através de pulsos elétricos entre a membrana e outro eletrodo. O ponto de fusão destes metais se reduz devido ao ambiente confinado dos poros, permitindo a nanonucleação de um número maior de metais.

O foco do trabalho é utilizar a eletrodeposição de níquel em membranas de alumina porosa (com poros de 30 e 200 nm de diâmetro) para viabilizar a MFNN de ligas metálicas contendo o níquel. A escolha do níquel como metal eletrodepositado é devido às suas propriedades: seu alto ponto de fusão, dificultando a Nanonucleação normal, e à sua resposta ferromagnética, facilitando as medições realizadas no material. Utilizamos Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para mapear as superfícies superior e a lateral das membranas, obter imagens de retroespalhado e realizar análises de EDS (Espectroscopia de Energia Dispersiva). Utilizamos também o SQUID-VSM ("Superconducting Quantum Interference Device - Vibrating Sample Magnetometer") para medir a resposta magnética dos nanofios de níquel. Essas técnicas confirmam a presença dos nanofios de níquel eletrodepositado e a ocorrência da Nanonucleação.

Nanofabricação e suas aplicações

6 Estudo da nanonucleação utilizando nanofios de Ni eletrodepositados em membranas de alumina nanoporosa.

Study of nanonucleation using Ni nanowires electrodeposited in nanoporous alumina membranes.

***Arthur F. Moreira, Profa. Dra. Fanny Béron, Prof. Dr. Kleber R. Pirola.**

Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas - SP

Abstract

Recent advances in electronic devices, magnetic sensors, and information storage technologies are closely linked to the miniaturization of their components. This has driven the search for alternative technologies to replace conventional approaches. Metallic nanowires are among the most attractive materials due to their unique properties and broad range of applications, including nanoelectronic interconnects, spintronic devices and magnetic, chemical, optical, and biological sensors.

One method for producing metallic nanowires is Metal Flow Nanonucleation (MFNN) in anodic aluminum oxide (AAO) nanoporous membranes [1]. Developed and patented in 2014 through a collaboration between the Laboratório de Materiais e Baixas Temperaturas (LMBT) and the Grupo de Propriedades Ópticas e Magnéticas de Sólidos (GPOMS), MFNN is a crystal growth technique from the liquid phase using low-melting-point metals. It relies on crystal nucleation from a supersaturated liquid solution confined within the nanopores of AAO membranes. The pores restrict crystal growth to one dimension while maintaining a circular cross-section.

Another established method is the electrodeposition of metals in AAO membranes [2], in which metallic salts are deposited into the membrane pores through electrical pulses applied between the membrane and a counter electrode. Under nanoscale confinement, the melting point of the deposited metals decreases, enabling the nanonucleation of a wider range of metals. The aim of this work is to use nickel electrodeposition in porous alumina membranes (30 and 200 nm pore diameters) to enable MFNN of nickel-containing metallic alloys. Nickel was chosen because of its high melting point, which makes conventional nanonucleation difficult, and its ferromagnetic behavior, which facilitates magnetic characterization.

Scanning Electron Microscopy (SEM) was used to characterize the top and cross-sectional surfaces of the membranes, obtain backscattered electron images and perform Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) analyses. Magnetic measurements were carried out using a Superconducting Quantum Interference Device–Vibrating Sample Magnetometer (SQUID-VSM). These techniques show us the presence of electrodeposited nickel nanowires and the successful occurrence of nanonucleation.

[1] K. R. Pirota et al., BR patent 10 2014 019794 0, 2014.

[2] K. R. Pirota et al., J. Magn. Magn. Mater. 316, e756, 2007.

7 Obtenção e caracterização de flakes de FGT

FGT Flake Acquisition and Characterization

Bruno P. Curi^{1*}, Obed A. Santos²,

¹ Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 21941-909 Rio de Janeiro, Brazil

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 22290-180 Rio de Janeiro, Brazil.

*bruno@nano.ufrj.br

Palavras-chave: Materiais bidimensionais, FGT, spintrônica.

Keywords: bilayer materials, FGT, spintrronics

Resumo

A pesquisa em materiais bidimensionais (2D) tem atraído grande interesse científico devido ao surgimento de propriedades físicas, eletrônicas e magnéticas singulares quando os materiais são reduzidos à escala nanométrica. Dentre esses sistemas, o Fe₃GeTe₂ (FGT) destaca-se como um material de van der Waals metálico que exibe ferromagnetismo em poucas camadas. Neste trabalho, amostras de FGT em formato bulk foram sintetizadas pelo método de fluxo no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), através do grupo de física de materiais. A obtenção das monocamadas, ou multicamadas (flakes) foi realizada com sucesso via esfoliação mecânica. Contudo, para isolar amostras espessamente controladas, é necessário um processo de otimização sistemática visando a obtenção de monocamadas. A caracterização morfológica por microscopia eletrônica de varredura (MEV) permitiu determinar as dimensões reais dos flakes, enquanto medições de microscopia de força atômica (AFM) confirmaram o perfil topográfico das amostras, revelando um degrau característico de monocamada de aproximadamente 0,8 nm. Adicionalmente, análises de magnetização por efeito Kerr óptico magneto-luminescente (MOKE) demonstraram o comportamento ferromagnético do FGT à temperatura ambiente. Como perspectivas futuras, projeta-se o acoplamento dessas estruturas 2D a dispositivos micro e nano-fabricados por litografia nas instalações do LABNANO.

Abstract

Research on two-dimensional (2D) materials has attracted significant scientific interest due to the emergence of unique physical, electronic, and magnetic properties when materials are reduced to the nanoscale. Among these systems, Fe₃GeTe₂ (FGT) stands out as a metallic van der Waals material that exhibits ferromagnetism even in a few-layer regime. In this work, bulk FGT samples were synthesized using the flux growth method at the Brazilian Center for Research in Physics (CBPF) by

the Materials Physics Group. Monolayers and multilayer flakes were successfully obtained via mechanical exfoliation. However, isolating samples with controlled thickness requires a systematic optimization process aimed at achieving monolayer flakes. Morphological characterization by scanning electron microscopy (SEM) enabled the determination of the actual dimensions of the flakes, while atomic force microscopy (AFM) measurements confirmed the topographic profile of the samples, revealing a characteristic monolayer step height of approximately 0.8 nm. Furthermore, magnetization analyses performed using the magneto-optical Kerr effect (MOKE) demonstrated the ferromagnetic behavior of FGT at room temperature. As a future perspective, the integration of these two-dimensional structures with micro- and nanofabricated devices produced by lithography at the LABNANO facilities is envisioned.

[1] Fei, Z., Huang, B., Malinowski, P. et al. Two-dimensional itinerant ferromagnetism in atomically thin Fe₃GeTe₂. *Nature Mater* 17, 778–782 (2018).

[2] Barcelos, I. D., Cadore, A. R. Tutorial de Fabricação de Heteroestruturas 2D. *Jornal Mato-Grossense de Física (JMFis)* 10, 8–30 (2025)

8 Controle Elétrico da Magnetização em Filmes Finos Acoplados de Pt/Co/Ru/Co/Pt

Electrical Control of Magnetization in Coupled Pt/Co/Ru/Co/Pt Thin Films

Charlie V. Sarmiento*, Alice Samel, Nicholas Figueiredo Prestes

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*charliesarmiento@cbpf.com.br

Palavras-chave: Efeito Hall Anômalo, Acoplamento de Troca entre Camadas, Torque de Spin—Órbita

Keywords: Anomalous Hall Effect, Interlayer Exchange Coupling, Spin—Orbit Torque

Resumo

O controle elétrico da magnetização por torque spin-órbita (SOT) em multicamadas com acoplamento de troca entre camadas (IEC) é uma rota promissora para dispositivos spintrônicos de baixo consumo. Sistemas do tipo Pt/Co/espaçador/Co/Pt destacam-se porque as duas camadas de Pt geram correntes de spin via efeito Hall de spin que atuam de forma cooperativa ("dual SOT") sobre as camadas de Co acopladas, cujo alinhamento ferro- ou antiferromagnético é ajustável pela espessura

do espaçador [1, 2]. Neste trabalho, investigamos filmes finos de Pt(8)/Co(2)/Ru(X)/Co(2)/Pt(8) (espessuras em nm; X = 0,6, 0,8 e 1) depositados por *magnetron sputtering*. A magnetometria (VSM, Quantum Design DynaCool) revela laços de histerese na configuração fora do plano, indicando anisotropia magnética perpendicular (PMA). As medidas de transporte (efeito Hall anômalo) confirmam a PMA, com campo coercivo de ~100 Oe, e a microscopia Kerr magneto-óptica (MOKE) corrobora o eixo fácil perpendicular. A observação de PMA com Co relativamente espesso não é trivial: a transição de reorientação de spin para o plano, em que a anisotropia de forma supera a contribuição interfacial, foi reportada em ~2,2 nm para nanoestruturas de Pt/Co/Pt — valor tipicamente menor em filmes contínuos [3]. A PMA observada pode resultar de uma combinação de fatores, como a semente espessa de Pt, que favorece a textura (111) e interfaces nítidas, e uma possível redução da espessura magnética efetiva por interdifusão/formação de liga CoPt nas interfaces. As próximas etapas incluem quantificar o campo de anisotropia, avaliar a eficiência de SOT e correlacionar o IEC (via espessura de Ru) com a comutação de magnetização livre de campo externo.

Abstract

The electrical control of magnetization via spin-orbit torque (SOT) in multilayers with interlayer exchange coupling (IEC) is a promising route toward low-power spintronic devices. Pt/Co/spacer/Co/Pt systems stand out because the two Pt layers generate spin currents through the spin Hall effect that act cooperatively ("dual SOT") on the coupled Co layers, whose ferromagnetic or anti-ferromagnetic alignment is tunable through the spacer thickness [1, 2]. In this work, we investigate Pt(8)/Co(2)/Ru(X)/Co(2)/Pt(8) thin films (thicknesses in nm; X = 0.6, 0.8, and 1) deposited by magnetron sputtering. Magnetometry (VSM, Quantum Design DynaCool) reveals hysteresis loops in the out-of-plane configuration, indicating perpendicular magnetic anisotropy (PMA). Transport measurements (anomalous Hall effect) confirm the PMA, with a coercive field of ~100 Oe, and magneto-optical Kerr effect (MOKE) microscopy corroborates the perpendicular easy axis. The observation of PMA with relatively thick Co is not trivial: the spin reorientation transition to in-plane, in which shape anisotropy overcomes the interfacial contribution, has been reported at ~2.2 nm for Pt/Co/Pt nanostructures — a value typically lower in continuous films [3]. The observed PMA may result from a combination of factors, such as the thick Pt seed layer, which favors (111) texture and sharp interfaces, and a possible reduction of the effective magnetic thickness due to interdiffusion/CoPt alloy formation at the interfaces. The next steps include quantifying the anisotropy field, evaluating the SOT efficiency, and correlating the IEC (via Ru thickness) with field-free magnetization switching.

[1] Masuda, H., Yamane, Y., Dohi, T., Yamazaki, T., Modak, R., Uchida, K. I., Ieda, J., Klau, M., Takanashi, K., and Seki,

T. (2025). Efficient Manipulation of Magnetic Domain Wall by Dual Spin-Orbit Torque in Synthetic Antiferromagnets. *Advanced Science*, 12(48), e14598.

[2] Dai, Z., Liu, W., Zhao, X., Liu, L., and Zhang, Z. (2021). Controllable spin-orbit torque efficiency in Pt/Co/Ru/Co/Pt multilayers with interlayer exchange couplings. *ACS Applied Electronic Materials*, 3(2), 611-618.

[3] Neumann, A., Frauen, A., Vollmers, J., Meyer, A., & Oepen, H. P. (2016). Structure-induced spin reorientation in magnetic nanostructures. *Physical Review B*, 94(9), 094430.

9 Otimização de Ion Beam Etching em Filmes Finos de Nióbio para Circuitos Supercondutores

Ion Beam Etching Optimization in Niobium Thin Films for Superconducting Circuits

João V. F. Cândido^{1,2*}, Thais C. V. de Carvalho¹, Davi A. D. Chaves¹

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro – RJ

² Curso de Bacharelado em Nanotecnologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ

*jvfcandido@nano.ufrj.br

Palavras-chave: ion beam etching, filmes finos, dispositivos supercondutores

Keywords: ion beam etching, thin films, superconducting devices

Resumo

Dispositivos supercondutores aplicados à computação quântica, sensores de alta precisão e eletrônica avançada exigem processos de micro e nanofabricação capazes de controlar efetivamente a remoção de material em filmes finos, preservando a reprodutibilidade do processo e as características físicas desejadas para etapas posteriores de fabricação [1]. Neste trabalho, filmes finos de nióbio (Nb) depositados sobre substratos de Silício (100) de alta resistividade (>20 kΩcm) foram utilizados como sistema experimental para investigar parâmetros de *Ion Beam Etching* (IBE), técnica baseada na remoção de material por *sputtering* induzido pelo bombardeamento da superfície por íons energéticos [2]. Foram avaliadas diferentes energias do feixe (350-450 V) e tempos de corrosão de 5, 10 e 20 minutos com o objetivo de acompanhar as alterações de espessura produzidas pelo bombardeamento iônico e relacioná-las ao desgaste dos

filmes e à reprodutibilidade do processo. A caracterização das amostras foi realizada por Reflectometria de Raios X (XRR), empregada para determinar a espessura dos filmes antes e após as etapas de corrosão física. A comparação entre essas medidas permitiu acompanhar a quantidade de material removido em cada condição analisada, possibilitando a determinação do tempo necessário para a corrosão do filme depositado. Essas informações são fundamentais para o ajuste dos parâmetros experimentais do IBE. Assim, os resultados obtidos indicam que o controle da corrosão em filmes finos de Nb por IBE pode contribuir para o desenvolvimento de processos controlados e mais reprodutíveis em etapas de fabricação de dispositivos supercondutores de alto desempenho.

Abstract

Superconducting devices applied to quantum computing, high-precision sensors, and advanced electronics require micro- and nanofabrication processes capable of effectively controlling the removal of material in thin films, preserving the reproducibility of the process and the desired physical characteristics for subsequent manufacturing steps [1]. In this work, niobium (Nb) thin films deposited on high resistivity silicon (100) substrates (>20 kΩcm) were used as an experimental system to investigate Ion Beam Etching (IBE) parameters, a technique based on the removal of material by sputtering induced by bombardment of the surface by energetic ions [2]. Different beam energies (350-450 V) and corrosion times of 5, 10, and 20 minutes were evaluated in order to monitor the thickness changes produced by ion bombardment and relate them to the wear and tear of the films and the reproducibility of the process. The samples were studied by X-ray Reflectometry (XRR), allowing to determine the thickness of the films before and after the physical corrosion steps. The comparison between these measurements allowed us to monitor the amount of material removed in each condition analyzed, making it possible to determine the time required for corrosion of the deposited film. This information is fundamental for the adjustment of the experimental IBE parameters. Thus, the results obtained indicate that the control of corrosion in thin films of Nb by IBE can contribute to the development of controlled processes and more reproducible in manufacturing stages of high-performance superconducting devices.

[1] M. Manzo-Perez, M. Jamalzadeh, M. Nguyen, C. Nadeau, A. Madden, I. Shiravand, K. Kisslinger, X. Tong, K. Sardashti, M. Senatore, M. LaHaye, and D. Shahrjerdi, "Physical patterning of high-Q superconducting niobium resonators via ion beam etching," *Applied Physics Letters*, vol. 127, 092601, 2025. doi: 10.1063/5.0278956.

[2] R. E. Lee, "Ion-Beam Etching (Milling)," in *VLSI Electronics: Microstructure Science*, vol. 8, Academic Press, 1984, pp. 341-364.

10 Fabricação de filmes finos de carbeto de tungstênio com diferentes dopantes para a produção de hidrogênio verde

Tungsten carbide thin films fabrication with different dopants for green hydrogen production

Júlia Barboza de Souza^{1*}, Elvis Lopez Meza² e Alexandre Mello¹

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

² UFRJ, Campus de Macaé- RJ

*j.b.souza@cbpf.br

Palavras-chave: hidrogênio, catálise, superfícies

Keywords: hydrogen evolution, catalysis, surfaces

Resumo

O gás de hidrogênio é uma matéria-prima essencial, sendo 60% da sua demanda em 2022 destinada à produção de amônia e 30% à de metanol. Atualmente, a maior parte da sua produção é feita a partir de combustíveis fósseis, em especial do vapor de metano. Entretanto, com a perspectiva de seu uso como combustível limpo, espera-se que sua produção também ocorra por meio de um processo renovável [1]. A rota de maior viabilidade é a eletrólise da água, já empregada em escala industrial. O catalisador mais eficiente para essa reação é a platina, um material nobre e raro. Por conta disso, buscaram-se materiais mais acessíveis com comportamento semelhante ao da platina, sendo o carbeto de tungstênio (WC) um dos mais estudados. Recentemente, o nosso grupo desenvolveu um método de fabricação de filmes de WC na fase cúbica (c-WC), com grande aplicabilidade na produção de hidrogênio [2]. Um dos principais fatores que limitam sua eficiência, quando comparada à platina, é a dificuldade de obter 100% da fase cúbica e metaestável do WC em filmes finos de estrutura orientada, no plano cristalino que apresenta menor custo de energia para promover a evolução do hidrogênio [2]. Para mitigar isso, o WC é comumente dopado com elementos que causem defeitos na estrutura e reduzam o teor de carbono, como o fósforo [3], entre outros. Assim, este trabalho busca fabricar filmes finos de c-WC dopados com diferentes materiais por codeposição via *sputtering*, em uma variação do método proposto anteriormente pelo grupo. A pesquisa está em estágio inicial, por isso será apresentada uma breve revisão sobre c-WC e seus usos, como os dopantes foram selecionados e como será realizada a caracterização eletroquímica.

Abstract

Hydrogen gas is an essential raw material, with 60% of its demand in 2022 allocated to ammonia production and 30% to methanol. Currently, most hydrogen is produced from fossil fuels, particularly methane steam reforming. However, with its growing potential as a clean fuel, the production of renewable fuels is expected to expand [1]. The most viable route is water electrolysis, already employed at an industrial scale. Platinum is the most efficient catalyst for this reaction, but it is a rare and costly noble metal. Therefore, more accessible materials with similar catalytic behavior are being investigated, with tungsten carbide (WC) among the most studied. Recently, our group developed a method to fabricate cubic-phase WC (c-WC) films, which show strong applicability to hydrogen production [2]. One of the main limitations compared to platinum is the challenge of achieving 100% cubic metastable WC phase in thin films with oriented structures, particularly in the crystalline plane that minimizes the energy cost of hydrogen evolution [2]. To address this, WC is commonly doped with elements that introduce structural defects and reduce its carbon content, such as phosphorus [3]. This work aims to fabricate thin c-WC films doped with different materials via co-deposition by sputtering, as a variation of the method previously proposed by our group. Since the research is in its early stages, we present a brief review of c-WC and its applications, the criteria for dopant selection, and the planned electrochemical characterization.

[1] IEA (2023), Global Hydrogen Review 2023, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023>, Licence: CC BY 4.0

[2] LÓPEZ, E. O., MELLO, A. et al. New approach to produce cubic-WC at low temperature for hydrogen evolution reaction. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 62, p. 1018–1029, abr. 2024.

[3] DU, H. et al. Interface engineering of tungsten carbide/phosphide heterostructures anchored on N,P-codoped carbon for high-efficiency hydrogen evolution reaction. *Science China Materials*, v. 65, n. 4, p. 967–973, 9 nov. 2021.

11 Investigação da síntese de matriz de nanofios intermetálicos por infiltração de Ga líquido em cerâmicas nanoporosas altamente anisotrópicas

Investigation of the synthesis of intermetallic nanowire arrays via liquid Ga infiltration into highly anisotropic nanoporous ceramics

Leonardo Tomiatti^{1*}, Pablo R. T. Ribeiro¹, Maurice de Koning¹, Kleber R. Pirola¹

¹Instituto de Física Gleb Wataghin, IFGW/UNICAMP, Campinas – SP

*leonardo.tomiatti@dac.unicamp.br

Palavras-chave: capilaridade, metal líquido, cerâmica nanoporosa.

Keywords: capillarity, liquid metal, nanoporous ceramic.

Resumo

A capilaridade é um fenômeno com grande aplicação em diversos ramos tecnológicos e científicos, sendo de grande interesse para a síntese de materiais nanométricos com baixa dimensionalidade e no desenvolvimento de dispositivos inovadores. Com a técnica de Nanonucleação por Fluxo Metálico (NNFM) foi reportada a síntese de materiais intermetálicos em forma de cristais, nanofios e matrizes de nanofios, combinando a técnica de fluxo metálico com cerâmicas nanoporosas de alta anisotropia feitas de Al_2O_3 [1]. Todavia, seu uso na produção de ligas variadas se mostrou imprevisível quanto a formação de nanoestruturas, não sendo obtidas matrizes de nanofios com alto fator de preenchimento, dificultando caracterizações de materiais na forma de redes de nanofios [2, 3]. Neste trabalho, a infiltração de Ga líquido é investigada no contexto de produção de amostras via NNFM, possibilitando compreender a interação entre metais líquidos e cerâmicas nanoporosas, auxiliando na fabricação de matriz de nanofios intermetálicos com alto fator de preenchimento para posterior caracterização.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, advindo do Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), processo 88887.155612/2025-00.

Abstract

Capillarity is a phenomenon with widespread applications across various technological and scientific fields, being of great interest for the synthesis of low-dimensional nanomaterials and the development of innovative devices. The Metal Flux Nanonucleation (MFNN) technique has been reported for the synthesis of intermetallic materials in the form of crystals, nanowires, and nanowire arrays, combining the metal flux method with highly anisotropic Al_2O_3 nanoporous ceramics [1]. However, its application in the production of diverse alloys has proven unpredictable regarding nanostructure formation, failing to yield nanowire arrays with a high filling factor, which hinders the characterization of materials in the form of nanowire arrays [2, 3]. In this work, liquid Ga infiltration is investigated within the context of sample preparation via MFNN, enabling a deeper understanding of the interaction between liquid metals and nanoporous ceramics, thus aiding in the fabrication of intermetallic nanowire arrays with a high filling factor for subsequent characterization.

This study was financed in part by the Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001, through the Programa de Excelência Acadêmica (PROEX), grant 88887.155612/2025-00.

[1] K. R. Pirota et al., “3 – Intermetallic nanowires fabricated by metallic flux nanonucleation method (MFNN)”, 2020. Disponível: . [Acesso em 28 jun. 2026].

[2] P. F. S. Rosa et al., “Exploring the effects of dimensionality on the magnetic properties of intermetallic nanowires”, 2014. Disponível: . [Acesso em 28 jun. 2026].

[3] K. O. Moura et al., “Superconducting properties in arrays of nanostructured β -Gallium”, 2017. Disponível: . [Acesso em 28 jun. 2026].

12 Ressonância Ferromagnética em Microestruturas

Ferromagnetic Resonance in Microstructures

Lucas Siqueira^{1*}, Luiz Sampaio¹,

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*lucas.siqueira@cbpf.br

Palavras-chave: Ressonância Ferromagnética, Nanomagnetismo, Spintrônica

Keywords: Ferromagnetic Resonance, Nanomagnetism, Spintronic

O fenômeno de ressonância ferromagnética (FMR) está associado à dinâmica da magnetização em materiais ferromagnéticos submetidos a campos magnéticos externos constantes no tempo e oscilantes [1]. Quando a frequência do campo de radiofrequência coincide com a frequência natural de precessão da magnetização, ocorre uma absorção ressonante de energia, permitindo o estudo detalhado de propriedades magnéticas fundamentais do material, incluindo a geração de corrente de spin.

Para investigar esse fenômeno, utilizamos uma montagem experimental baseada na medida de absorção de radiofrequência quando a condição de ressonância é satisfeita, e é mais apropriada para medidas de filmes finos. Para estruturas de menor dimensão, da ordem de poucas dezenas de micrometros de extensão lateral, é necessário um outro método de medida com maior sensibilidade.

Este trabalho tem por objetivo desenvolver um sistema de medidas de FMR baseado na variação de resistência elétrica. Temos por objetivo estudar materiais na forma de flocos bidimensionais de materiais do tipo TMD ("transition metal dichalcogenides"). Como pers-

pectiva, a montagem visa habilitar estudos em nanoestruturas magnéticas, investigando fenômenos como bombeamento de spin, efeitos de proximidade magnética e influência das bordas, temas de grande relevância em spintrônica e dispositivos magnéticos.

Abstract

The ferromagnetic resonance (FMR) phenomenon is associated with the magnetization dynamics in ferromagnetic materials subjected to static and oscillating external magnetic fields [1]. When the frequency of the radiofrequency field matches the natural precession frequency of the magnetization, resonant energy absorption occurs, enabling the detailed study of fundamental magnetic properties of the material, including spin current generation.

To investigate this phenomenon, we employ an experimental setup based on the measurement of radiofrequency absorption under resonance conditions, which is well suited for thin film samples. For structures of smaller dimensions, on the order of a few tens of micrometers in lateral extent, a different measurement approach with higher sensitivity is required.

This work aims to develop an FMR measurement system based on electrical resistance variation. We intend to study materials in the form of two-dimensional flakes of transition metal dichalcogenides (TMDs). Looking ahead, the setup is designed to enable studies in magnetic nanostructures, investigating phenomena such as spin pumping, magnetic proximity effects, and edge effects, topics of great relevance in spintronics and magnetic devices.

[1] DE OLIVEIRA SCHNEIDER, Tiago et al. OpenFMR: An open-source broadband ferromagnetic resonance spectrometer. **Review of Scientific Instruments**, v. 96, n. 3, 2025.

13 NANOPARTÍCULAS DE FERRITA CORE/SHELL: UM ESTUDO DE SÍNTESE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Core/Shell ferrites nanoparticles: A study of synthesis and chemical composition

M.S. NASCIMENTO¹, J. DEPEYROT¹, P. COPPOLA², B. PEREIRA¹, C. KERN²

¹Instituto de Física, IF-UnB, Brasília-DF.

²Faculdade UnB Planaltina, - UnB, Brasília-DF.

*nascimento.mateus63@gmail.com

Palavras-chave: Ferritas, nanopartículas, estequiometria.

Keywords: Ferrites, nanoparticles, stoichiometry.

Resumo

Este trabalho apresenta a síntese e caracterização de nanopartículas de ferrita do tipo core/shell destinadas à aplicação em fluidos magnéticos[1]. Utilizando o método de coprecipitação hidrotérmica[2], foram produzidas amostras com diferentes composições metálicas (Co, Zn e Cu), visando obter partículas com núcleo de ferrita e casca rica em maghemita, favorecendo a estabilidade após a peptização em meio ácido.

A estrutura cristalina das nanopartículas foi investigada por difração de raios X (DRX), permitindo determinar o tamanho médio dos cristalitos e confirmar a formação da fase espinélio. A composição química foi avaliada por espectroscopia de raios X por dispersão em energia (EDX), possibilitando a identificação e quantificação dos elementos presentes e a obtenção das fórmulas químicas das amostras.

Os resultados indicam a incorporação efetiva dos metais divalentes nas estruturas e revelam variações na composição que afetam a estequiometria final, como vacâncias e substituições. A abordagem adotada demonstrou ser eficaz para o controle estrutural e composicional de nanopartículas magnéticas para aplicações específicas. A abordagem aplicada para determinar a estequiometria provou-se ser eficaz para o core das ferritas e abre possibilidades para a determinação da estequiometria do core e do shell das ferritas, cujo sistema apresenta desafios adicionais devido a substituição de íons metálicos na superfície da partícula.

Abstract

This study presents the synthesis and characterization of core/shell ferrite nanoparticles intended for use in magnetic fluids[1]. Using the hydrothermal coprecipitation method[2], samples with different metal compositions (Co, Zn, and Cu) were produced, with the aim of obtaining particles with a ferrite core and a maghemite-rich shell, thereby promoting stability after peptization in an acidic medium.

The crystalline structure of the nanoparticles was investigated by X-ray diffraction (XRD), allowing the determination of the average size of the crystallites and confirmation of the formation of the spinel phase. The chemical composition was evaluated by energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX), enabling the identification and quantification of the elements present and the determination of the samples' chemical formulas.

The results indicate the effective incorporation of divalent metals into the structures and reveal variations in composition that affect the final stoichiometry, such as vacancies and substitutions. The approach adopted proved effective for controlling the structure and composition of magnetic nanoparticles for specific applications. The approach applied to determine the stoichiometry proved effective for the ferrite core and opens up pos-

sibilities for determining the stoichiometry of both the core and shell of the ferrites, a system that presents additional challenges due to the substitution of metal ions on the particle surface.

[1] SCHERER, C.; NETO, A. M. F. *J. of Physics*, v. 35, n. 3a, p. 386–393 (2005)

[2] TOURINHO, F. A.; FRANCK, R.; MASSART, R. *J. of Materials Science*, v. 25, n. 7, p. 3249–3254 (1990)

14 Processo de Fabricação de Sensores SQUID para Detecção de Carbono-13

Fabrication Process of SQUID Sensors for Carbon-13 Detection

Naiara Y. Klein^{*1}, Thais C. V. de Carvalho¹, Davi A. D. Chaves¹, João P. Sinnecker¹, Ivan S. Oliveira¹

1 Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro – RJ

*naiara@cbpf.br

Palavras-chave: micro e nanofabricação, SQUID, dispositivos supercondutores

Keywords: micro and nanofabrication, SQUID, superconducting devices

Resumo

Os chips quânticos supercondutores baseados em SQUIDs ocupam hoje uma posição central entre as tecnologias da chamada segunda geração da mecânica quântica, porque exploram coerência quântica macroscópica, junções Josephson e circuitos integráveis para computação, simulação e sensoriamento de altíssima sensibilidade [1,2]. Nesse cenário, os SQUIDs são relevantes tanto como sensores magnéticos de fluxo extremamente sensíveis quanto como blocos funcionais de circuitos quânticos de estado sólido, com aplicações que vão de processamento quântico a magnetometria biomédica, imageamento de materiais quânticos e eletrônica criogênica. Os dois eixos mais fortes do estado da arte são a escalabilidade dos processadores supercondutores e a integração de sensores SQUID em arquiteturas capazes de operar em temperaturas ultrabaixas com ruído mínimo. Revisões recentes e clássicas convergem em que os circuitos supercondutores já evoluíram de dispositivos de física básica para plataformas líderes de processamento quântico escalável, com progresso em qubits, portas lógicas, correção de erros, integração híbrida e empacotamento multichip. Em paralelo, a sensibilidade dos SQUIDs permanece uma vantagem tecnológica decisiva, alcançando resoluções de baixo campo e sustentando

inúmeras aplicações tecnológicas, incluindo o uso de sensores SQUID junto de ressonância magnética nuclear de baixo campo para detecção de carbono 13, foco e especial interesse deste trabalho. O projeto de detectores SQUID vem sendo desenvolvido no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) junto aos Laboratório de Nano-ciências e Nanotecnologia (LABNANO), e ao Laboratório de Tecnologias Quânticas (QuantumTech), em parceria com a PETROBRAS e a empresa colaboradora FIT. Mostraremos ao longo do presente trabalho o desenvolvimento do processo de nano e micro fabricação dos SQUIDs para detecção do carbono 13 utilizando para isso etapas experimentais de fotolitografia (DWL), nanolitografia (e-line), deposições de filmes finos supercondutores por *sputtering* (Angstrom e AJA) e corrosão por *ion milling* (Angstrom).

Abstract

Superconducting quantum chips based on SQUIDs currently occupy a central position among the technologies of the so-called second generation of quantum mechanics, as they exploit macroscopic quantum coherence, Josephson junctions, and integrable superconducting circuits for quantum computing, quantum simulation, and ultra-high-sensitivity sensing [1,2]. In this context, SQUIDs are of fundamental importance both as extremely sensitive magnetic flux sensors and as functional building blocks of solid-state quantum circuits, with applications ranging from quantum information processing to biomedical magnetometry, quantum materials imaging, and cryogenic electronics. The two major driving forces at the state of the art are the scalability of superconducting quantum processors and the integration of SQUID sensors into architectures capable of operating at ultralow temperatures with minimal noise. Both classical and recent review articles consistently indicate that superconducting circuits have evolved from devices primarily intended for fundamental physics into leading platforms for scalable quantum information processing, with substantial advances in qubits, quantum logic gates, quantum error correction, hybrid integration, and multichip packaging. In parallel, the exceptional sensitivity of SQUIDs remains a decisive technological advantage, enabling low-field magnetic detection and supporting a wide range of technological applications, including the integration of SQUID sensors with low-field nuclear magnetic resonance (NMR) for carbon-13 detection, which constitutes the primary focus and particular interest of the present work. The development of SQUID detectors has been carried out at the Brazilian Center for Research in Physics (CBPF) in collaboration with the Brazilian Nanotechnology National Laboratory (LABNANO) and the Quantum Technologies Laboratory (QuantumTech), through a partnership involving PETROBRAS and the collaborating company FIT. Throughout this work, we present the development of the nano- and microfabrication process for SQUID devices designed for carbon-13 detection. To this end, the fabrication workflow comprises experi-

mental stages including direct-write photolithography (DWL), electron-beam nanolithography (e-line), superconducting thin-film deposition by sputtering (Angstrom and AJA systems), and ion milling etching (Angstrom system).

Referências

- [1] José Martínez-Pérez, Maria and Koelle, Dieter. *NanoSQUIDS: Basics & recent advances*, Physical Sciences Reviews, vol. 2, no. 8, 2017, pp. 20175001. <https://doi.org/10.1515/psr-2017-5001>
- [2] W Wernsdorfer, *From micro- to nano-SQUIDS: applications to nanomagnetism*, Supercond. Sci. Technol. 22 064013, 2009. <https://doi.org/10.1088/0953-2048/22/6/064013>

a interpretação dos resultados. Neste estudo propomos um método simples e quantitativo para a detecção de proteínas e partículas virais usando biossensores baseados em nanobastões de ouro e DLS convencional. Para isso, nanobastões de ouro com razão de aspecto 1,8 e 5,2 (Figura 1a,b) foram sintetizados e tiveram a superfície quimicamente modificada para receber a bioconjugação. Em seguida, biossensores foram produzidos utilizando anticorpos policlonais equinos anti-Spike (SARS-CoV-2). Esses biossensores foram então utilizados em imunossaios de agregação para detectar de forma quantitativa tanto a proteína Spike (limite de detecção de 5 nM, Figura 1c) quanto o vírus SARS-CoV-2 (limite de detecção de 3×10^5 PFU/mL, Figura 1d) na sua forma ativa.

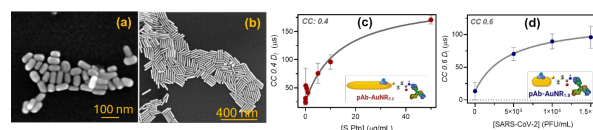


Figura 1. Imagens por microscopia eletrônica de varredura dos nanobastões de ouro com razão de aspecto (a) 1.8 e (b) 5.2; curvas obtidas pelo método proposto para a detecção da (c) proteína Spike e do (d) vírus SARS-CoV-2.

Abstract

Dynamic light scattering (DLS) is a method for determining the hydrodynamic diameter (D_H) of spherical nanoparticles based on the temporal modulation of light scattering caused by Brownian motion in colloidal dispersions. Changes in D_H can be readily detected in aggregation-based immunoassays, in which antibodies conjugated to nanoparticles can quantitatively detect target antigens with high specificity and sensitivity, using small sample volumes and short analysis times. However, this method has been scarcely explored with anisotropic nanoparticle-based systems because these systems exhibit coupled translational and rotational diffusion modes, which complicates the measurement of D_H and the interpretation of the results.

In this study, we propose a simple and quantitative method for the detection of proteins and viral particles using biosensors based on gold nanorods and conventional DLS. For this purpose, gold nanorods with aspect ratios of 1.8 and 5.2 (Figure 1a,b) were synthesized and their surfaces were chemically modified to enable bioconjugation. Biosensors were subsequently produced using equine polyclonal anti-Spike antibodies against SARS-CoV-2. These biosensors were then employed in aggregation-based immunoassays for the quantitative detection of both Spike protein (limit of detection: 5 nM, Figure 1c) and active SARS-CoV-2 virus (limit of detection: 3×10^5 PFU/mL, Figure 1d).

Biomateriais e nanobiotecnologia

15 Detecção de Biomoléculas e Vírus por Espalhamento Dinâmico de Luz e Nanopartículas Anisotrópicas

Detection of Biomolecules and Viruses by Dynamic Light Scattering and Anisotropic Nanoparticles

Ana Beatriz C. Souza^{*1}, Carolina B. Ligiero^{2*}, Célia M. Ronconi¹

¹ Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói – RJ.

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ

*ab_costa@id.uff.br

Palavras-chave: Nanobastões de ouro, nano biossensores, imunoenensaio

Resumo

O espalhamento dinâmico de luz (DLS) é um método de determinação do diâmetro hidrodinâmico (D_H) de nanopartículas esféricas baseado na modulação temporal do espalhamento da luz pelo movimento Browniano em dispersões coloidais. Mudanças de D_H são facilmente percebidas em imunossaios de agregação, nos quais anticorpos ligados a nanopartículas são capazes de detectar antígenos alvo de forma quantitativa com elevada especificidade, alta sensibilidade e com pequeno volume de amostras e de forma rápida. Este método, entretanto, foi muito pouco explorado com sistemas baseados em nanopartículas anisotrópicas porque estes sistemas apresentam modos de difusão translacional e rotacional acoplados, o que complica a medida de D_H e

16 Síntese verde de nanopartículas de quitosana carregadas com óleo essencial de *Piper aduncum* rico em dillapiol como sistema sustentável de bioinseticida

Green synthesis of chitosan nanoparticles loaded with dillapiole-rich Piper aduncum essential oil as a sustainable bioinsecticide platform

Rodrigo Tomazetto de Carvalho¹, *Camila Lima da Silva¹, Gabriel Branco Pinheiro², Rodrigo Prioli Menezes², Jeferson Adriano e Silva Assunção¹, Davyson de Lima Moreira¹, Leonardo Tavares Salgado¹

¹ Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, IPJBRJ, Rio de Janeiro – RJ

² Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, PUC, Rio de Janeiro – RJ

*camila_slt@yahoo.com.br

Palavras-chave: quitosana, dillapiol, nanoencapsulamento

Keywords: chitosan, dillapiole, nanoencapsulation

Resumo

A crescente demanda global por alimentos intensificou o uso indevido de pesticidas sintéticos, gerando graves impactos ambientais, resistência de pragas e riscos à saúde humana e dos ecossistemas [1]. Nesse contexto, bioinseticidas naturais e nanotecnologia surgem como soluções promissoras capazes de aprimorar a sustentabilidade agrícola. O dillapiol, principal composto bioativo do óleo essencial de *Piper aduncum*, demonstrou alto potencial inseticida; no entanto, sua aplicação é limitada pela volatilidade, baixa solubilidade em água e rápida degradação [2]. Este estudo teve como objetivo superar essas barreiras por meio do desenvolvimento de uma nanoformulação baseada em nanopartículas de quitosana (NPCs) produzidas por síntese verde para a liberação controlada de dillapiol. A quitosana extraída das cascas de *Litopenaeus vannamei* foi utilizada como matriz polimérica e reticulada com tripolifosfato de sódio (TPP) ou com extrato de folhas de *Eucalyptus globulus*, permitindo a comparação entre a coacervação iônica convencional e a mediada por plantas. As nanopartículas carregadas com dillapiol foram caracterizadas físico-quimicamente por Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FT-IR), Espalhamento Dinâmico de Luz (DLS), potencial zeta e microscopia de força atômica (AFM). As análises de FT-IR confirmaram o encapsulamento bem-sucedido do dillapiol e os distintos mecanismos de reticulação do polímero: reticulação iônica na presença de TPP e ligações de hidrogênio fenólicas para a formulação mediada pelo extrato vegetal. O DLS revelou diâmetros

hidrodinâmicos variando de 80 a 370 nm, dependendo do reticulante, e os valores de potencial zeta indicaram alta estabilidade coloidal, particularmente para as nanopartículas sintetizadas por via verde. Bioensaios inseticidas contra *Pseudococcus longispinus*, uma praga agrícola de grande relevância, demonstraram que ambas as formulações aumentaram a mortalidade em comparação com o dillapiol livre, sendo que as nanopartículas reticuladas com eucalipto apresentaram a maior eficácia (71% de mortalidade após 48 h). Os resultados destacam que a nanoencapsulação aumenta a estabilidade e o desempenho biológico, provavelmente devido a melhor permeabilização do tegumento, à liberação prolongada e à atividade sinérgica dos compostos fenólicos [3]. No geral, este trabalho fornece uma plataforma sustentável para o desenvolvimento de bioinseticidas a partir de compostos botânicos e nanomateriais verdes, representando uma alternativa competitiva aos pesticidas convencionais e uma estratégia viável para o manejo de pragas ambientalmente responsável.

Abstract

The increasing global demand for food has intensified the misuse of synthetic pesticides, generating severe environmental impacts, pest resistance, and risks to human and ecosystem health [1]. In this context, natural bioinsecticides and nanotechnology emerge as promising solutions capable of enhancing agricultural sustainability. Dillapiole, the major bioactive compound of *Piper aduncum* essential oil, has demonstrated high insecticidal potential; however, its application is limited by volatility, low water solubility, and rapid degradation [2]. This study aimed to overcome these barriers by developing a nanoformulation based on chitosan nanoparticles (CNPs) produced by green synthesis for the controlled delivery of dillapiole. Chitosan extracted from *Litopenaeus vannamei* shells was used as the polymer matrix and cross-linked either with sodium tripolyphosphate (TPP) or with *Eucalyptus globulus* leaf extract, enabling comparison between conventional and plant-mediated ionic coacervation. The dillapiole-loaded nanoparticles were characterized physicochemically by Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), dynamic light scattering (DLS), zeta potential, and atomic force microscopy (AFM). FT-IR analyses confirmed the successful encapsulation of dillapiole and the distinct mechanisms of polymer reticulation: ionic cross-linking in the presence of TPP and phenolic hydrogen bonding for the plant extract-mediated formulation. DLS revealed hydrodynamic diameters ranging from 80–370 nm depending on the reticulant, and zeta potential values indicated high colloidal stability, particularly for the green synthesis nanoparticles. Insecticidal bioassays against *Pseudococcus longispinus*, a highly relevant agricultural pest, demonstrated that both formulations increased mortality in comparison with free dillapiole, with the *Eucalyptus*-cross-linked nanoparticles presenting the highest efficacy (71% mortality after 48 h). The results highlight that nanoencapsulation

enhances stability and biological performance, likely due to improved tegument permeabilization, extended release, and synergistic activity of phenolic compounds [3]. Overall, this work provides a sustainable platform for the development of bioinsecticides from botanical compounds and green nanomaterials, representing a competitive alternative to conventional pesticides and a viable strategy for environmentally responsible pest management.

[1] Auad, A. M.; Fonseca, M. G. A entomologia nos cenários das mudanças climáticas. *Mudanças Climáticas*. Embrapa. Cap 5, 93-108. 2025.

[2] Assunção, J. A. S. et al. Insecticidal activity of essential oils from *Piper aduncum* against *Ctenocephalides felis felis*: a promising approach for flea control. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, v. 33, n. 3, e007624, 2024.

[3] Hasheminejad, N.; Khodaiyan, F.; Safari, M. Improving the antifungal activity of clove essential oil encapsulated by chitosan nanoparticles. *Food Chemistry*, v. 275, p. 113–122, 2019.

17 Precipitação de minerais autigênicos nas esteiras microbianas da Lagoa Vermelha, Saquarema, Brazil

Precipitation of authigenic minerals in microbial mats from Lagoa Vermelha, Saquarema, Brazil

Carolina N. Keim^{1*}, Ana Caroline Ribeiro da Cruz¹, Ana Carolina Rodrigues Alves¹

¹ Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Av. Carlos Chagas Filho, 373, Cidade Universitária, 21941-902, Rio de Janeiro, RJ

*cnkeim@micro.ufrj.br

Palavras-chave: calcita magnesiana, gipsita, silicatos de magnésio

Keywords: Mg-calcite, gypsum, magnesium silicates

Resumo

Os estromatólitos são estruturas sedimentares laminadas consideradas formas fossilizadas de esteiras microbianas – ecossistemas microbianos nos quais os microrganismos se organizam em camadas de acordo com características metabólicas e fisiológicas. Existem vários relatos de estromatólitos vivos na Lagoa Vermelha, uma lagoa costeira hipersalina localizada no Estado do Rio de Janeiro (Brasil). Porém, desde 2013 apenas esqueletos branqueados têm sido observados [1]. São constituídos por aragonita (CaCO_3), calcita magnesiana ($\text{Ca}_{1-x}\text{Mg}_x\text{CO}_3$,

$13 < x < 42$), e pequenas quantidades de quartzo (SiO_2), pirita (FeS_2) e silicatos de Mg [2]. Embora as esteiras microbianas não estejam mais crescendo sobre os estromatólitos [1], elas podem ser encontradas em áreas rasas da Lagoa Vermelha. Acredita-se que a precipitação de minerais em camadas específicas das esteiras microbianas leve à preservação da meso- e macro-estrutura laminada das esteiras nos estromatólitos. Neste trabalho, temos como objetivo compreender como os microrganismos afetam o crescimento de minerais autigênicos nas esteiras microbianas da Lagoa Vermelha. Amostras de esteiras microbianas foram coletadas na Lagoa Vermelha e preparadas para microscopia óptica e microscopia eletrônica de varredura acoplada à espectroscopia de dispersão de energia (MEV-EDS). Em microscopia óptica, foram observadas várias espécies de cianobactérias, bactérias púrpuras sulfurosas e outros microrganismos em meio a bioclastos, grãos de quartzo e minerais autigênicos. Observações por MEV-EDS mostraram monocristais de sulfato de cálcio com morfologia acicular ou de prismas hexagonais/pseudo-hexagonais, que deslocaram e/ou cresceram ao redor do EPS (substância polimérica extracelular), sem mostrar sinais de indução ou inibição da precipitação por microrganismos ou EPS. Por outro lado, os silicatos de magnésio exibiram as mesmas morfologias do EPS de algumas cianobactérias, implicando em papéis específicos do EPS na nucleação e crescimento destes minerais. Cristais de calcita magnesiana surgem e crescem a partir desses silicatos de magnésio, substituindo-os e destruindo as morfologias fossilizadas do EPS das cianobactérias à medida que crescem. A gênese de calcita magnesiana em meio aos silicatos de magnésio implica em um efeito secundário do EPS na nucleação e crescimento da calcita magnesiana. Nossos resultados apontam para uma série temporal de eventos de precipitação de minerais nas esteiras microbianas da Lagoa Vermelha: (i) produção de EPS por cianobactérias; (ii) precipitação de silicatos de magnésio sobre o EPS de cianobactérias específicas; (iii) nucleação e crescimento de calcita magnesiana sobre os silicatos de Mg, destruindo a microestrutura herdada do EPS. Por outro lado, a nucleação e o crescimento dos cristais de sulfato de Ca parecem não estar diretamente relacionados às atividades microbianas.

Abstract

Stromatolites are laminated sedimentary structures considered to be fossilized forms of microbial mats — microbial ecosystems in which microorganisms organize themselves into layers based on metabolic and physiological characteristics. There are several reports of living stromatolites in Lagoa Vermelha, a hypersaline coastal lagoon located in the state of Rio de Janeiro (Brazil). However, since 2013, only bleached skeletons have been observed [1]. They are composed of aragonite (CaCO_3), magnesian calcite ($\text{Ca}_{1-x}\text{Mg}_x\text{CO}_3$, $13 < x < 42$), and small amounts of quartz (SiO_2), pyrite (FeS_2), and Mg-silicates [2]. Although microbial mats are no longer growing on

the stromatolites [1], they can be found in the shallow areas of Lagoa Vermelha. It is believed that mineral precipitation within specific layers of the microbial mats leads to the preservation of the mats' laminated meso- and macro-structure within the stromatolites. In this study, we aim to understand how microorganisms affect the growth of authigenic minerals in the microbial mats of Lagoa Vermelha. Microbial mat samples were collected in Lagoa Vermelha and prepared for light microscopy and scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS). Light microscopy revealed several species of cyanobacteria, purple sulfur bacteria, and other microorganisms amidst bioclasts, quartz grains, and authigenic minerals. SEM-EDS observations revealed calcium sulfate monocrystals with acicular or hexagonal/pseudo-hexagonal prismatic morphologies that displaced and/or grew around the EPS (extracellular polymeric substance), showing no signs of precipitation induction or inhibition by microorganisms or EPS. In contrast, magnesium silicates exhibited the same morphologies of the EPS of certain cyanobacteria, implying specific roles for EPS in the nucleation and growth of these minerals. Mg-calcite crystals emerge and grow from these magnesium silicates, replacing them and destroying the fossilized cyanobacterial EPS morphologies as they expand. The formation of magnesian calcite amidst the magnesium silicates implies a secondary role for EPS in the nucleation and growth of the Mg-calcite. Our results indicate a temporal sequence of mineral precipitation events within the microbial mats of Lagoa Vermelha: (i) EPS production by cyanobacteria; (ii) precipitation of magnesium silicates onto the EPS of specific cyanobacteria; (iii) nucleation and growth of magnesian calcite on Mg-silicates, destroying the microstructure inherited from the EPS. On the other hand, the nucleation and growth of Ca-sulfate crystals do not appear to be directly related to microbial activities.

[1] Keim CN, Farina M. 2023. *Comptes Rendus Géoscience* 355:259-277.

[2] Keim CN et al. 2020. *Journal of Sedimentary Research* 90:887-905.

18 Investigação de Micelas em Detergentes Usando SAXS: Um Estudo Sobre Variações de Marca, Efeitos de Concentração e Temperatura

Investigating Detergent Micelles Using Small-Angle X-Ray Scattering: A Study on Brand Variations, Concentration and Temperature Effects

D. P. A. Cruz^{1*}, G. B. M. Teobaldo¹, C. L. P. Oliveira¹

¹Institute of Physics (IF) - University of São Paulo (USP), São Paulo – SP.

diego.perac@usp.br

Palavras-chave: SAXS, Micelas, Detergentes

Keywords: SAXS, Micelles, Detergents

Resumo

O espalhamento de raios X a baixos ângulos (SAXS) é uma técnica poderosa para investigar as propriedades estruturais de sistemas diretamente em solução [1]. A partir da análise da intensidade de espalhamento, é possível obter informações sobre tamanho, forma e outras características estruturais relevantes dos sistemas investigados [1]. Neste trabalho, SAXS foi empregado para caracterizar soluções comerciais de detergentes de diferentes marcas, explorando os efeitos de variações de concentração e temperatura. Foi implementada uma abordagem experimental *in situ*, na qual a solução de detergente foi mantida em um béquer sob condições controladas de temperatura, enquanto uma pequena alíquota era continuamente bombeada para a câmara de medição de SAXS utilizando uma bomba peristáltica e, posteriormente, retornava ao reservatório. Essa configuração permite o controle preciso dos parâmetros experimentais e facilita a variação sistemática de condições como temperatura e concentração.

Os resultados revelam a formação de micelas de detergente e alterações estruturais induzidas por variações tanto na concentração quanto na temperatura. Além da análise convencional, abordagens avançadas de análise e modelagem dos dados serão aplicadas aos perfis experimentais de espalhamento, permitindo uma descrição mais detalhada da estrutura micelar, incluindo tamanho, forma e heterogeneidade estrutural, bem como sua dependência da marca do detergente e das condições experimentais. Esses resultados contribuem para uma compreensão estrutural mais aprofundada das formulações comerciais de detergentes e podem auxiliar na otimização racional do desempenho de limpeza e no desenvolvimento de formulações mais ambientalmente sustentáveis.

Abstract

Small-angle X-ray scattering (SAXS) is a powerful technique for investigating the structural properties of systems directly in solution [1]. From the analysis of the scattering intensity, it is possible to obtain information on size, shape, and other relevant structural features of the investigated systems [1]. In this work, SAXS was employed to characterise commercial detergent solutions from different brands, exploring the effects of concentration and temperature variations. An *in situ* experimental approach was implemented, in which the detergent solution was maintained in a beaker under controlled temperature conditions, while a small aliquot was continuously pumped into the SAXS measurement chamber using a peristaltic pump and subsequently returned to the reser-

voir. This configuration enables precise control of experimental parameters and facilitates systematic variation of conditions such as temperature and concentration.

The results reveal the formation of detergent micelles and structural changes induced by variations in both concentration and temperature. Beyond conventional analysis, advanced data analysis and modelling approaches will be applied to the experimental scattering profiles, allowing a more detailed description of micellar structure, including size, shape, and structural heterogeneity, as well as their dependence on detergent brand and experimental conditions. These results contribute to a more detailed structural understanding of commercial detergent formulations and may support the rational optimisation of cleaning performance and the development of more environmentally sustainable formulations.

[1] Oliveira CLP. Investigating Macromolecular Complexes in Solution by Small Angle X-Ray Scattering. In: Chandrasekaran DA, editor. Current Trends in X-Ray Crystallography: InTech; 2011. p. 367-92.

19 Proposta de produção de vesículas de gás funcionalizadas para atuação como marcadores de fotoacústica

Proposed production of functionalized gas vesicles to respond as photoacoustic markers

Kássia A. Romano^{1*}, Isabel N. R. da Rocha¹, Ana Beatriz F. Pacheco², João C. Machado^{1,3}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro/Programa de Engenharia Biomédica da COPPE, Rio de Janeiro, Brasil.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro/Instituto de Biofísica Carlos Chaga Filho, Rio de Janeiro, Brasil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro/Programa de Pós-Graduação em Ciências Cirúrgicas/Dept. de Cirurgia/Faculdade de Medicina, Rio de Janeiro, Brasil.

kassiaromano@nano.br

Palavras-chave: vesículas de gás; fotoacústica; agente de contraste.

Keywords: gas vesicles; photoacoustics; contrast agent.

Resumo

As vesículas de gás (VGs) são nanoestruturas proteicas produzidas naturalmente por alguns grupos de microrganismos que apresentam propriedades acústicas que as tornam promissoras para atuarem como agentes de contraste em técnicas de imagem biomédica [1,2]. Devido às suas dimensões nanométricas, estabilidade e capacidade de interação com ondas ultrassônicas, as VGs

têm sido estudadas para diferentes aplicações em diagnóstico por imagem [1,2]. A fotoacústica (FA) destaca-se como uma técnica híbrida de imageamento que combina excitação óptica e detecção acústica, permitindo a obtenção de informações estruturais e funcionais de tecidos biológicos com elevada resolução e profundidade de imagem [3]. Assim, este trabalho tem como objetivo realizar o cultivo de VGs isoladas de microrganismos das linhagens *Halobacterium Salinarum* NRC-1 (HALO), testar sua capacidade de produzir sinal de eco de ultrassom e propor a funcionalização da superfície das VGs para gerarem sinais de eco de ultrassom quando irradiadas por um feixe de laser. Para isso, o cultivo de HALO é feito em meio de cultura ATCC 2185. Em seguida, as culturas ficam em repouso para a coleta da camada de células flutuantes, contendo VGs. Essas células são expostas à solução de lise e centrifugadas em temperatura entre 4 a 8 °C por 4h, até se obter as VGs isoladas. O teste da geração de sinal de eco de ultrassom se realiza por meio de uma instrumentação de imagem de biomicroscopia ultrassônica desenvolvida no Laboratório de Ultrassom do Programa de Engenharia Biomédica da COPPE/UFRJ, operando em 30 MHz. A proposta de funcionalização das VGs será feita inicialmente a partir da ligação de sua superfície com estreptavidina, paralelamente, moléculas de hemoglobina (Hb), são expostas a Biotina-NHS. A reação entre biotina e estreptavidina permite a ligação estável entre VGs e Hb. As VGs funcionalizadas serão depositadas em um suporte desenvolvido por impressão 3D, para a análise no sistema FA, operando em comprimento de onda de 532 nm e 1064 nm. Espera-se que os resultados obtidos forneçam a base para estudos posteriores envolvendo a funcionalização das vesículas de gás com biomoléculas, visando ampliar sua resposta ao sistema de fotoacústica e explorar seu potencial como marcador para aplicações em diagnóstico por imagem. Dessa forma, este trabalho representa a etapa inicial para o desenvolvimento e avaliação de agentes de contraste biológicos voltados a aplicações em fotoacústica e ultrassom.

Abstract

Gas vesicles (GVs) are protein-based nanostructures naturally produced by certain groups of microorganisms that exhibit acoustic properties, making them promising contrast agents for biomedical imaging techniques [1,2]. Due to their nanoscale dimensions, structural stability, and ability to interact with ultrasound waves, GV have been investigated for a variety of diagnostic imaging applications [1,2]. Photoacoustic (PA) imaging has emerged as a hybrid imaging modality that combines optical excitation with acoustic detection, enabling the acquisition of structural and functional information from biological tissues with high spatial resolution and imaging depth [3]. The aim of this study is to culture gas vesicles isolated from microorganisms of the *Halobacterium salinarum* NRC-1 (HALO) strain, evaluate their ability to generate ultrasound echo signals, and propose the

functionalization of the GV surface to enable the generation of ultrasound echo signals when irradiated by a laser beam. HALO cultures are grown in ATCC 2185 culture medium. Subsequently, the cultures are allowed to rest to collect the floating cell layer containing the gas vesicles. These cells are exposed to a lysis solution and centrifuged at 4–8 °C for 4 h until isolated GVs are obtained. Ultrasound echo generation is evaluated using an ultrasound biomicroscopy imaging system developed at the Ultrasound Laboratory of the Biomedical Engineering Program, COPPE/UFRJ, operating at 30 MHz. The proposed GV functionalization consists initially of conjugating streptavidin to the GV surface. In parallel, hemoglobin (Hb) molecules are reacted with NHS-biotin. The high-affinity interaction between biotin and streptavidin enables stable conjugation between GVs and Hb. The functionalized GVs will then be deposited onto a custom-designed 3D-printed holder for analysis using the PA imaging system, operating at wavelengths of 532 nm and 1064 nm. The results obtained are expected to provide the foundation for future studies involving the functionalization of gas vesicles with biomolecules to enhance their photoacoustic response and explore their potential as contrast agents for diagnostic imaging applications. Thus, this work represents the initial step toward the development and evaluation of biological contrast agents for photoacoustic and ultrasound imaging.

[1] SHAPIRO, M. G. et al. *Biogenic gas nanostructures as ultrasonic molecular reporters*. **Nature Nanotechnology**, v. 9, p. 311–321, 2014.

[2] CHERIN, E. et al. *Acoustic Behavior of Halobacterium salinarum Gas Vesicles in the High-Frequency Range: Experiments and Modeling*. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 43, n. 5, p. 1016–1030, 2017.

[3] JEON, S. et al. *Review on practical photoacoustic microscopy*. **Photoacoustics**, v. 15, p. 100141, 2019.

20 COFs Hidrofóbicos como uma Plataforma para Imobilização Instantânea e de Alta Capacidade de Lipase de *Diutina* (*Candida*) *rugosa*

Hydrophobic COFs as a Platform for Instantaneous and High-Capacity Immobilization of Diutina (Candida) rugosa Lipase

Leticia Dobler^{*1}, Mirian Lima¹, Luiz Octávio Mateus Nogueira¹, Davi Forastieri Tostes¹, Alexandre da Silva França¹, Fábio Junior Ferreira da Silva Henrique¹, Leandro Sodré de Abreu¹, Gabriel Almeida Mendonça da Silva¹, Sidnei Moura e Silva², Cesar Aguzzoli², Rodrigo O. M. A. de Souza¹, Rodrigo Volcan Almeida¹, Pierre Mothé Esteves^{1*}, Raoni Schroeder Borges Gonçalves^{1*}

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

² Universidade de Caxias do Sul, UCs, Cxias do Sul – RS

*ledobler@ufrj.br

Palavras-chave: Covalent Organic Framework, Lipase, Biocatálise

Keywords: Covalent Organic Framework, Lipase, biocatalysis

Resumo

As Estruturas Orgânicas Covalentes (do inglês COFs) estão surgindo como plataformas promissoras para a imobilização de enzimas. No entanto, ainda é pouco explorado se COFs estrategicamente sintetizados para serem hidrofóbicos podem atuar como suportes rápidos, de alta carga e estáveis sem causar a deformação enzimática ou a perda catalítica comumente observadas em interfaces hidrofóbicas. Neste estudo, a lipase de *Diutina rugosa* (DrL) foi adsorvida em quatro COFs sintetizados a partir de precursores comerciais simples sob condições brandas, sendo dois deles microporosos e dois mesoporosos. Investigou-se o efeito das propriedades texturais dessas estruturas na dinâmica de adsorção, estabilidade e desempenho catalítico. Os resultados revelaram uma imobilização quase instantânea, ocorrendo em menos de 10 segundos, com uma eficiência de carga de até 99,9% em todos os materiais, além de uma lixiviação insignificante da enzima (abaixo de 0,3%). Essa cinética ultrarrápida indica que a composição química das superfícies totalmente orgânicas e hidrofóbicas é o fator dominante na adsorção, deixando o tamanho dos poros e a área superficial em segundo plano. Ainda, o microambiente da superfície externa dos suportes induziu um notável fenômeno de hiperativação enzimática em três dos quatro COFs testados. O compósito microporoso DrL@RIO-12 foi o grande destaque, alcançando uma atividade específica 14,8 vezes maior do que a da enzima livre. Esse desempenho superior foi atribuído a uma combinação de ligações multipontos favoráveis e a um efeito de partição positivo, viabilizado por sua alta área superficial retida (828,2 m² . g⁻¹).

Abstract

Covalent Organic Frameworks (COFs) are emerging as promising platforms for enzyme immobilization. However, it remains little explored whether COFs strategically synthesized to be hydrophobic can act as supports allowing for rapid immobilization and high loading while remaining stable—without causing the enzymatic deformation or loss of catalytic activity commonly observed at hydrophobic interfaces. In this study, *Diutina rugosa* lipase (DrL) was adsorbed onto four COFs synthesized from simple commercial precursors under mild conditions; two were microporous and two were mesoporous. The influence of the structures' textural properties on adsorption dynamics, stability, and catalytic performance was investigated. The results revealed near-

instantaneous immobilization—occurring in less than 10 seconds—with a loading efficiency of up to 99.9% across all materials, alongside negligible enzyme leaching (below 0.3%). This ultrafast kinetics indicates that the chemical composition of the fully organic, hydrophobic surfaces is the dominant factor in adsorption, rendering pore size and surface area secondary. Furthermore, the microenvironment of the supports' external surfaces induced a remarkable phenomenon of enzyme hyperactivation in three of the four tested COFs. The microporous composite DrL@RIO-12 stood out particularly, achieving a specific activity 14.8 times higher than that of the free enzyme. This superior performance was attributed to a combination of favorable multipoint interactions and a positive partitioning effect, facilitated by the material's high retained surface area ($828.2 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$).

21 Synthesis of albumin particles loaded with rose oxide: analysis of biocompatibility as a pharmaceutical prototype and effectiveness in a preclinical anticonvulsant model

Maria de Lourdes Ferreira Meneses dos Santos¹, Livia Alves Filgueiras¹, Mylena Silva da Silva², Dakson Douglas Araújo³, Ana Jérnia Araújo³, José Delano Barreto Marinho Filho³, Rodrigo Tomazetto de Carvalho^{4,5*}, Luciano da Silva Lopes², Anderson Nogueira Mendes^{1*}

¹ **Laboratory of Science in Innovation and Technology - LACITEC, Department of Biophysics and Physiology, Federal University of Piauí, Teresina, PI, Brazil.**

² *Department of Biophysics and Physiology, Postgraduate Programs in Pharmaceutical Sciences and Laboratory of Research in Experimental Neurochemistry (LAPNEX), Teresina, PI, Brazil.*

³ *Cell Culture Laboratory of the Delta (LCCDelta), Federal University of Delta do Parnaíba, Parnaíba, PI, Brazil.*

⁴ *Laboratory of Biomineralization, Biomedical Science Institute, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.*

⁵ *Marine Botany Laboratory, Research Directory, Rio de Janeiro Botanical Garden Research Institute, Rio de Janeiro, RJ, Brazil*

*rodrigocarvalho@jbrj.gov.br

Palavras-chave: nanopartículas de albumina, rose oxide, anticonvulsivante

Keywords: albumin nanoparticles, rose oxide, anticonvulsant

Resumo

A epilepsia afeta mais de 70 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo considerada uma das doenças neurológicas mais prevalentes e incapacitantes [1]. Apesar da disponibilidade de fármacos antiepilépticos, aproximadamente um terço dos pacientes permanece refratário aos tratamentos convencionais, reforçando a necessidade do desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas [2]. O óxido de rosa (OR), um monoterpene presente em óleos essenciais, apresenta propriedades neuroativas e potencial anticonvulsivante, porém sua aplicação farmacológica é limitada devido à elevada volatilidade, baixa solubilidade aquosa e instabilidade química [3]. Neste estudo, nanopartículas de albumina sérica bovina contendo rose oxide (NPsOR@BSA) foram desenvolvidas utilizando o método de dessolvatação associado à reticulação por pontes dissulfeto mediadas por cisteína. As nanopartículas foram caracterizadas por espalhamento dinâmico de luz (DLS), potencial zeta, microscopia eletrônica de varredura e transmissão (MEV/MET), difração de raios X (DRX), FT-IR e análise termogravimétrica (TG/DTG). As NPsOR@BSA apresentaram tamanho médio de aproximadamente 257 nm, potencial zeta de -32 mV , elevada estabilidade coloidal e eficiência de encapsulamento de 83,7%. As análises morfológicas revelaram partículas predominantemente esféricas e homogêneas, enquanto os resultados de FT-IR e TG/DTG confirmaram interações intermoleculares entre o RO e a matriz proteica, além de aumento da estabilidade térmica após a encapsulação. Ensaios in vitro demonstraram elevada biocompatibilidade, com viabilidade celular superior a 80% e hemólise inferior a 5%. Em modelo experimental de convulsão induzida por pentilenotetrazol (PTZ), as formulações nanoencapsuladas reduziram significativamente o número de crises convulsivas e aumentaram a latência para morte em comparação ao composto livre. Os resultados indicam que a nanoencapsulação em albumina melhora a estabilidade físico-química e a eficácia anticonvulsivante do rose oxide, demonstrando potencial como plataforma biocompatível para administração de compostos neuroativos lipofílicos no sistema nervoso central. Agradecemos ao CBPF pelo acesso ao LABNANO

Abstract

Epilepsy affects more than 70 million people worldwide and remains one of the most prevalent neurological disorders [1]. Approximately one-third of patients are refractory to currently available antiepileptic drugs, highlighting the need for novel therapeutic approaches [2]. Rose oxide (RO), a monoterpene present in essential oils, has demonstrated neuroactive and anticonvulsant properties; however, its pharmaceutical application is limited by high volatility, low aqueous solubility, and chemical instability [3]. In this study, bovine serum albumin nanoparticles loaded with rose oxide (NPsOR@BSA) were developed using a desolvation method combined with cysteine-mediated disulfide crosslinking. The nanoparticles were characterized by Dynamic Light Scattering (DLS), zeta potential analysis, scanning and transmission

electron microscopy (SEM/TEM), X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR), and thermogravimetric analysis (TG/DTG). The developed nanoparticles exhibited an average size of approximately 257 nm, zeta potential of -32 mV, high colloidal stability, and encapsulation efficiency of 83.7%. Morphological analyses revealed predominantly spherical and homogeneous nanoparticles, while FT-IR and TG/DTG results confirmed intermolecular interactions between RO and the protein matrix, as well as improved thermal stability after encapsulation. In vitro assays demonstrated high biocompatibility, with cell viability above 80% and hemolysis below 5%. In a pentylenetetrazole (PTZ)-induced seizure model, nanoencapsulated formulations significantly reduced seizure frequency and increased latency to death when compared to free RO. These findings suggest that albumin-based nanoencapsulation enhances the physicochemical stability and anticonvulsant efficacy of rose oxide, representing a promising biocompatible platform for the delivery of lipophilic neuroactive compounds to the central nervous system.

[1] World Health Organization (WHO). 2019. *Epilepsy: a public health imperative*. Geneva: WHO.

Löscher, W., Potschka, H., Sisodiya, S.M., Vezzani, A. Drug resistance in epilepsy: clinical impact, potential mechanisms, and new innovative treatment options. *Pharmacological Reviews*, 72(3), 606–638, 2020. .

[3] A.M.F. Moreira, B.T. Acha, T.C.M. de O. Sinimbu, S.A.P. Pereira, F.R. de C. Almeida, A.G.S. Santos, L. da S. Lopes, A.N. Mendes, M. de L.F.M. dos Santos, 2025. Investigation of the effect of rose oxide in animal models of paclitaxel-induced neuropathic pain in rats. .

Sensores e dispositivos: fundamentos físicos, químicos e biológicos

22 Detecção de mágnons em geometrias não convencionais de YIG via defeitos com spin em nitreto de boro hexagonal

Sensing magnons in unconventional YIG geometries via spin-active defects in Hexagonal Boron Nitride

Lucas Cesena^{1*}, Obed Alves Santos¹, Carmem Gilardoni¹

¹Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*lcesena@cbpf.br

Palavras-chave: Magnônica, Sensoriamento Quântico, Materiais VdW.

Keywords: Magnonics, Quantum Sensing, VdW Materials

Resumo

O controle e detecção em nanoescala de ondas de spin ou mágnons, excitações coletivas dos spins de elétrons em materiais magnéticos, constituem um desafio central para o desenvolvimento de tecnologias spintrônicas na física da matéria condensada. O acoplamento mágnon-fóton também pode viabilizar diversas novas tecnologias de sensoriamento quântico. Nesse contexto, defeitos de spin opticamente ativos em semicondutores de *band gap* amplo, como o nitreto de boro hexagonal (hBN), são candidatos promissores para magnetometria quântica [1]. A estrutura em camadas do hBN permite esfoliação mecânica em flocos finos, possibilitando proximidade em nanoescala entre o sensor quântico e o alvo. Essa proximidade é essencial para atingir alta resolução espacial, pois aprimora a detecção de campos locais em distâncias para além do alcance de plataformas *bulk*. O defeito mais estudado nessas aplicações é a vacância de boro carregada negativamente (V_B), um defeito de spin-1 análogo ao conhecido *center* no diamante [2]. Esses defeitos permanecem estáveis à temperatura ambiente e fornecem uma interface coerente spin-fóton, tornando-os candidatos adequados à integração em dispositivos spintrônicos e eletrônicos 2D.

O presente estudo almeja fabricar defeitos por esfoliação mecânica de flocos de hBN, seguida por irradiação com FIB de hélio. Esses defeitos serão utilizados para estudar excitações de ondas de spin (mágnons) em estruturas nanolitografadas de YIG, um isolante ferrimagnético de alta performance amplamente utilizado na magnônica [3], por meio de ODMR. Embora a medição de dinâmicas de spin locais em geometrias não convencionais continue sendo um desafio significativo, o posicionamento de sensores de hBN em uma proximidade nanométrica em relação às estruturas de YIG permitirá a detecção de flutuações de spin locais difíceis de medir com outros métodos. A capacidade de hibridizar esses mágnons carregados pelo YIG com uma ampla variedade de outras quasipartículas e fótons viabiliza o desenvolvimento de funcionalidades de transdução entre diferentes plataformas físicas. Essa abordagem fornecerá insights valiosos sobre o comportamento dos spins em geometrias complexas desses materiais magnéticos.

Abstract

Nanoscale control and detection of spin waves, quanta of spin angular momentum in magnetic systems, also referred to as magnons, constitutes a key challenge for the development of modern solid-state spintronic technologies. Further, the coupling between magnons and photons can enable many new quantum sensing technologies. In this context, optically active spin defects in wide-bandgap semiconductors, such as hexagonal

boron nitride (hBN), are promising candidates for quantum magnetometry sensors [1]. The layered structure of hBN enables mechanical exfoliation into thin flakes, allowing nanoscale proximity between the quantum sensor and the target system. This proximity is essential for achieving high spatial resolution, as it improves the detection of local fields at distances beyond the scope of bulk platforms. The most well-studied defect in these applications is the negatively charged boron vacancy (V_B^-), a spin-1 defect similar to the very well-established negatively charged nitrogen-vacancy (V_N^-) center in diamond [2]. These defects remain stable at room temperature and provide a coherent spin-photon interface, making them an appropriate candidate to integrate into 2D spintronic and electronic devices.

The present study aims to fabricate defects through mechanical exfoliation of hBN flakes followed by irradiation with focused ion beams. These defects will then be used to study spin-wave excitations (magnons) in nanopatterned Yttrium Iron Garnet (YIG), a high-performance ferromagnetic insulator widely used in magnonics [3], via Optically Detected Magnetic Resonance (ODMR). Although measuring local spin dynamics in unconventional geometries remains a significant challenge, placing hBN sensors in van der Waals proximity to YIG structures will enable the detection of local spin fluctuations that are difficult to measure with other methods. The ability to hybridize these YIG-carried magnons with a wide variety of other quasiparticles, especially light waves, enables the development of energy and signal transduction functionalities across different physical platforms. This approach will offer valuable insights into the spin behavior in complex geometries of these magnetic materials.

[1] J. Zhou, H. Lu, et al. "Sensing spin wave excitations by spin defects in few-layer-thick hexagonal boron nitride". *Sci Adv* 10, n. 18 (2024). .

[2] C.M. Gilardoni, H.L. Stern & M. Atatüre. "Optically active spins in van der Waals materials and devices". *MRS Bulletin* 51, 298–311 (2026). .

[3] O. Alves Santos & B.J. van Wees. "Magnon Confinement in an All-on-Chip YIG Cavity Resonator Using Hybrid YIG/Py Magnon Barriers". *Nano Letters* 23, n. 20 (2023): 9303–9..

23 Scanner Magnético Digital 3D para Detecção e Mapeamento de Fuga de Fluxo (MFL) em Estruturas Ferromagnéticas

3D Digital Magnetic Scanner for Detection and Mapping of Magnetic Flux Leakage (MFL) in Ferromagnetic Structures

Lucas Matias Cabral*

¹ Universidade Estácio de Sá, UNESA, Rio de Janeiro – RJ.
202302226728@alunos.estacio.br

Palavras-chave: Fuga de Fluxo Magnético, Ensaios Não Destrutivos, Sistemas Embarcados.

Keywords: Magnetic Flux Leakage, Non-Destructive Testing, Embedded Systems.

Resumo

Este projeto apresenta o desenvolvimento de um scanner magnético digital de baixo custo e hardware aberto para aplicações em Ensaios Não Destrutivos (END). O sistema foi projetado para detectar, localizar e quantificar descontinuidades em materiais ferromagnéticos por meio da técnica de Fuga de Fluxo Magnético (Magnetic Flux Leakage – MFL), fenômeno no qual defeitos internos alteram a distribuição do campo magnético e produzem anomalias mensuráveis na superfície do material [1]. A plataforma utiliza um microcontrolador ESP32-S3 integrado a um sensor linear de Efeito Hall para aquisição de dados magnéticos durante varreduras bidimensionais em padrão raster [2]. Simultaneamente, as coordenadas espaciais da inspeção são registradas, permitindo a correlação entre posição e intensidade do campo detectado. Os sinais adquiridos passam por processamento digital no ESP32-S3 para redução de ruído elétrico [3]. Os dados sincronizados são transmitidos para um ambiente computacional em Python, onde são convertidos em mapas tridimensionais de intensidade magnética em tempo real. Nessa representação, regiões associadas a trincas ou descontinuidades surgem como variações topográficas que permitem avaliar sua localização e extensão. O resultado é um protótipo funcional capaz de transformar inspeções tradicionalmente qualitativas em análises quantitativas e visualmente interpretáveis. A proposta contribui para a democratização de tecnologias de inspeção magnética, oferecendo uma alternativa acessível para monitoramento estrutural, pesquisa aplicada e desenvolvimento de novas metodologias de caracterização de materiais. A arquitetura modular do hardware viabiliza a futura integração de múltiplos sensores em arranjo para aumentar a velocidade de varredura, consolidando o dispositivo como uma ferramenta escalável para a avaliação de integridade estrutural.

Abstract

This project presents the development of a low-cost, open-hardware digital magnetic scanner for Non-Destructive Testing (NDT) applications. The system was designed to detect, locate, and quantify discontinuities in ferromagnetic materials using the Magnetic Flux Leakage (MFL) technique, a phenomenon in which internal defects alter the magnetic field distribution and produce measurable anomalies on the material's surface [1]. The platform uses an ESP32-S3 microcontroller integrated with a linear Hall Effect sensor to acquire magnetic data during two-dimensional raster scans [2]. Simultaneously, the spatial coordinates of the inspection are recorded, al-

lowing the correlation between position and detected field intensity. The acquired signals undergo digital processing in the ESP32-S3 for electrical noise reduction [3]. The synchronized data are transmitted to a Python computational environment, where they are converted into three-dimensional magnetic intensity maps in real-time. In this representation, regions associated with cracks or discontinuities emerge as topographical variations that allow evaluating their location and extent. The result is a functional prototype capable of transforming traditionally qualitative inspections into quantitative and visually interpretable analyses. The proposal contributes to the democratization of magnetic inspection technologies, offering an accessible alternative for structural monitoring, applied research, and the development of new material characterization methodologies. The modular architecture of the hardware enables the future integration of multiple sensors in an array to increase scanning speed, consolidating the device as a scalable tool for structural integrity assessment.

[1] J. Blitz, "Electrical and Magnetic Methods of Nondestructive Testing", 2nd ed., Springer, 1997.

[2] E. Ramsden, "Hall-Effect Sensors: Theory and Applications", 2nd ed., Elsevier, 2006.

[3] Espressif Systems, "ESP32-S3 Series Datasheet", ver. 1.8, 2023.

24 Células solares de GaAs sobre bases flexíveis de PVC:PMMA

GaAs solar cells on flexible PVC:PMMA bases

Luciana Dornelas Pinto^a, Graciana dos Santos de Sousa^b, Daniel N Micha^c, Roberto Jakomin^d, Patrícia L Souza^b, Maurício Pamplona Pires^b, Guilherme Monteiro Torelly^{a*}.

^a Laboratório de Semicondutores (LabSem), (PUC-Rio), Rio de Janeiro – RJ.

^b Instituto de Física Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ.

^c Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-RJ), Petrópolis – RJ.

^d Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Duque de Caxias – RJ

* torelly@puc-rio.br

Palavras-chave: Blendas PVC:PMMA, células solares, bases flexíveis

Keywords: PVC-PMMA blends, solar cells, flexible bases

Resumo

As células solares baseadas em semicondutores III-V apresentam recordes de eficiência fotovoltaica [1]. Entretanto, seu elevado custo de produção, principalmente associado aos substratos utilizados no crescimento epitaxial, que representam aproximadamente 80% do custo total de fabricação, limita sua comercialização [2]. Embora indispensável durante o crescimento, o substrato atua posteriormente apenas como suporte mecânico, impulsionando o desenvolvimento de bases leves, flexíveis e de baixo custo. Nesse contexto, desenvolvemos blendas de poli(cloreto de vinila) (PVC) e poli(metacrilato de metila) (PMMA) modificadas com grafeno esfoliado (EG) [3] para utilização como bases flexíveis de dispositivos III-V. Células solares de GaAs foram transferidas para a blenda de maior resistência térmica e mecânica. Medidas elétricas e ópticas antes e após a transferência mostraram que as características das células permaneceram inalteradas, demonstrando o potencial das blendas como bases leves, flexíveis e de baixo custo para dispositivos fotovoltaicos de alta eficiência.

Abstract

III-V semiconductor solar cells exhibit record-high photovoltaic efficiencies [1]. However, their high production cost, mainly associated with the substrates used for epitaxial growth, which account for approximately 80% of the total fabrication cost, limits their commercialization [2]. Although essential during epitaxial growth, the substrate subsequently serves only as mechanical support, driving the development of lightweight, flexible, and low-cost bases. In this context, we developed poly(vinyl chloride) (PVC)/poly(methyl methacrylate) (PMMA) blends modified with exfoliated graphene (EG) [3] for use as flexible bases for III-V devices. GaAs solar cells were transferred to the blend exhibiting the highest thermal and mechanical resistance. Electrical and optical measurements before and after transfer showed that the cell characteristics remained unchanged, demonstrating the potential of these blends as lightweight, flexible, and low-cost bases for high-efficiency photovoltaic devices.

[1] NREL. *Champion photovoltaic module efficiency chart*. 2025. .

[2] WOODHOUSE, M.; GOODRICH, A. *A manufacturing cost analysis relevant to single- and dual-junction photovoltaic devices*. NREL, 2013.

[3] PINTO, L. D. et al. *Graphene-reinforced PVC/PMMA flexible substrates for thin-film solar cells*. ACS Applied Polymer Materials, v. 8, n. 1, p. 316–327, 2026.

25 Sensoriamento quântico com centros NV de diamante para aplicações em laboratórios em chip.

Quantum Sensing with Diamond NV Centers for Lab-on-a-Chip Applications

Luiz Felipe Sousa Guimarães^{1*}, Roberta Dutra de Oliveira Pinto¹, Carmem Maia Gilardoni¹.

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*luizfsg@cbpf.br

Palavras-chave: Centros NV em Diamante, Sensoriamento Quântico, Sistemas Lab-on-a-Chip.

Keywords: Diamond NV Centers, Quantum Sensing, Lab-on-a-Chip Systems.

Resumo

A ressonância magnética possibilita a visualização não invasiva de estruturas e processos funcionais em organismos vivos. No entanto, seu elevado custo operacional e suas limitações em resolução espacial e temporal motivam o desenvolvimento de alternativas mais sensíveis e miniaturizadas. Nesse contexto, propomos uma plataforma *lab-on-a-chip* que emprega centros de cor NV em diamante para detectar sinais de ressonância magnética provenientes de espécies paramagnéticas em dispositivos microfluídicos [1,2].

O centro NV em diamante é um defeito pontual formado por um átomo de nitrogênio associado a uma vacância na rede cristalina. Sob a perspectiva da física de semicondutores, esse defeito introduz estados eletrônicos localizados no gap de energia do diamante, permitindo que seus estados de spin sejam manipulados por excitação de micro-ondas e lidos opticamente à temperatura ambiente. Essa característica torna os centros NV particularmente promissores para aplicações em sensores quânticos integrados.

Nossa abordagem propõe a integração de membranas de diamante contendo centros de cor NV a dispositivos microfluídicos capazes de controlar o fluxo de fluidos contendo concentrações variáveis de espécies paramagnéticas de relevância biológica, como espécies reativas de oxigênio. Os centros NV serão interrogados por meio de espectroscopia óptica confocal e excitação por micro-ondas. Esses estudos permitirão caracterizar o desempenho dos sensores quando integrados a dispositivos microfluídicos, com o objetivo de aprimorar sua sensibilidade e explorar sua aplicação em sistemas biomédicos miniaturizados [3].

Abstract

Magnetic resonance enables the non-invasive visualization of structures and functional processes in living organisms, however, its high operational cost and limitations in spatial and temporal resolution motivate the development of more sensitive and miniaturized alternatives. In this context, we propose a lab-on-a-chip platform employing diamond NV color centers to detect magnetic resonance signals from paramagnetic species in microfluidic devices [1,2].

The NV center in diamond is a point defect formed by a nitrogen atom associated with a vacancy in the crystal lattice. From the perspective of semiconductor physics, this defect introduces localized electronic states within the diamond band gap, allowing its spin states to be manipulated by microwave excitation and optically read out at room temperature. This feature makes NV centers particularly promising for integrated quantum sensors.

Our approach proposes the integration of diamond membranes containing NV color centers with microfluidic devices capable of controlling the flow of fluids containing variable concentrations of biologically relevant paramagnetic species, such as reactive oxygen species. The NV centers will be interrogated using confocal optical spectroscopy and microwave excitation. These studies will allow us to characterize the performance of the sensors when integrated into microfluidic devices, with the goal of improving their sensitivity and exploring their application in miniaturized biomedical systems [3].

[1] Ziem et al. *Highly Sensitive Detection of Physiological Spins in a Microfluidic Device*.

Liu et al. *Surface NMR Using Quantum Sensors in Diamond*.

Krecmarová et al. *A Label-Free Diamond Microfluidic DNA Sensor Based on Active Nitrogen-Vacancy Center Charge State Control*.

26 Rumo ao Desenvolvimento de Dispositivos Orgânicos Multifuncionais por Meio de Filmes Finos Nanoestruturados

Towards Multifunctional Organic Devices Using Nanostructured Thin Films

Marcos V W Barcote^{1*}, Luis V M Fabris¹, Júlia K M¹, Maiara de J B Gobara¹, Lucimara S Roman¹

¹ Departamento de Física, Universidade (UFPR), Curitiba, PR, Brasil

*mvw.barcote@ufpr.br

Palavras-chave: Filmes finos nanoestruturados; Eletrônica orgânica; Nanomateriais.

Keywords: Nanostructured thin films; Organic electronics; Nanomaterials.

Resumo

O desenvolvimento de dispositivos orgânicos multifuncionais depende da compreensão das relações entre processamento, estrutura, propriedades e desempenho, que governam a resposta funcional dos materiais em diferentes aplicações. Nesse contexto, a engenharia de filmes finos nanoestruturados tem se consolidado como uma estratégia promissora para controlar fenômenos interfaciais, otimizar o transporte de cargas e explorar novas funcionalidades em dispositivos orgânicos. Neste trabalho, investigam-se diferentes estratégias para a engenharia de filmes finos nanoestruturados visando estabelecer correlações entre a nanoestrutura dos materiais, as propriedades dos filmes e o desempenho de dispositivos orgânicos. Diferentes classes de nanomateriais foram integradas a arquiteturas de filmes finos, permitindo avaliar como modificações estruturais influenciam propriedades elétricas, ópticas, morfológicas e superficiais. Paralelamente, plataformas baseadas em substratos sustentáveis e flexíveis foram exploradas como alternativas para ampliar a versatilidade e as possibilidades de aplicação desses dispositivos. A abordagem proposta foi demonstrada em duas áreas complementares da eletrônica orgânica: sensoriamento químico e conversão de energia. Em sensores, a engenharia dos filmes finos favoreceu a interação entre os materiais ativos e as espécies químicas de interesse, promovendo respostas funcionais mais eficientes e maior estabilidade operacional. Em dispositivos fotovoltaicos orgânicos, a otimização das interfaces e das arquiteturas dos filmes contribuiu para processos mais eficientes de transporte e extração de cargas. Técnicas de caracterização estrutural, morfológica, óptica e elétrica foram empregadas para estabelecer relações entre a organização nanoestrutural dos materiais, as propriedades dos filmes e a funcionalidade dos dispositivos. Os resultados evidenciam que a engenharia de filmes finos nanoestruturados constitui uma plataforma versátil para o desenvolvimento de dispositivos orgânicos multifuncionais, demonstrando que princípios comuns de processamento e engenharia de materiais podem ser aplicados a diferentes tecnologias. Essa abordagem amplia a compreensão das relações entre estrutura e funcionalidade, contribuindo para o desenvolvimento de novas estratégias voltadas ao sensoriamento químico, à conversão de energia e ao avanço da eletrônica orgânica.

Abstract

The development of multifunctional organic devices relies on understanding the relationships between processing, structure, properties, and performance, which govern the functional response of materials across different applications. In this context, the engineering of nanostructured thin films has emerged as a promising strategy to control interfacial phenomena, optimize charge

transport, and enable new functionalities in organic electronic devices. This work investigates different engineering strategies for nanostructured thin films to establish correlations between material nanostructure, thin-film properties, and device performance. Different classes of nanomaterials were integrated into thin-film architectures to evaluate how structural modifications influence electrical, optical, morphological, and surface properties. In parallel, sustainable and flexible substrate platforms were explored as complementary approaches to broaden the applicability of organic electronic devices. The proposed strategy was demonstrated in two complementary application fields of organic electronics: chemical sensing and energy conversion. In sensing devices, thin-film engineering enhanced the interaction between active materials and target chemical species, leading to improved functional response and operational stability. In organic photovoltaic devices, optimized interfaces and thin-film architectures promoted more efficient charge transport and extraction processes. Structural, morphological, optical, and electrical characterization techniques were employed to establish correlations between nanoscale organization, thin-film properties, and device functionality. The results demonstrate that the engineering of nanostructured thin films provides a versatile platform for the development of multifunctional organic devices, showing that common principles of processing and materials engineering can be successfully applied across different technologies. This approach advances the understanding of structure–property–performance relationships and opens new perspectives for chemical sensing, energy conversion, and next-generation organic electronics.

27 Síntese e caracterização de filmes finos de SrTiO₃ dopados com Nb crescidos próximos à temperatura ambiente

Synthesis and characterization of Nb-doped SrTiO₃ thin films grown near room temperature

Munique Eva Araujo^{1*}, Elvis O. Lopez², Eliel E. Faria³, Fábio de O. Borges⁴ Alexandre Mello¹

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Macaé – RJ.

³ Universidade Federal de Roraima, UFRJ, Roraima – RR.

⁴ Universidade Federal Fluminense, UFF, Niterói – RJ.

*muniqueeva@cbpf.br

Palavras-chave: perovskita, pulverização catódica, termoeletrônicos

Keywords: perovskite, magnetron sputtering, thermoelectrics

Resumo

O titanato de estrôncio dopado com nióbio é um semicondutor do tipo n que apresenta alta estabilidade térmica, alta resistência à oxidação, não toxicidade e baixo custo. Este óxido mostrou excelentes resultados de eficiência termoelétrica (zT) em estrutura de massa (bulk) em temperaturas próximas à do ambiente. Além disso, essas perovskitas () possuem aplicações em fotocatalise e células fotovoltaicas. No entanto, a produção de filmes finos cristalinos deste óxido termoelétrico é raramente encontrada na literatura internacional. Neste trabalho, sintetizamos filmes finos de dopados com Nb por magnetron sputtering de ângulo reto (RAMS) pela primeira vez. O sistema RAMS tem sido amplamente estudado para a produção, em temperatura ambiente, de filmes finos de estruturas cristalinas complexas, tais como hidroxiapatita, hidroxiapatitas substituídas por íons [2] e a fase cúbica do carbeto de tungstênio (β -WC). Nossos resultados mostram a produção de cúbico cristalino preparado próximo à temperatura ambiente. Esses resultados são confirmados por difração de raios X com incidência rasante (GIXRD), espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Agradecimentos: Os autores gostariam de agradecer ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado.

Abstract

Niobium-doped strontium titanate is an n-type semiconductor that features high thermal stability, high oxidation resistance, non-toxicity and low cost. This oxide material has shown excellent thermoelectric efficiency (zT) results in bulk structure at temperatures close to ambient [1]. In addition to these perovskites (), they have applications in photocatalysis and photovoltaic cells. However, the production of crystalline films of this thermoelectric oxide is rarely found in international literature. In this work, we synthesize Nb doped SrTiO₃ thin films by right-angle magnetron sputtering (RAMS) for the first time. The RAMS system has been widely studied for production at room temperature thin films of complex crystalline structures such as hydroxyapatite, ion substituted hydroxyapatites [2] and cubic tungsten carbide phase (β -WC) [3]. Our results show a production of crystalline cubic prepared near room temperature. These results are confirmed by grazing incidence X-ray diffraction (GIXRD), X-ray photoelectron (XPS) and scanning electron microscopy (SEM). Acknowledgments: The authors would like to thank the Brazilian Center for Research in Physics and the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the doctoral scholarship.

[1] D.M. Rowe, Thermoelectrics Handbook – Macro to Nano, CRC Press Taylor & Francis

Group, Boca Raton, 2006.

[2] E.O. López, F.O. Borges, A.M. Rossi, R.M.O. Galvão, A. Mello, Vacuum 146, 233-245

(2017).

[3] E.O. López, et al. New approach to produce cubic-WC at low temperature for hydrogen

evolution reaction. International Journal of Hydrogen Energy, vol. 62, p. 1018-1029, 2024.

28 Desenvolvimento de Sensor Óptico de pH Baseado em Fibra Óptica Plástica Funcionalizada com Compósito PVA/Polianilina

Development of an Optical pH Sensor Based on Plastic Optical Fiber Functionalized with a PVA/Polyaniline Composite

Rafael Souza Palmeira^{1*}, Bluma Guenther Soares¹, Mayara Rossi dos Santos Nascimento¹, Nathalia Oliveira Almeida dos Anjos¹, Marcelo Martins Werneck¹, Regina Célia da Silva, Barros Allil¹, Juan David Lopez Vargas¹, Paulo Henrique Silva Pinto¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro – RJ, Brasil.

*souzapalmeirar@nano.ufrj.br

Palavras-chave: sensores ópticos; fibra óptica plástica; polianilina

Keywords: optical sensors; plastic optical fiber; polyaniline

Resumo

O potencial hidrogeniônico (pH) possui grande relevância na ciência, indústria, área biomédica e monitoramento ambiental, uma vez que influencia processos químicos, biológicos e industriais fundamentais. Nesse contexto, sensores ópticos têm se destacado devido às vantagens associadas à miniaturização, elevada sensibilidade, possibilidade de fabricação de dispositivos flexíveis e portáteis, operação em temperatura ambiente e resistência à corrosão e interferências eletromagnéticas. Entre os materiais utilizados, a polianilina apresenta elevado potencial para aplicações em sensores de pH devido à sua sensibilidade às variações de acidez, capazes de modificar suas propriedades ópticas e elétricas, além de apresentar síntese simples, baixo custo, boa estabilidade química e facilidade de deposição em filmes finos [1–3]. Este trabalho teve como objetivo desenvolver sensores ópticos de pH baseados em fibras ópticas plásticas (POFs) revestidas com compósitos de PVA/polianilina. O estudo foi dividido em cinco etapas principais: (1) síntese da polianilina por emulsão inversa e preparação

do compósito com PVA; (2) preparo de soluções ácidas e básicas utilizando H_2SO_4 e NaOH; (3) calibração das fibras ópticas e análise de diferentes geometrias (R, U, O1 e O2), descartando-se fibras com transmitância superior a 100%; (4) revestimento das fibras pelo método camada por camada durante 2 e 5 minutos; e (5) realização dos testes empregando a técnica de Ressonância de Modo Perdido (LMR). Os resultados demonstraram que a geometria O2 apresentou maior sensibilidade, seguida pelas geometrias O1, U e R, indicando que o aumento da curvatura intensifica a interação do campo evanescente com o meio externo, favorecendo a resposta óptica do sensor. A detecção baseia-se na técnica LMR, na qual a protonação e a desprotonação da polianilina, provocadas pelas variações de pH, modificam gradualmente seu índice de refração e, consequentemente, a condição de ressonância e a transmitância óptica, que constitui o sinal do sensor. Assim, cada valor de pH corresponde a um valor específico de transmitância obtido pela curva de calibração, permitindo sua determinação em toda a faixa de operação, e não apenas a distinção entre meios ácido e básico. Os sensores revestidos durante 2 minutos apresentaram faixa de detecção entre pH 2 e 12, enquanto os revestidos por 5 minutos detectaram valores entre pH 1 e 14. Além disso, apresentaram comportamento reprodutível, resposta óptica estável e tempo de resposta aproximado de 30 segundos. Esses resultados evidenciam que o aumento do tempo de revestimento amplia significativamente a sensibilidade e a faixa operacional dos sensores desenvolvidos, demonstrando potencial para aplicações em monitoramento ambiental, processos industriais e dispositivos portáteis de análise química.

Abstract

The hydrogen potential (pH) is highly relevant in science, industry, biomedical applications, and environmental monitoring, as it influences fundamental chemical, biological, and industrial processes. In this context, optical sensors have gained prominence due to their advantages, including miniaturization, high sensitivity, flexibility, portability, room-temperature operation, and resistance to corrosion and electromagnetic interference. Among the materials employed in pH sensing, polyaniline presents significant potential because its optical and electrical properties are strongly affected by changes in acidity. In addition, it offers simple synthesis, low cost, good chemical stability, and ease of deposition as thin films [1–3]. This work aimed to develop optical pH sensors based on plastic optical fibers (POFs) coated with PVA/polyaniline composites. The study was divided into five main stages: (1) synthesis of polyaniline by inverse emulsion polymerization and preparation of the PVA composite; (2) preparation of acidic and basic solutions using H_2SO_4 and NaOH; (3) calibration of the optical fibers and analysis of different geometries (R, U, O1, and O2), excluding fibers with transmittance values above 100%; (4) fiber coating by the layer-by-layer method for 2 and 5 min; and (5) sensor

characterization using the Lossy Mode Resonance (LMR) technique. The results showed that the O2 geometry presented the highest sensitivity, followed by O1, U, and R, indicating that increased curvature enhances the interaction between the evanescent field and the external medium, improving the optical response of the sensor. Detection was based on the LMR technique, in which protonation and deprotonation of polyaniline caused by pH variations gradually modify its refractive index and, consequently, the resonance condition and optical transmittance, which constitutes the sensor signal. Therefore, each pH value corresponds to a specific transmittance value obtained from the calibration curve, allowing pH determination throughout the operating range rather than only distinguishing between acidic and basic media. Sensors coated for 2 min presented a detection range from pH 2 to 12, whereas those coated for 5 min detected values from pH 1 to 14. Furthermore, the sensors exhibited reproducible behavior, stable optical response, and an approximate response time of 30 s. These results demonstrate that increasing the coating time significantly improves the sensitivity and operational range of the developed sensors, highlighting their potential for environmental monitoring, industrial processes, and portable chemical analysis devices.

[1] KHANIKAR, T.; SINGH, V. K. PANI-PVA composite film coated optical fiber probe as a

stable and highly sensitive pH sensor. *Optical Materials*, v. 88, p. 244–251, 2019.

[2] MIHAI, I.; ADDIEGO, F.; RUCH, D.; BALL, V. Composite and free standing PANI-PVA

membranes as flexible and stable optical pH sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, v.

192, p. 769–775, 2014.

[3] MATTOSO, L. H. C. Polianilinas: síntese, estrutura e propriedades. *Química Nova*, v. 19,

n. 4, p. 388–399, 1996.

29 Modelagem computacional de dispositivos supercondutores para controle de qubits

Computational modelling of superconducting devices for qubit control

Rickson Sarter M. Miranda.^{1,2*}, Davi A. D. Chaves²

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro – RJ.

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*ricksonsarter@nano.ufrj.br

Palavras-chave: supercondutividade, modelagem computacional, ressonadores

Keywords: superconductivity, computational modeling, resonators

Resumo

Materiais supercondutores permitem que correntes elétricas fluam com resistência zero e expulsam todo o campo magnético do seu interior. Este comportamento característico é explorado em tecnologias como sensores de campo magnético ultra precisos e trens de levitação magnética [1]. Supercondutores também são fundamentais para a fabricação de circuitos para processamento de informação quântica [2]. Neste trabalho, buscamos investigar as características fundamentais desses circuitos, realizando simulações computacionais do seu comportamento eletromagnético empregando o método dos elementos finitos. Os componentes fundamentais dos circuitos que estudamos são guias de onda coplanares e ressonadores projetados para atuarem na banda de frequências compreendida entre 4 e 8 GHz, que é o intervalo de operação típico dos qubits supercondutores [2,3]. Para alcançar isso, modelamos diversas estruturas típicas de circuitos de alta frequência, como antenas e filtros, para compreender os parâmetros físicos relevantes para os circuitos supercondutores. Então, modelamos ressonadores coplanares de meia onda ($\lambda/2$) de diferentes dimensões e com frequências naturais no intervalo de frequências desejado. Futuramente, versões otimizadas dos modelos atuais podem ser fabricadas e utilizadas pelo laboratório, a fim de compor circuitos supercondutores e unidades de processamento de informação quântica.

Abstract

Superconductors allow electrical currents to flow without resistance and expel the magnetic field from their interior. These particularities have been exploited in technologies like ultra precise magnetic field sensors and magnetic levitation devices in trains [1]. Superconductors are also essential to fabricate quantum information processing circuits [2]. In this work, we investigate the fundamental characteristics of these circuits by modeling their electromagnetic response using the finite element method. The core circuit components we studied are coplanar waveguides and resonators, which were designed to operate within 4 to 8 GHz frequency band, the typical operational range for superconducting qubits [2,3]. To achieve this, we modeled typical high-frequency circuit components, such as antennas and filters, to comprehend the relevant physical parameters for the operation of the superconducting circuits. Then, we modeled half-wave ($\lambda/2$) coplanar resonators of varying dimensions with natural frequencies within the target range. In the future, optimized versions of these models can be fabricated and utilized by the laboratory as important parts of superconducting circuits and quantum information processing units.

[1] F. Ostermann, P. Pureur; Supercondutividade. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

[2] A. Blais, A. L. Grimsmo, S. M. Girvin, A. Wallraff; Circuit quantum electrodynamics. Rev. Mod. Phys. 93, 025005 (2021).

[3] M. Göppl, A. Fragner, M. Baur, R. Bianchetti, S. Filipp, J. M. Fink, P. J. Leek, G. Puebla, L. Steffen, A. Wallraff; Coplanar waveguide resonators for circuit quantum electrodynamics. J. Appl. Phys. 104, 113904 (2008)

30 Construção de um Plastômetro Customizado para Análise de Fluidez de Filamentos Multifuncionais 3D

Building a Custom Plastometer for Melt Flow Analysis of Multifunctional 3D Printing Filaments

Sofia Borges Bruno¹, Rodrigo Félix², Elmo Brandão², Vivian M. Andrade²;

¹ Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ - Brasil;

² Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Urca, RJ - Brasil.

*sofiaborges@id.uff.br

Palavras-chave: MFI, Impressão 3D, Plastômetro

Keywords: MFI, 3D Printing Filaments, Custom Plastometer

Resumo

Este projeto tem como objetivo desenvolver filamentos para impressão 3D baseados em compósitos formados de materiais calóricos utilizando o método de extrusão por parafuso único. Para garantir a qualidade e prevenir falhas, é imprescindível caracterizar o Melting Flow Index (MFI) dos polímeros e compósito, parâmetro crítico para atestar a viabilidade de extrusão. Dado o alto custo dos equipamentos comerciais, iremos desenvolver um plastômetro composto de peças obtidas por impressão 3D e arduinos [1]. O MFI caracteriza a viscosidade do polímero a determinada temperatura (180-300 °C) e carga (2-10 kg), dado em gramas por 10 min. Materiais com baixos valores de MFI (<20 g/10 min), i.e., mais viscosos, são preferíveis para a extrusão de filamentos. Uma parte fundamental consiste em manter a aplicação de força no pistão constante e sem que haja alteração na temperatura do cilindro contendo os termoplásticos [2]. Para isso, serão comparados projetos motorizados ou gravitacionais, buscando o balanço entre precisão e custo. Desta forma, obtendo uma plataforma de testes econômica onde será possível testar diferentes proporções de materiais, definindo os parâmetros ideais de extrusão, o

que abrirá caminho para a impressão de peças multifuncionais.

Abstract

This project aims to develop 3D printing filaments based on composites made from caloric materials using the single-screw extrusion method. To ensure quality and prevent failures, it is essential to characterize the Melt Flow Index (MFI) of the polymers and the composite, a critical parameter to attest to the viability of extrusion. Given the high cost of commercial equipment, we will develop a plastometer composed of 3D-printed parts and Arduinos [1]. The MFI characterizes the polymer's viscosity at a specific temperature (180-300 °C) and load (2-10 kg), expressed in grams per 10 min. Materials with low MFI values (<20 g/10 min), i.e., more viscous ones, are preferred for filament extrusion. A fundamental part consists of keeping the force applied to the piston constant without altering the temperature of the cylinder containing the thermoplastics [2]. To achieve this, motorized and gravitational designs will be compared, seeking a balance between precision and cost. This will result in an economical testing platform capable of testing different material proportions and defining the ideal extrusion parameters, thereby paving the way for the printing of multifunctional parts.

[1] Liu, D., Basdeo, A., Gonzalez, C. S., Romani, A., Boudaoud, H., Nouvel, C., Cruz Sanchez, F. A., & Pearce, J. M. (2024). Low-cost open-source melt flow index system for distributed recycling and additive manufacturing. *Materials*, 17(23), 5966;

[2] ASTM International. (2023). Standard test method for melt flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer (ASTM D1238-23).

31 Desenvolvimento de uma plataforma modular para automação de experimentos com centros NV⁻ em diamante utilizando Python

Development of a modular platform for automation of experiments with NV⁻ centers in diamond

Carmem M. Gilardoni¹, Thiago M. Mendes.*

¹ Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, Rio de Janeiro – RJ.

*thiagomoraesmendes@nano.ufrj.br

Palavras-chave: centros NV, automação experimental, ressonância magnética

Keywords: NV centers, experimental automation, magnetic resonance

Resumo

Centros Nitrogen-Vacancy carregados negativamente (NV⁻) são defeitos pontuais na estrutura cristalina do diamante que têm seu momento magnético acoplado com suas propriedades fotofísicas. Por este motivo, este sistema constitui uma plataforma experimental de grande interesse para aplicações em sensoriamento quântico, óptica quântica e processamento de informação quântica. A implementação prática desses experimentos exige integração entre múltiplos equipamentos com diferentes requisitos de comunicação, sincronização temporal e aquisição de dados, tornando a automação experimental um desafio relevante. Neste trabalho foi desenvolvida uma infraestrutura modular para controle automatizado de experimentos utilizando Python e Jupyter Notebook. O sistema foi organizado em uma arquitetura baseada em módulos independentes para comunicação com instrumentos, configuração experimental e execução das rotinas de aquisição. Essa estrutura permite abstrair interfaces específicas dos equipamentos e concentrar o controle experimental em um único ambiente. Também foram implementados mecanismos para sincronização entre dispositivos de controle óptico, de ressonância magnética, de posicionamento espacial e de detecção de fótons com resolução temporal, além do armazenamento automático de dados e metadados experimentais e ferramentas para acompanhamento da estabilidade das medições ao longo do tempo. A arquitetura desenvolvida busca facilitar a implementação de novos protocolos experimentais e reduzir a complexidade operacional associada à execução manual dos experimentos. Até o momento, o projeto resultou em uma plataforma funcional para automação experimental e estabeleceu uma base para futuras medições e expansão do conjunto de técnicas disponíveis no sistema. Espera-se que essa infraestrutura contribua para aumentar a reprodutibilidade experimental e apoiar o desenvolvimento de experimentos mais complexos em tecnologias quânticas.

Abstract

Negatively charged Nitrogen-Vacancy (NV⁻) centers are point defects in the crystalline structure of diamond whose magnetic moment is coupled to its photophysical response. For this reason, these systems are an important experimental platform for applications in quantum sensing, quantum optics and quantum information processing. Practical implementation of these experiments requires integration of multiple instruments with different communication, synchronization and data acquisition requirements, making experimental automation an important challenge. In this work, a modular infrastructure for automated experimental control was developed using Python and Jupyter Notebook. The system was organized into independent modules responsible for instrument communication, experimental configuration and execution of acquisition routines. This architecture abstracts device-specific interfaces and centralizes experimental control in a unified environment. Me-

chanisms for synchronizing the devices necessary for optical control, magnetic resonance, positioning, and time-resolved photon detection, automatic storage of experimental data and metadata, and tools for monitoring measurement stability over time were also implemented. The proposed architecture aims to simplify implementation of future experimental protocols and reduce operational complexity. At the current stage, the project resulted in a functional platform for experimental automation and established the basis for future measurements and expansion of available experimental techniques. This infrastructure is expected to improve experimental reproducibility and support the development of increasingly complex quantum technology experiments.

[1] BINDER, J. et al. Qudi: A modular python suite for experiment control and data processing. *SoftwareX*, v. 6, p. 85–90, 1 jan. 2017.

[2] ROVNY, J. et al. Nanoscale diamond quantum sensors for many-body physics. *Nature Reviews Physics*, 11 nov. 2024.

[3] SEWANI, V. K. et al. Coherent control of NV– centers in diamond in a quantum teaching lab. *American Journal of Physics*, v. 88, n. 12, p. 1156–1169, 19 nov. 2020.
