cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Análise Comparativa da Sensibilidade de Hidrofones com Materiais de Encapsulamento de Baixo Custo.

André Luis Lima Silva[1]; Pedro Mendes Diniz[2]; Gabriela Ribeiro Pereira[3]; Marcella Grosso[4]; Cesar Giron Camerini[5]; Beatriz Ferreira Saavedra[6]; Raquel Marques Cautivo[7]; Wendel Quintana Freitas de Lima[8]; Juan Peixoto Barroco Magalhães[9]; Rodolfo Lopes Gonçalves[10].

1, 10. IEAPM; 2, 9. IPqM; 3 - 7. UFRJ. 8. CASOp.

Introdução

O Encapsulamento de componentes eletrônicos e piezoelétricos é fundamental em projeto de hidrofones para a proteção contra curtos-circuitos em meios eletricamente condutores. Entretanto, diferenças acentuadas de impedância acústica entre o meio de propagação e o material de encapsulamento podem provocar reflexões nas interfaces, reduzindo a transmissão da energia acústica ao elemento piezoelétrico e, consequentemente, afetando a sensibilidade do sensor (XU et al., 2023). Nesse contexto, materiais como óleo de rícino destacam-se pela baixa condutividade elétrica (KUBIAK et al., 2020) e pela impedância acústica de 1,45 MRayl, próxima à da água (1,569 MRayl) (YANG et al., 2021). Apesar dessas vantagens, sua natureza líquida exige cuidados adicionais de vedação e manuseio, limitações que podem ser contornadas pelo uso de resinas de poliuretano, capazes de formar um encapsulamento sólido, fornecer proteção contra curtos-circuitos além de possuir baixo custo e serem de fácil manipulação após a cura.

Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo quantificar e comparar a sensibilidade de recepção de hidrofones piezoelétricos submetidos a diferentes configurações de encapsulamento, utilizando como referência o óleo de rícino e avaliando dois protótipos encapsulados em resina bicomponente de poliuretano (Retapol 1080E), com e sem invólucro acrílico. As cerâmicas piezoelétricas foram associadas a um pré-amplificador de instrumentação com ganho aproximado de 40 dB. A análise comparativa das curvas de sensibilidade, obtidas por calibração em tanque hidroacústico, visa verificar a viabilidade do poliuretano como alternativa de encapsulamento de baixo custo.

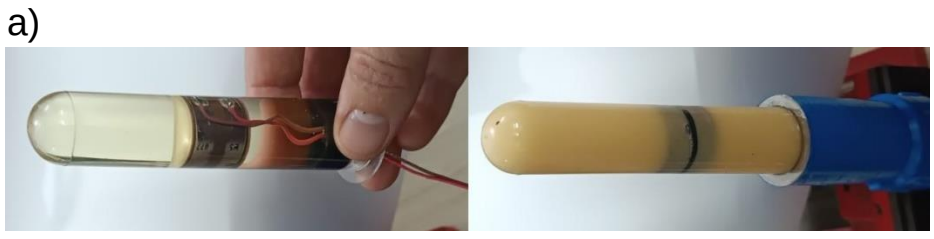
Metodologia

A metodologia adotou como referência um hidrofone constituído por cerâmica piezoelétrica (PZT) encapsulada em óleo de rícino. Foram confeccionados outros dois protótipos com cerâmicas idênticas, ambos encapsulados em resina de poliuretano: um apenas com a resina e outro mantido no recipiente acrílico utilizado durante o processo de cura. Após a fabricação, os três hidrofones foram calibrados pelo método de comparação em tanque hidroacústico, na faixa de 800 Hz a 25 kHz. Os valores médios de sensibilidade obtidos nas três calibrações foram então comparados, permitindo avaliar a influência dos diferentes encapsulamentos sobre a resposta acústica dos sensores.

Resultados e Discussão

Os hidrofones encapsulados em óleo de rícino e poliuretano são apresentados na Figura 1a, ambos com revestimento lateral à cerâmica PZT de aproximadamente 2 mm de espessura. As curvas de calibração (Figura 1b) indicaram sensibilidades médias de −153,86 dB para o óleo de rícino, −153,20 dB para o poliuretano puro e −154,46 dB para o poliuretano acondicionado em frasco acrílico. A análise das curvas revelou uma diferença máxima de 2,76 dB entre o poliuretano puro e a configuração com acrílico, em 18,5 kHz, com maior sensibilidade para o primeiro. Em relação ao óleo de rícino, as maiores diferenças foram observadas nas frequências mais elevadas, atingindo 4,39 dB em 24,5 kHz para o poliuretano puro e 4,61 dB em 25 kHz para a configuração com acrílico, ambas com sensibilidades superiores às do óleo nas respectivas frequências.

a)



b)

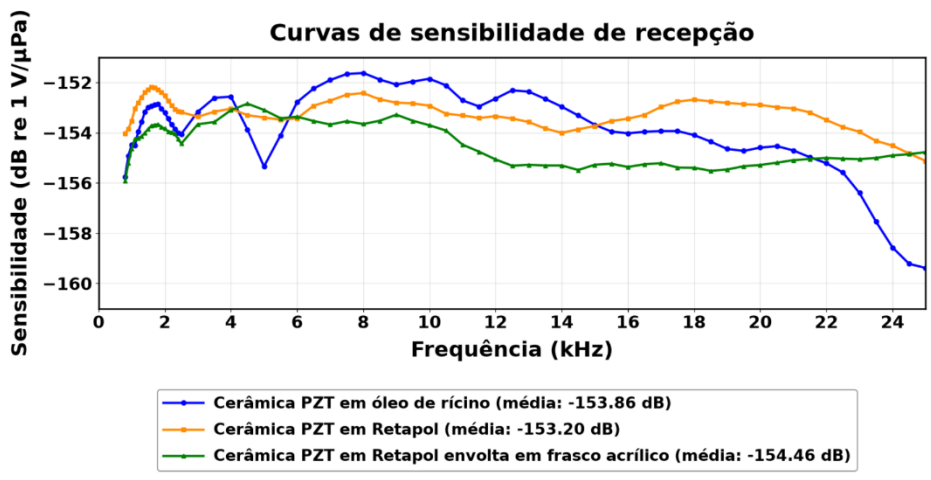


Figura 1. (a) Encapsulamento em óleo de rícino (esquerda) e em resina (direita); (b) Curvas de sensibilidade de recepção

Conclusões

A resina de poliuretano mostrou-se uma alternativa promissora para o encapsulamento de hidrofones, apresentando sensibilidades médias próximas às obtidas com óleo de rícino. As configurações com poliuretano exibiram respostas relativamente estáveis ao longo da faixa de frequência analisada, enquanto o óleo de rícino apresentou uma redução mais acentuada da sensibilidade acima de 15 kHz. Os resultados indicam, portanto, a viabilidade da resina de poliuretano como material de encapsulamento de baixo custo, destacando-se pela maior estabilidade da resposta em frequência nas condições experimentais avaliadas.

Referências

KUBIAK, Tomasz; BANASZAK, Joanna; JÓZEFCZAK, Arkadiusz; ROZYNEK, Zbigniew. Direction-Specific Release from Capsules with Homogeneous or Janus Shells Using an Ultrasound Approach. ACS Applied Materials Interfaces, v. 12, n. 13, p. 15810–15822, abr. 2020. ISSN1944-8244. DOI: 10.1021/acsami.9b21484. eprint: https://pubs.acs.org/aamick/article-pdf/12/13/15810/67372098/acsami.9b21484.pdf. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsami.9b21484.

XU, Xinhu; ZHANG, Liang; GUO, Hulin; WANG, Xiaojie; KONG, Lingcai. Acoustic characterization of transmitted and received acoustic properties of air-coupled ultrasonic transducers based on matching layer of organosilicon hollow glass microsphere. Micromachines, MDPI, v. 14, n. 11, p. 2021, 2023.

YANG, Tingting; WANG, Qiang; ZHANG, Zengxing; LIAO, Zhiwei; ZHAO, Yunlong; LI, Yu; ZANG, Junbin; GAO, Rui; CUI, Danfeng; XUE, Chenyang. Design and Implementation of 6 × 6 Array Piezoelectric AlN Hydrophone With High Sensitivity. IEEE Sensors Journal, v. 21,p. 26615–26623, dez. 2021. DOI: 10.1109/JSEN.2021.3118449.