

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE FORÇA PARA SONDA DE IMPEDÂNCIA ELÉTRICA

Helena Fuchs Duarte, Pedro Bertemes Filho

INTRODUÇÃO

Impedância é uma propriedade definida com a relação entre tensão e corrente. Quando aplicada em tecidos biológicos, é chamada de bioimpedância [1]. A medição dessa propriedade tem se tornado cada vez mais útil para auxílio em diagnósticos de doenças, tornando estes processos menos invasivos e complexos. O presente trabalho tem como finalidade a construção e teste de um sistema de medição de força para uma sonda ergonômica, leve, de fácil manutenção e manuseio. O dispositivo medirá bioimpedância, força aplicada e temperatura em pele com doença cutânea, como o câncer de pele [2]. A escolha de tais fatores se deve ao fato de que a força aplicada altera a medição da bioimpedância, além da temperatura também influenciar esse parâmetro [3,4].

DESENVOLVIMENTO

A montagem do protótipo foi feita com o modelamento das peças no software Autodesk Inventor Professional 2022 e com fatiamento no software Ultimaker Cura 5.8.0, para posterior impressão. Esse procedimento foi feito na impressora 3D Ender 5 Imagination Plus, com PLA Preto 1,75 mm [5]. O protótipo conta com a parte superior, suporte para mini célula de carga, tampa, êmbolo e parte inferior, conforme figura 1. Além disso, foi necessário incluir uma mola (para funcionamento do êmbolo), a mini célula de carga para medição de força e o sensor de temperatura. Foi fabricado um fantoma de gelatina para o ensaio mecânico, para teste do sistema montado. O ensaio de compressão (para simular uma força sendo aplicada no fantoma pela sonda) foi realizado na Máquina universal de ensaios Instron, modelo EMIC 23-100, com uma célula de carga Instron com capacidade de 500 N.

RESULTADOS

Os dados durante o ensaio foram obtidos pela máquina universal de ensaios (fornecendo uma relação entre deslocamento e força), pela mini célula de carga (relação entre força e tempo) e sensor de temperatura (relação entre temperatura e tempo). Foi feita uma calibração da mini célula, pois os dados obtidos não estavam em Newtons, e uma interpolação para correlacionar a força obtida pela máquina e a obtida pela mini célula de carga. A figura 2 mostra a correlação dos resultados, onde pode ser observado um trecho linear nas duas leituras. Este comportamento já foi observado por Dutra (2018). Há uma diferença máxima de 0,8 N que, por sua vez, pode ser explicado por falhas da calibração manual e precisão restrita a célula de carga.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo a construção e teste de um sistema de medição de força para sonda de bioimpedância. A primeira versão do protótipo foi concluída e os testes mostram que o sistema funciona linearmente, conforme esperado. Uma nova calibração deve ser feita e testes em outros tecidos (por exemplo, tofu, carne bovina e de frango) para melhor avaliar o comportamento viscoelástico da pele. Um fator de correção deve ser modelado para retirar a influência que a força aplicada e a temperatura têm na medição de bioimpedância. Além disso, espera-se que a força obtida seja informada no dispositivo para que não ultrapasse o limite aceitável da força excidade sobre a pele pela sonda. Assim, o protótipo serve como base para a

construção de dispositivos que auxiliam no diagnóstico de doenças cutâneas e outras aplicações médicas.

Palavras-chave: bioimpedância; protótipo; modelamento 3D; ensaios mecânicos.

ILUSTRAÇÕES

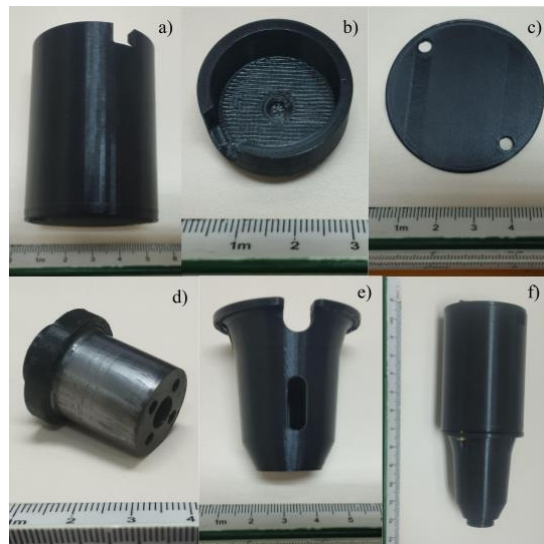


Figura 1: Partes da sonda impressas em PLA na impressora Ender 5 Plus, sendo elas a) parte superior, b) suporte para a mini célula, c) tampa, d) êmbolo, e) parte inferior f) e conjunto montado.

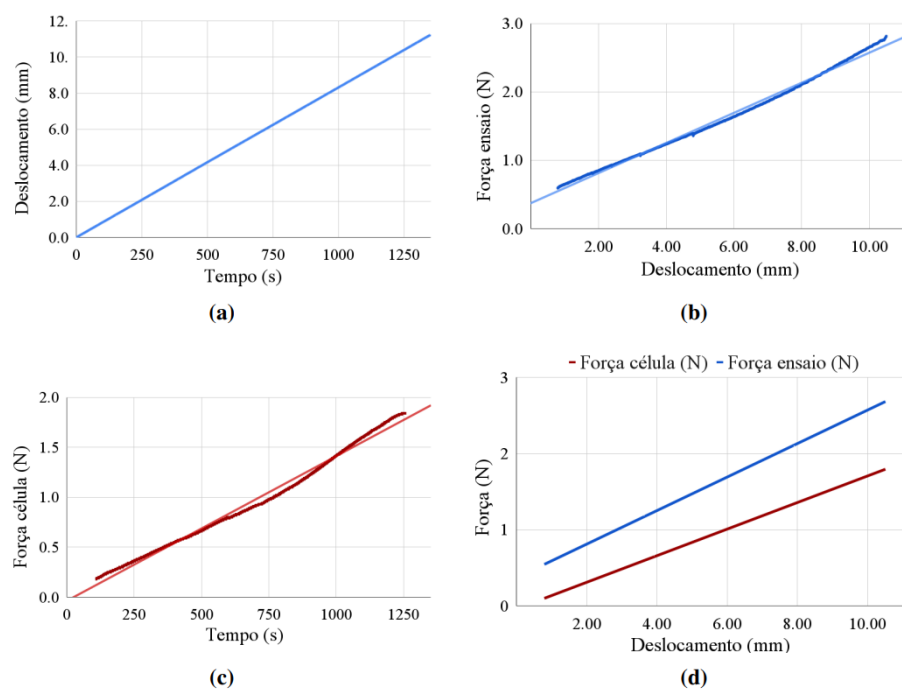


Figura 2: Correlação entre grandezas medidas, entre elas: a) relação entre deslocamento e tempo, b) função para força no ensaio por deslocamento, c) função para força da célula por tempo e d) relação entre duas medições de força com a correlação aplicada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARTINSEN, Ø.; HEISKANEN, A. *Bioimpedance and Bioelectricity Basics*. San Diego: Academic Press, 2023.
- [2] SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. *Câncer de pele*. Disponível em: <https://www.sbd.org.br/doencas/cancer-da-pele/>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- [3] TAJI, B.; CHAN, A. D. C.; SHIRMOHAMMADI, S. Effect of pressure on skin-electrode impedance in wearable biomedical measurement devices. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, [s.l.], 2018.
- [4] RUIZ-VARGAS, A.; IVORRA, A.; ARKWRIGHT, J. W. Design, construction and validation of an electrical impedance probe with contact force and temperature sensors suitable for in-vivo measurements. *Scientific Reports*, [s.l.], 2018.
- [5] 3DFILA. *Filamento PLA Preto 1,75mm*. Disponível em: <https://3dfila.com.br/produto/filamento-pla-preto/?srsltid=AfmBOooztWu2TSjBQ1Z9Ovno8gzvGDLzXW4S6lgncxIFUPv6iGcpupIt>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- [6] DUTRA, D. *Modelagem numérica do efeito de aplicação de força em fantasmas de material biológico usando espectroscopia de impedância elétrica*. 2018. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2018.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Helena Fuchs Duarte

MODALIDADE DE BOLSA: PROBIC/UDESC (IC)

VIGÊNCIA: 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Pedro Bertemes Filho

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia Elétrica

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharias/Engenharia Biomédica

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Desenvolvimento de uma sonda inteligente para a medição do espectro da impedância elétrica em materiais biológicos.

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP2966-2021