

Meta-heurística aplicada na simulação e análise numérica de vibrações em superfícies sólidas

Leonardo Guimarães Aleixo

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto de Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará

Resumo — Este trabalho apresenta estudo de simulação numérica por otimização, analisando valores de vibrações em superfície sólida coletando dados por sistema embarcado computadorizado. Com referência ao assunto e demonstração do método *Ford-Fulkerson* para obter fluxo máximo do conjunto de matrizes de células de dados. Elaborando equipamento básico com plataforma eletrônica *open-source* acoplada a componentes elétrico e analisando vibrações. É aplicado método de otimização aos dados coletados com resultados tabelados. Ao final é visualizado ensaio com possibilidade e aplicação para estimativa de vetores de vibração em fuselagem de aeronave.

I. INTRODUÇÃO

Estudo numérico otimizado utilizando modelo matemático e algoritmo de meta-heurística, aplicado ao *Arduino UNO*, para criar equipamento computadorizado e simplificado ajustado em ambientes de menor espaço físico, com fins de coleta e processamento de dados recebidos de sensores de carga, analisando possíveis vetores de vibrações em superfície sólida, com prováveis fissuras e rupturas. Seguem conjunto em pesquisas de referências para aplicação de métodos e cálculo, utilizadas para este trabalho. Algoritmos heurísticos não garantem encontrar a solução ótima para um determinado problema, porém, são capazes de melhorar uma solução existente retornando solução viável com qualidade em tempo razoável conforme [1]. Modelos de otimização e programação linear são aplicados em estruturas de negócios, engenharia, logística e em diversos eventos do mundo real [2], provando aplicação de modelos matemáticos que prevêm respostas de acontecimentos com soluções. Meta-heurística amplia a possibilidades de resposta de eventos utilizando algoritmos e conceitos de otimização aplicados em programação [3]. Vemos pesquisa em análise de diagnóstico sobre a vida útil de estrutura, que verifica o estado dos materiais no conjunto completo das partes que constituem a aeronave, conforme [4]. O dispositivo *Arduino* é implementado em medições com acelerômetros compatíveis, incorporando código fonte compiláveis aplicado ao acelerômetro *MMA7361*, realizando medições de vibrações em estruturas de laboratório para estimar frequências naturais de amostragem de sinais [5]. Algoritmo de otimização baseado em gradientes (SQP) é utilizado para realizar a otimizações, onde rotinas em *Matlab* são utilizadas para acoplar o algoritmo a ferramenta de elementos finitos para a análise estática e dinâmica da célula de carga [6].

II. ALGORITMO FORD-FULKERSON E O FLUXO MÁXIMO

Este método de otimização, conforme o Teorema 1, foi escolhido por ter ampla documentação em pesquisa e aplicação, existindo literatura disponível em acervos de bibliotecas públicas, tornando os testes e análise numéricas em comparar os resultados, mais prático. O algoritmo *Ford-Fulkerson* [7] foi utilizado para encontrar solução do problema do fluxo máximo, provendo o aumento iterativo do valor do fluxo, por uma rede sujeita a limites de capacidade de circulação.

Teorema 1 (Do fluxo máximo/corte mínimo). *Se f é um fluxo em uma rede de fluxo $G = (V, E)$ com fonte s e sorvedouro t , então as seguintes condições são equivalentes:*

1. f é fluxo máximo em G .
2. A rede residual G_f não contém nenhum caminho aumentador.
3. $|f| = c(S, T)$ para algum corte (S, T) de G .

Assim, temos

$$\begin{aligned} f(S, T) &= \sum_{u \in S} \sum_{v \in T} f(u, v) - \sum_{v \in T} \sum_{u \in S} f(v, u) \\ &= \sum_{u \in S} \sum_{v \in T} c(u, v) - \sum_{v \in T} \sum_{u \in S} 0 = c(S, T) \end{aligned}$$

Portanto,

$$|f| = f(S, T) = c(S, T)$$

III. DISPOSITIVO E CONTROLE

A Fig. 1 exibe protótipo de sistema eletrônico, contendo cinco elementos de montagem: A placa PCI da ponte de *Wheatstone*, a caixa de contenção dos componentes, a placa *Arduino Uno* com o sensor, e por fim a conexão de cabo de energia e de dados. Sendo um dispositivo de fácil montagem e de pequeno porte, podendo ser colocado em espaços pequenos. Utilizando como base de cálculo, os métodos e equações visto em [8].

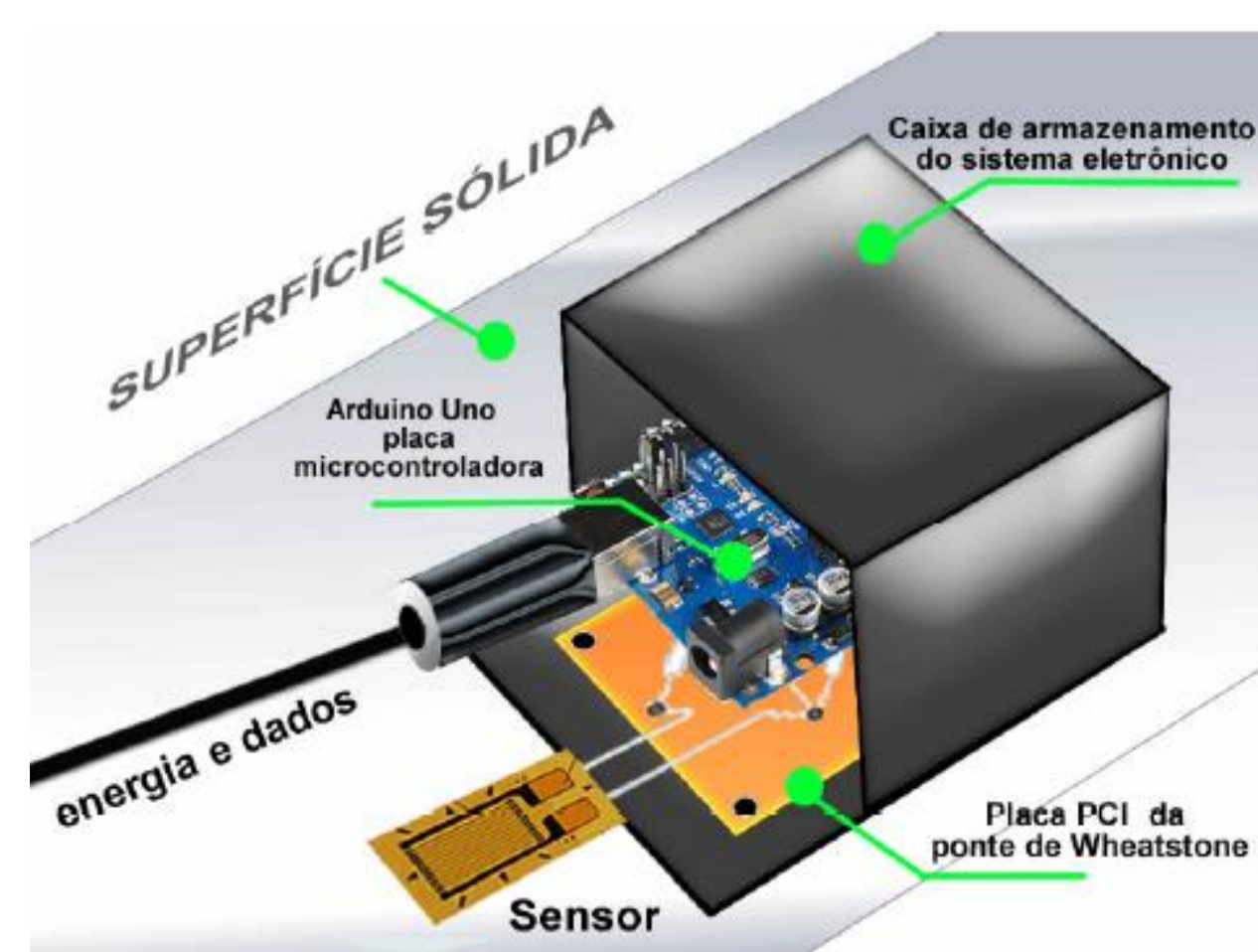


Fig. 1. Fonte: Autor - Protótipo

IV. APLICAÇÃO

O método de otimização executa convergência para conjunto de valores numéricos, utilizando algoritmo de fácil programação e aplicando princípio da meta-heurística para retorno de valores numéricos ótimos. A otimização matemática pode ser utilizada em substituição parcial de equipamentos que amplificam sinal, permitindo ao desenvolvedor em engenharia optar por baixos recursos em equipamentos e ainda otimizar e eficiência do processamento de sinais.

A Fig. 2 exibe implementação de rede em *Nós* para a leitura e interpretação de valores de iterações. Possibilitando sistema embarcado controlar e processar múltiplos sensores que captam sinais de fluxo máximo, com a análise de sinais utilizando microcomputador, normalizando dados numéricos, para a prevenção e determinação de linhas de desgaste aerodinâmico, e indicando o máximo caminho para forças de deformação Fig. 3.



Fig. 2. Ligação de vetores de vibração, onde o valor numérico converge.

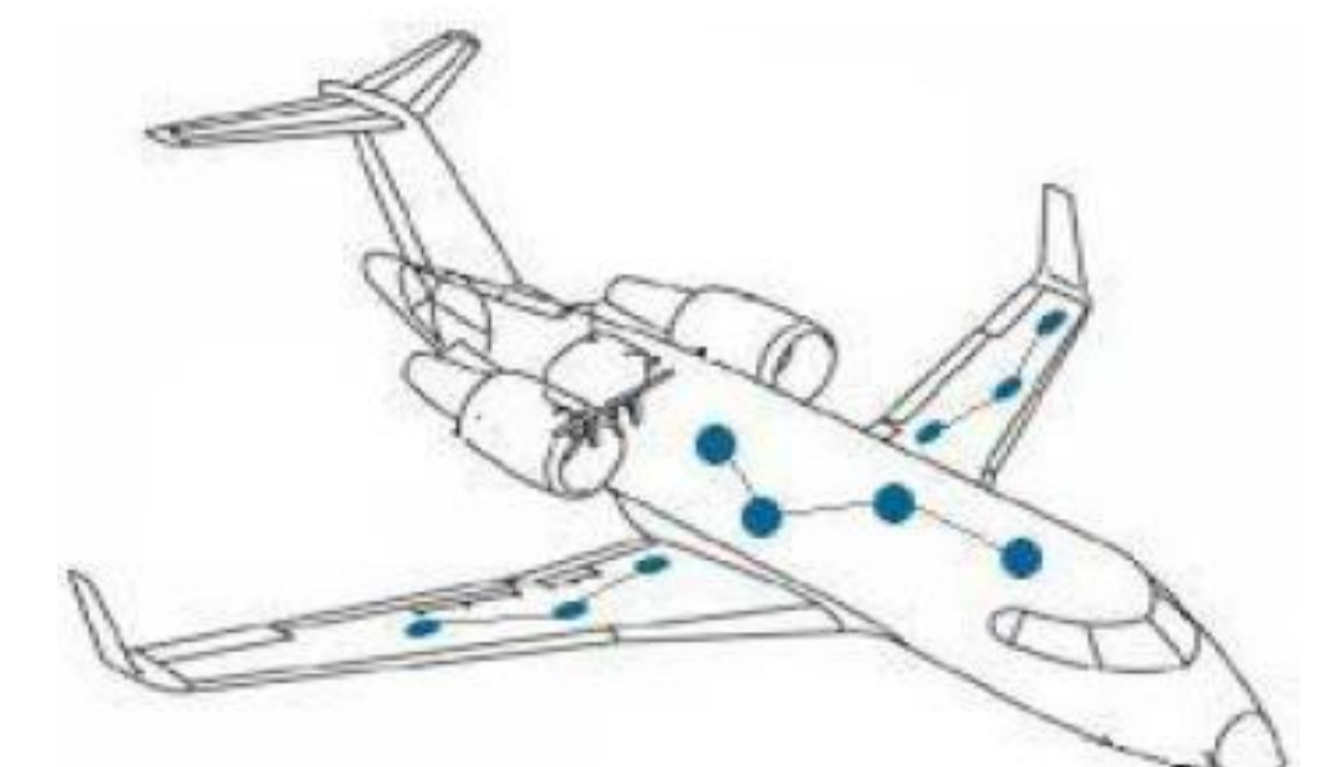


Fig. 3. Linhas de conexão entre *Nós*, com valores de fluxo máximo em superfície de aeronave.

V. CONCLUSÃO

Equipamento embarcado foi projetado e aplicado na análise de linhas de propagação de forças em superfície sólida, processando dados numéricos por otimização, com resultados de linearidade em convergência de valores de vibração, permitindo prever distribuição de vetores de carga para melhorar a precisão de leituras numérica, sem utilizar amplificadores acoplados ao circuito principal. Para obter características de portabilidade e baixo custo, foi utilizado modelagem matemática para melhorar eficiência no processamento de sinais, apresentando resultados em valores numéricos de amostras de vibrações. O dispositivo pode ser aplicado na pesquisa de engenharia para o processamento de sinais, utilizando valores numéricos de carga, com simulação de sistema de convergência de fluxo máximo, amplificando e otimizando valores numéricos.

REFERÊNCIAS

1. A. P. da Silva and E. de Oliveira Nunes, "Busca tabu e o problema de roteamento de veículos: Uma aplicação prática no exército brasileiro," *RICAM Revista Interdisciplinar de Ciências Aplicadas à Atividade Militar*, vol. 2, no. 2, pp. 119–134, 2019.
2. M. C. Goldberg and H. P. L. Luna, "Otimização combinatória e programação linear," Editora Campus 2.Ed., vol. 6, 2005.
3. E. Goldberg, M. Goldberg, and H. Luna, *Otimização combinatória e metaheurísticas: algoritmos e aplicações*. Elsevier Brasil, 2017.
4. BRABO, Alfredo Rodrigues. SHM-Sistema de Monitoramento Estrutural. 2014.
5. GUALÁN, Edwin Iván Namicela; ARAUJO, Iván Dario Gómez. Análise e medições de vibrações mecânicas em estruturas usando a plataforma arduino. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v. 7, n. 2, p. 61-69, 2020.
6. SILVA, Felipe Thomas Flores da. Análise numérica e otimização de uma célula de carga de ponto único. 2017.
7. J.T. Cormen, C. Leiserson, and R. Rivest, *Algoritmos*. Elsevier Brasil 3.Ed., 2012.
8. DE ANÁLISE, Grupo; MECÂNICO, Projeto. *Apostila de Extensometria*. Florianópolis-Santa Catarina-Brasil, 2004.