



Simpósio de Métodos Numéricos em Engenharia

25 a 27 de outubro, 2017

Estudo da influência causada por incertezas de medições em uma análise inversa de elasticidade 3D com o MEC

Cibele Cornejo Jacinto Portela
PPGMNE
Universidade Federal do Paraná
Curitiba, Brasil

Amanda Jarek
Institutos LACTEC
Departamento de Engenharia Civil
Curitiba, Brasil

Luiz Alkimin de Lacerda
PPGMNE
Universidade Federal do Paraná
Institutos LACTEC
Departamento de Engenharia Civil
Curitiba, Brasil

Resumo—Este trabalho visa a elaboração de simulações para o estudo da influência das incertezas envolvidas em medições nos resultados de uma análise inversa em elasticidade em dutos. A análise inversa foi elaborada por meio de uma ferramenta desenvolvida com o uso do Método dos Elementos de Contorno associado a um Método Híbrido de otimização que utiliza Algoritmos Genéticos e o Método de Newton Raphson.

Palavras-chave—Análise Inversa, Algoritmos Genéticos, Método dos Elementos de Contorno, Método de Newton Raphson, Incertezas em medições

A análise inversa de elasticidade foi elaborada por meio de um algoritmo computacional que emprega o Método dos Elementos de Contorno (MEC) [2] para problemas tridimensionais com elementos constantes quadriláteros, associado a um Método Híbrido como método de otimização com o uso dos Algoritmos Genéticos (AGs) e o Método de Newton Raphson (MNR). Com o AG, faz-se uma exploração no espaço de busca evitando a convergência em um mínimo local para então utilizar esse resultado como escolha inicial na aplicação do MNR, diminuindo o custo computacional [3].

I. INTRODUÇÃO

Em muitas aplicações na engenharia, tem-se a necessidade de identificação de parâmetros físicos a partir de dados medidos experimentalmente. Porém, em geral, o resultado de uma medição é apenas uma estimativa do valor verdadeiro mensurado, sendo o seu resultado completo somente quando acompanhado do valor declarado da incerteza. A acurácia e precisão de um certo dado medido estão ligadas a várias variáveis como a sofisticação do equipamento, condições ambientais ou mesmo a habilidade de quem realiza a medida. O objetivo desse trabalho foi o de mensurar a influência da incerteza de medição nos resultados de uma análise inversa em elasticidade em dutos. Na literatura técnica é possível encontrar trabalhos em diversas áreas que analisam a influência das incertezas de medições em resultados de simulações computacionais, como o de Ohnuma [1], que trata da análise de incertezas de observações hidrológicas e sua influência na modelagem de pequenas bacias urbanas.

II. MODELAGEM COMPUTACIONAL

Uma visão mais aprofundada sobre os métodos utilizados na ferramenta com o algoritmo computacional e a explicação de como ela foi implementada, pode ser encontrada na dissertação de mestrado [3] intitulada de "Associação do Método de Elementos de Contorno a um Algoritmo Híbrido para Análise Inversa em dutos", onde foi elaborada a ferramenta para aplicação da análise inversa.

Um trabalho onde se utilizou um Método Híbrido de otimização que associou os AGs com o MNR foi apresentado por Feliz [4], que propôs um sistema composto por esses dois métodos aplicado no problema de convergência de fluxo de potência em sistemas de energia, fornecendo bons resultados.

III. MODELO NUMÉRICO DE ESTUDO

O modelo estudado, ilustrado pela Fig. 1, representa um duto de aço com suas duas extremidades engastadas e uma força de

superfície aplicada verticalmente em um elemento de contorno em sua região central. A análise inversa neste exemplo é executada para buscar um único parâmetro que consiste na magnitude dessa força. Para o modelo, foi adotado módulo de elasticidade de 200GPa, coeficiente de poisson 0,32, comprimento 7,0m, diâmetro externo 0,3m e interno 0,26m.

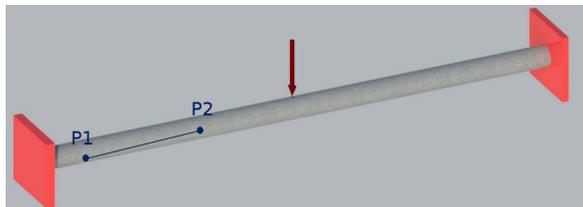


Figura 1: Modelo de Estudo.

Primeiramente, foi executada uma análise direta com o uso do MEC, por meio de uma malha de 1024 elementos constantes quadriláteros com objetivo de simular medidas em campo. Foram testados dois valores pré determinados da força F_y aplicada, sendo o primeiro de -179,15kN e o segundo de -51,187kN, representados por forças de superfície P_y de -14MPa e -4MPa respectivamente, constantes sobre um único elemento de contorno.

Dessa forma foi possível obter os valores dos deslocamentos nos pontos nodais dos elementos de contorno do modelo. Através desses resultados, foram computados os valores dos pontos nodais correspondentes aos pontos de medidas, indicados na Fig. 1 podendo então obter-se a distância relativa entre esses dois pontos. Sendo assim, esse valor obtido representa a medida experimental simulada por meio dessa análise direta. Adota-se, então, uma incerteza em torno dessa medida na ordem de 10^{-6} , representada por:

$$X = X_{exa} \mp \Delta X \quad (1)$$

onde X_{exa} é a medida exata experimental simulada e ΔX é a incerteza envolvida na medição na ordem de 10^{-6} .

A análise inversa, com o uso do código híbrido desenvolvido, fornece a resposta do melhor indivíduo de cada geração com seu respectivo valor da função de aptidão. Para o AG admitiu-se uma população com 15 indivíduos e um total de 15 gerações. Assumiu-se que o parâmetro de busca P_y pertence ao intervalo de -20Mpa a 0Mpa, representados por cromossomos binários de 14 dígitos. A probabilidade de recombinação é 70% e de mutação 0,5%.

O gráfico da Fig. 2 apresenta o erro relativo da força de superfície obtida pela análise inversa versus a incerteza na medição para um determinado número de simulações.

Para o cálculo do erro percentual relativo, adotou-se a Eq. (2)

$$E\% = \frac{|P_{exa} - P_{inc}|}{X_{exa}} \cdot 100 \quad (2)$$

sendo P_{exa} o valor exato obtido da força de superfície obtida pelo análise inversa e P_{inc} o valor da força de superfície obtido pela análise inversa com a inclusão da incerteza na medição

A especificação da incerteza da medição está ligada a exatidão desejada nos resultados. Para atender essa exatidão requerida, a incerteza pode ser especificada de tal forma que tenha um valor

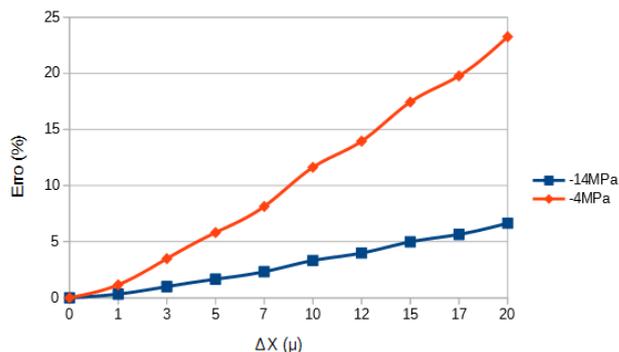


Figura 2: Erro percentual relativo na obtenção da força de superfície versus incerteza na medição.

admissível para os propósitos práticos associados. Através dos resultados mostrados no gráfico da Fig. 2, é possível associar o erro gerado nos resultados com as incertezas em medições servindo como auxílio na tomada de decisões sobre a escolha do equipamento de medição a ser utilizado na prática.

CONCLUSÕES

As simulações desenvolvidas permitiram a verificação da grandeza dos erros causados em uma análise inversa pelas incertezas em medições. Através dessa análise, a partir do valor de um erro admissível é possível identificar a estimativa da incerteza envolvida na medição experimental, permitindo um auxílio na tomada de decisões sobre a escolha do equipamento de medição a ser utilizado na prática.

REFERÊNCIAS

- [1] A.A.J. Ohnuma et al., *Análise de Incertezas de Observações Hidrológicas e sua Influência na Modelagem de Pequenas Bacias Urbanas*, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 12, p 107-116, Jan/Mar 2007.
- [2] G. Beer and S.Duenser, *The Boundary Element Method with Programming*, SpringerWienNewYork, 2008.
- [3] C.C.J. Portela, *Associação do Método dos Elementos de Contorno a um Algoritmo Híbrido para Análise Inversa em dutos*, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, 2017.
- [4] E.J.O. Feliz, *Aplicação de Algoritmos Genéticos para convergência de fluxo de potência em sistemas de energia*, Dissertação (Mestrado), Universidade do Vale de Itajaí, São José, 2019.