

ARTIGO REF: 6810

## **ANÁLISE DINÂMICA ESTOCÁSTICA DO CARREGAMENTO DE VEÍCULOS EM PONTES E VIADUTOS**

**André Luís Travassos Gurgel de Moraes<sup>(\*)</sup>, Reyolando M.L.R.F. Brasil**

Universidade de São Paulo, Depart. Eng<sup>a</sup> de Estruturas, São Paulo, Brasil

<sup>(\*)</sup>*Email:* andre-gurgel@hotmail.com

### **RESUMO**

O intuito deste trabalho é gerar uma metodologia de simulação do carregamento dinâmico advindo dos veículos que transitam em pontes e viadutos, tendo em vista a natureza aleatória desse evento. O grande motivador deste tema é a possibilidade de considerar uma característica que é rotineiramente ignorada na análise de pontes: o fluxo não determinístico do tráfego e as implicações do mesmo nos esforços solicitantes da estrutura. O plano de trabalho consistirá no desenvolvimento de uma rotina computacional que automatize o processo de obtenção de um histórico de carregamentos a partir da densidade espectral de potência (PSD) do trânsito, em função das frequências. Esse histórico será aplicado em uma ponte em grelha para análise dinâmica através do Método dos Elementos Finitos. Da resposta obtida, é possível realizar um tratamento estatístico, assumindo uma função de densidade de probabilidades adequada, e comparar os resultados com os procedimentos clássicos de análise de pontes.

Desde o começo do século XX, verifica-se o notório desenvolvimento de soluções cada vez mais arrojadas para os diversos problemas da Engenharia de Estruturas. Com dimensões e esbeltezas cada vez maiores, a consideração da análise dinâmica, que era outrora desconsiderada, passou a ter vital importância no dimensionamento estrutural (CORRADI, 2005). O trágico caso do colapso da Ponte de Tacoma Narrows, no ano de 1940, desencadeou intensas discussões a respeito da necessidade de se conhecer o comportamento dinâmico de estruturas, particularmente de pontes e viadutos, sob ação de carregamentos móveis.

Naquela época, a análise dinâmica conduzia a deslocamentos de magnitude relativamente desprezível devido à robustez das estruturas. Além disso, a complexidade do cálculo envolvido também era um fator que desmotivava a adoção de tal prática. Foi somente com o advento do computador, após a Segunda Grande Guerra, e a consequente concepção do Método dos Elementos Finitos (MEF), na década de 60, que a análise dinâmica passou a ser mais palpável do ponto de vista matemático (BRASIL, 2013). A popularização do Método fomentou a criação de softwares estruturais e a Dinâmica das Estruturas passou a ser largamente empregada, ZIENKIEWICZ (2000) e BATHE (1977).

Diferentemente da dinâmica determinística, cuja origem é especulada por volta de meados do século III a. C. (MENDES, 2012), o campo de estudo dos Processos Estocásticos é uma ciência muito mais recente. As primeiras noções de variáveis randômicas foram desenvolvidas por Einstein, na tentativa de descrever o movimento browniano (movimento aleatório das partículas suspensas num fluido), apenas no início do século XX (LI; CHEN, 2009). A partir daí, o ramo da Estocástica passou a ser empregado nas mais diferentes áreas, desde a Física até a Economia, dado o caráter abrangente de reprodução de diversos fenômenos proporcionados pelo seu poderoso ferramental.

Pela capacidade de reproduzir a aleatoriedade de certos eventos, a fusão entre Estocástica e Dinâmica das Estruturas foi natural. Dessa forma, os principais objetos de estudo da dinâmica puderam ser encarados sobre uma nova ótica. Com efeito, a modelagem de ações randômicas (tais como vento, sismos e o tráfego de veículos e pessoas) de forma não-determinística permitiu uma simulação mais acurada do que efetivamente ocorre com as estruturas.

Sob esse viés, propõe-se o estudo de pontes e viadutos considerando ações dinâmicas, proveniente do tráfego de veículos, de forma estocástica. Trata-se de campo de pesquisas novo e pouco explorado, justificando um trabalho de mestrado no assunto. Uma possível fonte de informações recentes, são as publicações da ASHTO (2012), American Society of Highway and Transportation Officials.

Embasamento completo em dinâmica de estruturas tanto determinística como aleatória pode ser encontrado em especial nas obras primas de CLOGH & PENZIEN (1993) e NEWLAND (2005). Numa perspectiva histórica, tudo se iniciou com TIMOSHENKO (1994). Para solução prática de problemas de vibração em estruturas, a autoridade é BACHMANN (1995)

## REFERÊNCIAS

- [1]-Brasil, R.; Silva, M. Introdução à dinâmica das estruturas. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2013.
- [2]-Clough, R; Penzien, J. Dynamics of structures 3rd Ed. New York. Editora McGraw-hill, 1993.
- [3]-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 7188:2013 Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre. Rio de Janeiro, 2013.
- [4]-Bachmann, H.; Ammann, W. J.; Deisch, F. Vibration problems in structures: practical guidelines. New York: Springer Verlag, 1995.
- [5]-Timoshenko, S. Young, D.H. Weaver, W. Vibration Problems in Engineering. New York, 1974.
- [6]-Corradi, M. A short account of the history of structural dynamics between the nineteenth and twentieth centuries. Northumbria University, 2005.
- [7]-AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. A police on geometric design of highways and streets. Washington D.C., 2001
- [8]-AASHTO LRFD bridge design specifications. Washington D.C., 2012.
- [9]-Mendes, P. Dinâmica das estruturas. Porto, 2012.
- [10]-Li, J.; Chen, J. Stochastic dynamic of structures. John Wiley & Sons (Asia), Shangai, 2009.
- [11]-Bath, K.J.; Wilson, E.L. Numerical methods in finite element analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 1977.
- [12]-Newland, D.E. An introduction to random vibrations and spectral analysis. 3rd edition, John Wiley & Sons, Cambridge, 2005.
- [13]-Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L. The finite element method. 5th edition, Butterworth-Heinemann, Barcelona, 2000.
- [14]-Chen, Y.; Georgeou, T. Stochastic bridges of linear systems. Publicado em IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.61(1), Ithaca, 2016.