

1

Introdução

Com a evolução tecnológica da indústria ferroviária, a utilização de trens, no transporte de cargas e passageiros, vem sendo consolidada como opção de transporte viável, tanto economicamente como também em termos de tempo de transporte e confiabilidade.

Assim, para otimização do sistema, torna-se necessário que as vias férreas acompanhem esse desenvolvimento. Daí a motivação principal do estudo, a criação de modelos capazes de fornecer respostas estruturais adequadas às solicitações impostas e às propriedades do sistema em análise.

Uma estrutura ferroviária convencional é constituída por uma superestrutura, cujos elementos principais são o trilho, elementos de ligação, como fixadores e palmilhas, e dormentes. A subestrutura é constituída por uma camada de material granular denominada lastro, e por camadas subjacentes de base e subbase. Dependendo da finalidade da ferrovia, há a necessidade de estruturas especiais como pontes e túneis, entre outras.

Neste trabalho, o objetivo principal é a implementação de um modelo de interação entre os elementos da superestrutura sobre uma camada de lastro, para uma dada solicitação, utilizando elementos unidimensionais numa formulação híbrida de elementos finitos, desenvolvida por (Dumont-2003). O problema é formulado no domínio da frequência num desenvolvimento em série e posteriormente, são utilizadas técnicas avançadas de superposição modal para obtenção de respostas no domínio do tempo.

1.1

Organização do texto

No capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica. Esse capítulo está dividido em 6 seções onde primeiramente é apresentado um panorama geral sobre trabalhos na área experimental e numérica presentes na literatura, destacando os modelos propostos por (Niakas-2001, Martin-2003, Esveld-1998-2). Nas seções 2.4 e 2.5 são feitas breves considerações sobre análise dinâmica em vigas e elementos finitos dinâmicos. Posteriormente, seção 2.6, são apresentadas algumas noções básicas sobre ferrovias e seus componentes estruturais.

O capítulo 3 está dividido em 7 seções, onde primeiramente, seção 3.1, é apresentada a formulação dos elementos finitos híbridos aplicada de forma completamente geral para problemas dependentes do tempo. Na seção 3.2 é apresentada a formulação no domínio da frequência, que leva a um problema de autovalor não linear, seção 3.5. As equações matriciais de equilíbrio e o desenvolvimento das matrizes numa série de frequências são mostradas nas seções 3.3 e 3.4. Apresenta-se na seção 3.6 o processo de superposição modal avançada para análise do problema no domínio do tempo. Por fim, o processo de condensação dinâmica é mostrado na seção 3.7.

O capítulo 4 apresenta o desenvolvimento, a partir da formulação mostrada no capítulo anterior, das matrizes de rigidez dos elementos utilizados na modelagem da ferrovia. São obtidas nas seções 4.1 e 4.2, as matrizes de rigidez dos elementos de treliça e viga de Timoshenko. Na seção 4.3 e 4.4 são apresentados alguns exemplos utilizando os elementos desenvolvidos.

No capítulo 5 é apresentado o modelo global para representação da ferrovia. Em seguida, seções 5.2-5.5, são apresentados modelos alternativos para análise dos resultados, obtidos a partir de modificações feitas no dormente. Os valores das propriedades físicas dos elementos estruturais utilizadas neste trabalho são dadas na seção 5.6. Em seguida, seção 5.7 é feito um estudo de convergência dos modelos de interação.

O desenvolvimento de soluções particulares para diversas situações de carregamento, com ênfase no caso de cargas móveis e impactos é apresentado no capítulo 6.

No capítulo 7 são elaborados alguns exemplos numéricos para verificação dos modelos.

Por fim o capítulo 8 apresenta alguns comentários e conclusões sobre os resultados obtidos. Além de sugestões de desenvolvimentos e melhoramentos que possam vir a ser feitos em estudos futuros.

Vale ressaltar que os desenvolvimentos feitos nesse trabalho são baseados no método desenvolvido por (Dumont-2003), orientador desse trabalho, além

das notas de aulas e apostilas e artigos publicados referentes ao curso de Método Híbrido de Elementos de Contorno, desenvolvido e ministrado por Dumont, desde 1987. na PUC-Rio.

1.2

Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é a criação de um modelo de interação dinâmica entre os elementos da superestrutura de uma via férrea utilizando elementos finitos unidimensionais e conceitos de superposição modal.

Um segundo objetivo é a verificação do uso de modelos alternativos com um número menor de graus de liberdade, obtidos em diferentes níveis de condensação dinâmica.