

# **AVALIAÇÃO DO EXCESSO DE CARGA NO DESEMPENHO A FADIGA DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS CONSIDERANDO DUAS FORMAS DE MODELAGEM**

**Fernanda Hart Garcia, Alex Granich, Luciano Pivoto Specht**

Mestrado em Modelagem Matemática / Curso de Engenharia Civil  
UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho é encontrar, através da Modelagem Matemática, a influência do excesso de carga sobre a vida de fadiga de pavimentos flexíveis fazendo uso do Método de Elementos Finitos. A primeira simulação teve como referência um veículo rodoviário de eixo simples com carga e área de contato pneu/pavimento padrões. Na segunda forma de modelagem, foram utilizadas diferentes pressões de inflação dos pneus. Estas pressões geram variações na área de contato pneu/pavimento. Para a implementação do modelo estrutural foi utilizado o Software ANSYS, com o qual se encontrou a deformação de tração, e com este parâmetro calculou-se o número  $N_f$  através do modelo de fadiga do MEPDG. Para uma sobrecarga de 40%, a redução da vida útil do pavimento é de 1,9 a 3,0 vezes menor se comparada à carga padrão. Na primeira forma de abordagem há uma super estimativa quanto à redução da vida útil do pavimento. Já na segunda abordagem, foi possível refinar a análise.

## **1. INTRODUÇÃO**

O transporte rodoviário teve e ainda tem papel fundamental no desenvolvimento social e econômico mundial, mas especialmente no Brasil sua importância é indiscutível, pois mais da metade das cargas são transportadas através das rodovias. Segundo Medina e Motta (2005) as rodovias transportam 60% da carga e 96% dos passageiros no Brasil.

Apesar da importância do modal rodoviário para o desenvolvimento sócio-econômico do país, o Brasil possui apenas uma pequena parcela (cerca de 10%) de rodovias pavimentadas, sendo que boa parte destas encontram-se em péssimo estado de conservação.

Para que os pavimentos permaneçam em boas condições de tráfego, são necessários, além de um bom projeto estrutural, que ao longo dos anos sejam feitas intervenções corretivas e preventivas, evitando assim, o aumento das deteriorações e conseqüentemente a perda da serventia do pavimento. Estas intervenções, são formas de otimizar a vida útil do pavimento e os gastos com infra-estrutura rodoviária, pois uma das justificativas para a falta de manutenção das estradas é o custo elevado e a falta de recursos financeiros.

A degradação dos pavimentos é causada principalmente pelo tráfego, pois com grande frequência, veículos trafegam nas rodovias com excesso de carga, o que, segundo Medina e Motta (2005) têm como conseqüência a degradação acelerada dos pavimentos e a sobrecarga de pontes e viadutos, causando um dos danos mais conhecidos do pavimento asfáltico: o trincamento por fadiga, que pode ser definido como o dano causado pelas solicitações repetidas do tráfego, estando este, entre os tipos mais importantes de defeitos levados em consideração quando verificada a necessidade ou não de intervenções de restauração.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é investigar, através da Modelagem Matemática, a influência do excesso de carga sobre a vida de fadiga de pavimentos flexíveis utilizando-se para tanto o Método de Elementos Finitos. Avaliar-se-á também a dois tipos de modelagem e a influência da rigidez da camada de revestimento.

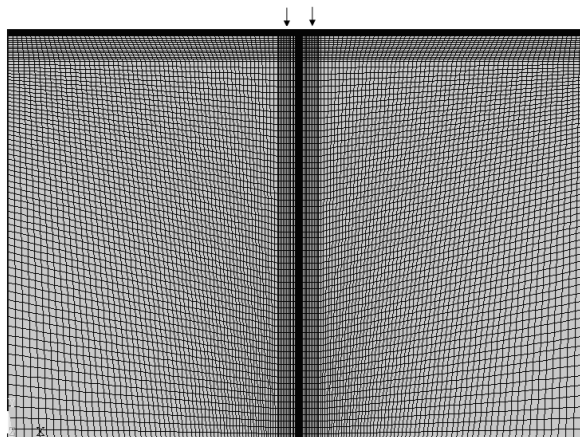
## 2. METODOLOGIA

As simulações foram realizadas considerando duas formas de modelagem. Na primeira, foram utilizados três diferentes módulos de rigidez (3000, 4000 e 5000MPa), simulando diferentes tipos de misturas asfálticas na camada de revestimento, sendo considerados materiais no regime linear, com propriedades elásticas e isotrópicas. Sendo que a camada de revestimento, de base e de subleito possuem espessuras de 7,5, 30 e 450cm, com coeficiente de Poisson de 0,35, 0,4 e 0,45 respectivamente.

Para cada diferente módulo de rigidez foram simuladas diferentes cargas, tendo como referência um veículo rodoviário de eixo simples de roda dupla com carga de 80kN, ou seja, a carga por roda de 20kN, com área circular de contato de  $0,0363\text{m}^2$  (equivalente a tensão de 0,55MPa). Para a avaliação dos excessos foram simulados carregamentos com percentagens a mais sobre a carga considerada referência e para fins de comparações foram simulados ainda carregamentos com percentagens a menos do que a carga considerada referência (de -20% a +40%).

Na segunda forma de modelagem, além dos parâmetros utilizados na primeira, ainda foram utilizadas diferentes pressões de inflação dos pneus (552, 620 e 689kPa), segundo dados experimentais obtidos por Albano (1998). Estas pressões geram variações na área de contato pneu/pavimento e conseqüentemente variações nas tensões internas do pavimento.

Para a implementação do modelo estrutural foi utilizado o Software ANSYS. Foi desenhado um modelo geométrico de um pavimento bi-dimensional, simétrico e discretizado por elementos quadráticos, com quatro nós cada elemento, utilizando a interpolação linear, formando assim a malha (Figura 1). Logo após foi aplicado o refinamento a fim de obter-se resultados mais precisos. Simulando os apoios nas partes laterais e inferior do pavimento, foram criados os vínculos, e então aplicadas às cargas.



**Figura 1:** Malha de elementos finitos

O Software ANSYS realiza a análise de tensões e deformações com base no método de elementos finitos. O Método de Elementos Finitos é uma técnica de análise numérica para obter solução aproximada de muitos problemas em engenharia e ciências, que envolvem meios contínuos. Nele, o meio contínuo é dividido em elementos fictícios de dimensões finitas, ligados entre si por pontos nodais que se assimilam a articulações sem atrito (Medina e Motta, 2005). Estes elementos fictícios são compostos de arestas e nós, formando o que

chamamos de malha. Assim, ao invés de buscar uma função admissível que satisfaça as condições de contorno para todo o domínio, no método de elementos finitos as funções admissíveis são definidas no domínio de cada elemento finito (Assan, 2003).

Através das simulações no Software ANSYS, obtêm-se a deformação de tração que ocorre na fibra inferior de revestimento, a qual é responsável por iniciar o processo de trincamento por fadiga. Após a obtenção deste parâmetro calcula-se o número  $N_f$  (indicador da vida útil do pavimento) através do modelo de fadiga de pavimentos asfálticos do MEPDG (*Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide*) (MEPDG, 2004).

O modelo é apresentado nas seguintes equações:

$$N_f = Ck_1 \left( \frac{1}{\varepsilon_t} \right)^{k_2} \left( \frac{1}{E} \right)^{k_3} \quad (1)$$

$$= \beta_{f1} k_1 (\varepsilon_t)^{-\beta_{f2} k_2} (E)^{-\beta_{f3} k_3}$$

Onde:

- $N_f$  : número de repetições de carga para atingir o trincamento por fadiga;
- $\varepsilon_t$  : deformação de tração na fibra inferior do revestimento;
- $E$  : módulo de rigidez do material;
- $k_1, k_2, k_3$  : coeficientes de regressão obtidos em laboratório;
- $\beta_{f1}, \beta_{f2}, \beta_{f3}$  : parâmetros de calibração;
- $C$  : fator de ajuste de campo

### 3. RESULTADOS

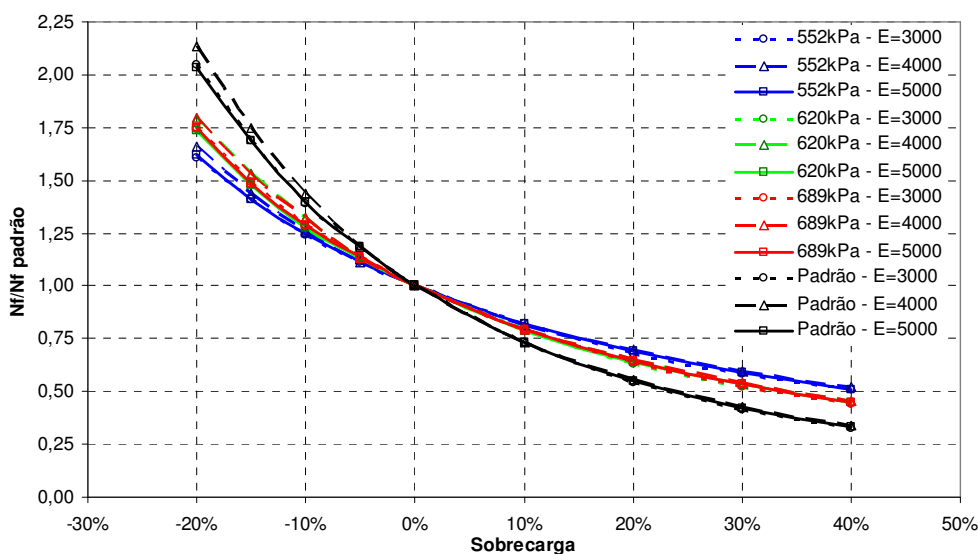
A Figura 2 apresenta o resumo dos resultados obtidos; os valores do  $N_f$  foram normalizados em função do  $N_f$  calculado para o eixo padrão. Para a primeira forma de modelagem, verificou-se uma significativa redução da vida útil do pavimento, que pode chegar a ser três vezes menor quando há sobrecarga de 40%, quando comparada a carga de referência.

Na segunda forma de modelagem, quando são consideradas as pressões de inflação dos pneus, observou-se também a redução da vida útil do pavimento, porém com valores menores de  $N_f/N_{fpadrão}$ , ou seja, para pneus com as pressões de 552, 620 e 689kPa, a vida útil do pavimento quando a sobrecarga é de 40% pode chegar a ser 1,9, 2,0 e 2,2 vezes menor, respectivamente.

A diferença de valores de  $N_f/N_{fpadrão}$  para cada uma das formas de abordagem pode ser explicado em função de que na primeira forma de modelagem, a área de contato pneu/pavimento foi considerada a mesma, independente do carregamento e da pressão de inflação, enquanto que, na segunda forma de modelagem, quando consideradas as pressões de inflação e consequentemente as diferentes áreas de contato para cada carregamento, foi possível refinar a análise, ou seja, chegou-se a dados mais próximos da realidade, já que os pneus são flexíveis e se deformam em contato com a superfície dependendo da sobrecarga e de sua pressão de inflação.

Para os valores do módulo de rigidez utilizados observou-se que, quanto maior for este módulo, menor será a deformação de tração e consequentemente haverá uma redução na

fadiga dos materiais do revestimento, todavia, observa-se que a rigidez acaba deixando de influenciar na análise da fadiga quando a sobrecarga é excessiva.



**Figura 2:** Relação  $N_f/N_{f\text{ padrão}}$

## CONCLUSÕES

O trabalho avaliou a sobrecarga de eixo rodoviário sob duas formas de modelagem e obteve as seguintes conclusões:

- Para uma sobrecarga de 40%, a redução da vida útil do pavimento é de 1,9 a 3 vezes menor se comparada à carga padrão.
- Na primeira forma de abordagem há uma super estimativa quanto à redução da vida útil do pavimento. Já na segunda abordagem, foi possível refinar a análise devido à consideração das diferentes áreas de contato.
- O módulo de rigidez das camadas acaba perdendo a sua influência na análise de vida de fadiga quando a carga está com demasiado excesso.

Enfim, reforça-se a importância do controle efetivo das cargas rodoviárias, de maneira que as rodovias brasileiras possam efetivamente cumprir seu importante papel no transporte de bens e pessoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albano, J. F. (1998) Efeitos da variação da carga por eixo, pressão de inflação e tipo de pneu na resposta elástica de um pavimento. Dissertação de mestrado, UFRGS.
- Assan, A. E. (2003) *Método de Elementos Finitos: primeiros passos*. São Paulo, Unicamp.
- Medina, J. e L. M. G. Motta (2005) *Mecânica dos Pavimentos*. Rio de Janeiro, UFRJ.
- MEPDG (2004) *National Research Council, guide for mechanistic-empirical pavement design (MEPDG)*, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP).

Fernanda H. Garcia ([nanda.hart@gmail.com](mailto:nanda.hart@gmail.com))

Alex R. Granich ([alex\\_granich@hotmail.com](mailto:alex_granich@hotmail.com))

Luciano P. Specht ([luspecht@gmail.com](mailto:luspecht@gmail.com))

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

Rua do Comércio, 3000, Bairro Universitário, CEP: 98700-000 – Ijuí – RS