

## **Análise da Fadiga de Pavimentos Submetidos à Temperatura Variável e Carregamento de Veículos**

**Cassia Bordim**

Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
98700-000, Campus Ijuí, Ijuí, RS  
E-mail: cassiabordim@yahoo.com.br

**Wang Chong**

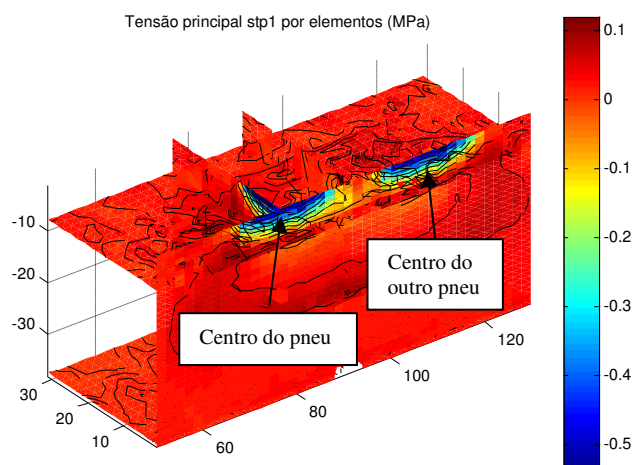
Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul  
98280-000, Campus Panambi, Panambi, RS  
E-mail: wang@unijui.edu.br

### **RESUMO**

As rodovias já existem no Brasil desde o século XIX, devido ao crescimento populacional exigiu-se cada vez mais transporte de massa e grandes investimentos em infra-estrutura, pois milhares de veículos trafegam diariamente pelas estradas brasileiras. A deformação de um pavimento depende das variações de temperatura do ar ou das condições meteorológicas de um modo geral e do carregamento produzido pela passagem de veículos. E a extrema dependência dos fatores climáticos associados à ação das cargas dos veículos determina aos pavimentos uma vida de serviço de poucos anos. Segundo Tramontini [2], a variação da temperatura depende da profundidade: menor profundidade - maior variação. A camada de base do pavimento flexível sofre consideráveis variações térmicas, o calor retido nesta camada pode influenciar muito na variação da temperatura da camada superior que está diretamente em contato com a temperatura do ar e fatores climáticos. Verifica-se que ocorre a influência da temperatura em pavimentos flexíveis, pois a temperatura da superfície do pavimento é bem maior que a do ambiente, pois está associada ao índice de absorção de calor dos materiais utilizados na construção mais insolação local.

O problema de fadiga de pavimento depende dos números repetidos de diferentes tensões ou deformações em um ponto, por estes dependem propriedades mecânicas das camadas de pavimento e carregamento e onde pneus de veículos passarão pelo ponto. As propriedades mecânicas da camada de revestimento do pavimento são fortemente ligadas à variação de temperatura, envolvendo muitos fatores, um deles é a temperatura ambiente que muda cada hora. Vassoler [3] desenvolveu um programa computacional utilizando o método de elementos finitos para o cálculo das tensões e deformações do pavimento constituído por diferentes camadas. A temperatura do pavimento como a entrada para o programa de elementos finitos é obtida através da resolução da equação diferencial de transferência de calor aplicando a transformação de Laplace e sua inversa numérica e considerando a variação de temperatura do ambiente. Na programação, a diferença entre o trabalho dela e outros convencionais é que no cálculo da rigidez de cada elemento da primeira camada (revestimento betuminoso) substitui-se o módulo de elasticidade pela média das resiliências dos quatro nós, dependendo da temperatura de cada nó que por sua vez é calculada na análise de transferência de calor. O resultado mostra a grande importância dos gradientes térmicos para a análise do comportamento do pavimento, tanto no que se refere ao trincamento por fadiga, quanto ao acúmulo das deformações plásticas no subleito. A temperatura influencia fortemente a rigidez e a deformabilidade do revestimento asfáltico e conseqüentemente o cálculo de tensões e deformações no interior da estrutura. Para a estrutura de pavimento analisada o ponto crítico é o abaixo de uma das rodas, para o caso da fadiga e o centro entre as rodas para o caso das tensões atuantes no subleito. No fundo da camada de revestimento a maior tensão de tração e sua variação estão no centro da impressão da pressão aplicada pela roda. No ponto central entre as rodas as tensões não se caracterizam (há muito ruído) nem mostra sua importância em relação aos outros pontos, salvando a compressão

no topo de subleito, que é maior do que no centro da impressão. A deformação de tração tem uma variação notável e é mais sensível em relação do gradiente de temperatura do que a tensão de tração. A [Figura 1](#) mostra a distribuição da primeira tensão principal, produzida por dois pneus carregados, cujos centros se distanciam cerca de 30 cm. Pode-se extrair a função de distribuição da tensão em relação ao centro entre os dois pneus.



**Figura 1** – Primeira tensão principal produzida por dois pneus carregados. A unidade dos eixos é cm e na barra MPa.

Em etapas posteriores serão aplicadas diferentes cargas de pressão de pneus para simular a passagem de diferentes veículos e obter as funções de distribuições de tensões e deformações tridimensionais. Com as funções da distribuição de tensões e deformações obtidas e o suposto de probabilidade de posições de pneus na pista, que dependem tipos de veículos e seus carregamentos, realizará a análise de fadiga seguindo a lei de Miner:

$$D = \sum_{i=1} \frac{n_i}{N_i}$$

onde  $N_i$  apresenta o número de repetição de uma certa carga  $P_i$ , sob qual o material será danificado;  $n_i$  o número de repetição da carga  $P_i$  aplicada. Essa lei é muito usada na área de engenharia mecânica e civil para medir um dano acumulado. Segundo Pinto [1] cada veículo de diferente carga  $P_i$  passa, ocorre uma perda da resistência à fadiga do material de modo progressivo, contribuindo à soma das razões dos ciclos. Se  $D$  acumular num dado ponto até unidade, o pavimento será danificado no local. O número  $n_i$  será determinado por fluxo e tipo de veículos. Atualmente estamos trabalhando na construção das funções de distribuições de tensões e deformações em relação do centro entre os pneus.

**Palavras-chave:** *pavimento, fadiga, variação de temperatura, elementos finitos, tensão, deformação.*

## Referências

- [1] P. Pinto, Pavimentação Rodoviária. Rio de Janeiro: Copiarte, 2001, 259p.
- [2] R. Tramontini, Modelagem matemática da transferência de calor em pavimentos rígidos e flexíveis. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2007.
- [3] G. Vassoler, Análise Numérica do Comportamento Mecânico de Pavimentos Submetidos à Variação de Temperatura. Dissertação de Mestrado, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, 2009.