

# ESTUDO DO DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

## **Eduardo Martins Renz**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria  
eduardorenz@msn.com

## **Paola Garcia**

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria  
paolagarcia.engcivil@gmail.com

## **Gustavo Menegusso Pires**

Mestrando do PPGEC da Universidade Federal de Santa Maria  
gmenegussopires@gmail.com

## **Luciano Pivoto Specht**

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria  
luspecht@gmail.com

## **Deividi da Silva Pereira**

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria  
dsp@ufsm.br

**Resumo.** *O trabalho visa demonstrar as diferenças nos resultados para dimensionamentos de trechos de rodovias imaginárias utilizando o modelo atualmente empregado no Brasil e métodos mecanicistas. Foram realizados orçamentos para os diversos métodos e feita uma comparação dos resultados obtidos.*

**Palavras-chave:** *Pavimentação. Pavimentos Flexíveis. Dimensionamento.*

## **1. INTRODUÇÃO**

O modal rodoviário tem papel fundamental no desenvolvimento social e econômico mundial, principalmente no Brasil, onde os outros modais não possuem tanta força, 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.

### **1.1 Justificativas**

Admitindo tal necessidade que a civilização tem pó este processo intermediário, chega-se ao raciocínio de que é vital para o desenvolvimento sócio-econômico que se crie condições sob as quais o transporte possa ser realizado de forma que sua produtividade seja otimizada.

### **1.2 Revisões bibliográficas**

**Dimensionamento de pavimentos flexíveis.** Dimensionar um pavimento significa determinar as espessuras das camadas que o constituem de forma que estas camadas resistam e transmitam ao subleito as tensões a elas aplicadas devido à ação do tráfego, sem levar o pavimento à ruptura ou a deformações e a desgastes excessivos (GRECO, [200-?], *apud* HARTMANN, [2009]).

**Métodos Empíricos.** São aqueles fundamentados na experiência acumulada e correlacionam o desempenho do pavimento com algumas propriedades dos materiais

utilizados na construção. Consistem de ábacos, tabelas ou fórmulas para o dimensionamento que refletem o desempenho observado em alguns pavimentos em serviço (SPECHT, 2010).

No Brasil as estruturas de pavimentos flexíveis têm sido dimensionadas a partir do método do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem), que tem como base o trabalho “Design of Flexible Pavements Considering Mixed Loads and Traffic Volume”, de autoria de Turnbull, Foster e Ahvin do Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA. Foi elaborado pelo Eng<sup>o</sup> Murilo Lopes de Souza em 1966 (DNER, 1981).

**Método de dimensionamento do DNER.** O método do DNER, atual DNIT, é realizado a partir do CBR do subleito, que é adquirido através do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC – CBR). Utilizando também como dado o “N” que é o número de repetições de um eixo padrão (8,2t) sobre a camada de revestimento do pavimento. Com tais valores é encontrada em um ábaco a espessura total do pavimento que se encontra acima do subleito. Com os valores de N, o método determina as espessuras mínimas de revestimento betuminoso a serem utilizadas para cada dimensionamento.

**Métodos mecânicos.** Um método de dimensionamento é dito mecânico quando utiliza uma teoria para prever as tensões e deformações derivadas do tráfego e do meio ambiente na estrutura do pavimento, e procura compatibilizá-las com as tensões resistentes dos materiais. São métodos que efetuam a integração de um modelo estrutural para o pavimento, modelo este relacionado com a geração de defeitos na estrutura, com uma base experimental. (SPECHT, 2008).

**Modelos de deformação permanente.** Foram selecionados modelos de deformação permanente na camada do subleito, esses

modelos são escritos em função de  $\epsilon_c$  que é a deformação específica de compressão no topo do subleito. O modelo do Asphalt Institute, que é a associação de comércio internacional dos produtores de asfalto de petróleo, fabricantes e empresas afiliadas. Modelo do Laboratoire Central des Ponts ET Chaussées – LCPC que é de Paris. Por último, o modelo de Santucci, criado em parceria com o AI e a empresa petrolífera americana Chevron (PAPAGIANNAKIS e MASAD, 2008).

**Modelos de fadiga.** Modelos em função de  $\epsilon_t$ , que representa a deformação específica de tração.

**Modelo de Guia de Projeto da AASHTO (MEPDG).** O modelo utilizado no Guia de Projeto na AASHTO é baseado no modelo do Instituto do Asfalto, mas com uma nova calibração dos coeficientes determinada por otimização numérica e por outros modos de comparação de dados (PAPAGIANNAKIS e MASAD, 2008).

**Modelo do SisPav – Franco 2007.** Tal modelo é resultado da experiência acumulada da COPPE/UFRJ com execução de ensaios dinâmicos e acompanhamento de trechos experimentais. Está implementado no programa SisPav que tem sido mencionado como base de um novo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis no Brasil. É representado pela equação:

$$N_f = 10000 \times 1,9 \times 10^{-6} \times \epsilon_t^{-2,821} \times Mr^{-0,74} \quad (1)$$

Sendo  $Mr$  o módulo de resiliência em MPa

## 2. OBJETIVOS

A presente pesquisa objetiva realizar diferentes comparações entre situações de dimensionamento, utilizando o Método de Dimensionamento do DNER e análises de Métodos Mecânicos. Os resultados destes foram utilizados para análise de custos dos

pavimentos devido às diferenças encontradas das espessuras totais de cada situação.

### 3. METODOLOGIA

Para realizar o dimensionamento dos pavimentos flexíveis adotaram-se os seguintes valores de N e CBR's do subleito: N (3.10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 3.10<sup>7</sup>, 5.10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup>, 10<sup>9</sup> e 10<sup>10</sup>) e CBR (2%, 5%, 10%, 15% e 20%). Valores de N = 10<sup>10</sup> foi realizado o dimensionamento pela equação:

$$H = 77,67 \times N^{0,0482} \times CBR^{-0,598} \quad (2)$$

Adotando somente camada de revestimento e base sobre o subleito. Foi realizado o orçamento das estruturas, utilizando o SICRO de Nov/2012. Foram feitas comparações das estruturas dimensionadas pelo método do DNER e pelos métodos mecanísticos. Os principais itens considerados no orçamento foram: Revestimento em CBUQ, base de BGS, imprimação, pintura de ligação, transporte de materiais (75 km), entre outros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Convenções

A Figura 1 apresenta algumas convenções adotadas para a elaboração dos gráficos com os resultados, onde foram adotados símbolos para diferentes carregamentos (N) e cores para os valores de CBR do subleito.

Figura 1. Convenções para apresentação dos resultados

Símbolo	N DNER	CBR	COR
+	1,00E+10	2	Blue
●	1,00E+09	5	Green
×	1,00E+08	10	Red
×	5,00E+07	15	Yellow
▲	3,00E+07	20	Black
■	1,00E+07		
◆	3,00E+06		

### 4.2 Apresentação dos resultados

O Gráfico 1 apresentado a seguir, mostra os custos relacionados com o CBR do subleito. O Gráfico 2 relaciona os custos com o carregamento crítico encontrado entre todos os métodos utilizados, os métodos de fadiga e os métodos de deformação permanente, estes últimos tratados aqui como de afundamento de trilho de roda, ATR.

Gráfico 1. Custo (X) x NDNER (Y)

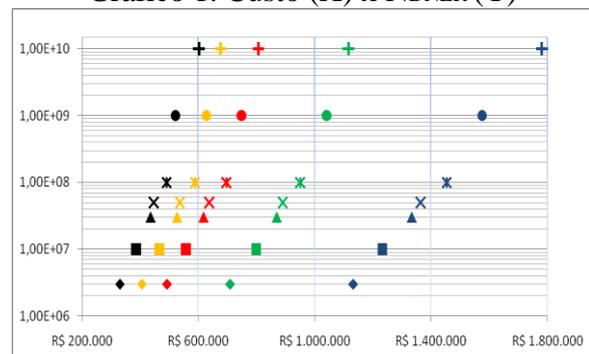
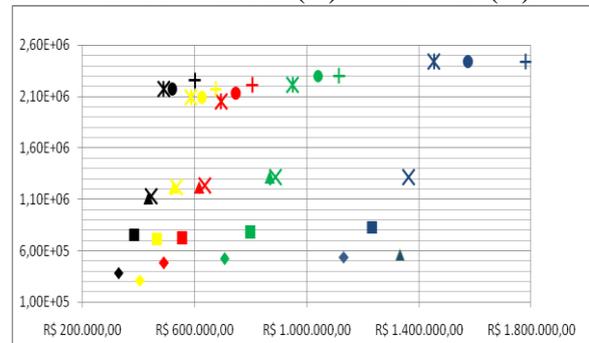


Gráfico 2. Custo (X) x Ncrítico (Y)



O Gráfico 3 apresentado a seguir, relaciona os carregamentos de NDNER com o carregamento crítico de fadiga de cada caso. O Gráfico 4 relaciona os carregamentos de NDNER com o carregamento crítico dos métodos de deformação permanente, tratados como de ATR.

Gráfico 3. NFADIGA (X) x NDNER (Y)

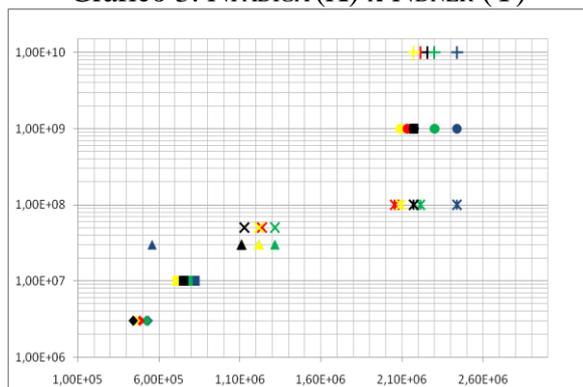
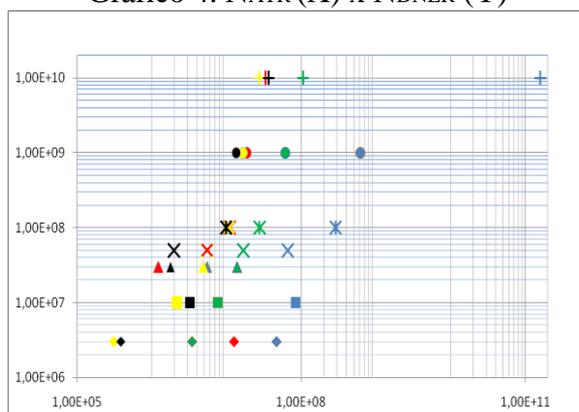


Gráfico 4. NATR (X) x NDNER (Y)



## 5. CONCLUSÃO

Como apresentado no Gráfico 1, o custo sobe de acordo com a diminuição do CBR do subleito. Comparando o Gráfico 2 com o 1, podemos ver que os custos não diferem para uma mesma rodovia dimensionada por um método diferente, mas os valores de N que se apresentam são distintos. Por exemplo, dimensionando pelo Método do DNER, com CBR 20%, N inicial de  $3 \cdot 10^6$ , custaria R\$ 330.542. De acordo com modelos mecanicistas, o pavimento com o mesmo CBR e com as mesmas dimensões de camadas, ou seja com o mesmo custo, suportaria um N de apenas  $3,82 \cdot 10^5$ . Os Gráficos 3 e 4 demonstram a grande diferença de dos valores de N encontrados quando dimensionamos a mesma rodovia por modelos de cálculo diferentes. Isso demonstra a fragilidade dos métodos de dimensionamento atuais, se fazendo necessária uma renovação nos modelos de

cálculo à serem utilizados para dimensionamento de pavimentos flexíveis.

## 6. AGRADECIMENTOS

O terceiro autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa CAPES, nível de mestrado. O último autor agradece a bolsa MEC/PET.

## 7. REFERÊNCIAS

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. **Método de Projeto de Pavimentos Flexíveis**. Publicação IPR – 667, 3ª Ed. Rio de Janeiro, 34 p. 1981.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Tabela SICRO**, Referência: Rio Grande do Sul - Novembro, 2012. Rio de Janeiro, 2013.

FRANCO, F. A. C. P. **Método de dimensionamento mecanístico-empírico de pavimentos asfálticos – SisPav**. 2007. 294 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia, UFRJ (COPPE-UFRJ), Rio de Janeiro, 2007.

HARTMANN, Diego Arthur. **Análise dos defeitos e da irregularidade de pavimentos flexíveis a partir do guia da AASHTO de 2004**. 75 f. Trabalho de conclusão de curso. UNIJUÍ, Ijuí, 2009.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura M. G.; **Mecânica dos Pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 574 p. 2005.

PAPAGIANNAKIS, A. T.; MASAD, E. A. **Pavement design and materials**. New Jersey: J. Wiley, 2008. 542 p., il.

SPECHT, L. P. **Notas de aula da disciplina Rodovias III**. Curso de Engenharia Civil. UNIUI – 2008.