

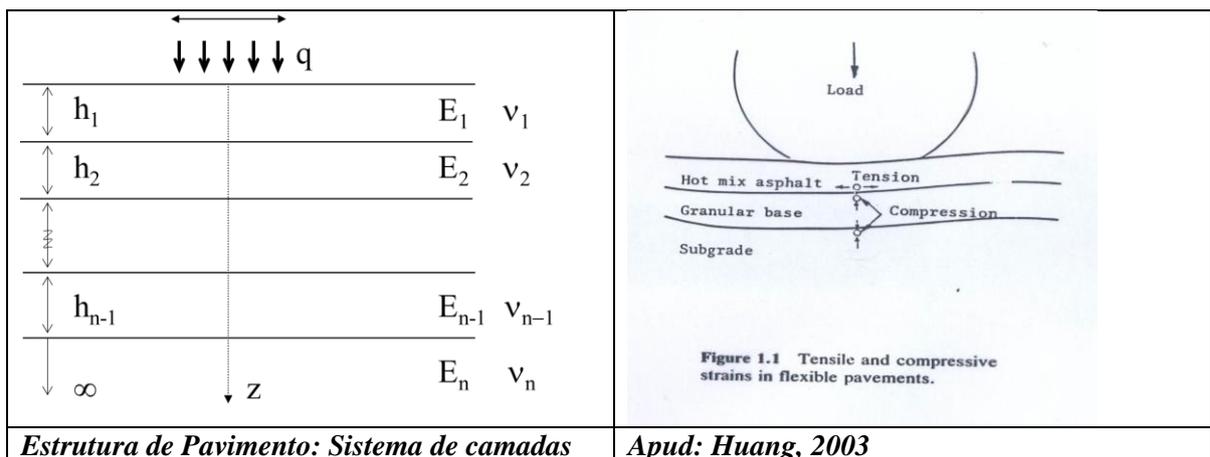
Departamento de Eng. de Transportes da Escola Politécnica da USP
PTR3322 – Pavimentação Rodoviária
Exercício 12: Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis –
Métodos teóricos-empíricos (mecanicista-empírico)
Profa. Dra. Liedi Bernucci
Profa. Dra. Kamilla Vasconcelos

Parte I. Fixação de Conceitos

- 1) O método de dimensionamento empírico de pavimentos flexíveis da AASHTO baseia-se principalmente em dois critérios de ruptura. Qual é a diferença com o método empírico do DNER 1979 (1981-última versão)?
- 2) O que é um método de dimensionamento de pavimento teórico-empírico (mecanicista-empírico ou mecanístico-empírico)? Que teoria ou teorias poderiam ser empregadas para os cálculos de tensões/deformações/deslocamentos em pontos de interesse de um pavimento? Por que esta teoria? Como você escolheria os pontos de interesse??

Parte II. Aplicação de Conceitos: Análise Mecanicista

Para analisar uma estrutura de pavimentos, a melhor forma é compreender o sistema como um conjunto de camadas de espessuras finitas, com um dado módulo elástico (módulo de resiliência) e um coeficiente de Poisson, apoiada sobre o subleito que consiste em um semi-espaço infinito.



Em geral, analisam-se (considerando estruturas de pavimentos flexíveis):

- as tensões horizontais de tração ou deformação de tração nas camadas cujos agregados ou partículas estão “ligadas” por asfalto (revestimentos e bases asfálticas) e as camadas cimentadas (bases, sub-bases, etc). Estas determinações são feitas para poder analisar a **fadiga** destas camadas e estimar o número de repetições admissíveis até considerar que entrou em fadiga.

$$N_f = f_1(\epsilon_t)^{-f_2} \times (E)^{-f_3}$$

- as tensões verticais de compressão nas camadas para calcular o acúmulo de deformação permanente por repetição de carga. Em geral se faz este cálculo para o subleito pois este contribui com a maior parte da deformação. Porém, para uma análise global seria aconselhável fazer de todas as camadas, incluindo os revestimentos asfálticos.

$$N_d = f_4(\epsilon_c)^{-f_5}$$

- 3) O seguinte pavimento para baixo volume de tráfego foi construído e houve uma solicitação para analisar se o projeto é adequado e se é possível fornecer estimativas de vida de projeto:

Revestimento asfáltico delgado (TSS) – espessura desprezível

Base: 15 cm de solo arenoso fino laterítico (250 MPa)

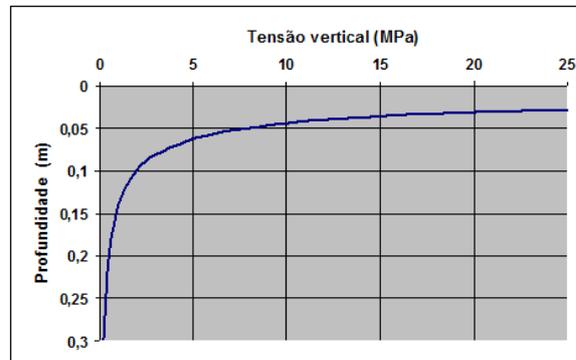
Reforço do subleito: 15 cm de solo arenoso fino laterítico (150 MPa)

Subleito: solo arenoso fino laterítico (100 MPa)

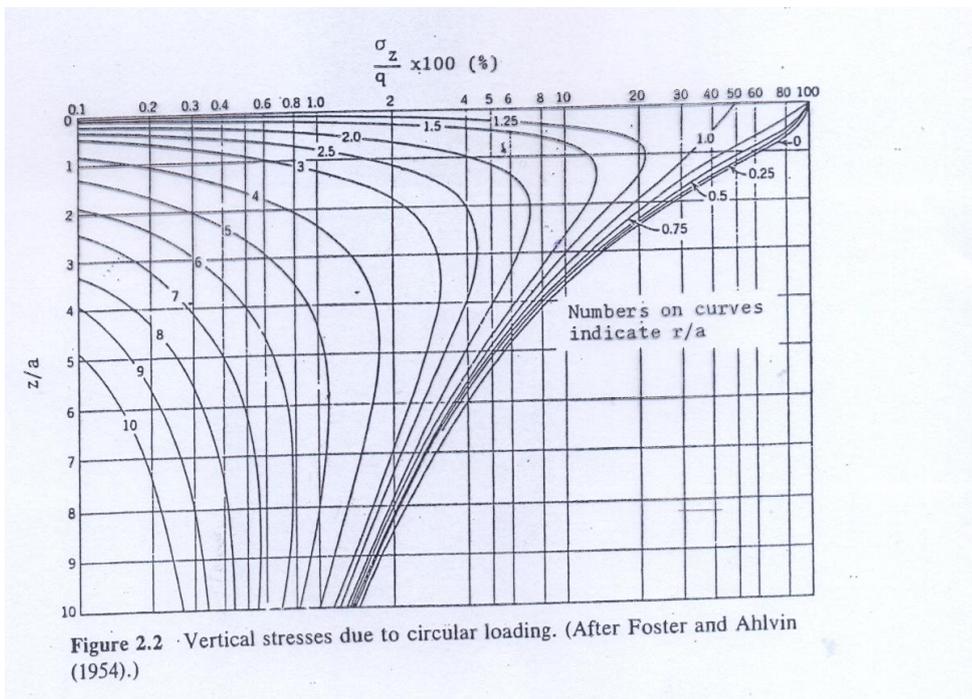
3.1. Calcule as tensões verticais atuantes no topo do subleito (abaixo do centro de cargas de um semi-eixo padrão de 40kN) de forma a analisar se está protegido da ruptura ou por acúmulo de deformações permanentes:

- Por **Boussinesq** (1885): aplica Teoria da Elasticidade para carga vertical concentrada sobre semi-espaço infinito, isotrópico e homogêneo. (carga Q de 40 kN – conjunto de 2 rodas do ESRD de 80 kN):

$$\sigma_v = \frac{3Q}{2\pi z^2} \frac{1}{\left[1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2\right]^{5/2}}$$



- **Pelos ábacos de Foster e Ahlvin** (duas cargas de roda de Q=20 kN cada, circular, com raio de **a=0,11m** e distância entre elas de **34 cm**, fazendo com que a meia distância seja **r=0,17m**). $\sigma_v = \sigma_z$



- Pelo **ELSYM5** (programa computacional para cálculo de tensões, deformações e deslocamentos, utiliza teoria da elasticidade linear e calcula por diferenças finitas).

$$\sigma_v = 0,091 \text{ MPa}$$

- Executando-se um revestimento asfáltico de CBUQ (concreto asfáltico) de 4 cm de espessura, e utilizando o mesmo programa computacional, tem-se que:

$$\sigma_v = 0,068 \text{ MPa}$$

- Explique as diferenças entre resultados de σ_v no topo do subleito.
- Verifique por **Kerhoven e Dormon**, o número de solicitações de carga N ao qual o subleito pode estar sujeito antes da “ruptura” ou dano acumulado por repetição de carga, para todos os valores calculados, com E o módulo de resiliência do subleito, sendo:

$$\sigma_v = \frac{0,007 \times E}{1 + 0,7 \log N}$$

Método	σ_v (MPa)	N (repetições de carga do eixo padrão)
Boussinesq		
Foster e Ahlvin		
Elsym 5 (com TSS)		
Elsym 5 (com CBUQ de 4cm)		

3.2. Calcule as deformações horizontais no revestimento asfáltico: Executando-se um revestimento de CBUQ de 4 cm de espessura, e utilizando o mesmo programa computacional ELSYM5, tem-se que na fibra inferior do revestimento asfáltico:

$$\epsilon_t = 4,76 \times 10^{-4}$$

Verifique com quantas repetições de carga N a camada de revestimento de CBUQ poderá entrar em fadiga, sabendo-se que segundo Salomão Pinto (1991) para deformação controlada:

$$N_{DC} = 6,64 \times 10^{-7} \times \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{2,93}$$

O Prof. Salomão Pinto considera um **FATOR CAMPO x LABORATÓRIO** de 10.000, ou seja:

$$N_{\text{campo}} = 10.000 \times N_{\text{laboratório}}$$