

PROJETO DE PAVIMENTO

Dimensionamento de Pavimento

1ª. parte

1. Semestre 2024

1

As estruturas de pavimentos asfálticos podem ser concebidas, basicamente, por três tipos de métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos:

- métodos empíricos: como exemplo: Método do CBR (Murillo Lopes de Souza, 1966, 1981)
- métodos mecanísticos-empíricos: por exemplo MEPDG (AASTHO - EUA), SisPav (Franco, 2007) e Medina (2018 – em desenvolvimento)
- por catálogos de estruturas de pavimento: por exemplo de Portugal, Espanha dentre outros países.

4

Dimensionar uma estrutura de pavimento é encontrar, através do uso de métodos empíricos ou mecanísticos ou ambos, as espessuras de camadas dos diversos tipos de materiais assentes sobre terrapleno de forma a propiciar durabilidade e ao usuário conforto e segurança.

Via de regra, tem-se como principal input:

- O tráfego que irá solicitar a via,
- As características de suporte do subleito e,
- O período de projeto da via.

Se for constatado que o principal input é outro, esse deve ser o que norteará o projeto.

2

O Método do CBR tem, inegavelmente, grande importância para o Brasil.

Muitos quilômetros foram dimensionados com sucesso, merecendo, sem dúvida, homenagens e reconhecimento. Entretanto, hoje as condições de tráfego são muito diferentes daquelas a década de 1960-70 quando o método atualmente vigente no Brasil, foi concebido.

Aumentaram significativamente:

- o volume,
- os tipos de veículos,
- os tipos de pneus,
- velocidades,
- pesos, etc.

Evoluíram também:

- o conhecimento das formas de avaliar os materiais (novos ensaios),
- os processos construtivos,
- os materiais asfálticos,
- as exigências de sustentabilidade,
- os métodos de cálculo de tensões-deformações,
- dentre outros parâmetros de menor significância.

5

Exemplos de dimensionamentos de pavimentos que o tráfego não deveria ser o input principal de entrada

Um pavimento de concreto foi projetado e executado em elevada altitude no Peru, prematuramente, apresentou trincas o que levou a ruína.

O pavimento foi dimensionado corretamente face ao tipo de tráfego solicitado, mas, o principal input o elevado gradiente térmico da região não foi considerado.

As placas apresentaram trincas de contração/retração térmica.

Estrada do Una localizada na Cidade de Peruibe, região sul de São Paulo, inserida na Mata na mata atlântica – Juréia, que liga o bairro de Guarau ao bairro Barra do Una, com 18 km de extensão em revestimento primário (terra).

Em diversas localidades é cortada por cachoeiras (também conhecidas de corredeiras) e pequenos riachos, além de muitos pontos com minas de água.

Com a chuva, a água transborda e escorre sobre a via e como o nível do leito da estrada está em uma cota inferior, a água permanece sobre a via, o que acaba por formar lama dificultando e, não raras vezes, evitando a trafegabilidade dos veículos, não só de pequeno porte, mas também caminhões e principalmente ônibus.

3

Assim, se impõe como uma ação urgente o estabelecimento de um novo método de dimensionamento. Muitos projetistas já têm empregado métodos mecânico-empírico (ME) para dimensionar pavimentos asfálticos no Brasil.

MeDiNa Método de Dimensionamento Nacional

Medina é o nome do novo método de dimensionamento nacional de pavimentos que, em breve, será oficializado pelo DNIT.

O novo método de dimensionamento de pavimentos estabelece um procedimento de cálculo da resposta da estrutura em termos de tensões, deformações e deflexões, de acordo com o tráfego previsto ano a ano, obtendo, assim, os danos acumulados com o tempo.

Todos esses resultados são calculados com base na Mecânica dos Pavimentos aplicada ao sistema de camadas da estrutura a ser avaliada.

6

MeDiNa
Método de Dimensionamento Nacional

Junto com o novo procedimento de cálculo, o novo método recomenda, também, a realização de ensaios que permitam a determinação das características mecânicas dos materiais a serem utilizados no pavimento, além de critérios de desempenho a serem estabelecidos.

7

Segundo Ahlvin (1991), atribui-se o desenvolvimento do método de dimensionamento de pavimentos flexíveis pelo uso do CBR ao engenheiro O.J.Porter do Departamento de Estradas da Califórnia – *California Division Highways* – (CDH), na década de 1920.

O critério básico utilizado é o de camadas granulares sobre o subleito de maneira a proteger esse de ruptura por cisalhamento.

O método consiste basicamente em se obter a espessura da camada granular sobre o subleito conhecendo-se o CBR do subleito.

Foram estudados diversos pavimentos que apresentavam tanto sucessos como insucesso, principalmente no que se refere a formação de deformação permanente em trilha de roda e como resultado foi possível traçar um modelo denominado de CURVA B, assim, foi determinada a primeira curva de dimensionamento de pavimento.

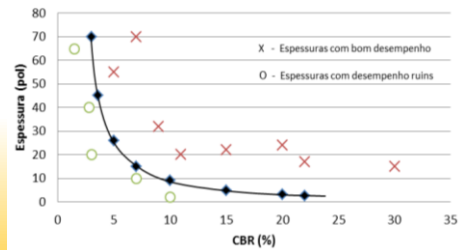
10

Monismith (2004), professor da Universidade da Califórnia, Berkeley, apresentou extenso relato sobre o desenvolvimento histórico dos métodos de dimensionamento de pavimentos asfálticos que foi acompanhada da evolução da tecnologia dos concretos asfálticos. Diz que:

- a) Pavimentos asfálticos duradouros podem ser projetados fazendo uso dos métodos mecanísticos - empíricos (base analítica) desenvolvidos nos últimos 40 anos.
- a) Embora já seja possível projetar pavimentos asfálticos duradouros, permanece a necessidade de dar cuidadosa atenção às bom práticas construtivas a fim de assegurar o desempenho previsto no projeto.

8

Espessura da camada granular sobre o subleito em função do CBR – CURVA - B



Com a chegada do engenheiro Hveem na direção do Departamento de Estradas da Califórnia, o método de dimensionamento do CBR foi arquivado, pois esse acreditava somente na coesão dos materiais como medida de resistência dos materiais.

11

Dimensionamento de Pavimentos
Método do CBR - Histórico

USACE – Corpo de Engenheiros dos USA

Com o advento da II Guerra Mundial houve a necessidade de se projetar pavimentos em pistas de aeroportos com capacidade de suportar cargas elevadas de aeronaves, principalmente nas ilhas do pacífico.

O critério deveria ser de fácil assimilação, rápido e eficiente, condições que a ocasião impunha.

Baseado no mesmo princípio adotado por Porter na década de 20 na Califórnia, o USACE na década de 40 estabeleceu curvas de dimensionamento de pavimentos para cargas de 12.000 lbs, de trens de pouso individuais de aeronaves pesadas.

9

12

USACE – Corpo de Engenheiros dos USA

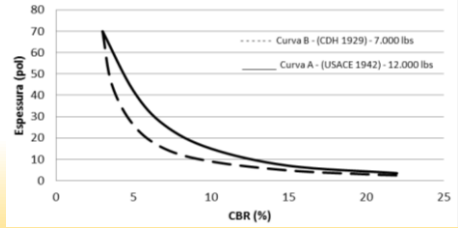
O critério de Porter era empírico através de observações de campo em pavimentos que apresentavam tanto sucesso como insucessos.

Já a extrapolação adotada pelo USACE para cargas superiores implicou na associação do conhecimento das tensões de cisalhamento calculadas em função da profundidade do meio elástico, conforme estabelecido por Boussinesq.

Para as condições de Boussinesq o meio elástico deve ser isotrópico, homogêneo e linear. Assim, foi possível se obter curvas de dimensionamento para diversos tipos de cargas, desde 12.000 lbs até 70.000 lbs.

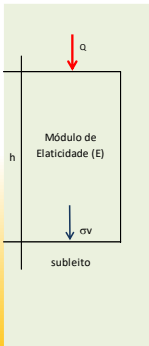
Foi obtida a curva B obtida por observações em campo por Porter na década de 20 dos pavimentos californianos e a curva A obtida através dos conceitos de elasticidade.

13



Curva B = 7.000 lbs – 3.170 kgf
 Curva A = 12.000 lbf – 5.440 kgf
 Carga de 70.000 lbs - 31.700 kgf

16



14

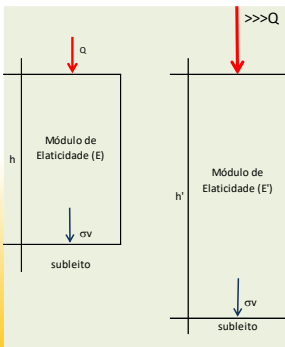
Critério de Cobertura utilizado pelo USACE

Porter na década de 20 utilizou o critério empírico de observação de campo para estabelecer o método de espessuras em função do CBR.

Já o USACE, monitorou a degradação de pavimentos de aeroportos militares e civis, verificou que as curvas de dimensionamento originais eram suficientes para determinar as espessuras de pavimentos necessárias para a passagem de aproximadamente 5.000 coberturas (C) de aeronaves na época, sem a formação de deformação permanente em trilha de roda importantes.



17



Condições de Boussinesq o meio elástico deve ser isotrópico, homogêneo e linear.

15

Transposição do conceito de Cobertura em aeroportos para pavimentos rodoviários

O estudo acima exposto considerou 5.000 coberturas, ou seja, nos pousos e decolagens de aeronaves a área que ocorrem os toques, são necessárias cerca de 5.000 ocorrências para que toda a área seja solicitada pelo menos uma vez.

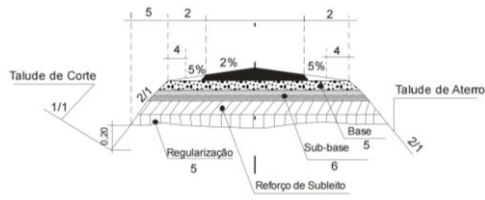
Souza (1978), mostra que trazendo para uma rodovia o conceito de coberturas estipulado pelo USACE, o número de 5.000 coberturas em aeroportos equivale a 13.200 coberturas para uma dada rodovia. Existe uma relação de 2,64 vezes considerado um ESRD.

Rua local, com passagem, em média, de 3 caminhões (toco) diários. Para um período de 10 anos temos:
 $N = 365 \cdot 10 \cdot 4$ $N = 14600$ Solicitações

Assim, o dimensionamento de pavimentos pelo método do CBR tende a super dimensionar pavimentos de baixo volume de tráfego e subdimensiona pavimentos com elevado volume de tráfego, por conta do conceito de coberturas adotado.

18

Seção transversal típica de pavimento flexível



19

Normalmente, a camada final de terraplanagem (CFT), devido as condições intrínsecas da operação de movimento de terra, a CFT apresenta-se irregular e sem condições de receber as camadas constituintes da estrutura do pavimento.

Devido a essa condição irregular da superfície torna-se necessário a regularização do subleito. Tem se praticado para a cota da CFT 40 cm abaixo da cota da camada de regularização do subleito.

O valor referência de CBR dessa camada de regularização, será o valor de CBR do subleito e que irá nortear o dimensionamento do pavimento.

22

revestimento - é a camada, tanto quanto possível impermeável, que recebe diretamente a ação do rolamento dos veículos e destinada a melhorá-la, quanto à comodidade e segurança e a resistir ao desgaste ocasionados pela ação dos veículos as intempéries;

base - é a camada destinada a resistir e distribuir os esforços oriundos do tráfego e sobre a qual se constrói o revestimento;

sub-base - é a camada complementar à base, quando por circunstâncias técnico-econômicas não for aconselhável construir a base diretamente sobre regularização;

reforço do subleito - é uma camada de espessura constante, posta por circunstâncias técnico-econômicas, acima da de regularização, com características geotécnicas inferiores ao material usado na camada que lhe for superior, porém melhores que o material do subleito;

20

Valeu!

Prof. Edson

23

regularização - é a camada posta sobre o leito, destinada a conformá-lo transversal e longitudinalmente de acordo com as especificações; a regularização não constitui, propriamente uma camada de pavimento, sendo, a rigor, uma operação que pode ser reduzida em corte do leito implantado ou em sobreposição a este, de camada com espessura variável;

greide do leito - é o perfil do eixo longitudinal do leito;

leito - é a superfície obtida pela terraplanagem ou obra-de-arte e conformada ao seu greide e perfis transversais; e,

subleito - é o terreno de fundação do pavimento – camada final da terraplanagem

21