



Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos

MeDiNa

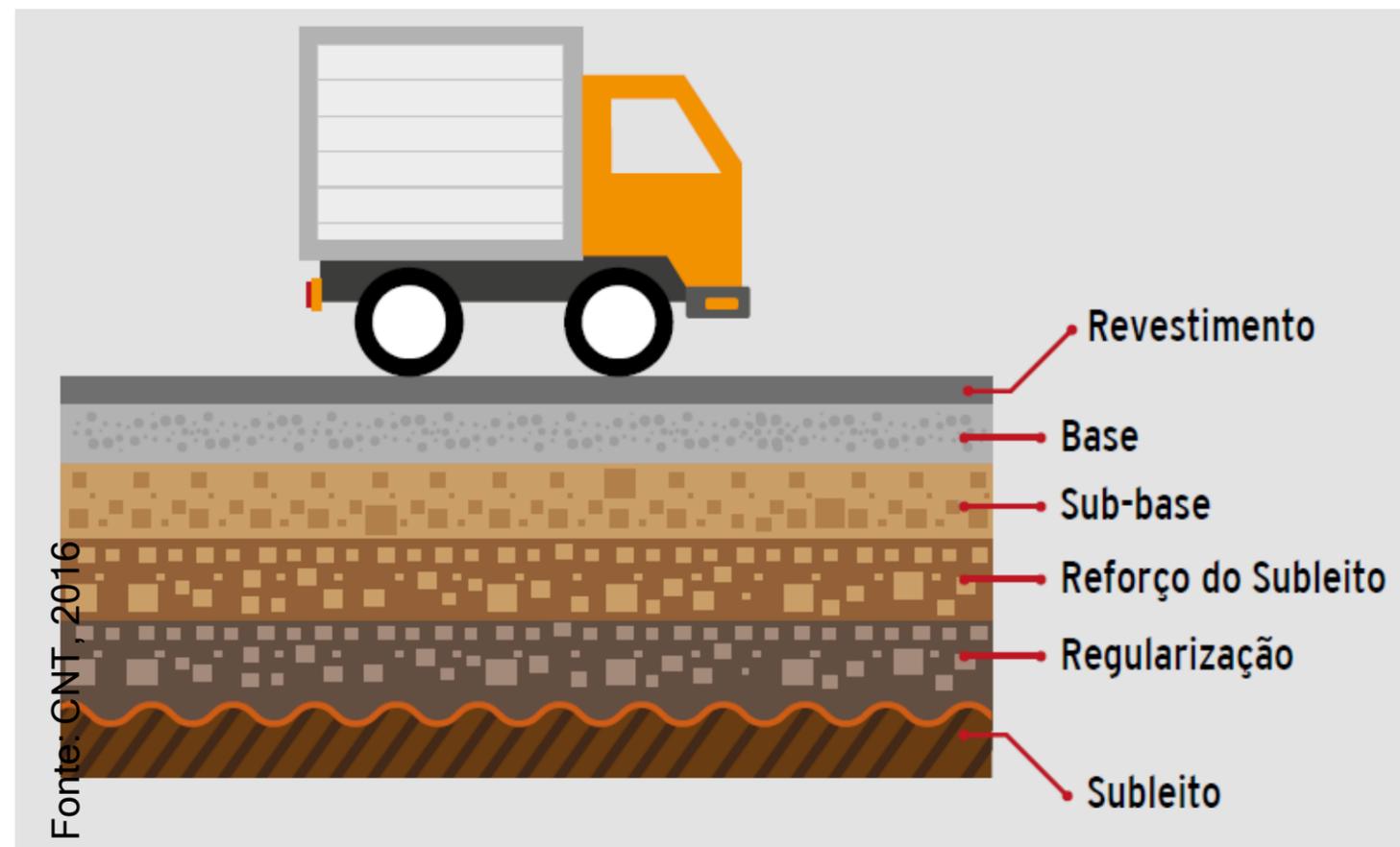


PROF.: DR. JOHN KENNEDY GUEDES RODRIGUES
ESTAGIÁRIO DOCÊNCIA: M.SC. CONRADO CESAR VITORINO



O que é pavimento rodoviário?

Estrutura composta por camadas sobrepostas, de diferentes materiais, que atendam estrutural e operacionalmente ao tráfego, de forma durável e ao mínimo custo possível (preventiva, corretiva e de reabilitação) (Bernucci, 2008).



Pra refletir...

**WITHOUT A SINGLE DEGREE, THEY BUILT US
ROADS THAT HAVE LASTED AN ETERNITY..**



AND THEN, THE ENGINEERS ARRIVED!!!



O que é pavimento rodoviário?

REQUISITOS PARA UMA BOA FUNCIONALIDADE:

- Resistir e distribuir os esforços verticais oriundos do tráfego > DURABILIDADE.
- Resistir aos esforços horizontais, tornando a superfície de rolamento mais durável > CONDIÇÃO DO PAVIMENTO.
- Melhorar as condições de rolamento quanto à segurança e ao conforto > SERVENTIA.

Fonte: inst. São Cristovão, 2016



Fonte: Casa Vogue, 2013



Fonte: Veja, 2013

Pra você ficar sabendo...

O Tribunal de Contas da União (TCU) apontou, no Acórdão nº 328/2013, que as rodovias federais apresentam problemas estruturais e funcionais precocemente. Os defeitos apontados pela auditoria ocorreram, em média, sete meses após o recebimento da obra rodoviária.

Em 2017 a Confederação Nacional dos Transportes publicou um livro cujo o título é: **TRANSPORTE RODOVIÁRIO | POR QUE OS PAVIMENTOS DAS RODOVIAS DO BRASIL NÃO DURAM?**

Motivado pelo fato de que os **investimentos** para **manutenção** e **construção** dessa infraestrutura são insuficientes ou pouco efetivos, uma vez que as condições dos pavimentos das rodovias, em geral, estão **insatisfatórias**.



Pesquisa CNT Rodovias

Alguns dados sobre a pesquisa...

GRÁFICO 32 | Classificação do Estado Geral – Gestões Concedida e Pública



- Ótimo
- Bom
- Regular
- Ruim
- Péssimo

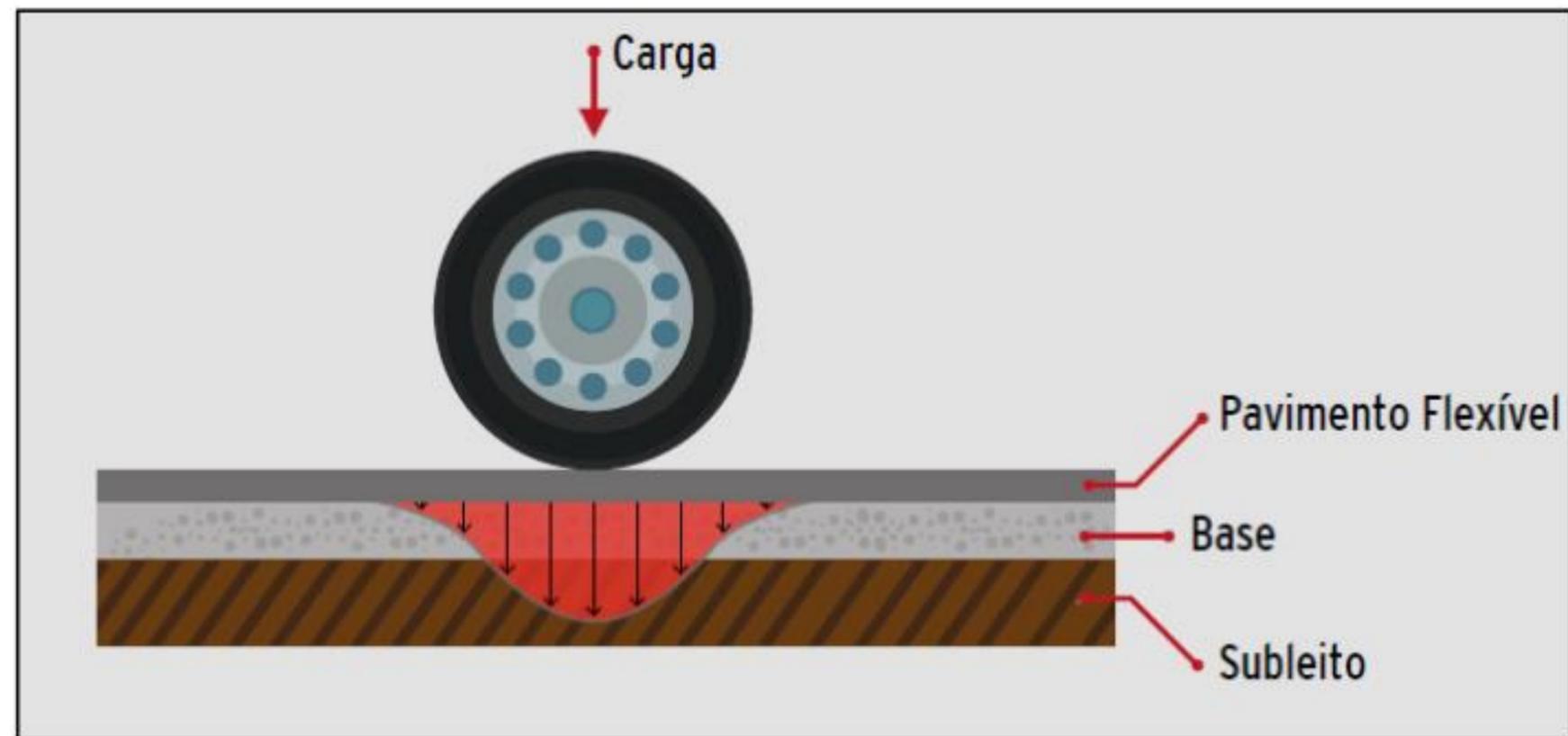


213.453 km de rodovias são pavimentados, o que corresponde a 12,4% da extensão total.

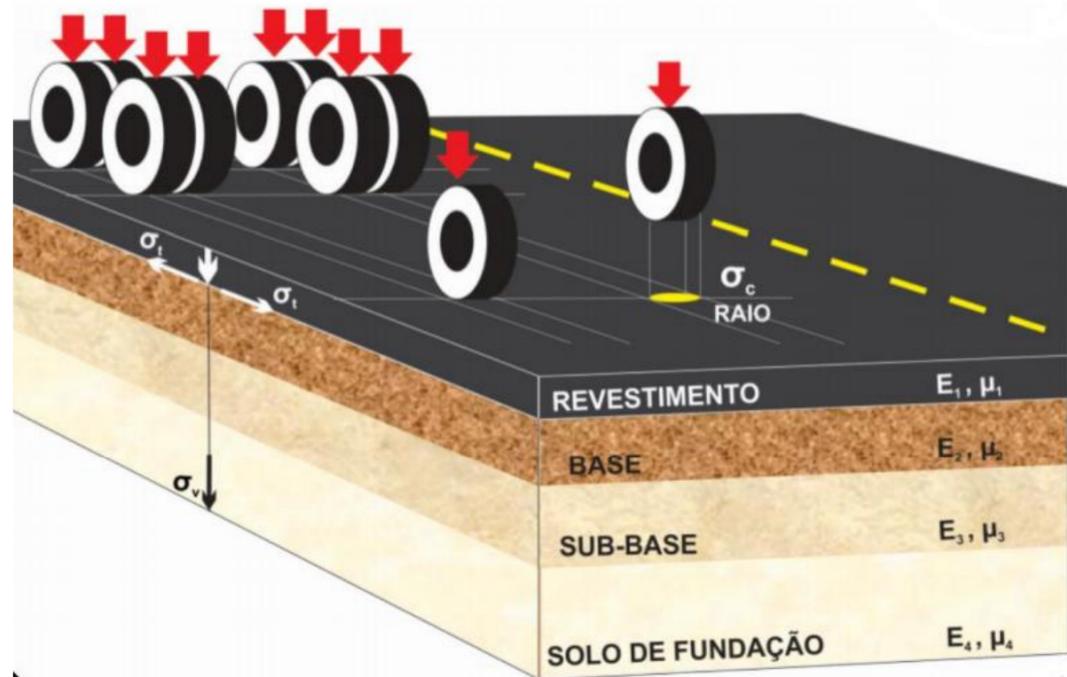
Relatório Gerencial de toda pesquisa? Baixe aqui →

Estrutura do Pavimento Asfáltico

A principal característica dos pavimentos flexíveis é a sua deformação elástica significativa. A carga decorrente do tráfego se distribui de forma aproximadamente equivalente entre as camadas, que gera um campo de tensões concentrado nas proximidades do ponto de aplicação da carga e conseqüentemente baixa dissipação dos esforços.



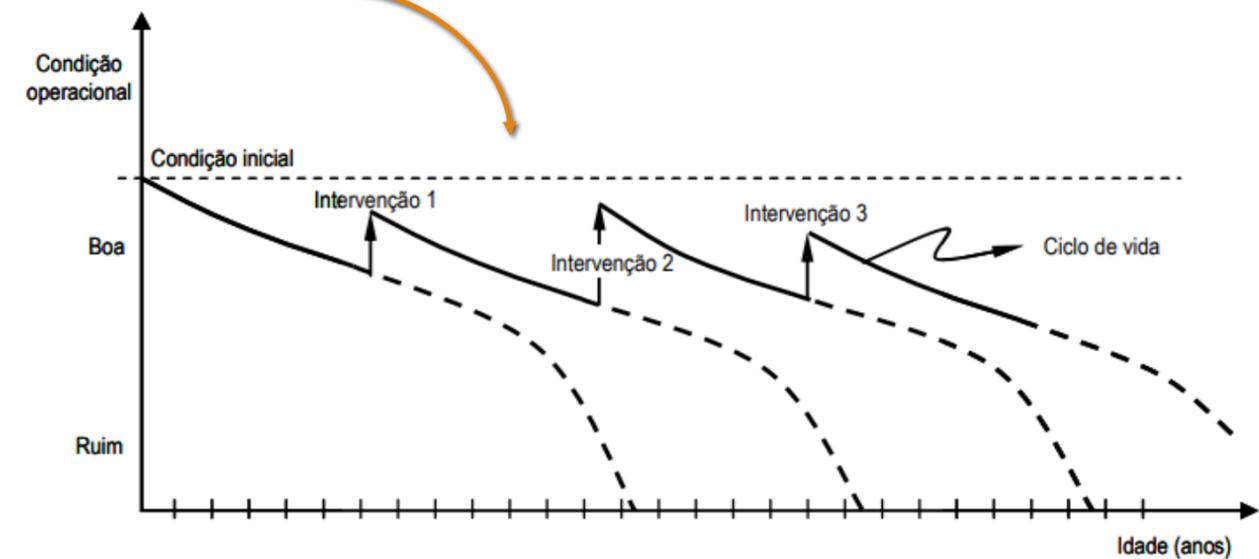
Estrutura do Pavimento Asfáltico



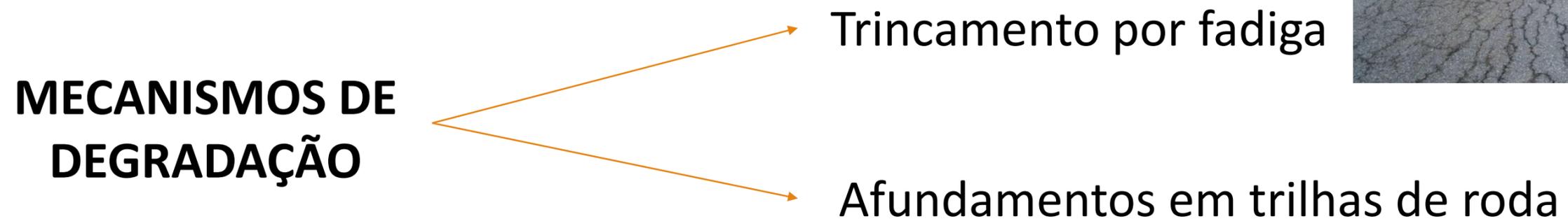
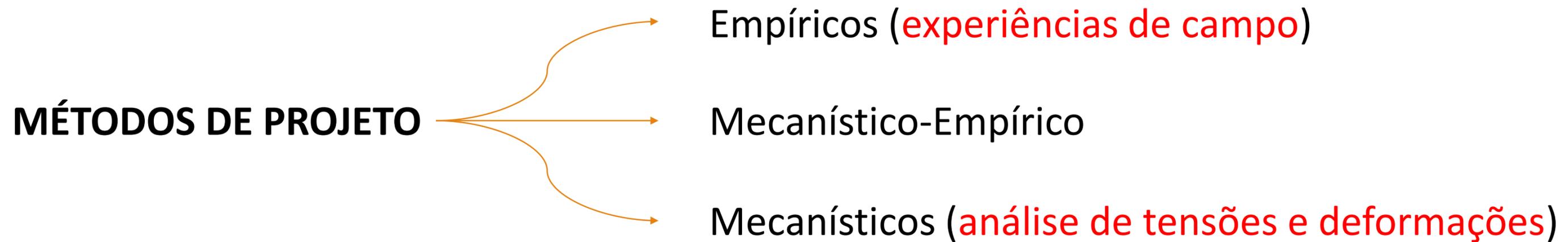
ATENDER ASPECTOS ESTRUTURAS E FUNCIONAIS

O **dimensionamento** tem como objetivo calcular e/ou verificar espessuras e compatibilizar os materiais de forma que a **vida útil** corresponda a um certo número projetado de repetições de carga.

vida útil



Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis



O que são esses métodos?

EMPÍRICO: se baseiam em experiências repetidas no campo. Têm como melhor fundamento o método originado do trabalho de O. J. **Porter**, antigo engenheiro do Departamento de Estradas de Rodagem da Califórnia. Inicialmente conhecido como método Califórnia e posteriormente como do **USACE** (Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos), se baseia no **ensaio CBR** que foi o ponto de partida para a evolução da engenharia rodoviária mundial (**Método do CBR**).

MECANÍSTICO: consideram a análise das **tensões e deformações** em meios não perfeitamente elásticos (solos e misturas asfálticas) e comparam estas respostas da estrutura com critérios pré-estabelecidos para determinar as espessuras das camadas. Na verdade, não existe um método puramente mecanístico.

O que são esses métodos?

EMPÍRICO

VANTAGENS

- Procedimentos práticos (ábacos, tabelas, etc.);
- Procedimentos consolidados.

DESVANTAGENS

- P/ tecnologias novas, é preciso criar novos procedimentos
- Superestimação do projeto
- Valores e procedimentos copiados de normativas estrangeiras
- Não consideram os efeitos da fadiga

MECANÍSTICO

VANTAGENS

- Dimensionamento otimizado
- Procedimento racional
- Admite novas tecnologias
- Metodologia universal (globalização)

DESVANTAGENS

- Dificuldade na calibração dos modelos
- Requer conhecimento aprofundado.

Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Método do DNIT



EMPÍRICO

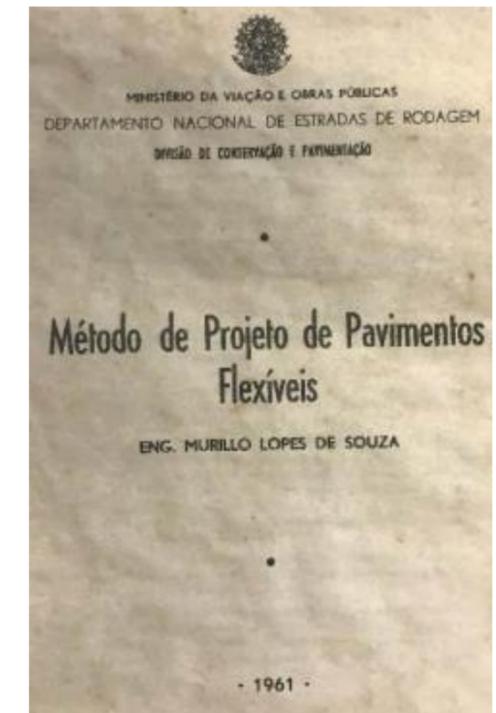
O método empírico do DNIT (Método DNER) foi desenvolvido pelo Eng^o Murillo Lopes de Souza, baseado no método CBR que teve início em estudos que objetivaram discriminar os fatores que levavam a ruptura do pavimento nas rodovias da Califórnia.



O método atual de dimensionamento rodoviário brasileiro, de acordo com a pesquisa CNT 2019 **não é mais adequado aos dias de hoje**

Ausência de características mecânicas

Não pode ser generalizado com confiabilidade para diferentes condições



Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Método do DNIT



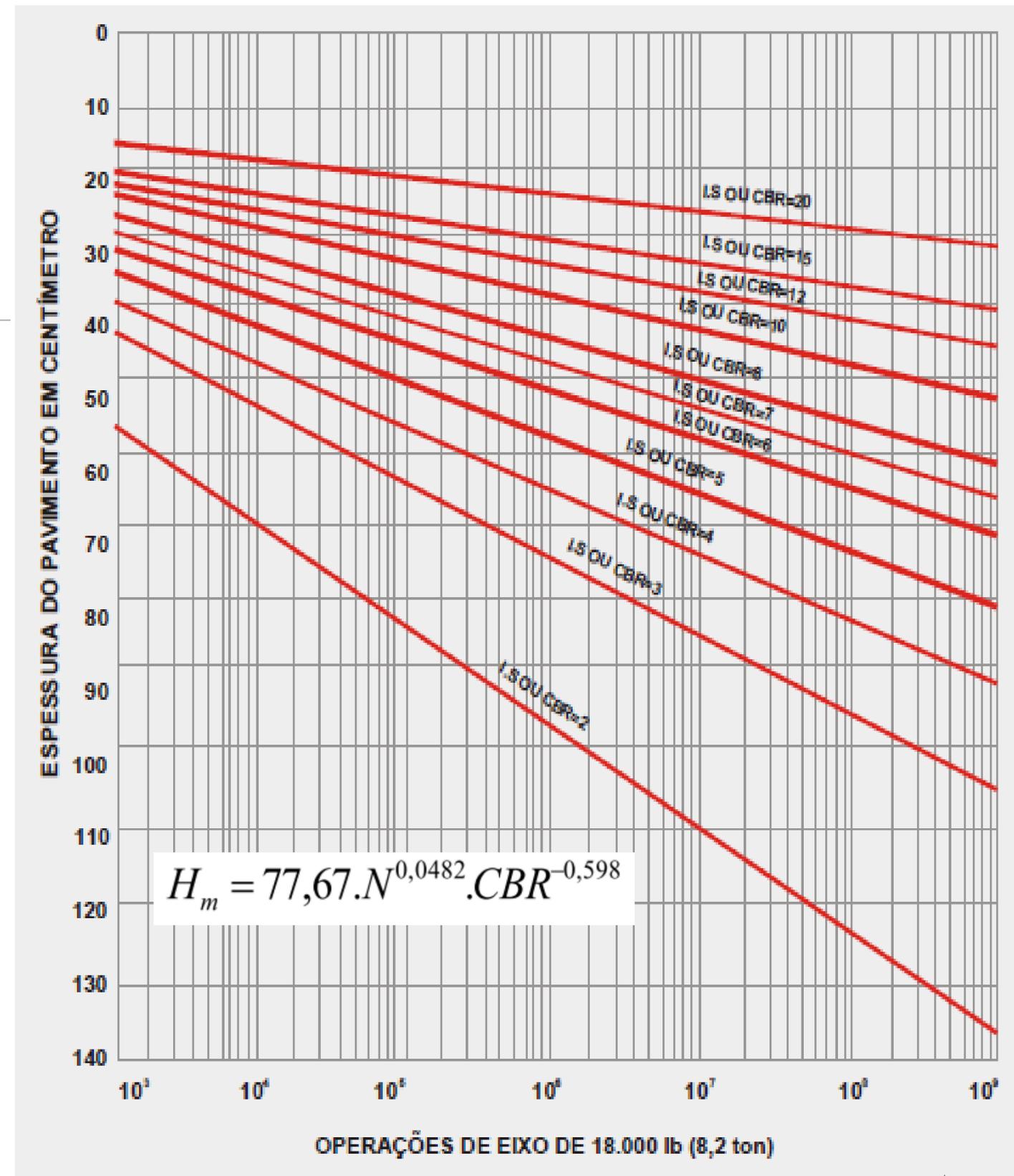
EMPÍRICO

Número N

$$N = 365 \times (FC) \times VMD \times \text{Período} \times (FV)$$

Índice de suporte Califórnia

$$ISC = \frac{\text{Pressão calculada ou pressão corrigida} \times 100}{\text{pressão padrão}}$$



Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

COMPONENTES DO PAVIMENTO	COEFICIENTE k
base ou revestimento de concreto betuminoso	2,00
base ou revestimento de pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
base ou revestimento de pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
base ou revestimento por penetração	1,20
base granular	1,00
sub-base granular	0,77
melhoria do subleito	0,71
solo-cimento com $\sigma_{r\ 7\text{dias}} > 45\ \text{kgf/cm}^2$	1,70
solo-cimento com $38\ \text{kgf/cm}^2 < \sigma_{r\ 7\text{dias}} < 45\ \text{kgf/cm}^2$	1,40
solo-cimento com $\sigma_{r\ 7\text{dias}} < 38\ \text{kgf/cm}^2$	1,00

N	ESPESSURA DO REVESTIMENTO
$N \leq 10^6$ $10^6 \leq N \leq 5 \times 10^6$ $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$ $10^7 < N \leq 5 \times 10^7$ $N > 5 \times 10^7$	Tratamentos superficiais betuminosos Revestimento betuminoso com 5,00cm de espessura Concreto betuminoso com 7,5cm de espessura Concreto betuminoso com 10,0cm de espessura Concreto betuminoso com 12,5cm de espessura

$$RK_R + BK_B \geq H_{20} \quad (1)$$

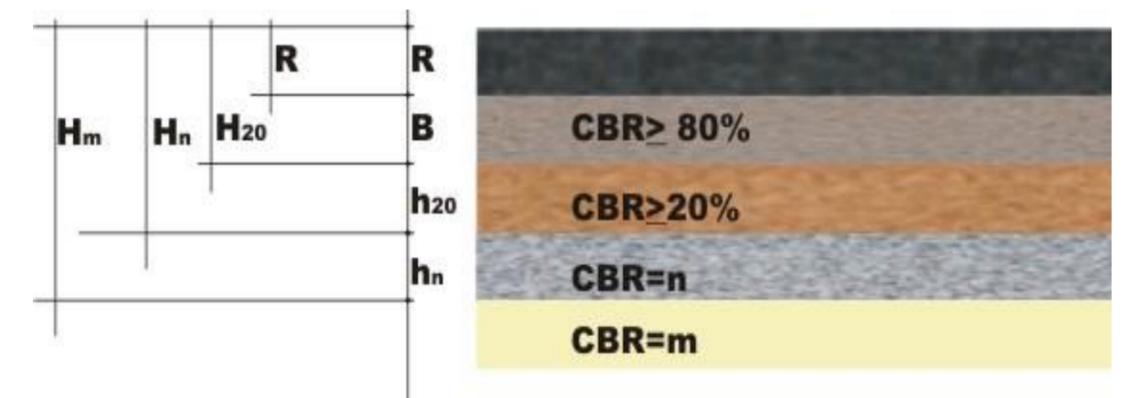
$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S \geq H_n \quad (2)$$

$$RK_R + BK_B + h_{20} K_S + h_n K_{Ref} \geq H_m \quad (3)$$

Sendo:

R, B, h₂₀, h_n = Espessuras das camadas de revestimento, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.

K_R, K_B, K_S, K_{ref} = Coeficientes estruturais do revestimento betuminoso, base, sub-base e reforço do subleito, respectivamente.



Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Principais limitações do método do DNER (1966):

- Desenvolvido p/ condições ambientais do EUA
- Não permite incluir/considerar novos materiais e tecnologias
- Subestima as propriedades mecânicas dos solos brasileiros
- Superestima condições de umidade locais
- Incerteza quanto aos fatores de segurança utilizados
- Equações e ábacos a partir de dados empíricos do EUA
- Não considera fadiga
- Limitado a E+09 solicitações
- Limitado a veículos com eixo tandem triplo

Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Principais limitações do método do DNER (1966):



Anos 50 (Fonte: F.P.Franco, 2007)



Atualidade
(Fonte: internet)



Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis

Principais limitações do método do DNER (1966):



Anos 50 (Fonte: F.P.Franco, 2007)



Atualidade
(Fonte: internet)

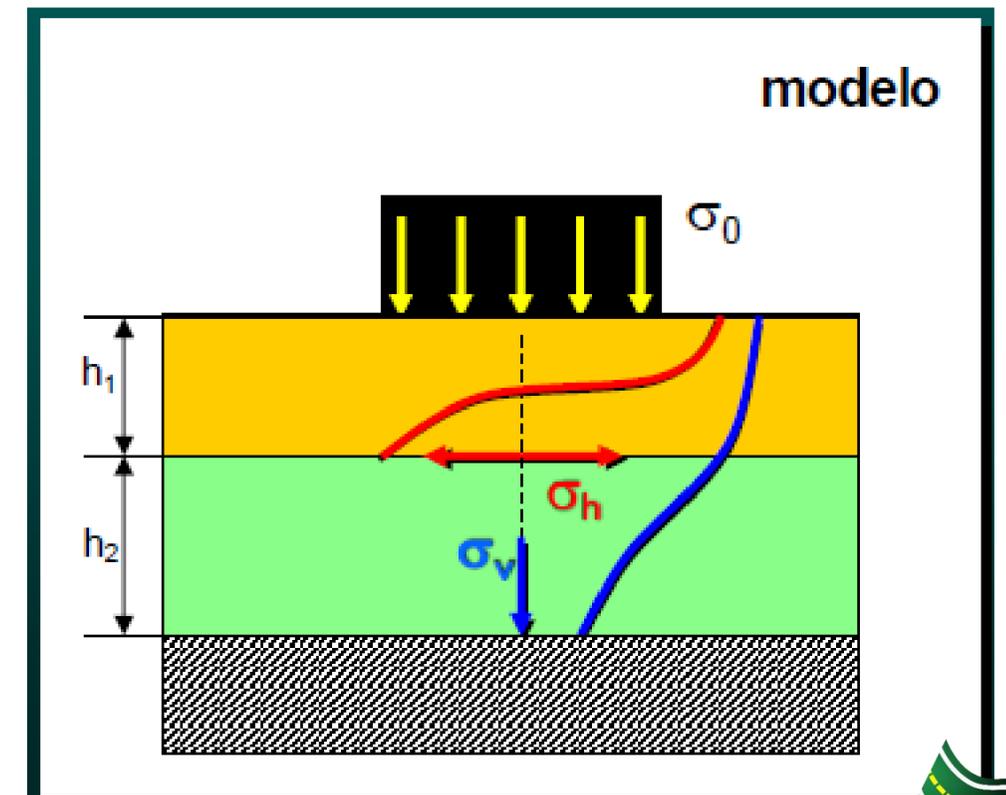
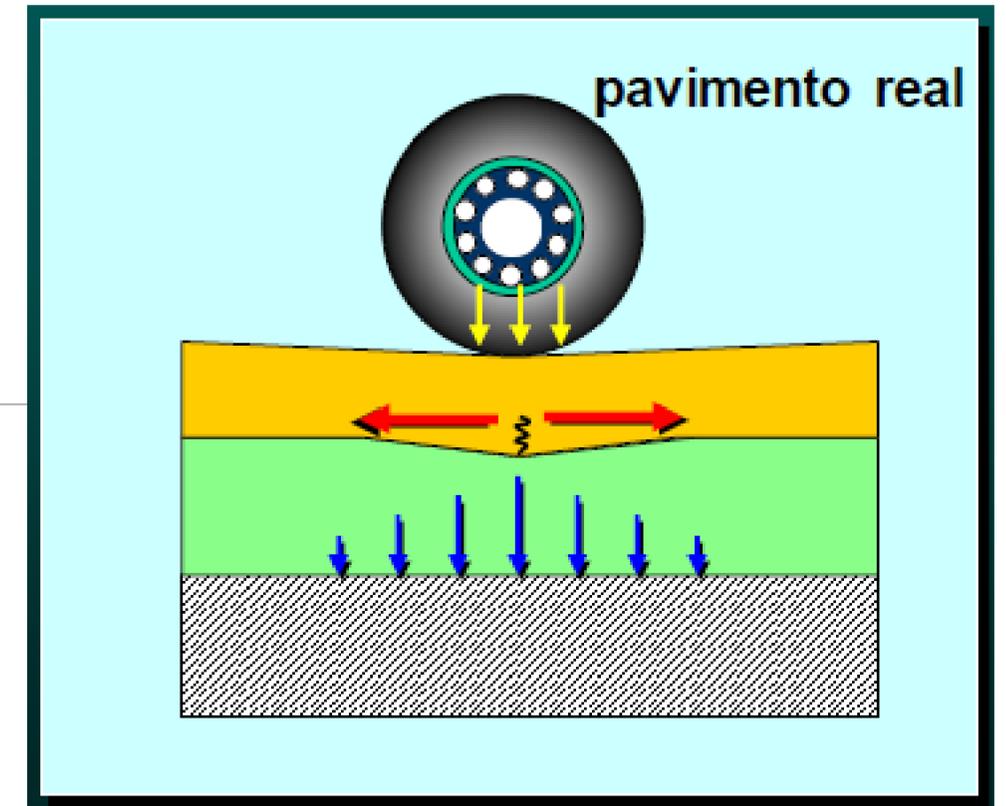
Nem um, nem o outro... Um pouco dos dois...

“A Mecânica dos Pavimentos é uma disciplina da engenharia civil que estuda os pavimentos como **sistemas em camadas e sujeitos às cargas dos veículos**. Faz -se o **cálculo de tensões, deformações e deslocamentos**, conhecidos os parâmetros de deformabilidade, geralmente com utilização de **programas de computador**. Verifica-se o **número de aplicações de carga** que leva o pavimento à **ruptura**. **Variações sazonais e diárias de temperatura e umidade do subleito** e das camadas do pavimento podem ser consideradas na sua resposta às cargas do tráfego. **Ensaio dinâmico ou de cargas repetidas** dos solos do subleito e das demais camadas fornecem os **parâmetros de deformabilidade** necessários ao **dimensionamento**. **Ensaio de campo**, deflectometria, medições com sensores de força, deslocamento e temperatura, **pesagens de veículos** e **avaliação de defeitos** em pavimento completam o quadro de dados experimentais necessários à calibração dos modelos de desempenho estrutural. Novos materiais podem ser avaliados no comportamento estrutural do pavimento. Fazem-se previsões e o **empirismo deixa de predominar, mas fica na dose certa.**”

(Medina, J; Mecânica dos Pavimentos, Ed Interciência, 3ª edição)

Resumindo....

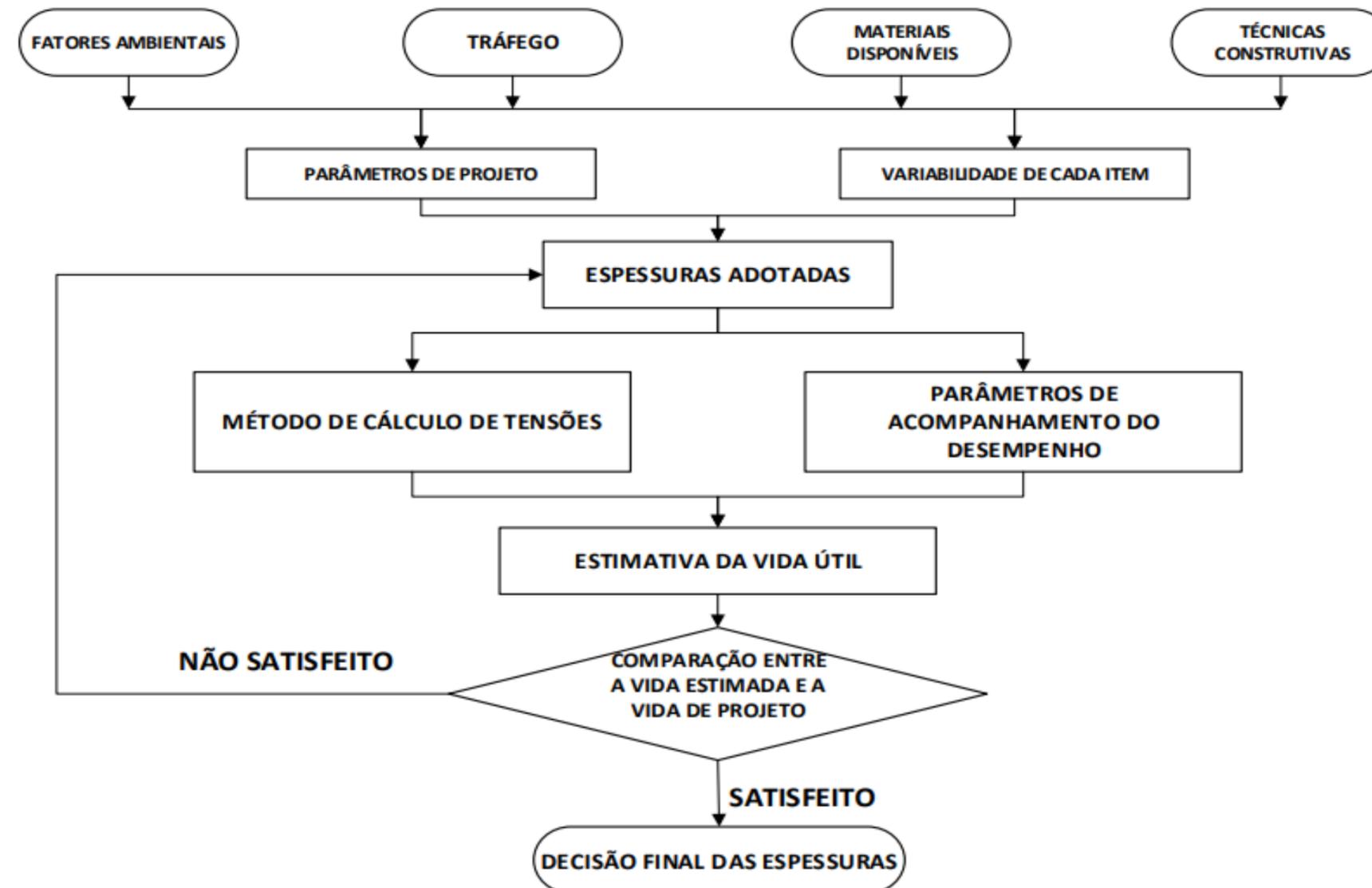
- *Sistema de camadas (multi-layered system)*
- *Carregamento repetido de curta duração*
- *Cálculo de tensões e de deformações f(tráfego e clima)*
- *Utilização de modelos numéricos*
- *Utilização de parâmetros obtidos em ensaios dinâmicos*
- *Parâmetros de natureza probabilística*
- *Estabelecimento de critérios de ruptura*
- *Modelos de previsão de desempenho*



Critérios racionais de dimensionamento de pavimentos



Fluxograma de dimensionamento **Mecanístico-Empírico**



MeDiNa



Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos

O MeDiNa (em homenagem ao Professor Jacques de Medina: COPPE/UFRJ) é utilizado o software para a verificação e o dimensionamento de estruturas de pavimentos a partir de uma análise **empírica-mecânica**.

Porque uma modelagem empírica-mecânica?



A necessidade da modelagem mecânica-empírica vem em busca de melhorar os projetos de pavimentação em termos de eficiência estrutural, de modo a utilizar materiais, sobre cujo desempenho de campo ainda não se têm experiência suficiente, e considerar, também, os efeitos das condições ambientais e de tráfego, diferentes daquelas para as quais os Métodos Empíricos, ainda utilizados no país, foram desenvolvidos.

MeDiNa – Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos

“O MeDiNa é um programa de computador que realiza a verificação e o dimensionamento de estruturas de pavimentos mecanístico-empírico, por meio da rotina AEMC de análise **de camadas elásticas de múltiplas camadas**. O programa é fruto do Termo de Execução Descentralizada celebrado de 2015 a 2018 entre o Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR e o Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia - COPPE, da UFRJ com a colaboração do Centro de Pesquisas da Petrobras - CENPES e de diversas Universidades do Brasil. Desenvolvido em Visual C++, que permite uma agilidade no processamento dos cálculos matemáticos, possui poucas telas a entrada de dados, com campos facilmente editáveis, e a apresentação dos resultados em relatórios”.



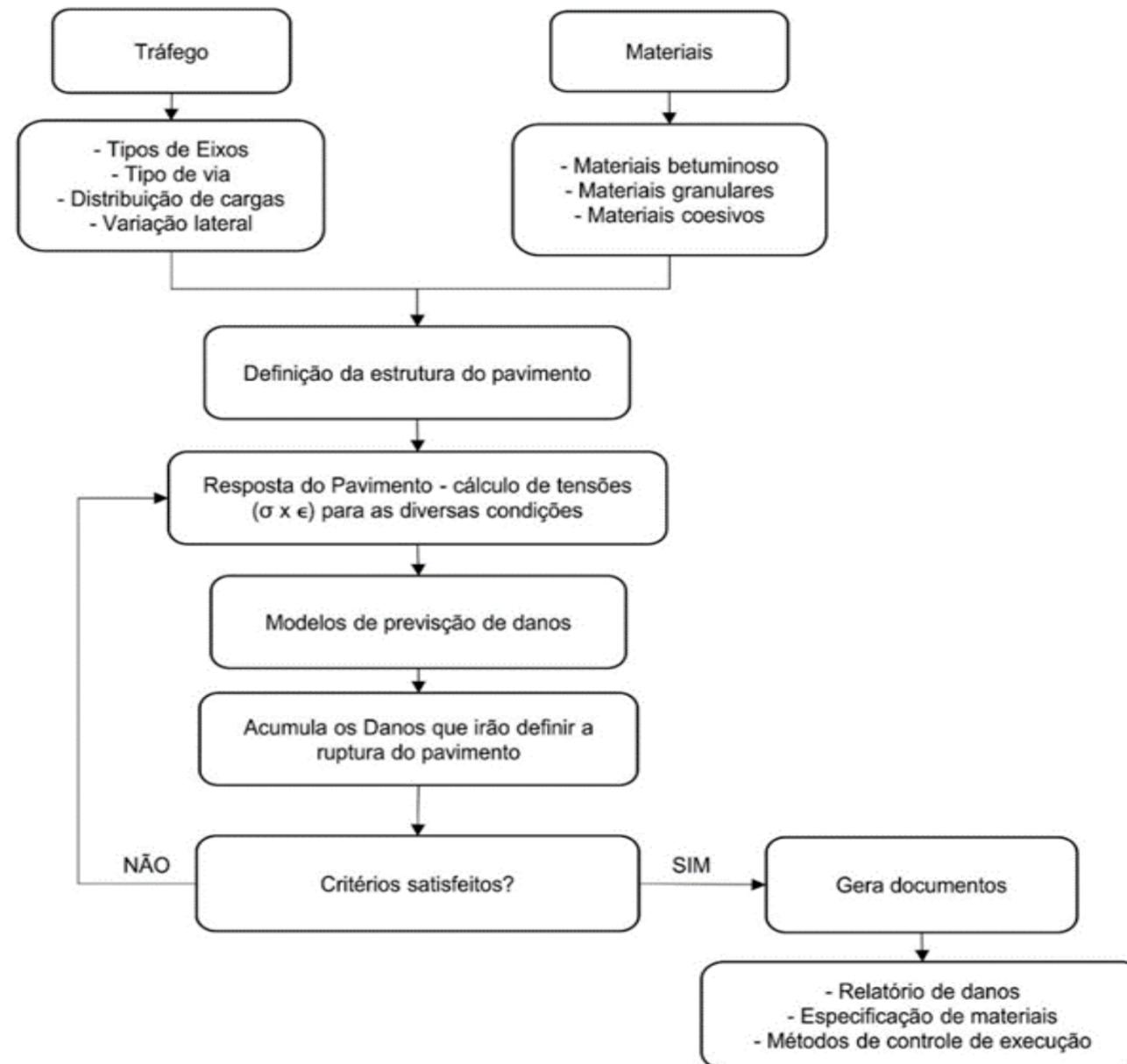
Projeto DNIT TED nº682/2014



MeDiNa

Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos

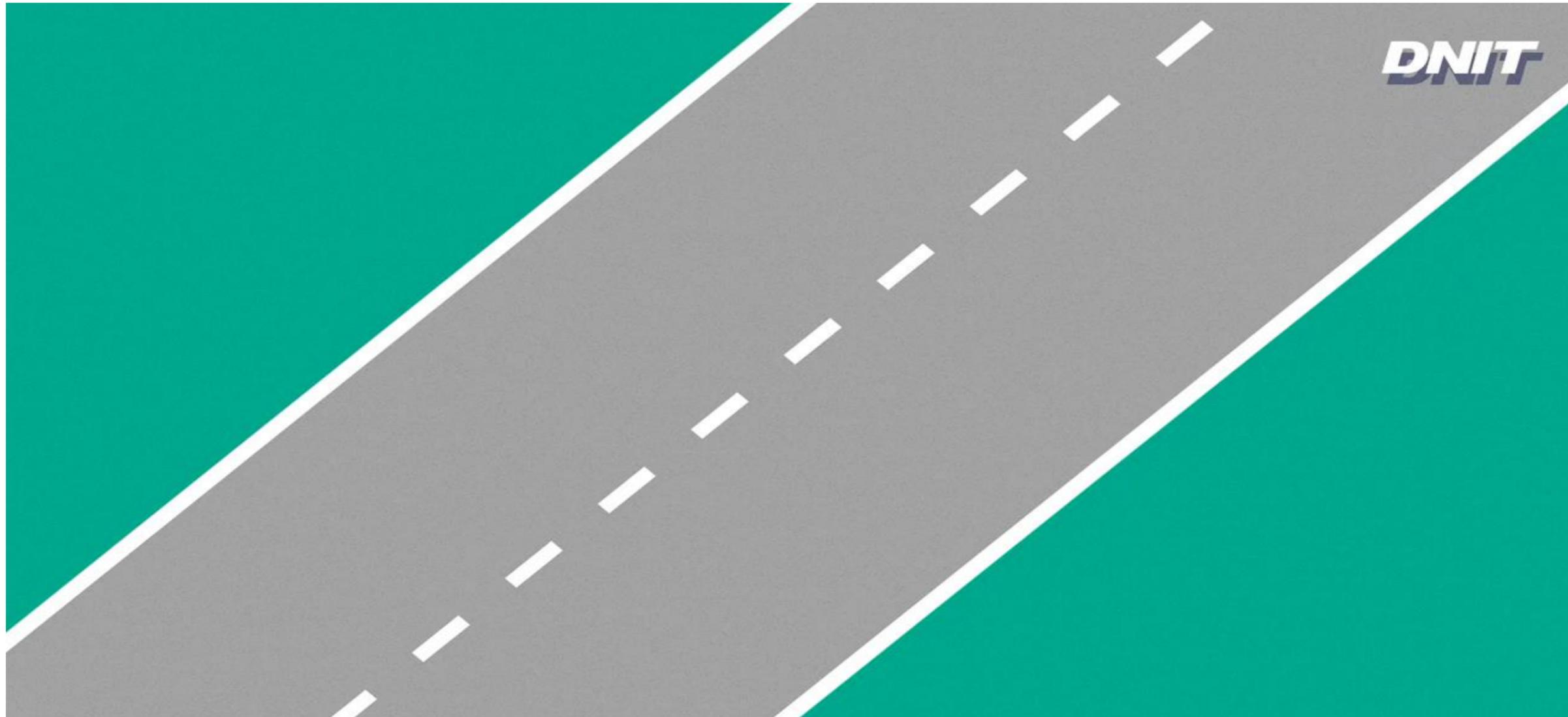
Fluxograma Software MeDiNa



MeDiNa

Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos

VÍDEO:



ATÉ A PRÓXIMA AULA!

Conrado Cesar Vitorino Pereira
83 99604-7161