

The background of the slide features a photograph of a paved road with yellow double lines, a concrete curb, and a car in the distance. A semi-transparent red overlay covers the top two-thirds of the image, serving as a background for the text.

Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos (MeDiNa e ProMeDina)



Hello!

Meu nome é Claudeny Simone

Sou Assist. de Controle Externo – TCE/PI

Mestre em Eng. de Infraestrutura de Transportes – IME/RJ

Tecnóloga em Geoprocessamento – IFPI/PI



- 1. O que é pavimento e Por que, no Brasil, eles não duram?*
- 2. Métodos de Dimensionamento de Pavimentos*
- 3. Mecânica dos Pavimentos*
- 4. Quem é Medina e o que é MeDiNa?*
- 5. MeDiNa e Auditoria de Obras Públicas*
- 6. Bate-Papo*



S U M Á R I O

1.

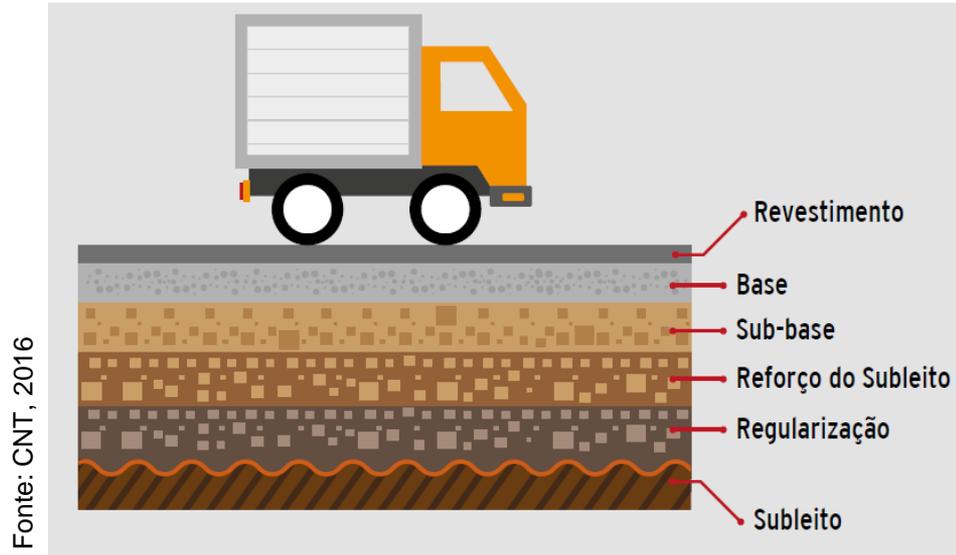
O que é e por que os pavimentos rodoviários não duram?

“No meio da rodovia tinha uma pedra, ou era uma panela?”

(C. D. de Andrade, adaptação)

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).



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 Cristóvão, 2016



Fonte: Casa Vogue, 2013



Fonte: Veja, 2013

Pra você ficar sabendo...

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**.

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.



Pesquisa CNT de
Rodovias: Painel

Alguns dados sobre a pesquisa...

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

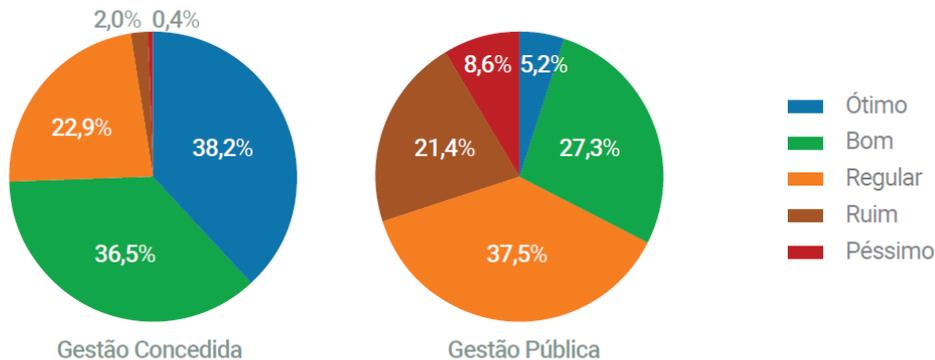
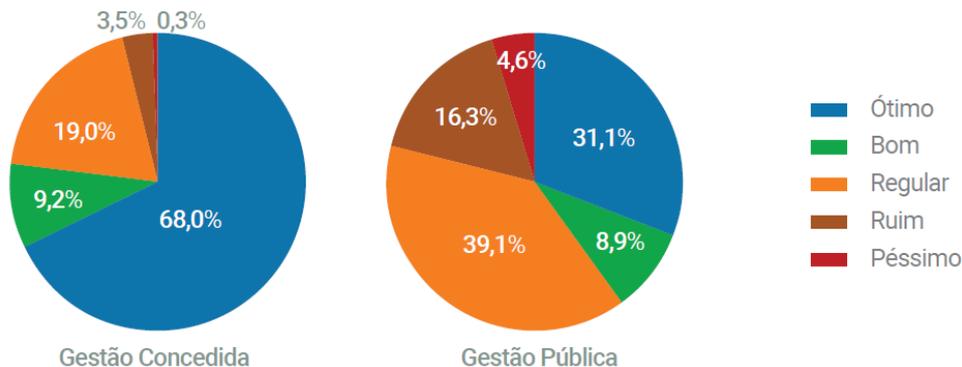


GRÁFICO 33 | Classificação do Pavimento – Gestões Concedida e Pública



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

Relatório Gerencial de toda pesquisa? Baixe aqui!!!



2.

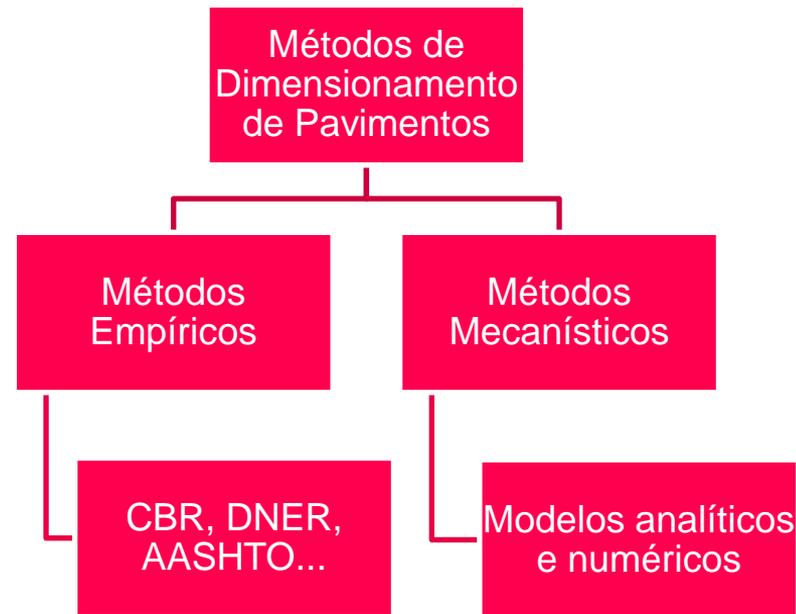
Métodos de Dimensionamento dos Pavimentos

“No meio da rodovia tinha uma pedra, ou era uma panela?”

(C. D. de Andrade, adaptação)

Dimensionamento do Pavimento Rodoviário.

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.



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.

Quais as vantagens e desvantagens desses 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

3.

Mecânica dos Pavimentos

“No meio da rodovia tinha uma pedra, ou era uma panela?”

(C. D. de Andrade, adaptação)

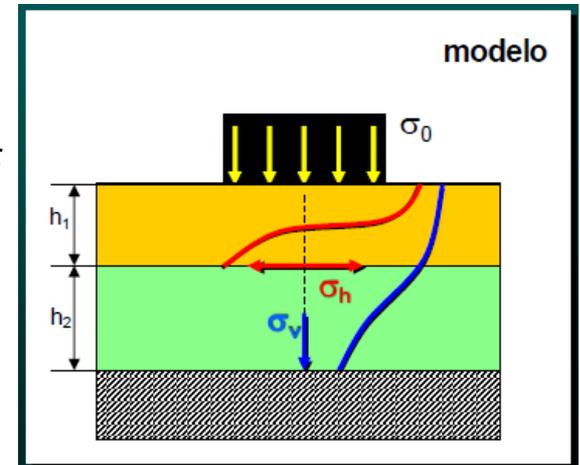
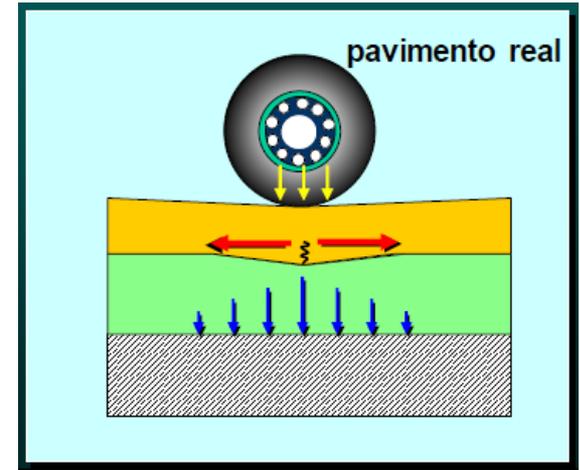
Nem um, nem o outro... Um pouquinho dos dois...

“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.**”

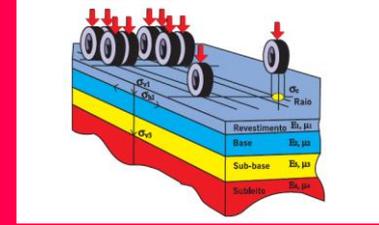
(Medina, J.; Mecânica dos Pavimentos, Ed Interciência, 3ª edição)

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



Com a Mecânica dos Pavimentos chegou-se então Ao dimensionamento Mecanístico - Empírico

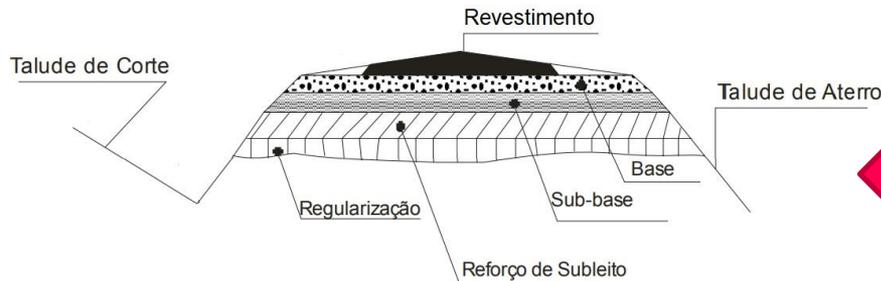


EMPÍRICO :
Prática atual

Mecanístico – Empírico :
Estado da Prática

MECANÍSTICO :
Estado da Arte

Propriedades dos Materiais
Clima
Tráfego



Deformações elásticas
Deformações plásticas
Fadiga



3.

Quem é Medina e o que é MeDina?

“No meio da rodovia tinha uma pedra, ou era uma panela?”

(C. D. de Andrade, adaptação)

Jacques de Medina

Carioca, nascido em 1925, o professor emérito da Coppe/UFRJ Jacques de Medina formou-se em Engenharia Civil (1947) e em Engenharia Elétrica (1948) pela então Universidade do Brasil, atual UFRJ. Fez mestrado em Engenharia Civil na Universidade de Purdue, Indiana (EUA), em 1951. Após retornar trabalhou no DNER onde foi chefe do Laboratório Central do DER. Ingressou na Coppe, em 1967.

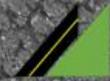
É autor de mais de 110 publicações, sendo 26 internacionais e 15 em congressos internacionais realizados no Brasil. Na Coppe, orientou sete teses de doutorado e 20 dissertações de mestrado.

“Notório Saber” (MEC), Prêmio Terzaghi, (ABMS), e com Honra ao Mérito e Homenagem Especial (ABPV). É autor do livro “Mecânica dos Pavimentos”, com a co-autoria da professora Laura Motta.



MeDiNa – MEtodo de Dimensionamento NAcional de Pavimntnos

“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”.



MeDiNa

Método de Dimensionamento Nacional de Pavimentos
v 1.1.5.0 - dezembro/2020

Projeto DNIT TED nº682/2014



Começando na humildade, o que motivou o desenvolvimento do método?



Fonte: Franco, 2007



A palavra VEÍCULOS aparece na tese de doutorado do Prof Felipe Franco 90 vezes!!!

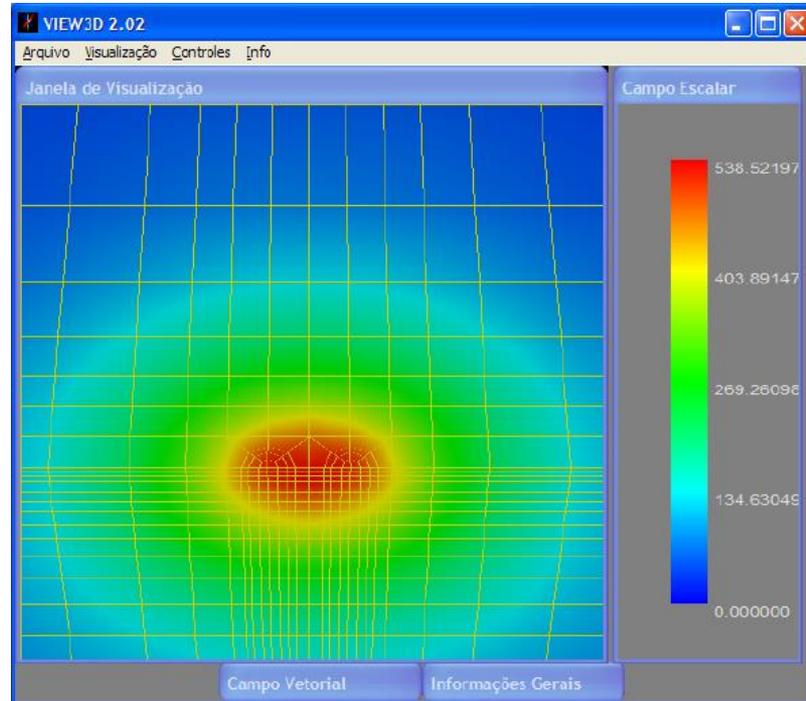
Principais limitações do método do DNER (1966):

- 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

Começando na humildade, qual metodologia utilizada para o cálculos das características mecânicas dos pavimentos?

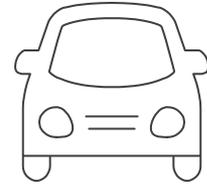


O método dos elementos finitos (MEF) faz uso de disposições numéricas para resolver modelos matemáticos representativos de problemas físicos de forma mais simplificadas, relacionadas **às suas propriedades, a geometria e as condições de contorno** (Klincevicus, 2011).



Fonte: Franco, 2007

Em partes fazem parte...

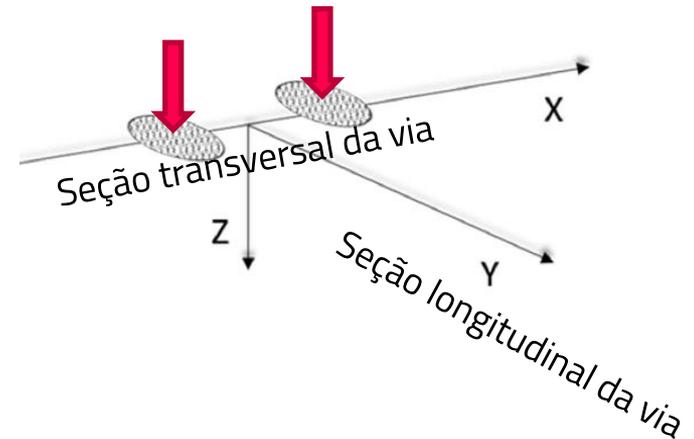


AEMC

Programa de Análise Elástica de Múltiplas Camadas que calcula tensões e deformações em estruturas de pavimentos com até oito camadas sob carregamento de rodas do tipo eixo rodoviário.

BackMeDiNa

O programa BackMeDiNa realiza a retroanálise dos módulos de resiliência das camadas de um pavimento a partir das bacias deflectométricas levantadas em campo por equipamentos do tipo FWD .



O programa se baseia em HIPÓTESES consideradas para a realização dos cálculos de dimensionamento.



1. os materiais são elásticos lineares, isotrópicos e homogêneos;
2. a lei de Hooke é válida e o módulo de compressão é semelhante ao módulo de tração;
3. as camadas são ilimitadas na direção horizontal;
4. todas as camadas possuem uma espessura finita, à exceção da camada inferior que é considerada semi-infinita;
5. a superfície da camada superior não está sujeita a tensões fora da área carregada;
6. na área carregada ocorrem apenas tensões normais;
7. a carga aplicada é considerada estática, uniformemente distribuída em toda a área circular de contato;
8. a grandes profundidades as tensões e deformações são nulas;
9. as condições de aderência na interface das camadas podem variar de totalmente aderida para lisa ou sem aderência.

DADOS DE ENTRADA NO PROGRAMA



**Antes de tudo OS ENSAIOS DE
CONTROLE TECNOLÓGICO!!**



Revestimento Asfáltico

Rigidez :

- Módulo de Resiliência – **Compressão diametral a 25°C;**

Danificação :

- Flow Number –deformação permanente –ensaio 60°C (critério de seleção);
- Fadiga por compressão diametral a 25°C (coeficientes k1 e k2)

Solos e britas

Rigidez:

- Módulo de Resiliência –ensaio triaxial com diferentes estados de tensões (k1, k2 e K3)

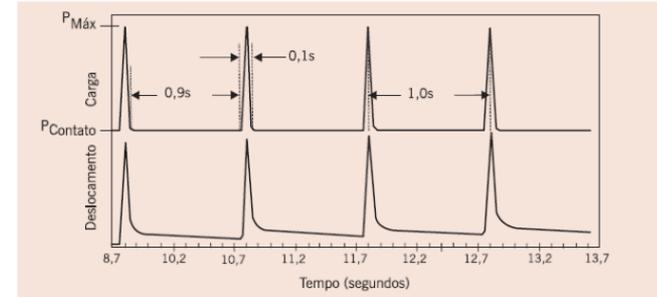
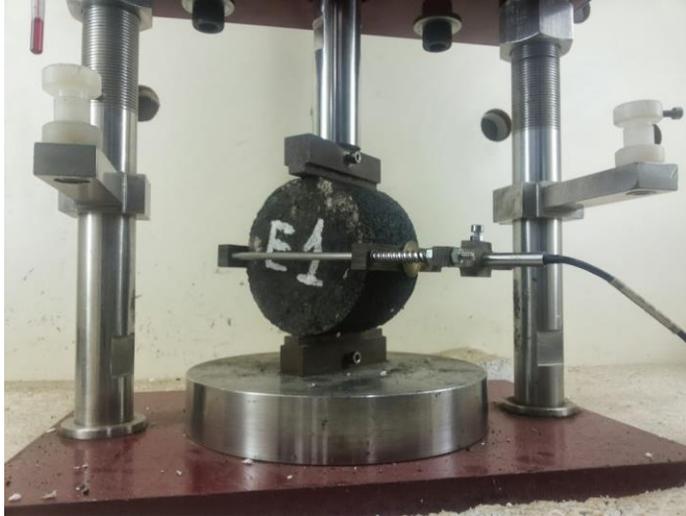
Danificação:

- Ensaio triaxial de deformação permanente (Ψ_1 , Ψ_2 , Ψ_3 , Ψ_4)

Normas DNIT já vigentes

Normas	Títulos
DNIT 134/2018-ME	Pavimentação – Solos – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio
DNIT 135/2018 - ME	Misturas asfálticas Determinação do módulo de resiliência - Método de ensaio
DNIT 136/2018 - ME	Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio
DNIT 179/2018 - IE	Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio
DNIT 181/2018 - ME	Pavimentação – Material Estabilizado Quimicamente – Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio
DNIT 183/2018 - ME	Pavimentação asfáltica - Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada – Método de ensaio
DNIT 184/2018 - ME	Pavimentação - Misturas asfálticas - Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente – Método de ensaio
DNER PRO 273/1996	Determinação de deflexões utilizando deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”

Módulo de Resiliência - CA



$$MR = \frac{P}{\Delta \times H} (0,9976\mu + 0,2692) \quad (6.4)$$

Onde:

MR = módulo de resiliência, MPa;

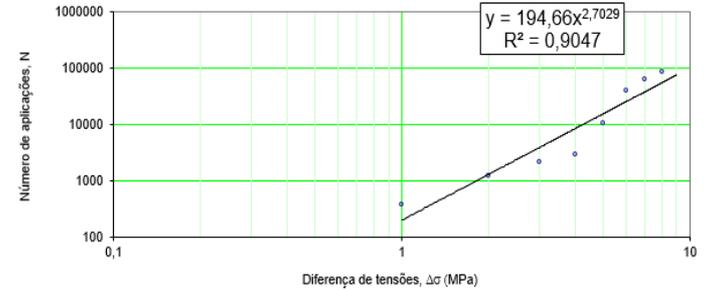
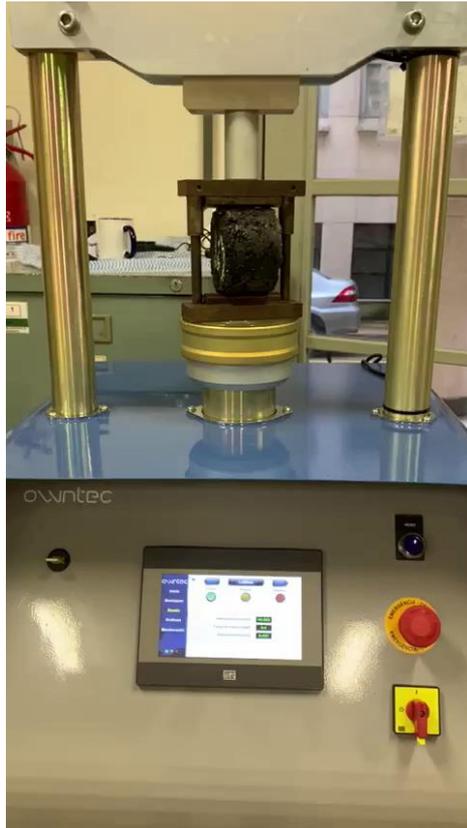
P = carga vertical repetida aplicada diretamente no corpo-de-prova, N;

Δ = deslocamento elástico ou resiliente registrado para 300, 400 e 500 aplicações da carga (P), mm;

H = altura do corpo de prova, mm;

μ = coeficiente de Poisson.

Resistência à Tração e Fadiga- CA



Flow Number - CA

O ensaio Flow Number é definido pelo número de repetições de carregamento até atingir a taxa mínima de tensão axial permanente, onde a mistura apresentará, em um período pequeno, uma grande deformação permanente, resultando assim, no colapso da estrutura.

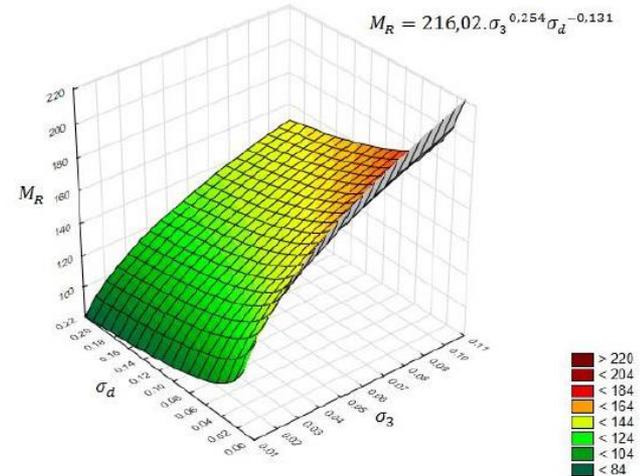


Módulo de Resiliência – Mat. Granulares

CBR



MR

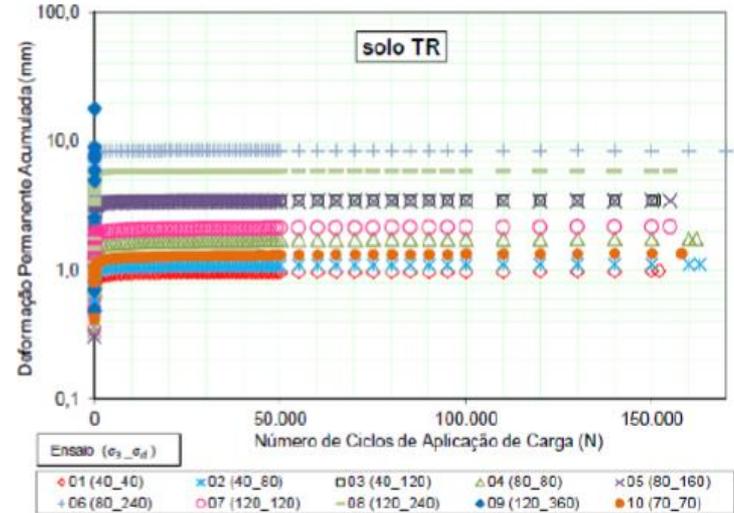


Deformação Permanente– Mat. Granulares



“É a parcela irreversível das deformações que ocorrem no pavimento.”

Deformação Permanente – Mat. Granulares



“É a parcela irreversível das deformações que ocorrem no pavimento.”

Critérios de ruptura e bizus!



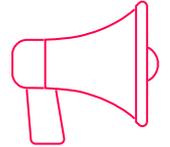
· Para a ruptura estrutural:
a deformação elástica ou tensão limite no topo do subleito; a deformação permanente, ou **afundamento de trilha de roda; a deflexão máxima na superfície do pavimento; e o dano de fadiga.**

· Para a ruptura funcional:
o nível de irregularidade na superfície do pavimento; e o índice de serventia.

Informações referentes ao subleito, bases e sub-bases: caracterização física e ensaio mecânicos.

Mesma coisa para o revestimentos focando em concreto asfáltico.

CONTAGEM DO TRÁFEGO É ESSENCIAL!!!!



NÍVEL DE PRECISÃO DO TRÁFEGO!

NÃO UTILIZE O PROGRAMA PARA PROJETAR QUANDO NÃO TIVER DADOS COM PRECISÃO!!

EVITE INFERIR OU ESCOLHER MATERIAIS A PARTIR DE BIBLIOGRAFIAS

NÓS PODEMOS CONTRIBUIR!!!



Instrução de Serviço – IS-247:



Publicação IPR - 749

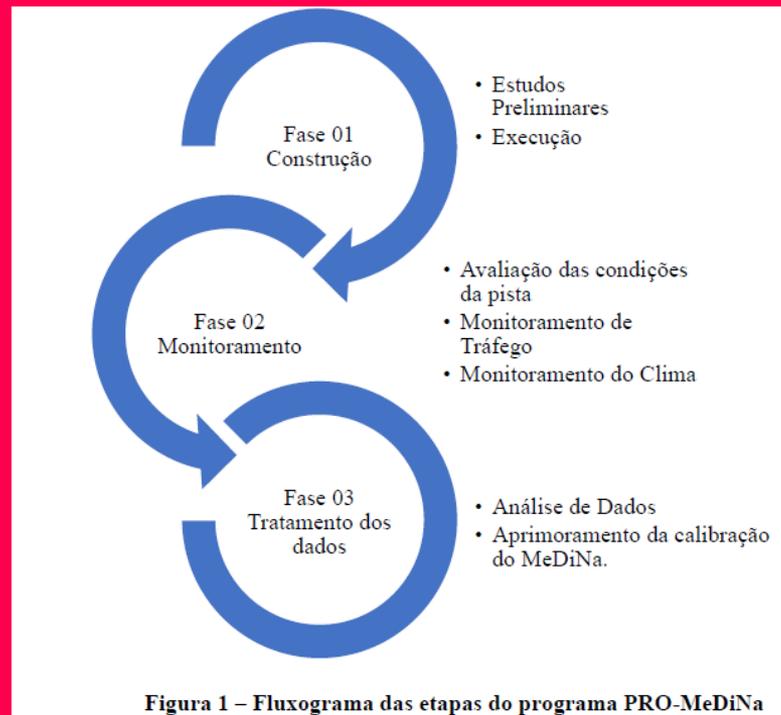


Figura 1 – Fluxograma das etapas do programa PRO-MeDiNa

O procedimento, denominado PRO-MeDiNa, busca promover a ampliação dos dados já existentes, o aperfeiçoamento da calibração e a validação do novo método de dimensionamento nacional de pavimentos, iniciado com os dados obtidos na Rede de Tecnologia em Asfaltos.

O DNIT, por meio do IPR, irá coletar os dados gerados nos segmentos experimentais, que incluem a caracterização e os ensaios previstos no MeDiNa. Esses dados também serão compartilhados com o banco de dados produzido pela Rede de Tecnologia em Asfaltos.



**| Meu povo muito
| obrigada!**



Thanks!

Any questions?

Contato: (86) 99920-1019

Email: cl.deny@yahoo.com.br



<https://www.linkedin.com/in/claudenty-santana-60575132/>