

ENSAIOS TECNOLÓGICOS

(Para aplicação do MeDiNa)

Glicério Trichês

UNESC (glicerio.triches@unesc.net)



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

FEVEREIRO 2021



AEDER
Fundada em 1964

Introdução

- 1 - Ensaio de Módulo Resiliente de Solos e Granulares
- 2 - Ensaio de Deformação Permanente de Solos e Granulares
- 3 - Ensaio de Módulo Resiliente de Misturas Asfálticas
- 4 - Ensaio de Fadiga de Misturas Asfálticas
- 5 - Ensaio de Deformação Permanente de Misturas Asfálticas

Considerações finais

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Introdução



ϵ_t - Fatigue



- MR
- Def. Permanente
- Fadiga

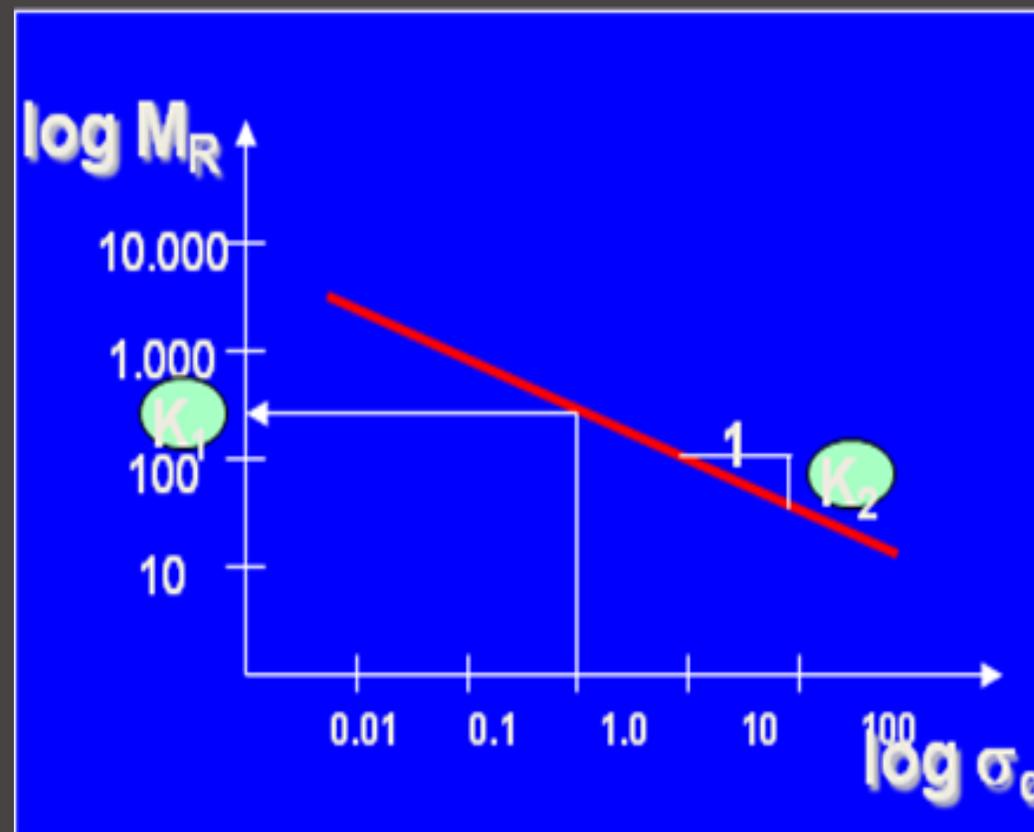
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



1 - Ensaio de Módulo Resiliente de Solos e Granulares



INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA





Tensões em um elemento de solo com a passagem de um eixo de caminhão

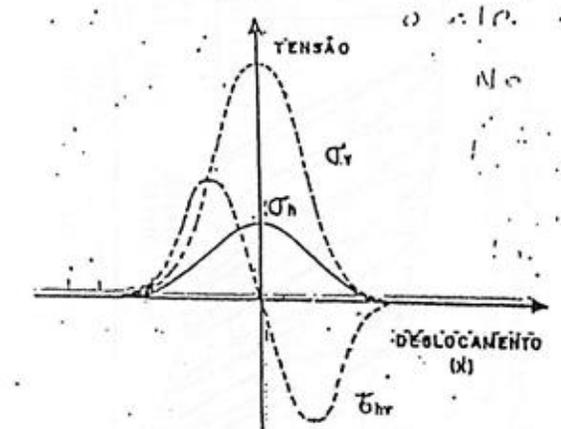
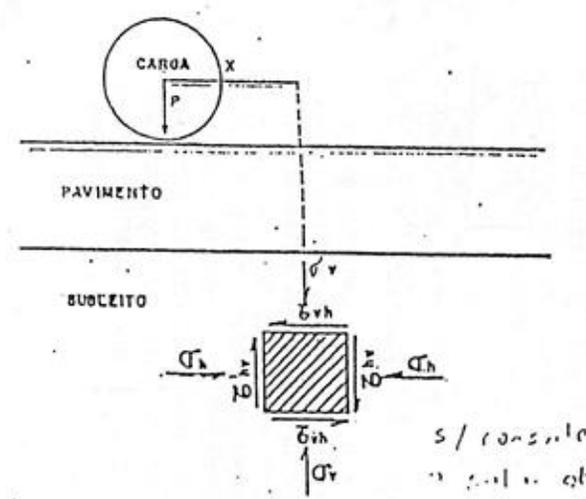


FIGURA 2.1 TENSÕES DESPERTAS EM UM ELEMENTO DE SOLO, PELA CARGA MÓVEL P...

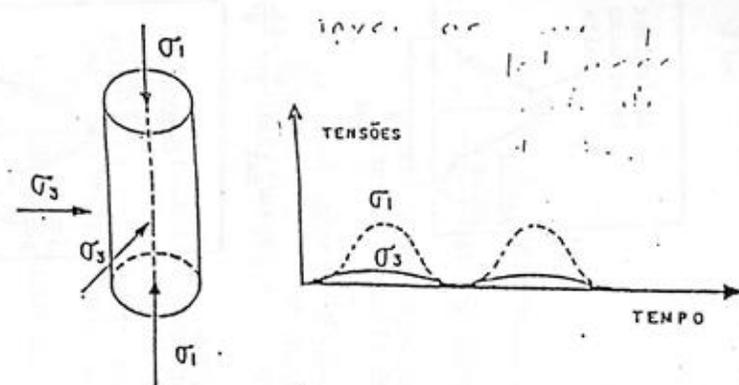


FIGURA 2.2 PRINCÍPIO DO ENSAIO TRIAXIAL DINÂMICO (σ_3 VARIÁVEL)

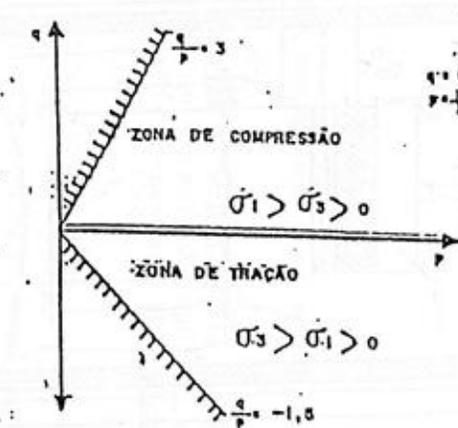


FIGURA 2.3 ESPAÇO DE TENSÕES ADMISSÍVEIS

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA





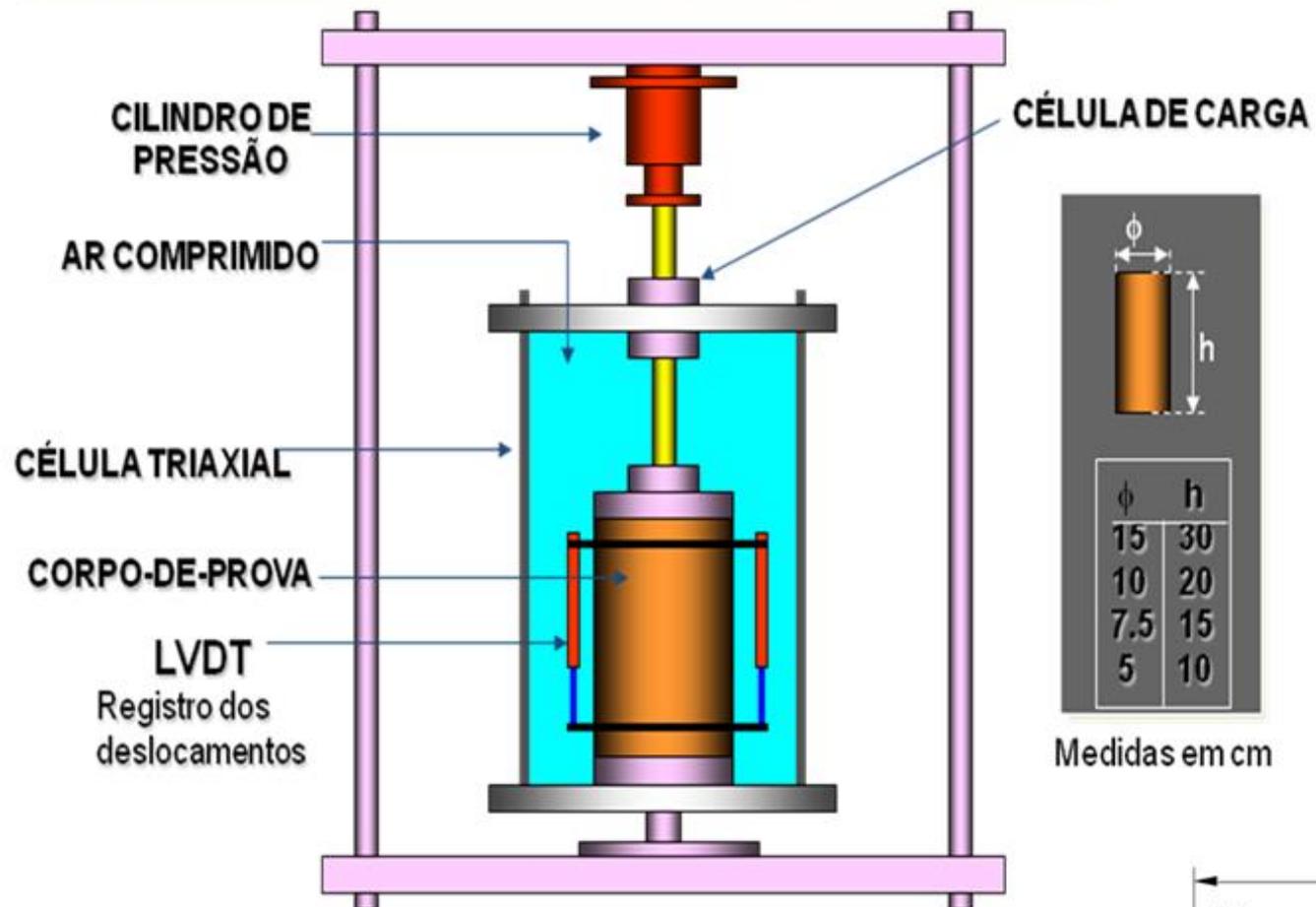
INFRASHOW

DER/PR

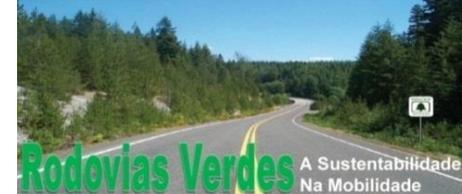
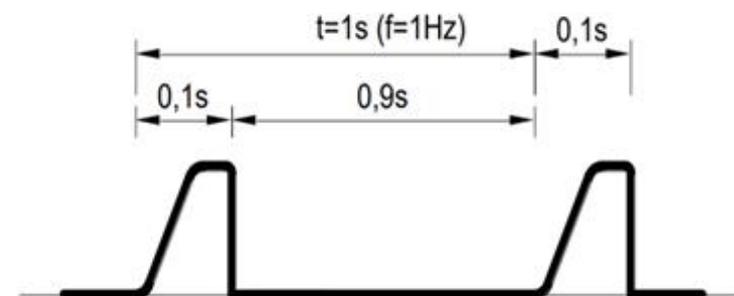
MÉTODO MEDINA



Equipamento - Triaxial de Carga Repetida

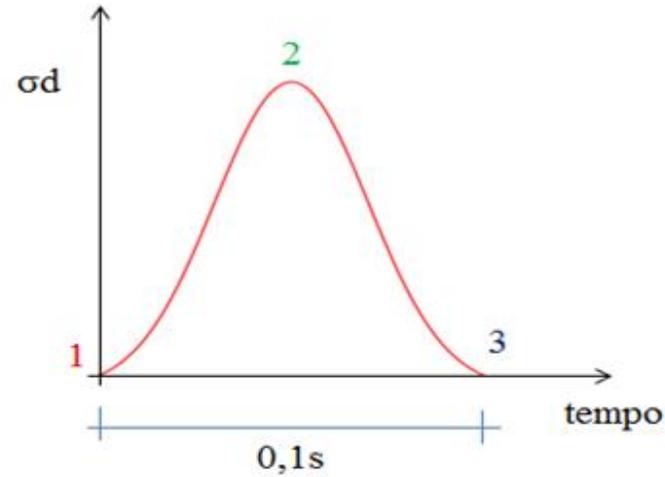


Carregamento aplicado



Para 1 ciclo de carga

- Pressão de confinamento permanece constante
- Tensão desvio σ_d é aplicada com 0,1s de duração.



$$\Delta h_t = \Delta h_p + \Delta h_r$$

$$\Delta h_t / h_o = \Delta h_p / h_o + \Delta h_r / h_o$$

$$\epsilon_t = \epsilon_p + \epsilon_r$$



INFRASHOW

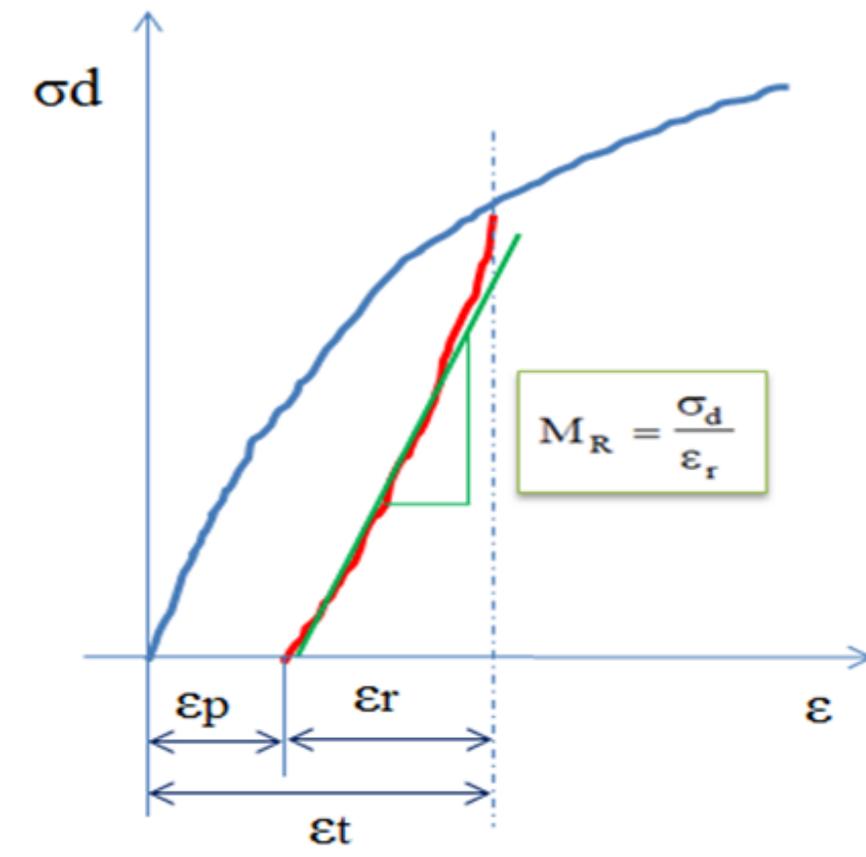
DER/PR

MÉTODO MEDINA





Para um ciclo de carga



MR – Módulo resiliente do solo para o estado de tensão aplicado.
Muda o estado de tensão > muda a resposta do material, pois o solo não tem comportamento elástico.

- ϵ_p - Deformação permanente > Colabora para a deformação permanente da estrutura > responsável por originar trilha de roda na estrutura do pavimento;
- ϵ_r - Deformação recuperável > Colabora para a deformação recuperável da estrutura > responsável pelo trincamento por fadiga do revestimento asfáltico.



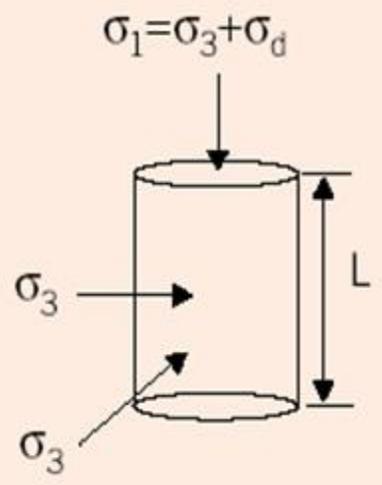
INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

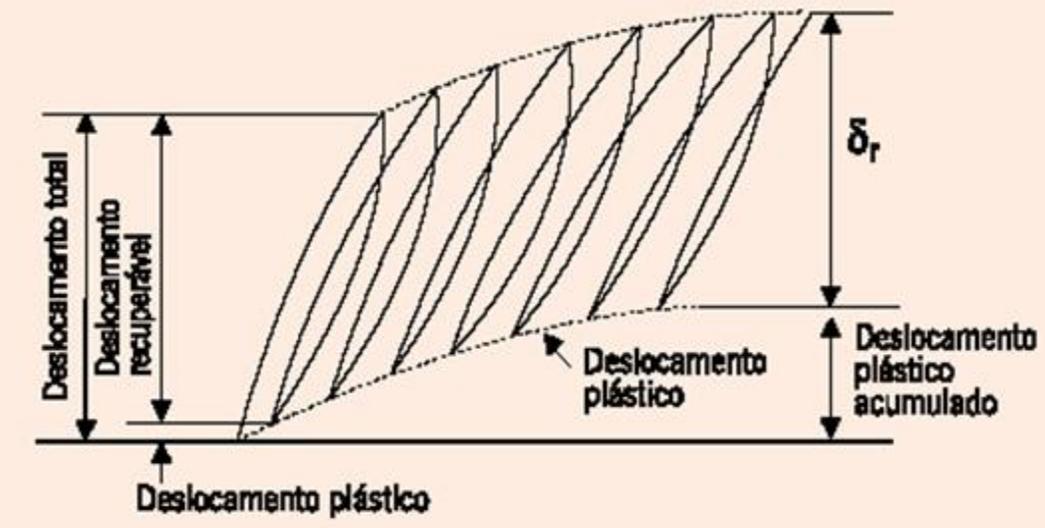




Rodovias Verdes A Sustentabilidade Na Mobilidade



(a) Esquema de aplicação de tensões nos carregamentos



(b) Representação dos deslocamentos sofridos pelo corpo-de-prova

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



$$MR = \sigma_d / \epsilon_r$$

Sendo: σ_1 : tensão principal maior ou axial (kN/m²)

σ_3 : tensão principal menor ou de confinamento (kN/m²)

σ_d : tensão-desvio (kN/m²)

ϵ_r : deformação resiliente ou recuperável ($\epsilon_r = \delta_r / L$)

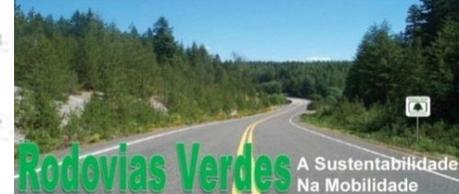


DNIT

Maio/2018

NORMA DNIT 179/2018 - IE

Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio



Moldagem dos Corpos de Prova



INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA





INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA

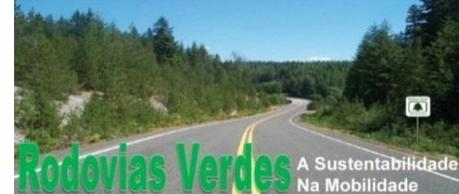


Método de ensaio - DNIT 134/2018 - ME

Condicionamento inicial

Tensão Confinante σ_3 (kgf/cm ²)	Tensão Confinante σ_d (kgf/cm ²)
0,70	0,70
0,70	2,10
1,05	3,15

Para cada estado de tensões, tem-se um valor de módulo.



Estados de tensões indicados

Tensão de confinamento (kgf/cm ²)	Tensão desvio (kgf/cm ²)
0,207	0,207
	0,414
	0,621
0,345	0,345
	0,689
	1,029
0,504	0,504
	1,008
	1,512
0,689	0,689
	1,379
	2,068
1,029	1,029
	2,058
	3,087
1,379	1,379
	2,747

Resultados do Ensaio

Tensão de confinamento (kgf/cm ²)	Tensão desvio (kgf/cm ²)	Módulo de Resiliência (kgf/cm ²)		
		Jazida 1	Jazida 2	Jazida 3
0,207	0,207	2558	3620	1301
	0,414	2257	3410	1580
	0,621	2078	3160	1777
0,345	0,345	2508	3547	1486
	0,689	2064	3341	1787
	1,029	1889	2987	1994
0,504	0,504	2486	3356	1550
	1,008	2033	3151	1873
	1,512	1611	2773	2167
0,689	0,689	2353	3271	2419
	1,379	1817	2929	2001
	2,068	1324	2469	1806
1,029	1,029	2101	3240	2585
	2,058	1523	2608	2155
	3,087	1066	2183	1873
1,379	1,379	2044	3097	3060
	2,747	1373	2298	2598

Tem-se que modelar os resultados.

Desta forma, o ensaio fornece um modelo de comportamento. Não fornece um valor do módulo resiliente.



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



PARANÁ GOVERNO DO ESTADO
DER PARANÁ
AEDER



Modelação dos Resultados

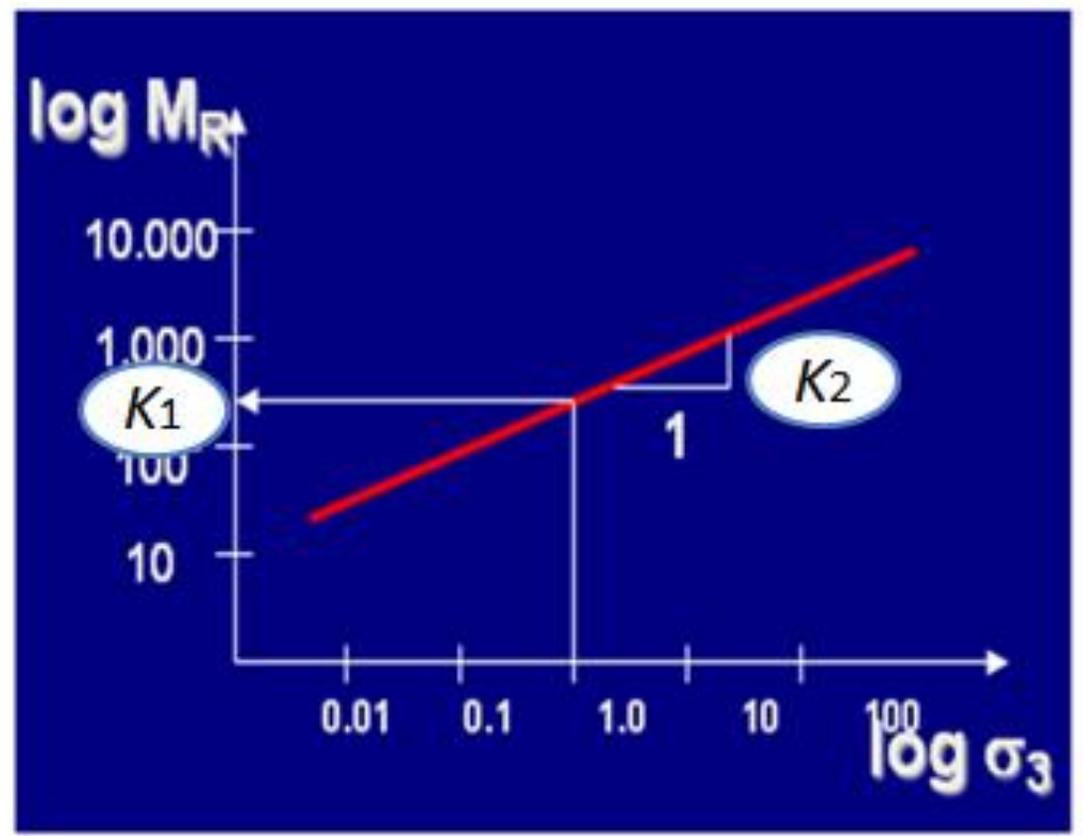
SOLOS GRANULARES:

Entende-se por solos granulares, para fins de classificação quanto à resiliência, aqueles que apresentam menos de 35% em peso de material passando na peneira nº 200 (0,075 mm).

Modelo de comportamento:

$$M_R = K_1 \times \sigma_3^{K_2}$$

Modelo de Hicks, 1970



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



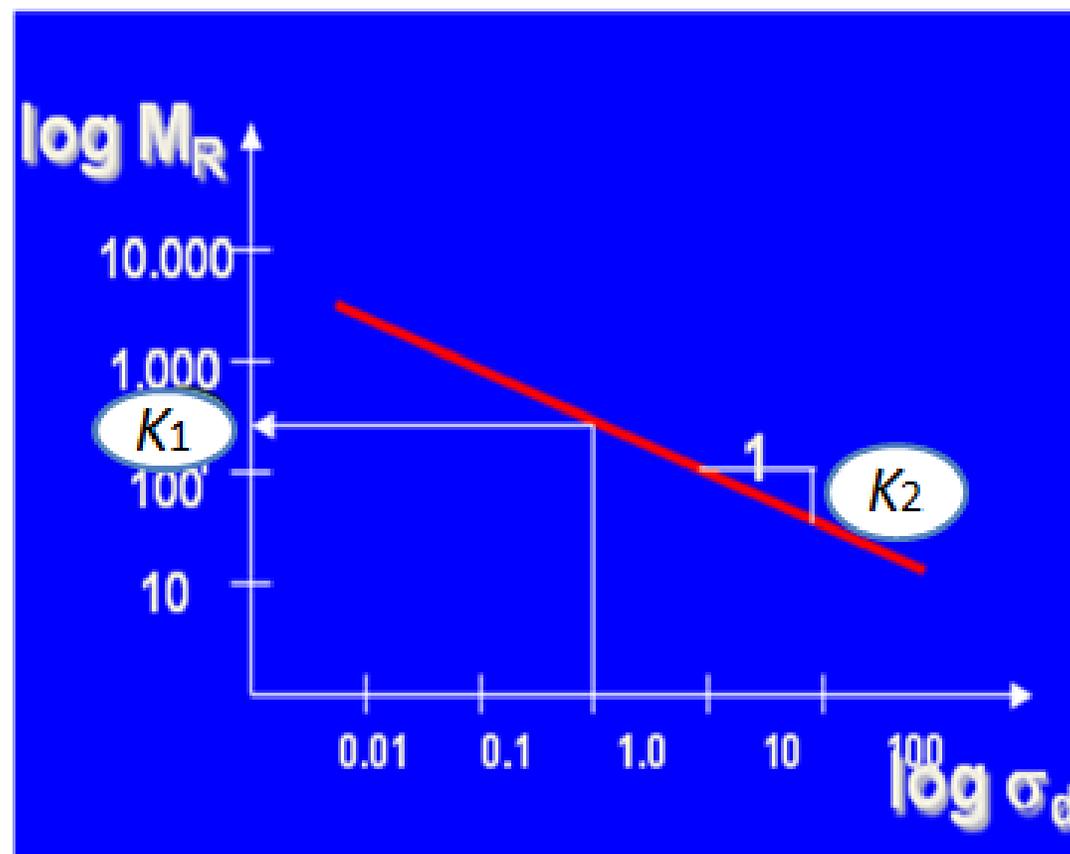
Modelação dos Resultados

SOLOS FINOS:

Entende-se por solos finos, para fins de classificação quanto à resiliência, aqueles que apresentam mais de 35% em peso de material passando na peneira nº 200 (0,075 mm).

Modelo de comportamento:

$$M_R = K_1 \times \sigma_d^{K_2}$$



INFRASHOW

DER/PR

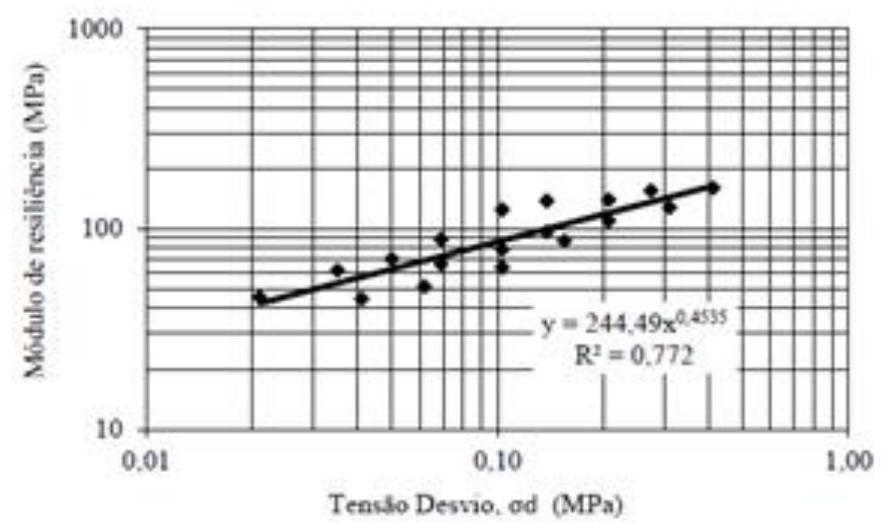
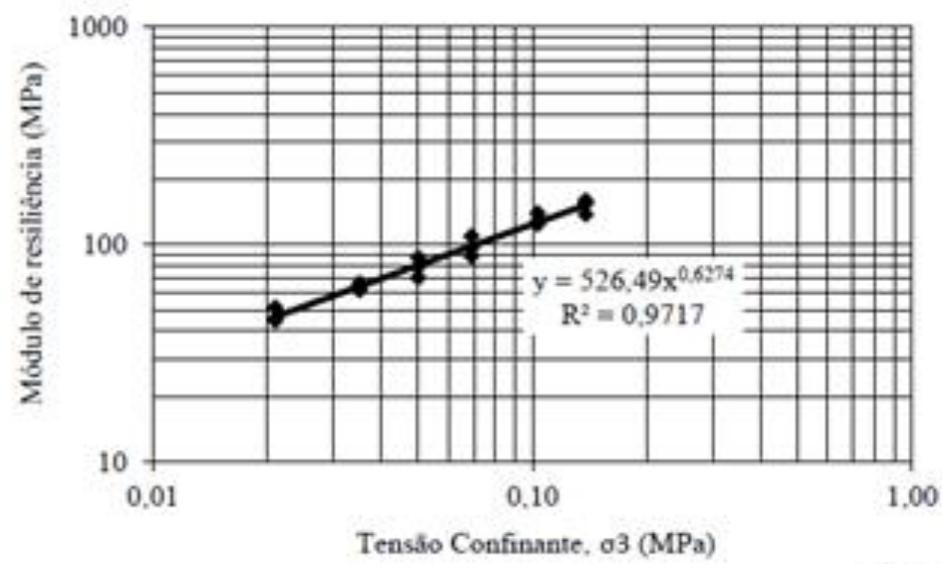
MÉTODO MEDINA



Rodovia SC 390 Orleans – Pedras Grandes (SC)



Sem cimento



INFRASHOW
DER/PR

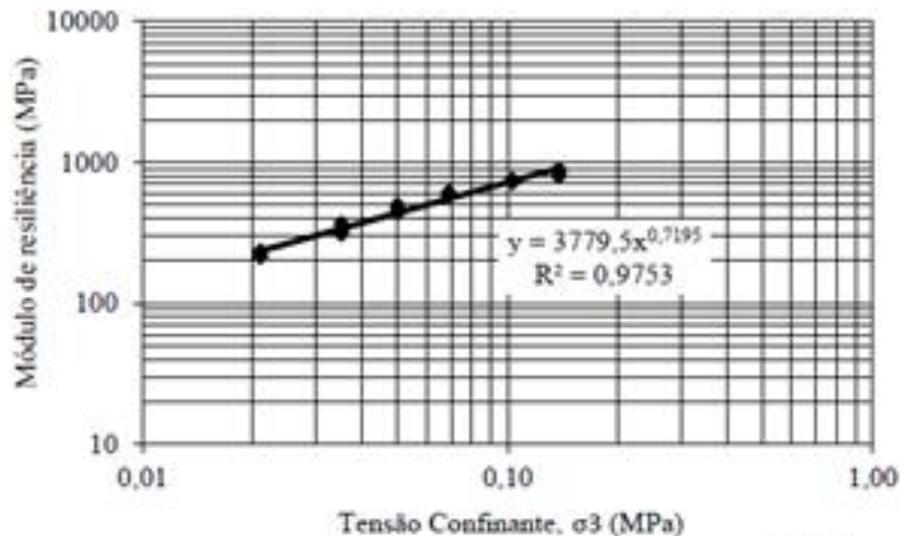
MÉTODO MEDINA



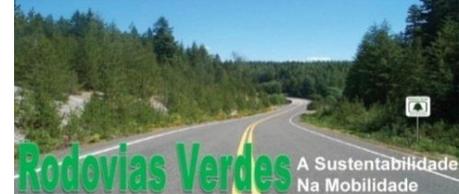
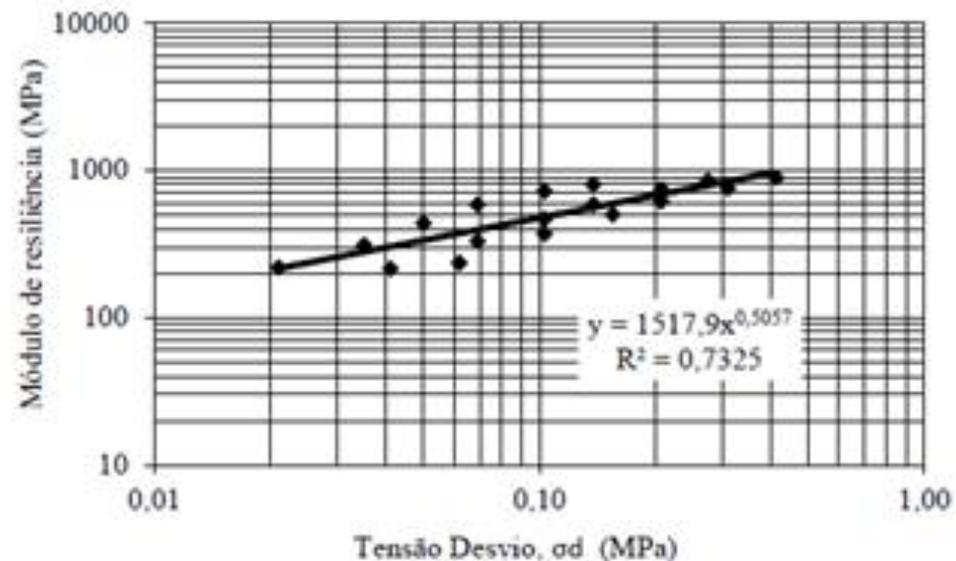


Rodovia SC 390 Orleans – Pedras Grandes (SC)

Com 3% de cimento



Com adição de apenas 3 % de cimento em peso, tem-se uma melhora significativa do comportamento do material, podendo ser utilizado na camada de base.



Rodovias Verdes A Sustentabilidade Na Mobilidade

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Modelação Inserida no MeDiNa para o MR

Modelo geral para todos tipos de solos (válido também para materiais granulares tipo BGS).

Módulo de Resiliência

$$MR = k_1 \cdot \sigma_3^{k2} \cdot \sigma_d^{k3} \cdot \theta^{k4}$$

$$\theta = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

Com:

$$\sigma_2 = \sigma_3$$

Comportamento	Parâmetros
Dependente da tensão confinante	$k3 = 0$ $k4 = 0$
Dependente da tensão desvio	$k2 = 0$ $k4 = 0$
Dependente do Invariante de tensões	$k2 = 0$ $k3 = 0$
Modelo composto	$k4 = 0$

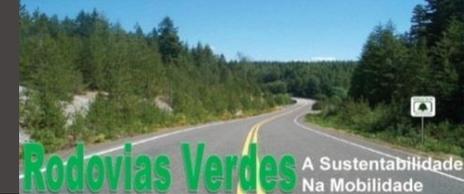
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



2 - Ensaio de Deformação Permanente de Solos e Granulares



DNIT

Maio/2018

NORMA DNIT 179/2018 - IE

Pavimentação – Solos – Determinação da deformação permanente – Instrução de ensaio

Realização do Ensaio

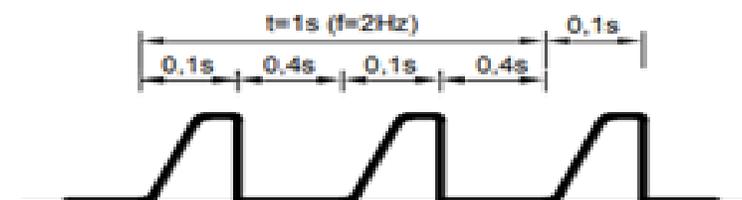
Condicionamento inicial

Tensão Confinante σ_3 (kPa)	Tensão Desvio σ_d (kPa)	Razão de Tensões σ_1 / σ_3
30	30	2

Estados de tensões indicados

σ_3 (kPa)	σ_d (kPa)	σ_1 / σ_3
40	40	2
	80	3
	120	4
80	80	2
	160	3
	240	4
120	120	2
	240	3
	360	4

Frequência de aplicação da carga



Número de aplicações da carga:
 - Até 150.000 ~ 24 horas.
 - Leituras ao longo do ensaio.

Cálculo da Deformação Permanente

$$\epsilon_p = \frac{\delta_p}{H_0}$$



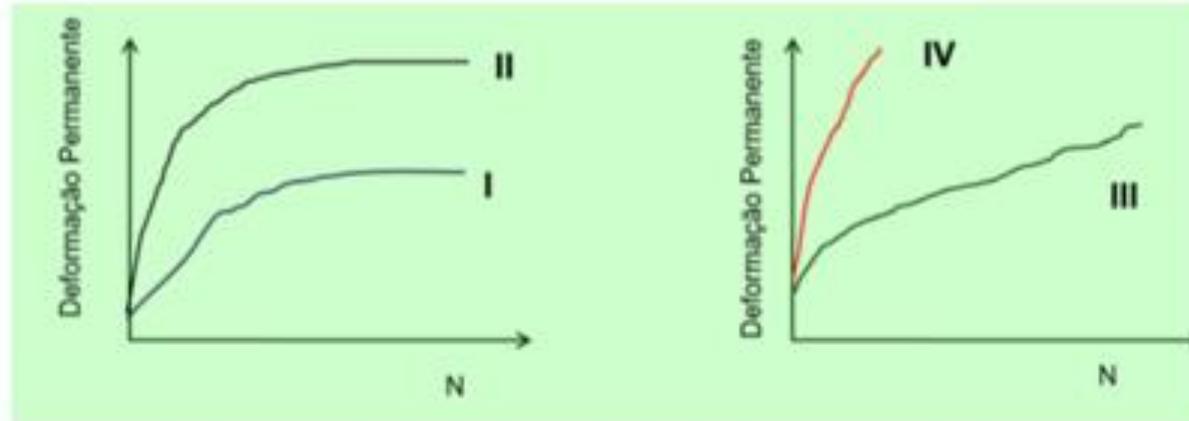
- Um corpo de prova para cada estado de tensão.
- 9 corpos de prova.

INFRASHOW
DER/PR

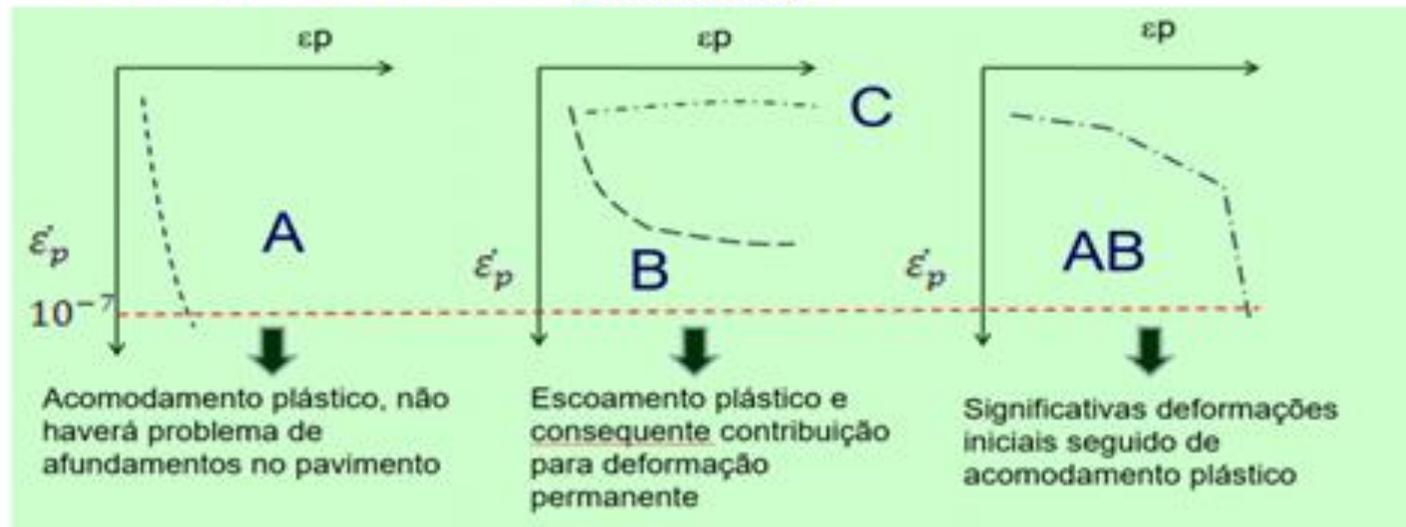
MÉTODO MEDINA



Interpretação e Modelação dos Resultados



Modelos de Comportamento à Deformação Permanente dos solos
Análise do acomodamento (Shakedown)



INFRASHOW

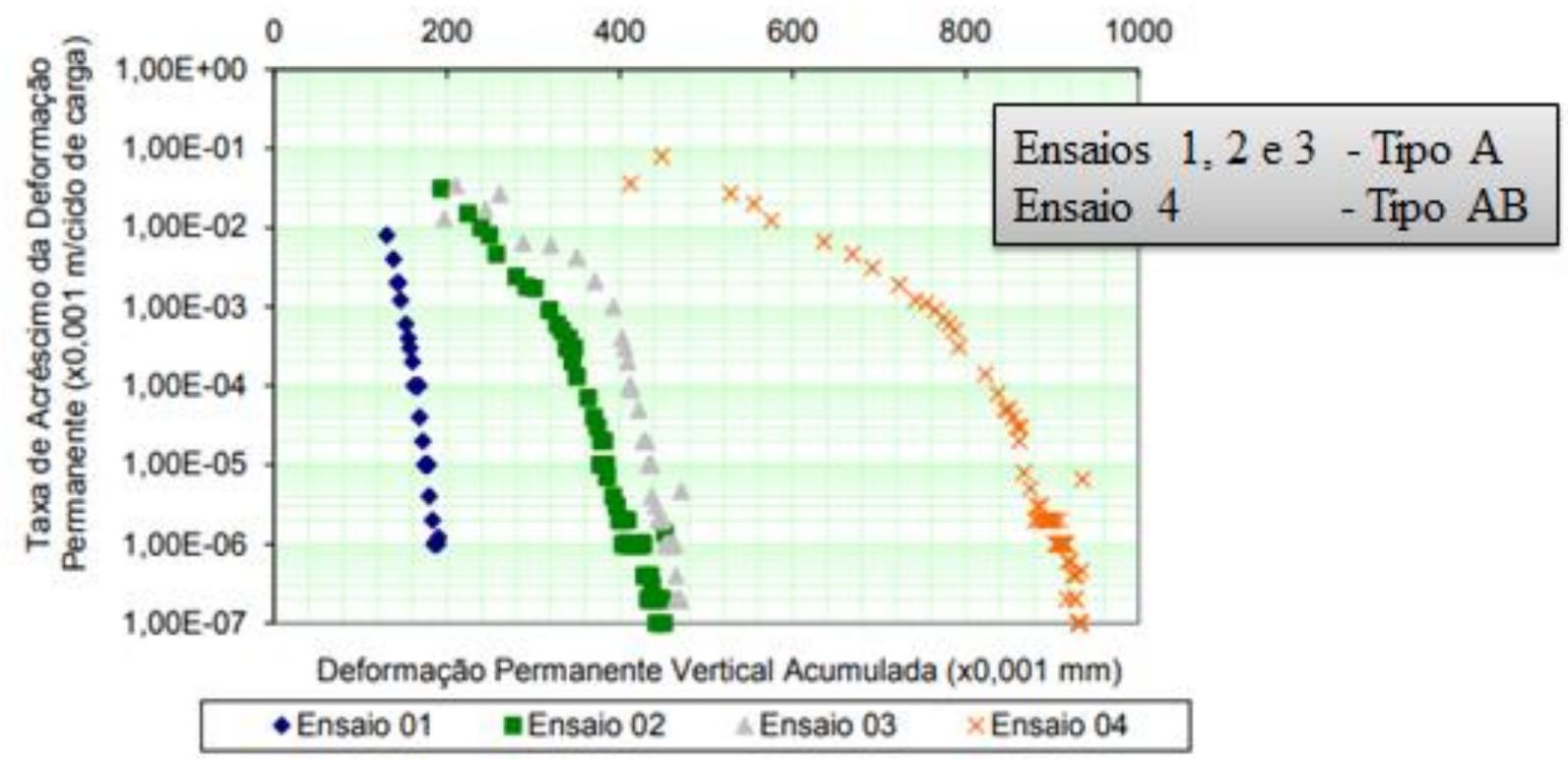
DER/PR

MÉTODO MEDINA





Interpretação e Modelação dos Resultados



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Modelação no MeDiNa

$$\epsilon_p (\%) = \psi_1 \left(\frac{\sigma_3}{\rho_0} \right)^{\psi_2} \left(\frac{\sigma_d}{\rho_0} \right)^{\psi_3} N^{\psi_4}$$

3 - Ensaio de Módulo Resiliente de Misturas Asfálticas

DNIT

Abril/2018

NORMA DNIT 135/2018 - ME

Pavimentação asfáltica - Misturas asfálticas
Determinação do módulo de resiliência -
Método de ensaio



LVDTs colados ao corpo de prova nas duas direções.
Permite determinar o coef. Poisson.



LVDT externo preso ao corpo de prova por alça de referência.
Não permite determinar o coef. Poisson.

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Condições para Realização do Ensaio

- Corpos de prova (3) preparados em laboratório (procedimento Marshall) devem ser armazenados por um período mínimo de 1 a 30 dias, previamente ao ensaio.
- Após instalação do CPs no equipamento, condicioná-lo, aplicando-se 50 ciclos de carga.
- Temperatura de ensaio: 25°C.
- Carga do ensaio deve estar entre 5 % e 25 % da resistência à tração por compressão diametral (determinação prévia). Após o condicionamento, sem interrupção, aplicar mais 15 ciclos de carga, registrando-se os deslocamentos de cada ciclo.
- Aumentar a carga inicial aplicada em 5 % e aplicar mais 15 ciclos, registrando os deslocamentos.
- Aumentar mais 5 % a carga e repetir o procedimento de 15 ciclos, efetuando a medição dos deslocamentos.
- O módulo de resiliência e o coeficiente de Poisson devem ser calculados para cada um dos 15 ciclos de carga, considerando-se os últimos cinco ciclos de cada conjunto.
- Os valores médios de cada parâmetro, para cada conjunto de 15 ciclos, devem ser comparados entre si e não podem diferir mais que 5 % em relação à média global.



INFRASHOW
DER/PR

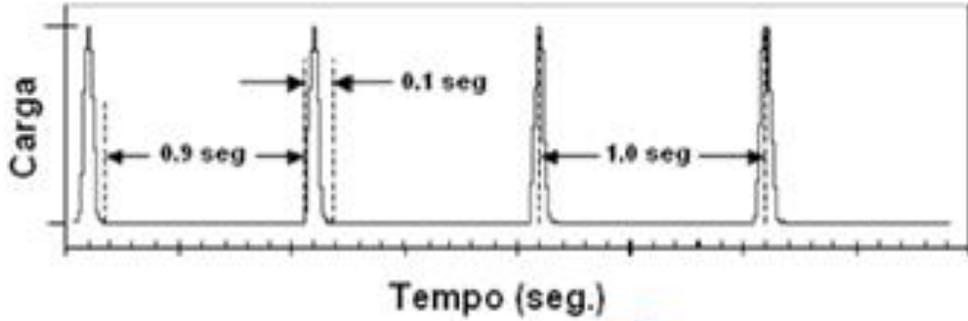
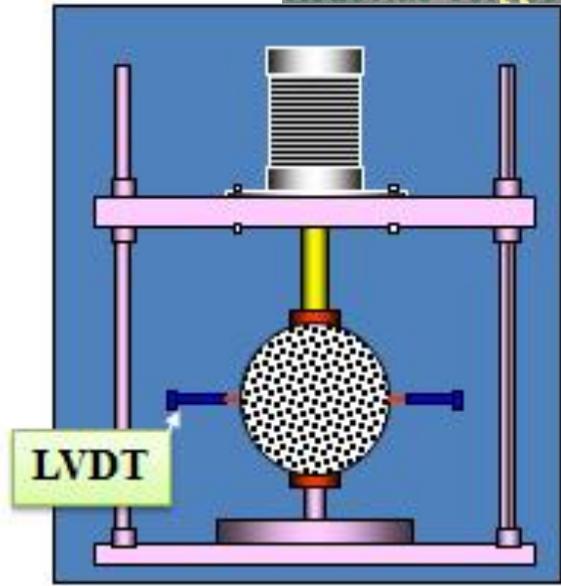
MÉTODO MEDINA





Módulo elástico usado como entrada de dados para o cálculo de σ e ϵ nos diferentes pontos do pavimento. Os **materiais de pavimentação não são elásticos**, sendo o uso da teoria da elasticidade uma aproximação.

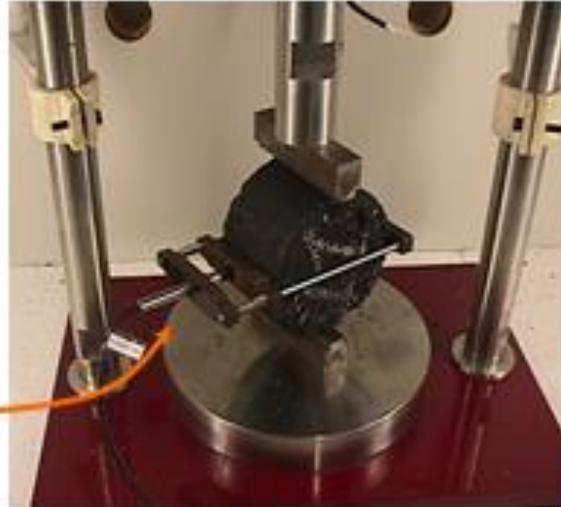
O MR da mistura asfáltica **depende da temperatura**, enquanto que os módulos dos materiais de base, sub-base e subleito variam mais com a umidade.



$$MR = \left(\frac{\sigma_t}{\epsilon_r} \right)$$

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi b d}$$

$$\epsilon_r = \Delta / d = \text{medido com LVDT}$$



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA





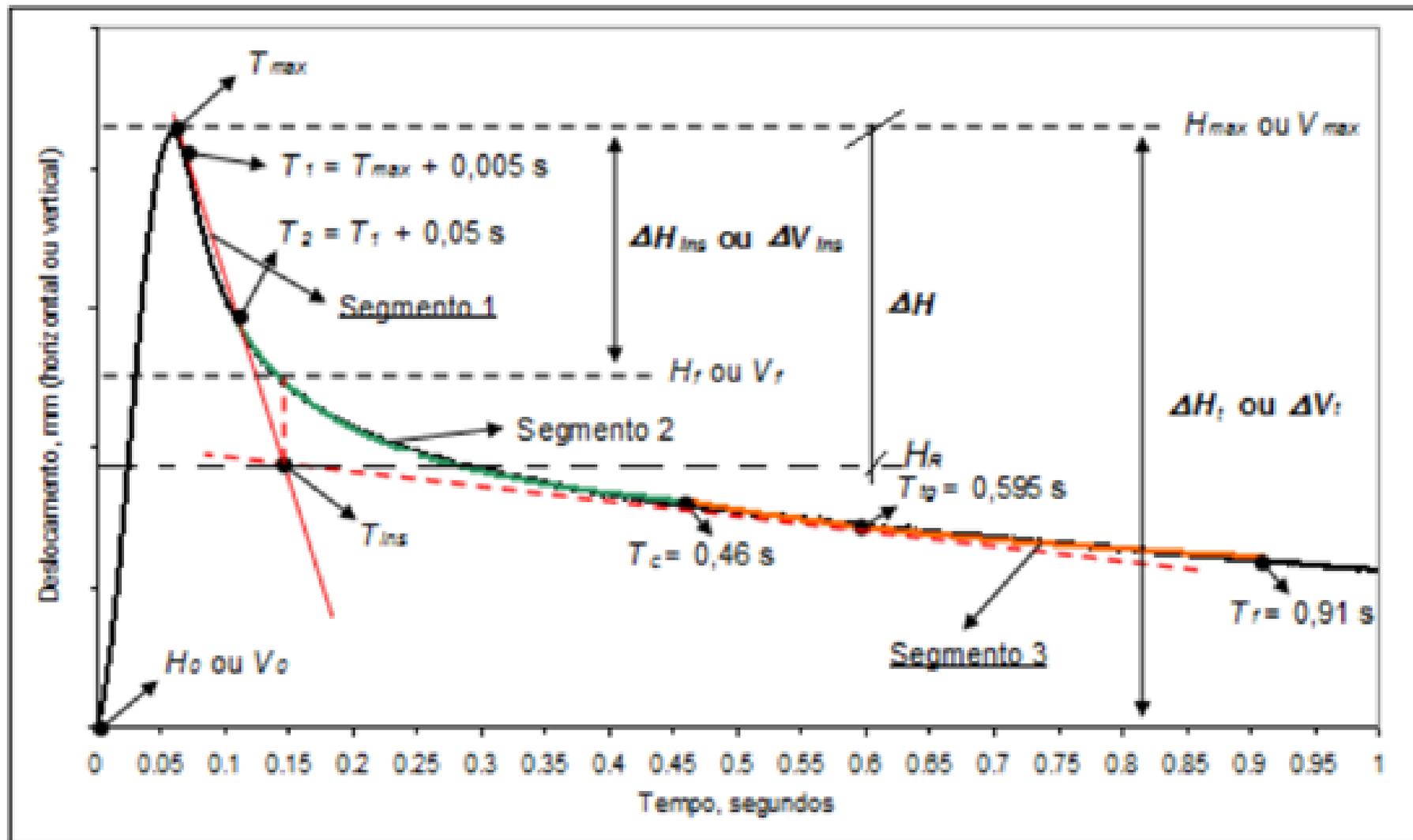
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Representação Gráfica dos Tempos e Deslocamentos





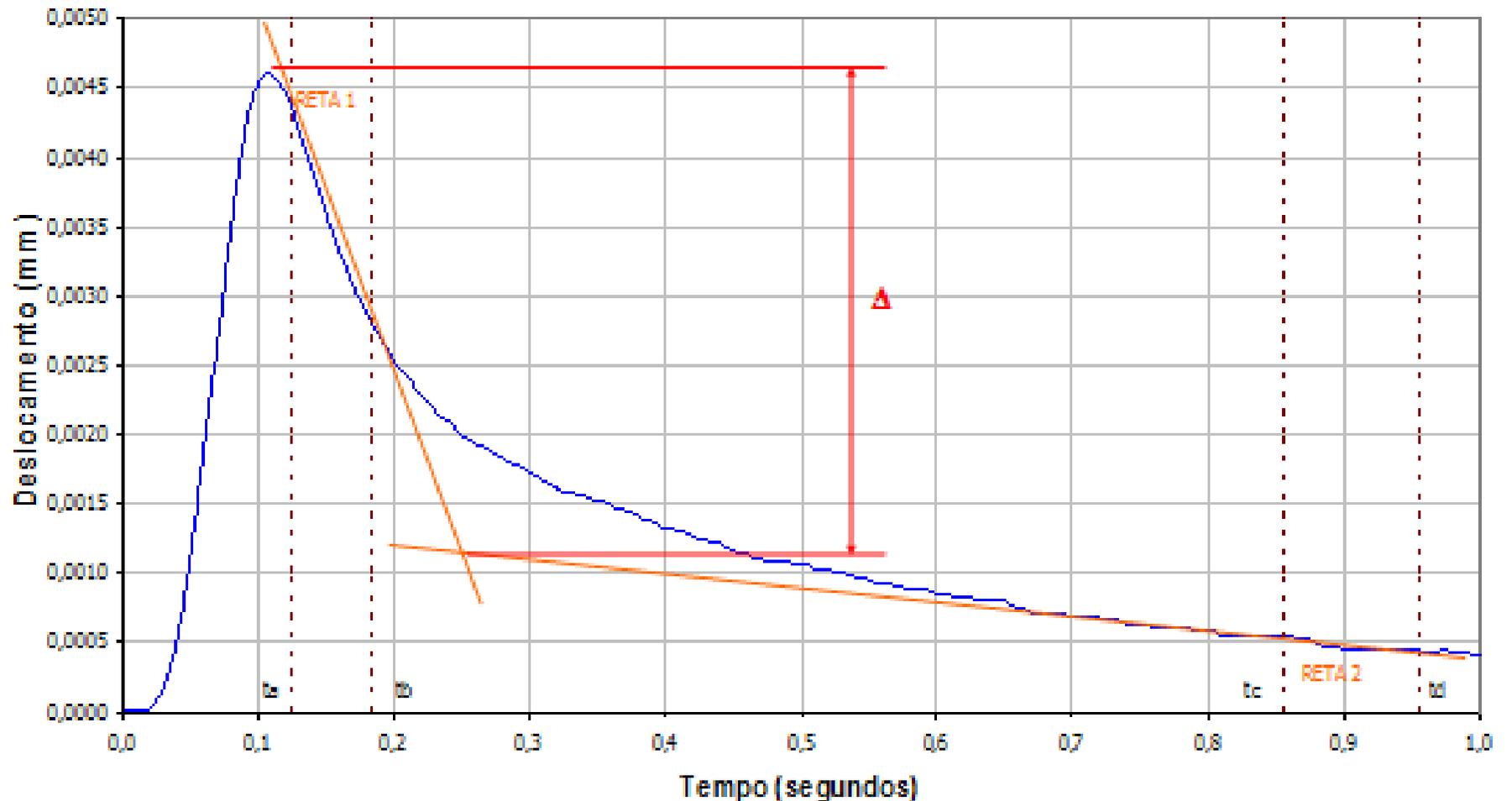
INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



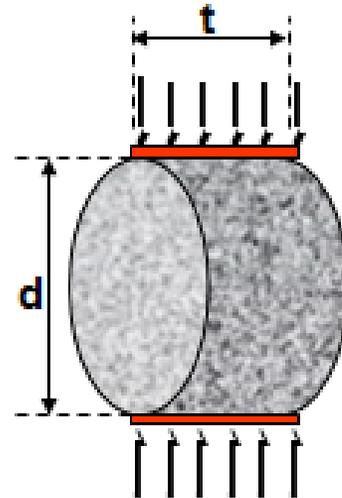
Determinação do deslocamento recuperável para 1 ciclo de carga



Δ = deslocamento recuperável

$\epsilon_r = \Delta / \text{diâmetro do corpo de prova}$

Cálculo do MR para cada ciclo de carga



Tensão de tração repetida

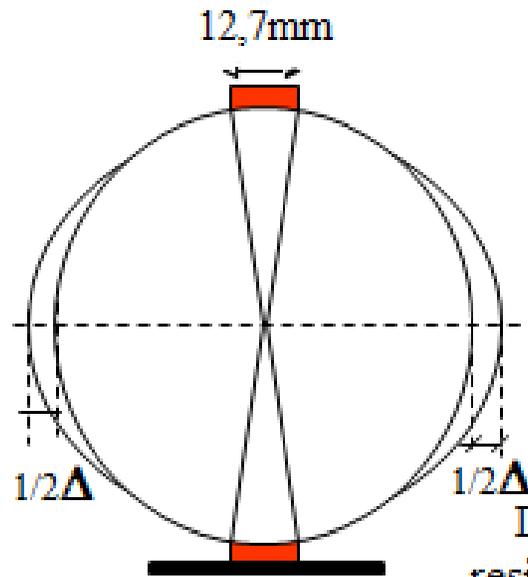
$$\sigma_t = \frac{2F}{\pi t d}$$

Normalmente $d = 10,16 \text{ cm (4")}$

$$\sigma_t = 0,064 \frac{F}{t}$$

Para friso de carga de 1,27 cm de largura

$$M_R = \frac{\sigma_t}{\epsilon_t} = \frac{F}{t \Delta} (0,9976\mu + 0,2692)$$



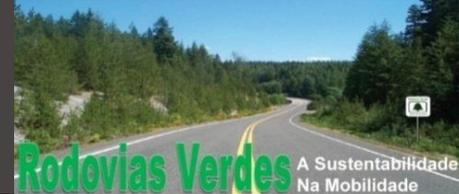
Módulo Instantâneo

$$MI = \frac{P}{|\Delta H_{ist}| t} (0,27 + \mu_{ist})$$

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

4 - Ensaio de Fadiga de Misturas Asfálticas



Conceito de Fadiga

- Degradação progressiva na micro-estrutura cristalina do material sujeito a tensões inferiores às resistivas
- *“É um processo de mudança estrutural permanente, progressiva e localizada que ocorre em um ponto do material sujeito a tensões de amplitudes variáveis que produzem as fissuras que conduzem para totalizar a falha após um determinado número de ciclos”*
- *“É um fenômeno que se relaciona ao fato de que muitos materiais, sendo sucessivamente solicitados em níveis de tensão inferiores àqueles de ruptura (para dado modo de solicitação), pouco a pouco desenvolvam alterações em sua estrutura interna, que resultam na perda de características estruturais originais. Isso gera um processo de microfissuração progressiva que culmina no desenvolvimento de fraturas e, conseqüentemente, no rompimento do material”*
- Um dos principais mecanismos de ruptura de pavimentos.



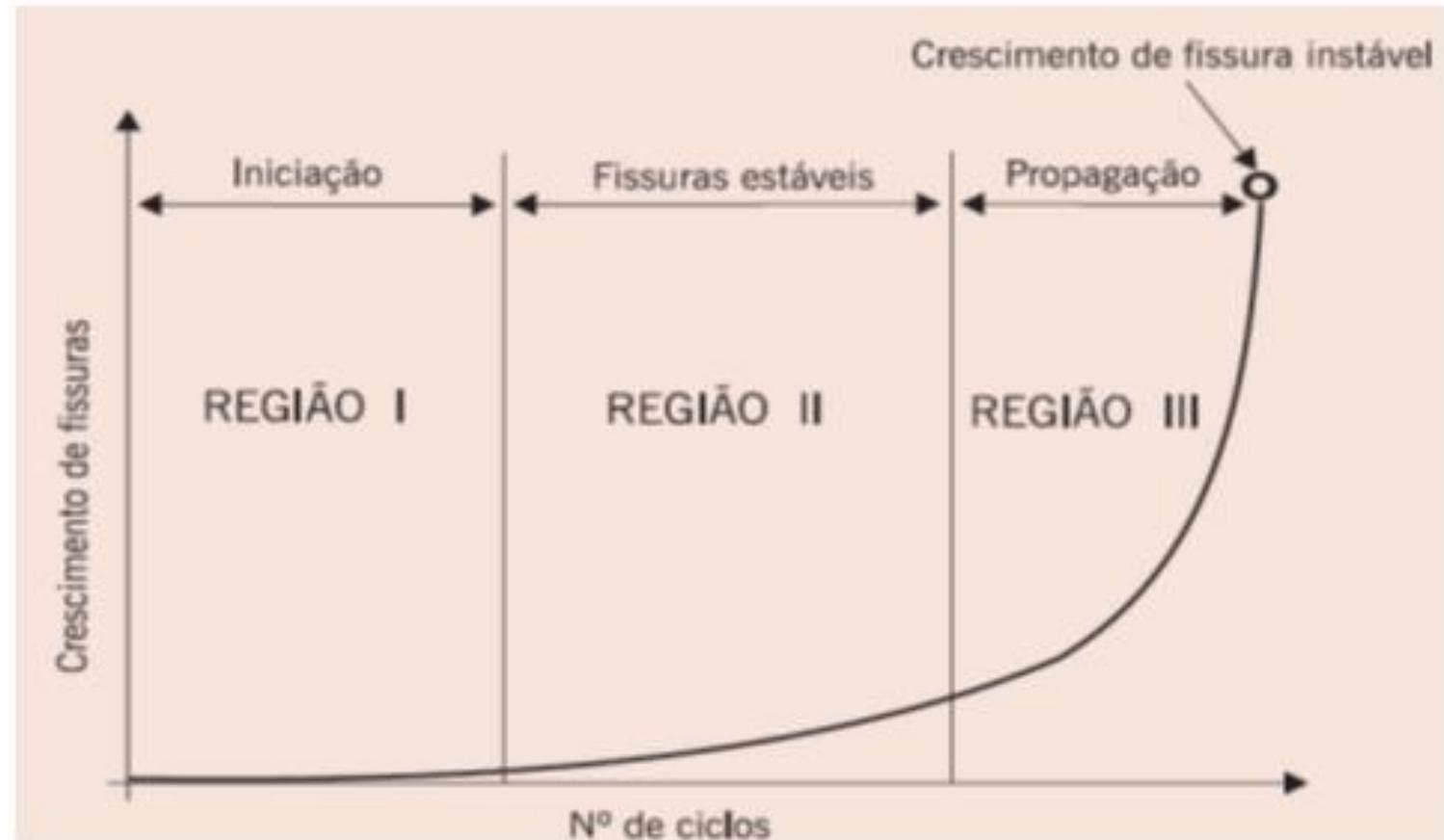
INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Forma de Manifestação:

- Fissuração progressiva da camada;
- Perda de continuidade do maciço \Leftrightarrow elevação das tensões/deformações
 \Leftrightarrow aceleração do processo de ruína.



INFRASHOW

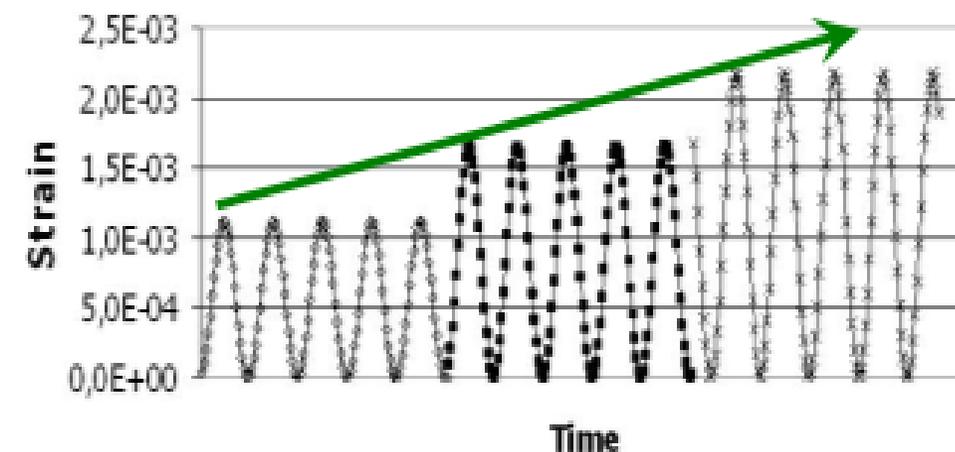
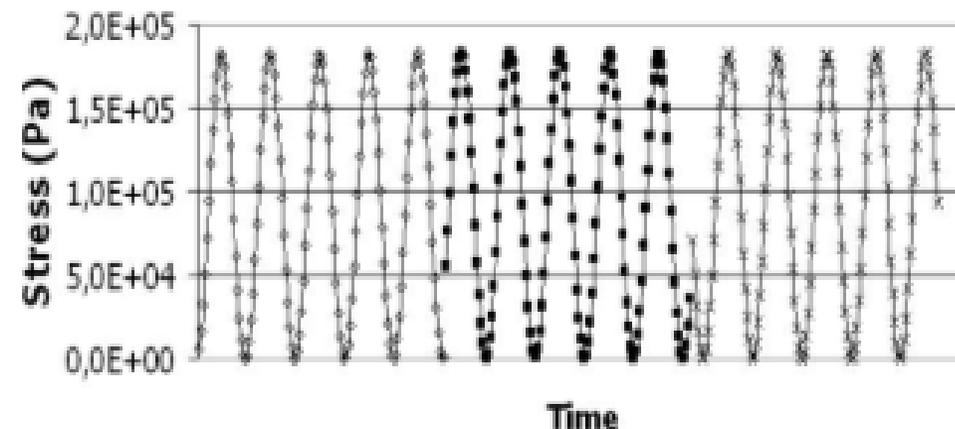
DER/PR

MÉTODO MEDINA

Tipos de Ensaios de Fadiga de Laboratório

Tensão Controlada

- » A tensão aplicada no material é mantida constante até a sua ruptura.
- » As deformações sofridas pelo corpo de prova aumentam no decorrer do ensaio (pois há redução do módulo).
- » Ensaio de mais fácil realização.
- » Caracteriza bem o que ocorre com os revestimentos asfálticos mais espessos sem bases cimentadas (Pavimento de Comportamento Flexível).



INFRASHOW

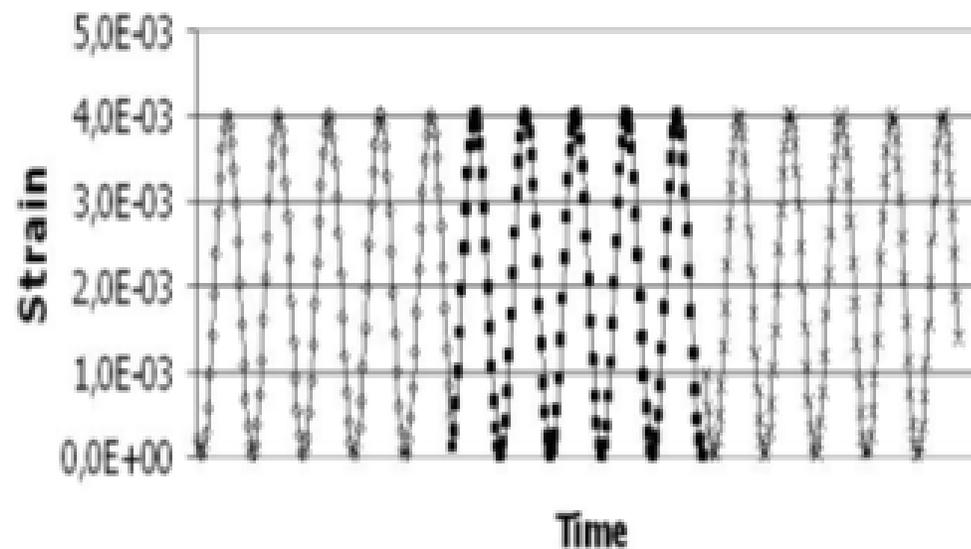
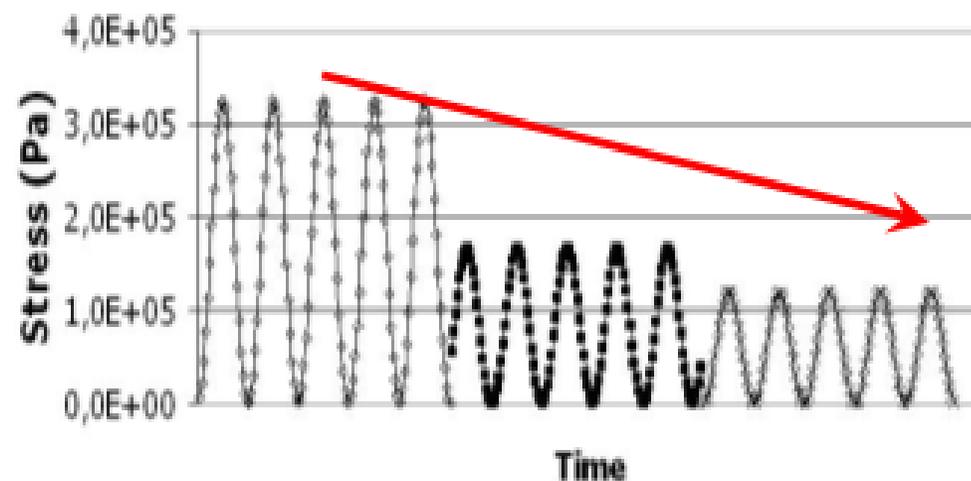
DER/PR

MÉTODO MEDINA

Tipos de Ensaios de Fadiga de Laboratório

Deformação Controlada

- » Submete-se o material à uma deformação constante durante todo o ensaio.
- » A tensão gerada no material é decrescente, uma vez que o material vai sofrendo redução na sua rigidez e menores tensões são suficientes para provocar a mesma deformação.
- » Caracteriza bem o que ocorre com os revestimentos asfálticos delgados sem bases cimentadas (Pavimento de Comportamento Flexível), onde há maior contribuição estrutural das camadas adjacentes.



INFRASHOW

DER/PR

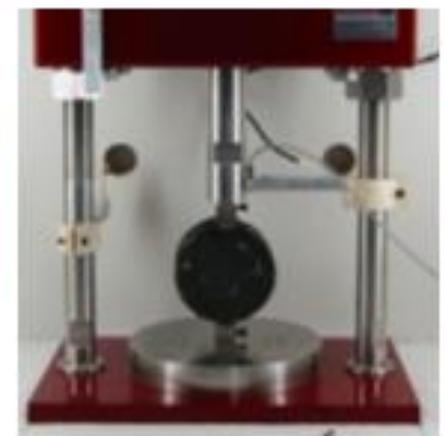
MÉTODO MEDINA



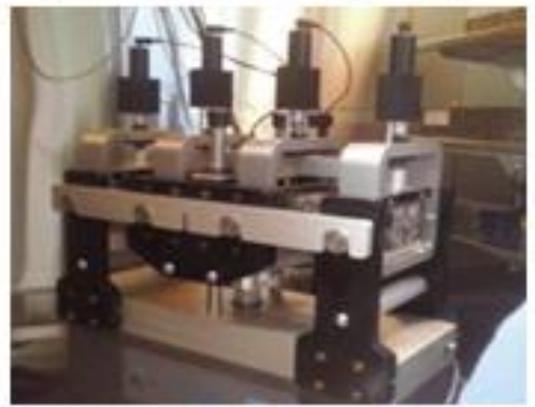


Tipos de equipamentos/ensaios de fadiga

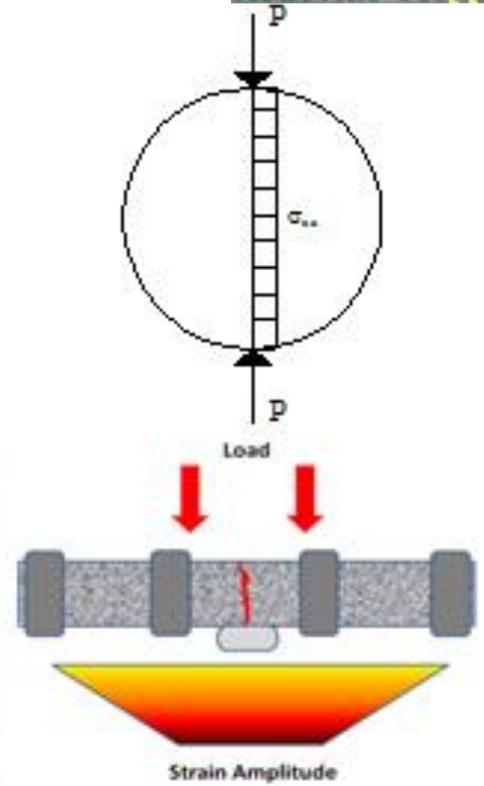
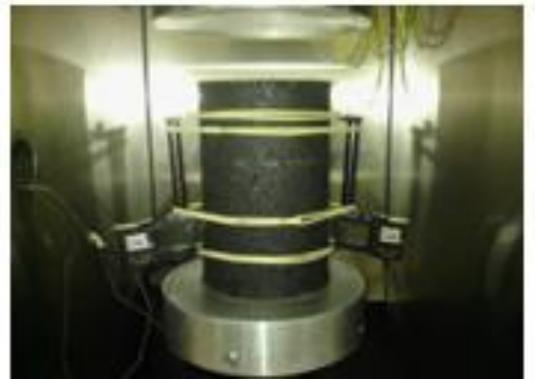
Equipamento
Compressão diametral



Equipamento
Vigota 4 pontos



Equipamento
Compressão/tração uniaxial



Compressão
e tração axial

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



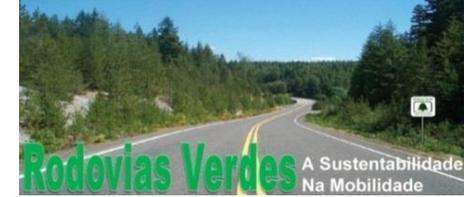


INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

MeDiNa foi calibrado para o ensaio por Compressão Diametral

DNIT

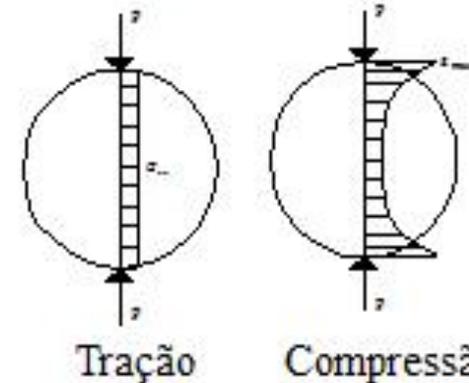
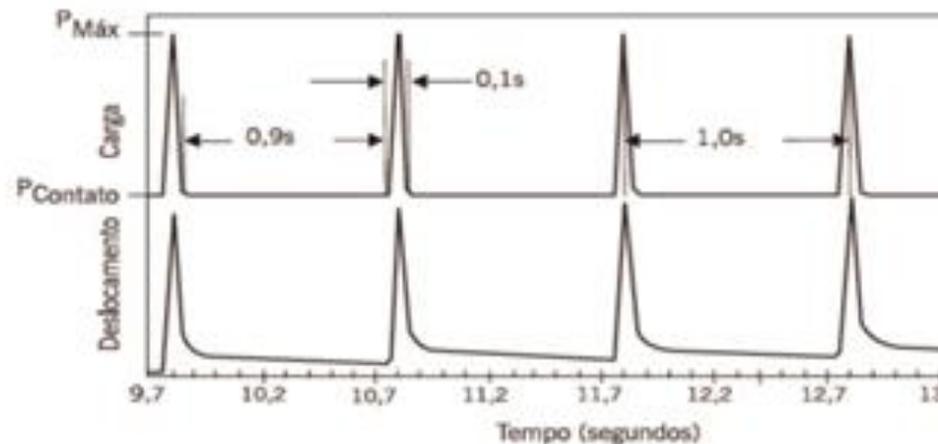
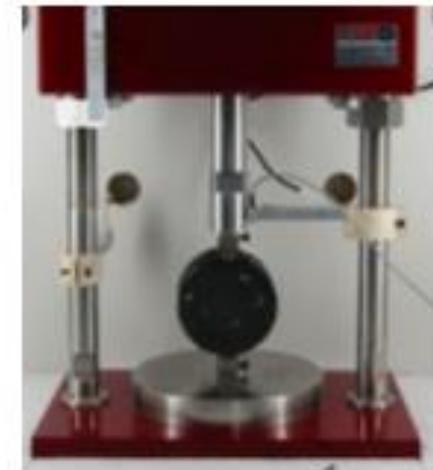


Agosto/2018	NORMA DNIT 183/2018 - ME
Pavimentação asfáltica - Ensaio de fadiga por compressão diametral à tensão controlada - Método de ensaio	

Pode ser utilizado o mesmo equipamento de determinação do MR.

Os ensaios são geralmente realizados sob tensão e temperatura controlada.

Para cada mistura determinam-se as relações entre o número de repetições à ruptura e o nível de tensões atuantes.



Ensaio de Fadiga – Compressão diametral

Representação dos resultados:

$$N = K_1 \left(\frac{1}{\sigma_t} \right)^{K_2}$$

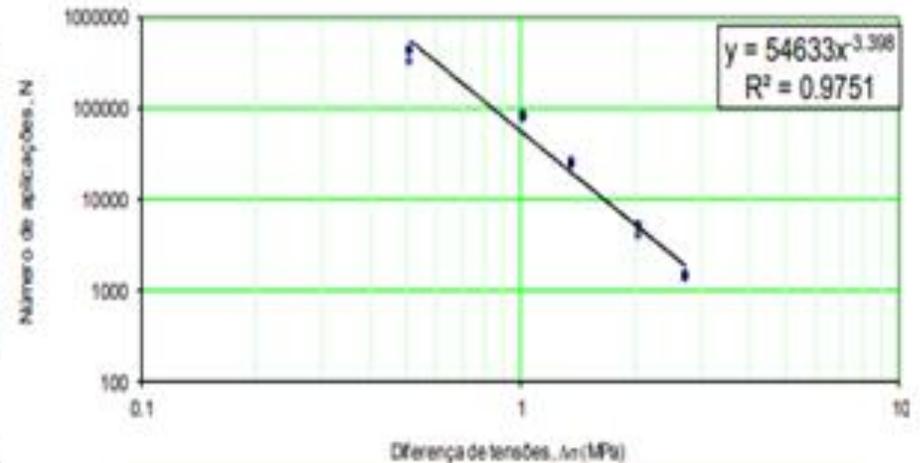
$$N = K_1 \left(\frac{1}{\Delta\sigma} \right)^{K_2}$$



(durante o trincamento)

(ruptura total)

- N = número de repetições do carregamento necessário à ruptura da amostra (vida de fadiga);
- σ_t = tensão de tração repetida atuante;
- $\Delta\sigma$ = diferença algébrica entre as tensões horizontais (de tração) e vertical (de compressão) no centro da amostra;
- K_i 's = constantes obtidas na regressão linear dos resultados determinados em ensaios, em escalas logarítmicas.



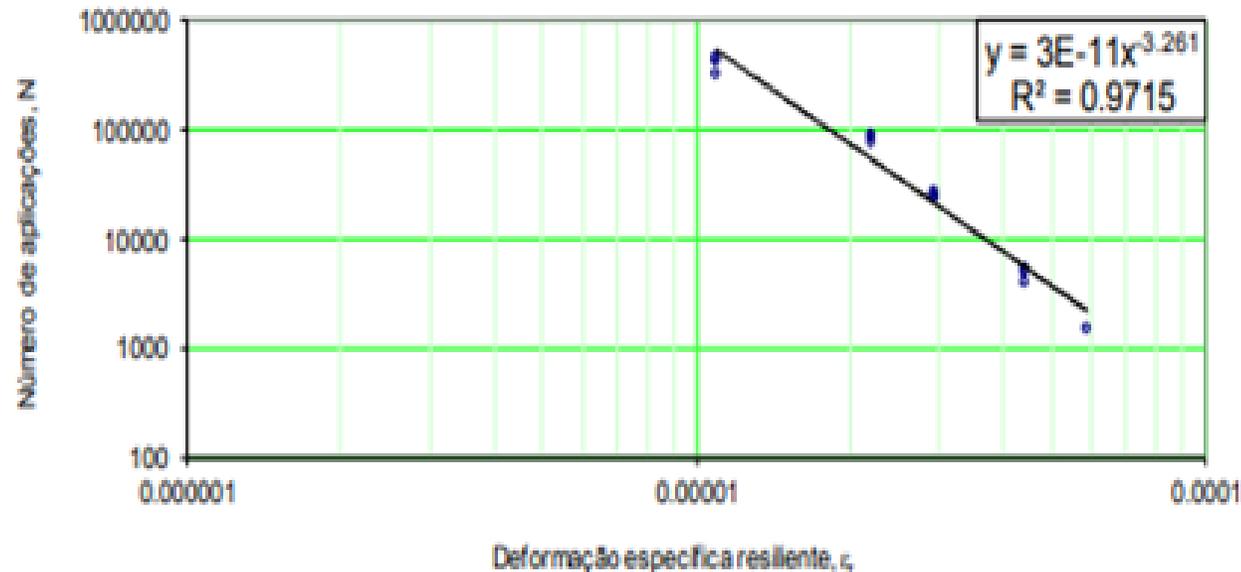
O método MeDiNa foi calibrado para curvas de fadiga obtidas com este equipamento.

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

O método MeDiNa foi calibrado para curvas de fadiga obtidas com equipamento diametral e relacionando o N de ruptura com a deformação específica de tração inicial.

VIDA DE FADIGA x DEFORMAÇÃO ESPECÍFICA RESILIENTE



$$N = K_1 \left(\frac{1}{\epsilon_t} \right)^{K_2}$$

Ensaia-se cerca de 12 corpos de prova com diferentes relações entre a tensão aplicada e resistência à tração da mistura.
Para frequência de 1Hz, leva-se cerca de 15 dias úteis para se obter uma curva de fadiga.

INFRASHOW

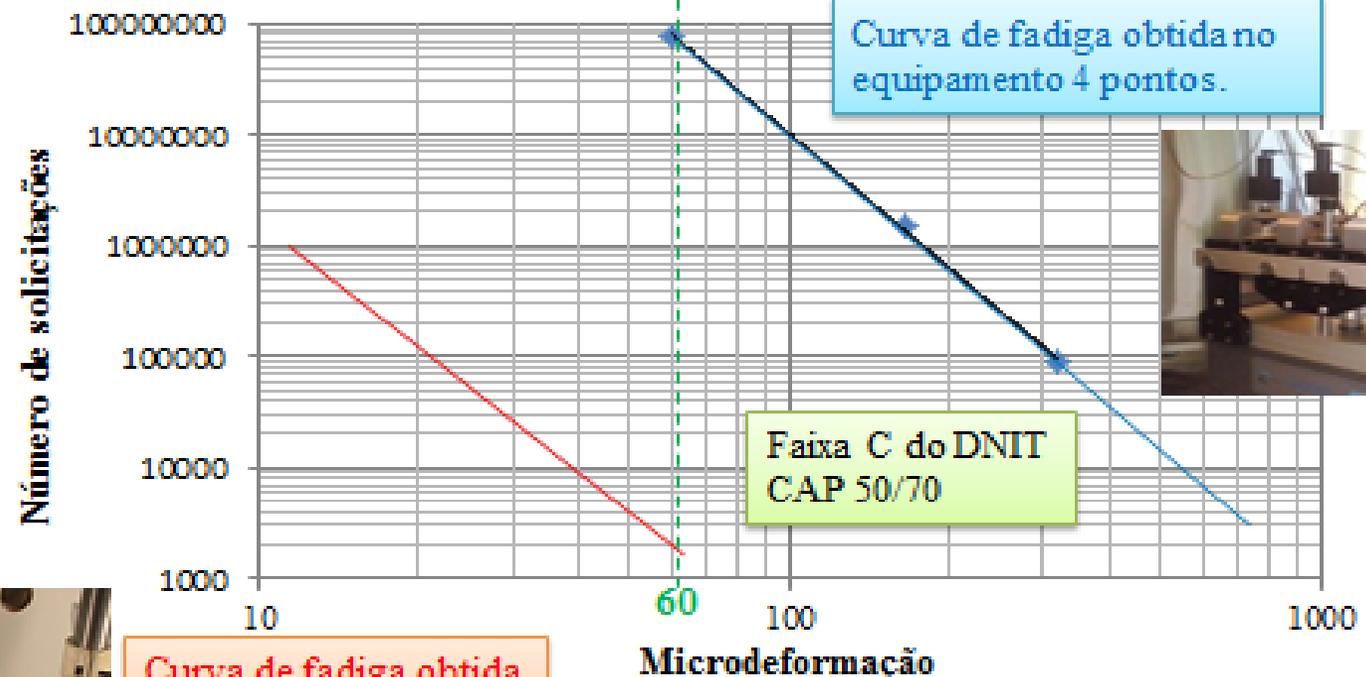
DER/PR

MÉTODO MEDINA

Influência do equipamento que avalia a fadiga

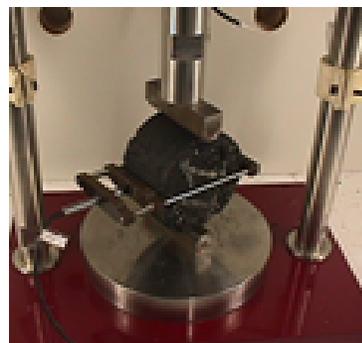
- Condições climáticas;
- Situação 3D;
- Heterogeneidade dos materiais e construção;
- Influência do tráfego.

O tipo de equipamento utilizado também tem influência na calibração.



Curva de fadiga obtida no equipamento diametral.

Para um mesmo valor de 60 microdeformação, no equipamento 4 pontos o número de solicitações para a ruptura seria de $7,8 \times 10^7$. No equipamento diametral, seria $1,8 \times 10^3$. Isto representa uma relação de $4,3 \times 10^4$.

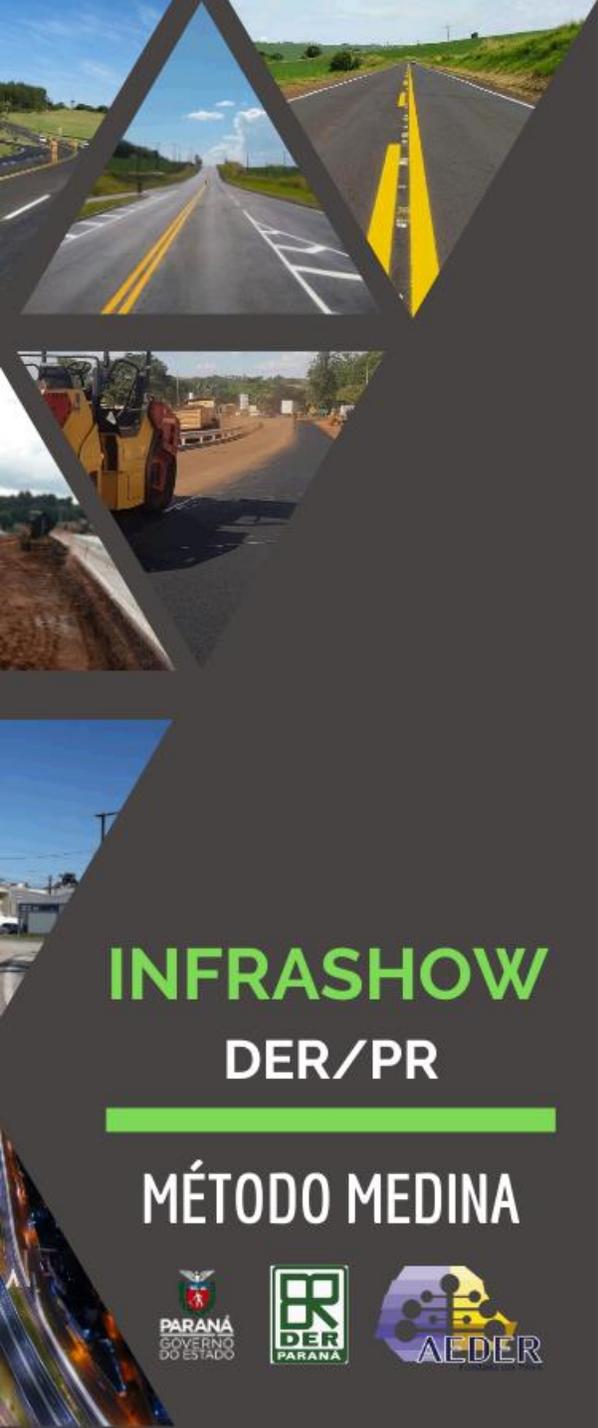


INFRASHOW

DER/PR

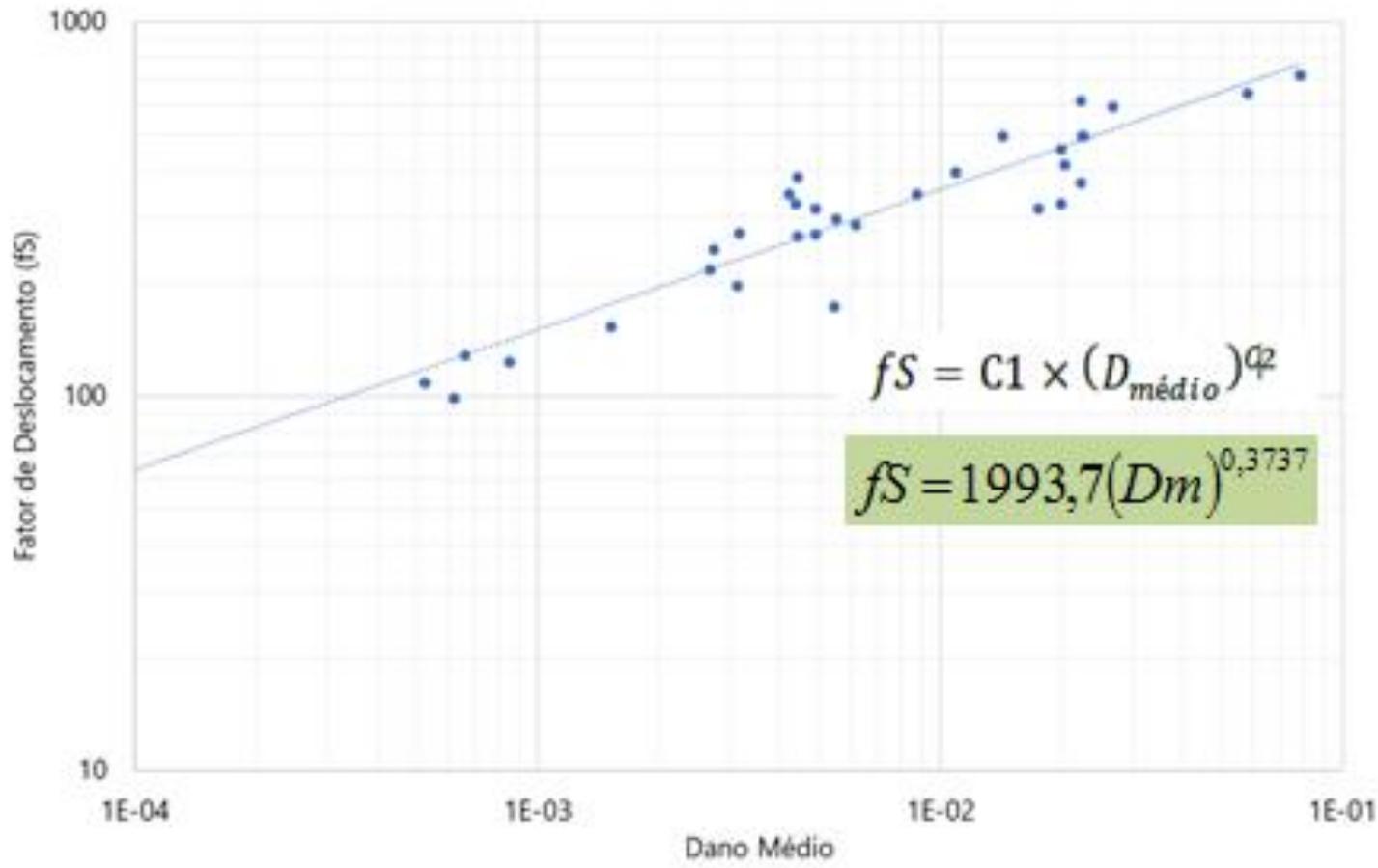
MÉTODO MEDINA





Função Transferência - Fator de Deslocamento - fS

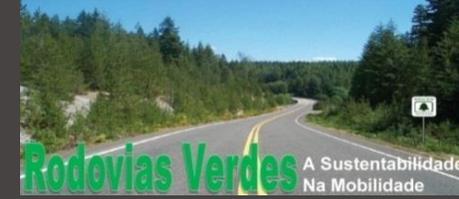
Aplicando-se o mesmo procedimento para todos os segmentos com diferentes N_s e %ATs, estabelece-se uma relação entre o Dano Médio e o fS .



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



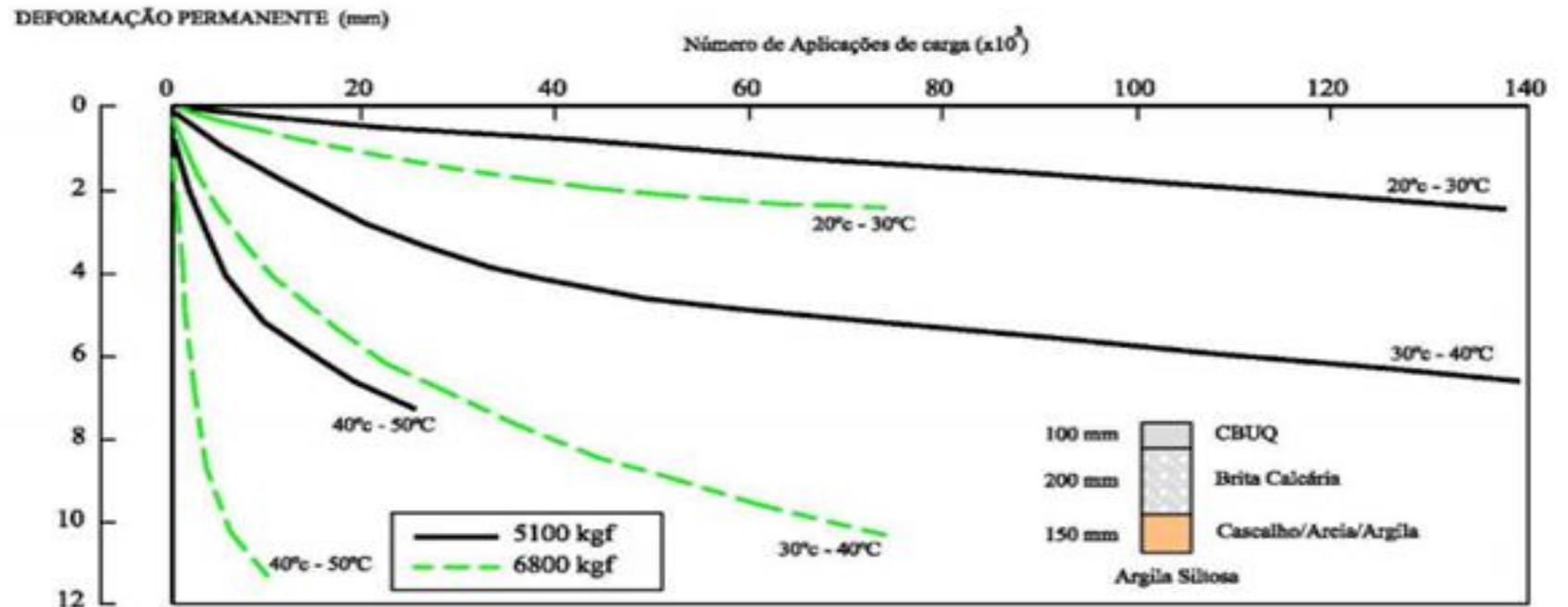


5 - Ensaio de Deformação Permanente de Misturas Asfálticas

Misturas Asfálticas:

- Densificação adicional pelo tráfego (Consolidação) – Redução de volume
- Ruptura por Cisalhamento:
 - Com redução de volume;
 - Sem redução de volume > mistura fluida.

Função das propriedades viscoelásticas e viscoplásticas do material, temperatura e carga.



INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA

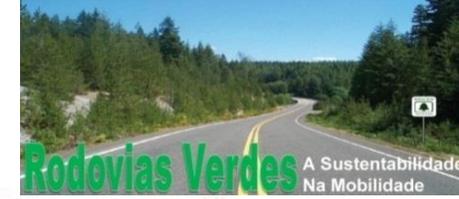




Tipo de Equipamentos

Simulador de tráfico Francês

Carregamento repetido uniaxial



Simulador Hamburg



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA

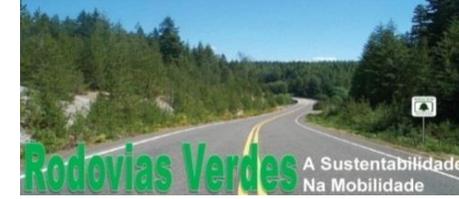
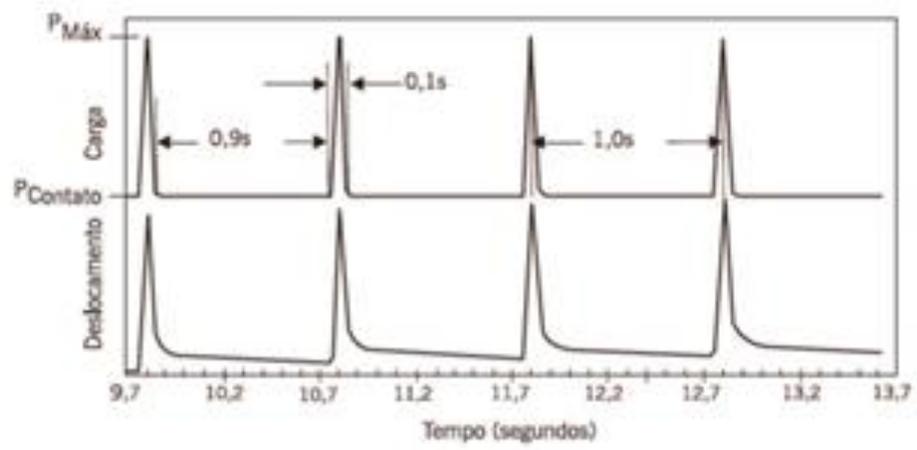




Ensaio de Laboratório - Ensaio de Flow Number

DNIT

Agosto/2018	NORMA DNIT 184/2018 - ME
Pavimentação - Misturas asfálticas - Ensaio uniaxial de carga repetida para determinação da resistência à deformação permanente - Método de ensaio	

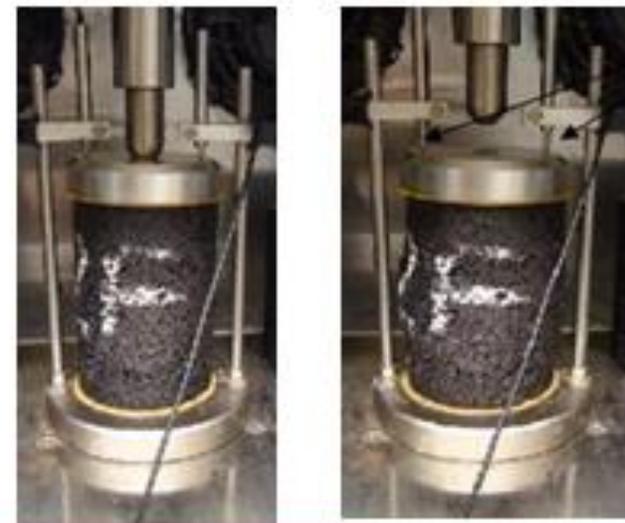
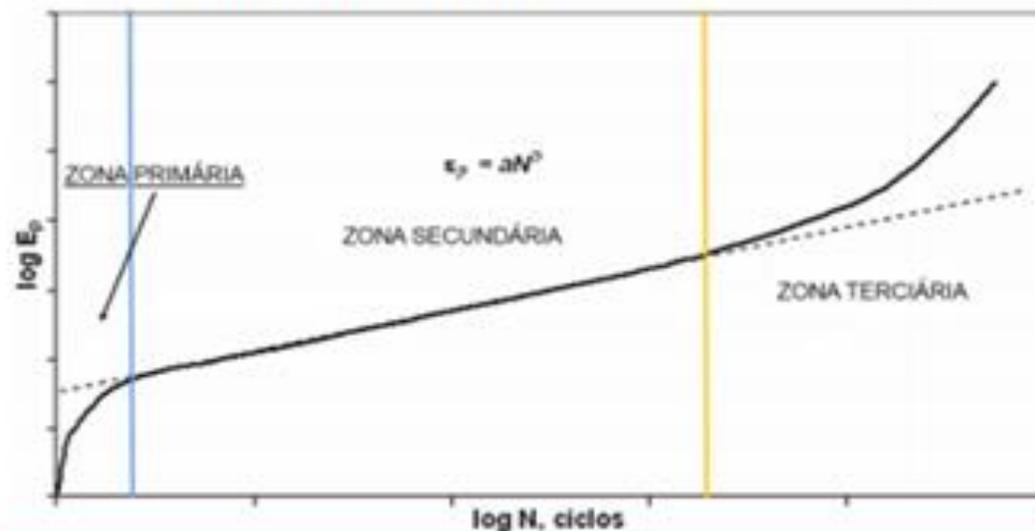


INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



- O FN é um parâmetro oriundo do ensaio uniaxial de carga repetida que melhor se relaciona com a deformação permanente, segundo Report465 (WITCZAK et al., 2002);
- Aplicação de cargas repetidas de 204 kPa em corpos de prova não confinados a uma temperatura de 60°C, aplicado com tempo de pulso de 0,1s e repouso de 0,9s, até a ruptura da amostra;
- O critério adotado para o término do ensaio será quando a mistura atingir 7.200 ciclos ou romper.



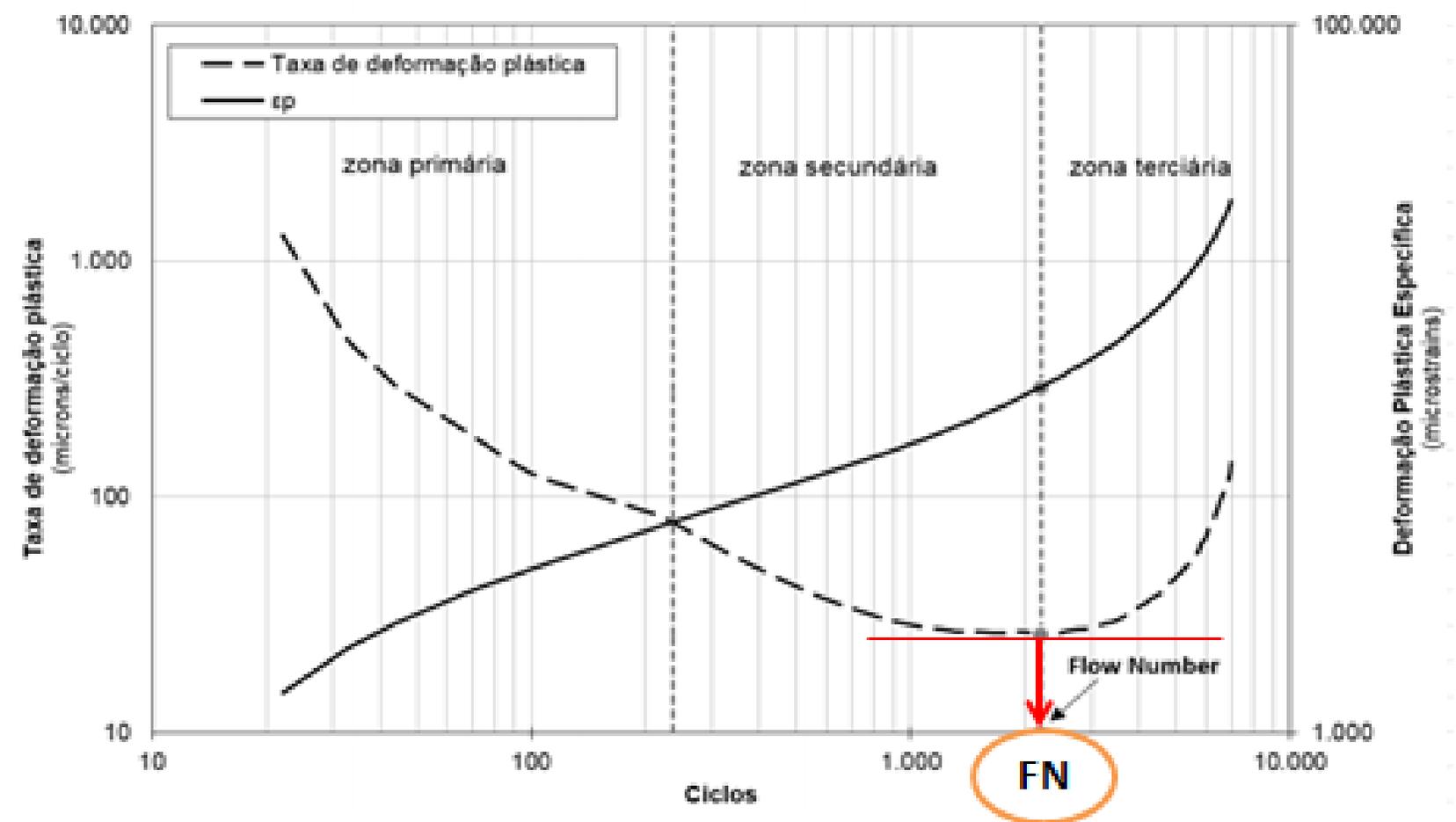
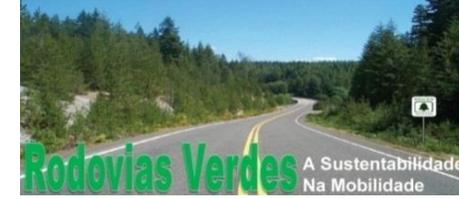
O método MeDiNa não calcula a contribuição da camada de revestimento na deformação permanente da estrutura. O que se faz é projetar mistura que um FN que atenda ao tráfego de projeto. **É um ensaio de controle.**

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Resultado de Ensaio de Flow Number



INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA



Taxa de deformação

$$\frac{\Delta \epsilon_p}{\Delta N} = \frac{\epsilon_{p_i} - \epsilon_{p_{i-1}}}{N_i - N_{i-1}}$$

Marca a Ruptura entre a zonas II e III onde se inicia o cisalhamento da mistura a volume constante.

O método MeDiNa não calcula a contribuição da camada de revestimento na deformação permanente da estrutura. O que se faz é projetar mistura que um FN que atenda ao tráfego de projeto. **É um ensaio de controle.**

Critério para Seleção/Aceitação da Mistura Asfáltica Quanto ao FN

Vel. > 60 km/h

Vel. < 60 km/h

Classe	Número de Fluxo (FN)	Número N recomendado	
		Condições normais	Condições severas
1	FN ≥ 100 ciclos	N < 1x10 ⁶	Não recomendado
2	100 ciclos ≤ FN < 300 ciclos	1x10 ⁶ ≤ N < 1x10 ⁷	N < 1x10 ⁶
3	300 ciclos ≤ FN < 750 ciclos	1x10 ⁷ ≤ N < 1x10 ⁸	1x10 ⁶ ≤ N < 1x10 ⁷
4	750 ciclos ≤ FN < 2000 ciclos	N ≥ 1x10 ⁸	1x10 ⁷ ≤ N < 1x10 ⁸
5	FN ≥ 2000 ciclos	-	N ≥ 1x10 ⁸

Fonte: Nascimento, 2014.

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA



Considerações finais

- Necessidade de calibração
- Necessidade de investimento em laboratório
- Necessidade de capacitação e treinamento
- Necessidade de adequação do controle tecnológico de campo

Controle por Deflexões

As bacias foram calculadas considerando as camadas aderidas e um fator de segurança, após avaliados dados de campo comparativos entre FWD e Viga Benkelman. Os resultados apresentados estão a favor do dimensionamento.

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: CONCRETO ASFÁLTICO - Mistura 50/70 Pedra Calcarea.

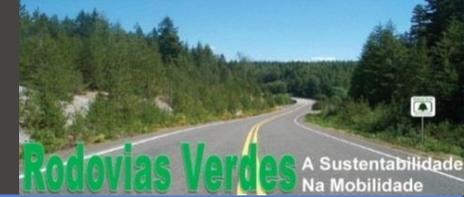
Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	47	42	37	32	28	21	17	14	12
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	26	22	19	15	13	9	7	5	4

Deflexões esperadas (0,01 mm) no topo da camada: MATERIAL GRANULAR - BGS de Pedra Calcarea

Equipamento	Sensor 1 0 cm	Sensor 2 20 cm	Sensor 3 30 cm	Sensor 4 45 cm	Sensor 5 60 cm	Sensor 6 90 cm	Sensor 7 120 cm	Sensor 8 150 cm	Sensor 9 180 cm
Viga Benkelman Raio = 10,8 cm Carga = 8,2 ton	71	53	44	35	29	21	17	14	12
FWD Raio = 15,0 cm Carga = 4,0 ton	36	32	24	18	14	9	7	5	4

INFRASHOW
DER/PR

MÉTODO MEDINA





Adote este conceito em seus projetos

INFRASHOW

DER/PR

MÉTODO MEDINA

Glicério Trichês
glicerio.triches@unesc.net

Obrigado

