



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES,
PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISAS
INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-000
E-mail: ipr@dnit.gov.br
Tel.: (21) 3545-4753

Abril/2018

NORMA DNIT 135/2018 - ME

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

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.001248/2017-93

Origem: Revisão da norma DNIT 135/2010 - ME

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de 26/04/2018

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Misturas asfálticas, Módulo de resiliência, coeficiente de Poisson.

Total de páginas

13

Resumo

Este documento estabelece o método para determinar o módulo de resiliência, o módulo instantâneo, o módulo total e o coeficiente de Poisson, de misturas asfálticas, cujos resultados são utilizados para análise mecanística do projeto de pavimentos asfálticos. Define a aparelhagem necessária e as condições operacionais para obtenção dos resultados.

Abstract

This document presents the method for determination of the resilient modulus, the instantaneous module, the total modulus and the Poisson coefficient of asphalt mixtures, the results of which are used for the mechanistic analysis of asphalt pavement design. Defines the necessary equipment and operating conditions to obtain the results.

Sumário

Prefácio.....	1
1. Objetivo.....	1
2. Referência normativa.....	2
3. Definições.....	2
4. Aparelhagem.....	2
5. Amostra.....	3
6. Ensaio.....	4
7. Resultados.....	4
8. Relatório do ensaio.....	7

Anexo A (Normativo) – Figuras.....	8
Anexo B (Normativo) - Figura.....	9
Anexo C (Normativo) - Figura.....	10
Anexo D (Informativo) - Fotos.....	11
Anexo E (Informativo) - Bibliografia.....	12
Índice geral.....	13

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas rodoviárias – IPR/DPP, visando estabelecer os procedimentos para a realização de ensaio para determinação do módulo de resiliência, do módulo instantâneo, do módulo total e do coeficiente de Poisson de misturas asfálticas. Esta Norma cancela e substitui a norma DNIT 135/2010-ME, cuja revisão foi desenvolvida no âmbito do Termo de Execução Descentralizada nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ.

1. Objetivo

Este método prescreve o modo pelo qual se determina o módulo de resiliência de misturas asfálticas, a uma determinada temperatura definida, geralmente a $25\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, utilizando o equipamento de compressão diametral de carga repetida. O ensaio determina, também, o módulo instantâneo e o módulo total e pode determinar o coeficiente de Poisson.

2. Referência normativa

O documento a seguir serviu de base à elaboração desta norma. Aplica-se somente a edição mais recente do referido documento.

DNIT 136-ME: Pavimentação – Misturas asfálticas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio.

3. Definições

Para os fins desta norma consideram-se as definições descritas nas subseções que seguem:

3.1 Pulso de carga

Ciclo de carregamento vertical que deve ter a forma mais próxima possível da função $P = (1 - \cos \theta) / 2$, com magnitude variando desde a carga de contato (P_c) até a carga máxima (P_m) e duração de 0,1 s, conforme ilustrado na Figura 1 do Anexo A.

3.2 Carga máxima (P_m)

Carga máxima vertical aplicada no corpo de prova resultante da soma das duas parcelas: cargas de contato e cíclica.

3.3 Carga de contato (P_c)

Carga vertical aplicada para manter o corpo de prova em contato com os frisos de carga, com valor entre 25 N e 75 N e sem variação durante cada ensaio.

3.4 Carga cíclica (P)

Carga aplicada repetidamente ao corpo de prova, utilizada para calcular os módulos de resiliência, instantâneo e de carregamento, bem como o coeficiente de Poisson.

3.5 Ciclo de carregamento

Tem duração de 1 s, composto por pulso de carga completo com duração de 0,1 s e período de repouso com duração de 0,9 s, onde é mantida a P_c , conforme ilustrado na Figura 2 do Anexo A.

3.6 Coeficiente de Poisson

Relação entre os deslocamentos horizontal e vertical (calculado).

3.7 Deslocamento horizontal

Resultante do carregamento vertical pulsante; corresponde à medida na posição do diâmetro horizontal do corpo de prova.

3.8 Deslocamento vertical

Resultante também do carregamento vertical pulsante e corresponde à medida na posição do diâmetro vertical do corpo de prova.

3.9 Tensão horizontal

Tensão de tração resultante do carregamento de compressão vertical pulsante, calculada na posição diametral horizontal do corpo de prova.

3.10 Módulo de resiliência (MR)

Relação entre a tensão horizontal resultante da carga cíclica e a correspondente deformação horizontal resultante do deslocamento horizontal recuperável (resiliente), por ciclo.

3.11 Módulo instantâneo (MI)

Relação entre a tensão horizontal resultante da carga cíclica e a correspondente deformação resultante do deslocamento horizontal recuperável instantânea, por ciclo.

3.12 Módulo total (MT)

Relação entre a tensão horizontal resultante da carga cíclica e a correspondente deformação resultante do deslocamento horizontal total, por ciclo.

4. Aparelhagem

Está esquematizada na Figura do Anexo B, sendo constituída de:

4.1 Prensa: pode ser hidráulica ou pneumática, servo-controlada ou não, com capacidade para gerar os carregamentos previstos no ciclo de ensaio (ver subseção 3.5). A prensa deve ser constituída de: pórtico, base e cabeçote, com calha de apoio e frisos de aplicação de carga. A carga deve ser aplicada verticalmente, de cima para baixo (atuador na parte superior da prensa);

4.2 Sistema de carregamento, deve ser composto de:

- Regulador de pressão, para aplicação da carga vertical repetida (P);
- Válvula de três vias de transmissão da carga vertical;
- Cilindro de pressão, pistão de carga e friso;

- Temporizador eletrônico, para controle do tempo de abertura (ou carregamento) da válvula e frequência de aplicação da carga vertical;

4.3 Câmara de temperatura: deve ser capaz de manter a temperatura na faixa de 10 a 50 °C no seu interior, com precisão de 0,5 °C;

4.4 Sistema de aquisição de dados: os dispositivos de medida e armazenamento de dados devem ser capazes de adquirir os dados em tempo real, permitindo o acompanhamento dos deslocamentos e da carga ao longo do ensaio;

4.5 Medição dos deslocamentos: deve ser utilizado o sensor tipo LVDT, com resolução mínima de 0,0004 mm e escala compatível com o nível de deslocamento previsto para o ensaio. O ensaio pode ser realizado medindo-se o deslocamento horizontal ou os deslocamentos horizontal e vertical do corpo de prova. O sensor a ser utilizado para medida do deslocamento vertical deve ser acoplado diretamente na face do corpo de prova (interna). Para a medida do deslocamento horizontal pode ser utilizada duas formas de colocação do sensor: externa ou interna ao corpo de prova. As medidas do deslocamento vertical e horizontal permitem o cálculo do coeficiente de Poisson que é utilizado no cálculo do módulo de resiliência. No entanto, pode-se realizar o ensaio apenas com o sensor horizontal, adotando-se o valor de 0,25 ou 0,30 para o coeficiente de Poisson, para a temperatura de ensaio de 25 °C.

NOTA: Outros tipos de sensores podem ser utilizados para medida do deslocamento, desde que mantida a precisão estipulada.

- LVDT externo: utiliza-se uma alça de referência, solidária ao corpo de prova, que pode comportar um ou dois sensores, conforme a imagem na Foto 1 do Anexo D.

- LVDT interno: são acoplados nas faces do corpo de prova, centralizados ao longo dos diâmetros horizontal e vertical. Podem ser utilizados dois comprimentos de referência das medidas: $\frac{1}{4}$ do diâmetro ou $\frac{1}{2}$ do diâmetro. As medidas dos deslocamentos horizontal e vertical devem ser feitas nas duas faces do corpo de prova (quatro sensores ao todo), de acordo com a Foto 2 do Anexo D;

4.6 Célula de carga eletrônica: para medição da carga aplicada ao longo de cada ciclo de ensaio, com

capacidade compatível com a carga máxima de ensaio e sensibilidade mínima de 0,5 % da carga máxima de ensaio (P_m);

4.7 Frisos de carga: são os dispositivos que transmitem o carregamento da prensa ao corpo de prova – um na parte superior e outro na parte inferior (apoio). Devem ser confeccionados em aço, sendo a superfície de contato com o corpo de prova côncava, com raio de curvatura compatível com as dimensões do corpo de prova e sua largura de 12,70 mm. As bordas dos frisos devem ser suavizadas, evitando que danifiquem o corpo de prova ao longo do ensaio.

5. Amostra

5.1 Corpos de prova preparados em laboratório: obtidos por compactação em equipamento Marshall ou giratório. Devem ter diâmetro de 101,6 mm \pm 3,8 mm e altura entre 35 mm e 70 mm. Quando for para utilizar sensor de deslocamento externo, os corpos de prova devem ser moldados nas dimensões de ensaio; quando for utilizar sensor de deslocamento acoplado na face, os corpos de prova devem ser moldados no diâmetro especificado, porém com altura 10 mm maior do que a final, sendo feito o corte das faces superior e inferior, para melhor ajuste dos sensores. A altura final após o corte das faces deve estar entre 35 mm e 70 mm.

NOTA: Corpos de prova de diâmetros maiores podem ser utilizados para este ensaio adaptando-se os frisos de carga e os cálculos.

5.2 Corpos de prova de campo obtidos por extração: devem ter as mesmas dimensões dos corpos de prova preparados em laboratório. No caso do uso de sensor de deslocamento acoplado na face, ou de superfícies superior ou inferior irregulares, estas devem ser serradas. Se o corpo de prova apresentar diferentes camadas de mistura asfáltica, deve ser feito um corte na interface para separá-las.

NOTA: Dispensam-se os cortes das faces desde que sejam assegurados o nivelamento, centralização e aderência dos sensores à superfície existente.

5.3 Dimensões dos corpos de prova

a) Medição da altura dos corpos de prova: deve ser realizada antes do ensaio, com paquímetro e precisão de 0,1 mm. A altura deve ser determinada a partir da média de 4 medidas ao longo do perímetro do corpo de prova,

espaçadas em 90° e entre 10 mm e 25 mm distantes da borda.

NOTA: Marcação de dois eixos, diametralmente opostos, no corpo de prova auxiliam no acoplamento dos sensores, no posicionamento dos frisos de carga e nas medidas de altura e diâmetro.

b) Medição do diâmetro dos corpos de prova: deve ser realizada antes do ensaio, com paquímetro e precisão de 0,1 mm, considerando a média de 4 medidas distribuídas em várias posições do corpo de prova.

c) No caso de sensores de deslocamento acoplados na face do corpo de prova, proceder a colagem prévia do dispositivo de fixação, de acordo com as instruções do fabricante dos sensores.

5.4 Armazenamento dos corpos de prova

Corpos de prova preparados em laboratório devem ser armazenados por um período mínimo de 24 h e máximo de 30 dias após a moldagem, previamente ao ensaio, em temperatura não superior a 30 °C. Os corpos de prova devem ser dispostos individualmente em superfície plana e horizontal. Para corpos de prova de campo tomar os mesmos cuidados durante o transporte, com mesmo prazo de armazenamento, contado a partir de sua extração do pavimento.

6. Ensaio

O ensaio deve ser realizado de acordo com os procedimentos descritos nas subseções seguintes.

6.1 Determinar a resistência à tração por compressão diametral de acordo com a norma DNIT 136/2010 - ME, em pelo menos 3 corpos de prova, de mesmas características da amostra descrita. A carga do ensaio de módulo de resiliência deve estar entre 5 % e 25 % da resistência à tração por compressão diametral média obtida;

6.2 Previamente ao ensaio de carga repetida, o corpo de prova deve ser colocado na câmara de temperatura por um período mínimo de 4 h, a temperatura de ensaio, geralmente de 25 °C ± 0,5 °C, denominado condicionamento térmico;

6.3 Após o período de condicionamento da temperatura, o corpo de prova deve ser colocado no dispositivo de carregamento, alinhado e centralizado verticalmente entre os frisos de carga, já com os

sensores de deslocamento posicionados, externa ou internamente;

6.4 Verificar no sistema de aquisição de dados se as leituras dos sensores estão compatíveis com os valores esperados;

6.5 Realizar o condicionamento do corpo de prova, aplicando 50 ciclos de carga, verificando se todos os registros de carga e deslocamentos são atendidos;

6.6 Após o condicionamento do corpo de prova, sem interrupção, aplicar mais 15 ciclos de carga, registrando com taxa de aquisição mínima de 200 pontos por segundo, todos os sinais de carga e deslocamento. 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.

6.7 O módulo de resiliência, o módulo instantâneo, o módulo total e o coeficiente de Poisson devem ser calculados para cada um dos 15 ciclos de carga, considerando 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.

7. Resultados

7.1 Determinação dos deslocamentos

Os deslocamentos são determinados a partir da curva deslocamento versus tempo, para cada um dos 15 ciclos de carga, por regressão, dividindo-se a curva deslocamento (horizontal e vertical) versus tempo em 3 segmentos:

- Segmento 1: porção linear do período de descarregamento;
- Segmento 2: trecho curvilíneo que conecta o Segmento 1 ao início da fase de recuperação viscosa; e
- Segmento 3: fase de recuperação viscosa.

No caso do uso de sensores de deslocamento acoplados nas faces do corpo de prova, deve-se considerar nas análises os valores médios de deslocamento medidos nas duas faces.

7.1.1 Segmento 1: Regressão linear do período de descarregamento, entre T1 e T2, conforme ilustrado na

Figura do Anexo C. Considerar T1 o ponto mais próximo de $T_{max} + 0,005$ s, onde T_{max} é o tempo correspondente ao deslocamento máximo, e $T2 = T1 + 0,05$ s, seguindo o modelo:

$$Y = a + bx \quad (1)$$

Onde:

Y é o valor do deslocamento, expresso em mm;

X é o tempo, expresso em s; e

a, b são constantes da regressão.

7.1.2 Segmento 2: Regressão conectando o Segmento 1 ao início da fase de recuperação viscosa (Figura do Anexo C). Deve começar em T2 e terminar em Tc, que é o tempo equivalente a 40 % do período de repouso ($Tc = 0,46$ s), seguindo o modelo:

$$Y = a + b/x \quad (2)$$

Onde:

Y é o valor do deslocamento, expresso em mm;

X é o tempo, expresso em s; e

a, b são constantes da regressão.

7.1.3 Segmento 3: Regressão representando a fase de recuperação viscosa, conforme ilustrado na Figura do Anexo C. Deve começar em Tc e terminar em 90 % do período de repouso (Tf), ou seja, Tf = 0,91 segundos, seguindo o modelo:

$$Y = a + b/x \quad (3)$$

Onde:

Y é o valor do deslocamento, expresso em mm;

X é o tempo, expresso em s; e

a, b são constantes da regressão.

7.1.4 Traçar uma reta tangente ao Segmento 3 no ponto correspondente a 55 % do período de repouso (Ttg), ou seja, Ttg = 0,595 segundos.

7.1.5 Determinar a interseção entre a reta tangente definida no item 7.1.4 e o Segmento 1. O tempo em que ocorre esta interseção é definido como sendo aquele em que ocorre o deslocamento instantâneo, representado por T_{ins} na Figura do Anexo C.

7.1.6 Calcular o deslocamento horizontal correspondente a esse tempo correspondente ao T_{ins} , ou

seja, na interseção das duas retas tangentes aos Segmentos 1 e 3, para cada ciclo de carga pela equação:

$$\Delta H = H_{max} - H_R \quad (4)$$

Onde: ΔH é o deslocamento horizontal (elástico ou resiliente), na interseção das duas tangentes, expresso em mm;

7.1.7 Traçar uma reta vertical passante por T_{ins} . A partir da interseção dessa reta com o Segmento 2 é obtido o deslocamento instantâneo final. No caso de deslocamento horizontal, representar por H_f ; para o deslocamento vertical a representação é V_f .

7.1.8 Obter o deslocamento máximo em T_{max} . No caso de deslocamento horizontal representar por H_{max} e para o deslocamento vertical, V_{max} .

7.1.9 Calcular os deslocamentos instantâneos, horizontal e vertical, para cada ciclo de carga com as expressões:

- Para curva de deslocamento horizontal

$$\Delta H_{ins} = H_{max} - H_f \quad (5)$$

- Para curva de deslocamento vertical

$$\Delta V_{ins} = H_{max} - H_f \quad (6)$$

Onde:

ΔH_{ins} é o deslocamento instantâneo horizontal, expresso em mm;

ΔV_{ins} é o deslocamento instantâneo vertical, expresso em mm.

NOTA: Todos os tempos mencionados no item 7.1 têm tolerância de $\pm 0,005$ s.

7.1.10 Obter o deslocamento no início do ciclo de ensaio, imediatamente antes da aplicação do pulso de carga. O deslocamento horizontal é representado por H_0 e o deslocamento vertical, V_0 (ver Figura 4 do Anexo C).

7.1.11 Calcular os deslocamentos totais horizontal e vertical, para cada ciclo de carga, com:

- Para curva de deslocamento horizontal

$$\Delta H_t = H_{max} - H_0 \quad (7)$$

- Para curva de deslocamento vertical

$$\Delta V_t = V_{max} - H_0 \quad (8)$$

Onde:

ΔV_t é o deslocamento total vertical, expresso em mm.

ΔV_i é o deslocamento total vertical, expresso em mm.

7.2 Determinação do coeficiente de Poisson

O coeficiente de Poisson é calculado quando se mede os deslocamentos horizontal e vertical e varia de acordo com o comprimento de medida dos sensores de deslocamento: sensor interno no meio do diâmetro e sensor a um quarto do diâmetro. Para cada um dos 15 ciclos de carga deve-se calcular os coeficientes de Poisson instantâneo ou total.

7.2.1 Coeficiente de Poisson instantâneo

Para comprimento de medida de $\frac{1}{2}$ diâmetro:

$$\mu_{ins} = \frac{-0,23 + 1,07 \left| \frac{\Delta H_{ins}}{\Delta V_{ins}} \right|}{0,78 - 0,31 \left| \frac{\Delta H_{ins}}{\Delta V_{ins}} \right|} \quad (9)$$

Para comprimento de medida de $\frac{1}{4}$ de diâmetro:

$$\mu_{ins} = \frac{-0,14 + 0,49 \left| \frac{\Delta H_{ins}}{\Delta V_{ins}} \right|}{0,45 - 0,16 \left| \frac{\Delta H_{ins}}{\Delta V_{ins}} \right|} \quad (10)$$

Onde: μ_{ins} = coeficiente de Poisson instantâneo.

7.2.2 Coeficiente de Poisson total

Para comprimento de medida de $\frac{1}{2}$ diâmetro:

$$\mu_t = \frac{-0,23 + 1,07 \left| \frac{\Delta H_t}{\Delta V_t} \right|}{0,78 - 0,31 \left| \frac{\Delta H_t}{\Delta V_t} \right|} \quad (11)$$

Para comprimento de medida de $\frac{1}{4}$ de diâmetro

$$\mu_t = \frac{-0,14 + 0,49 \left| \frac{\Delta H_t}{\Delta V_t} \right|}{0,45 - 0,16 \left| \frac{\Delta H_t}{\Delta V_t} \right|} \quad (12)$$

Onde: μ_t é o coeficiente de Poisson total.

7.3 Módulo de Resiliência

Mantendo a prática brasileira, desde a primeira norma de ensaio de 1986 do DNER, define-se o módulo de resiliência como a relação entre a tensão de tração e a deformação de tração geradas no ensaio de compressão diametral sob carga repetida, com a medição do deslocamento na condição externa do sensor, correspondente ao ponto de interseção entre as duas tangentes (Segmentos 1 e 3). Para o corpo de prova correspondente ao diâmetro de 101,6 mm, calcula-se:

$$MR = \frac{P}{|\Delta H|t} (0,2692 + 0,9976\mu) \quad (13)$$

Onde:

MR é o módulo de resiliência, expresso em MPa;

P é a carga cíclica, expressa em N;

ΔH é o deslocamento horizontal (elástico ou resiliente), na interseção das duas tangentes, expresso em mm;

t é a espessura (altura) do corpo de prova, expressa em mm;

μ_i é o coeficiente de Poisson.

NOTA: No banco de dados brasileiros de módulo de resiliência, o coeficiente de Poisson correntemente adotado é de 0,3, para ensaios a 25 °C, não sendo usual a medida desta característica.

7.4 Módulo instantâneo

O módulo instantâneo é calculado utilizando-se o deslocamento instantâneo horizontal, obtido conforme subseção 7.1.9 e a Figura do Anexo C. As equações para o cálculo variam de acordo com o comprimento de medida dos sensores de deslocamento, como descritos a seguir:

Para comprimento de medida de 1 diâmetro (LVDT externo)

$$MI = \frac{P}{|\Delta H_{ist}|t} (0,27 + \mu_{ist}) \quad (14)$$

Para comprimento de medida de $\frac{1}{2}$ diâmetro

$$MI = \frac{P}{|\Delta H_{ist}|t} (0,23 + 0,78\mu_{ist}) \quad (15)$$

Para comprimento de medida de $\frac{1}{4}$ de diâmetro

$$MI = \frac{P}{|\Delta H_{ist}|t} (0,14 + 0,45\mu_{ist}) \quad (16)$$

Onde:

MI é o módulo instantâneo, expresso em MPa;

P é a carga cíclica, expressa em N;

ΔH_{ins} é o deslocamento instantâneo horizontal, expresso em mm;

t é a altura (espessura) do corpo de prova, expressa em mm;

μ_{ins} é o coeficiente de Poisson instantâneo.

NOTA: Caso não sejam utilizados sensores para a medição do deslocamento vertical do corpo de prova, o que inviabiliza a determinação do coeficiente de Poisson instantâneo, deve-se adotar para o cálculo do módulo de resiliência, $\mu_{ins} = 0,30$.

7.5 Módulo total

O módulo total é calculado utilizando-se o deslocamento horizontal total, obtido de acordo com a subseção 7.1.11 e a Figura do Anexo C desta norma. As equações para o cálculo variam de acordo com o comprimento de medida dos sensores de deslocamento, como descritos a seguir:

Para comprimento de medida de 1 diâmetro (LVDT externo)

$$MT = \frac{P}{|\Delta H_t|t} (0,27 + \mu_c) \quad (17)$$

Para comprimento de medida de ½ diâmetro

$$MT = \frac{P}{|\Delta H_t|t} (0,23 + 0,78\mu_c) \quad (18)$$

Para comprimento de medida de ¼ de diâmetro

$$MT = \frac{P}{|\Delta H_t|t} (0,14 + 0,45\mu_c) \quad (19)$$

Onde:

MT é o módulo total, expresso em MPa;

P é a carga cíclica, expressa em N;

ΔH_t é o deslocamento total horizontal, expresso em mm;

t é a altura (espessura) do corpo de prova, expressa em milímetros mm;

μ_t = coeficiente de Poisson total.

NOTA: Caso não sejam utilizados sensores para a medição do deslocamento vertical do corpo de prova, o que inviabiliza a determinação do coeficiente de Poisson de carregamento, deve-se adotar para o cálculo do módulo total $\mu_t = 0,30$.

8. Relatório do ensaio

Expressar os resultados como média dos valores obtidos nos cinco últimos pulsos de carga dos três níveis de carga utilizados para o módulo de resiliência, o módulo instantâneo, o módulo total e o coeficiente de Poisson.

Quando os corpos de prova são de laboratório deve-se utilizar pelo menos três corpos de prova semelhantes para representar a mistura asfáltica, calculando-se a média dos três.

As seguintes informações devem constar do relatório:

- Identificação da amostra e sua origem (laboratório ou campo);
- Altura (espessura) média do corpo de prova, em mm;
- Diâmetro médio do corpo de prova, em mm;
- Resistência à tração por compressão diametral, em MPa;
- A temperatura de realização do ensaio;
- As cargas de ensaio: P_{max} e $P_{contato}$, em N;
- Tipo de medida de deslocamento utilizado (comprimento de medida: 1, ½ ou ¼ do diâmetro);
- Indicar se o coeficiente de Poisson foi determinado ou adotado;

Observações gerais relativas ao preparo dos corpos de prova ou ao andamento do ensaio.

Anexo A (Normativo) – Figuras

Figura 1 - Forma do pulso de carregamento (Bernucci *et al*, 2010).

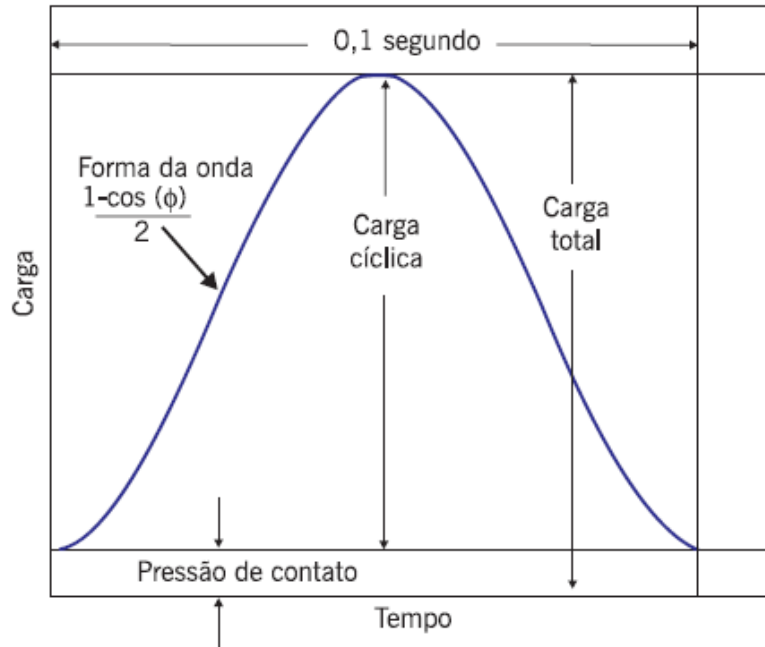
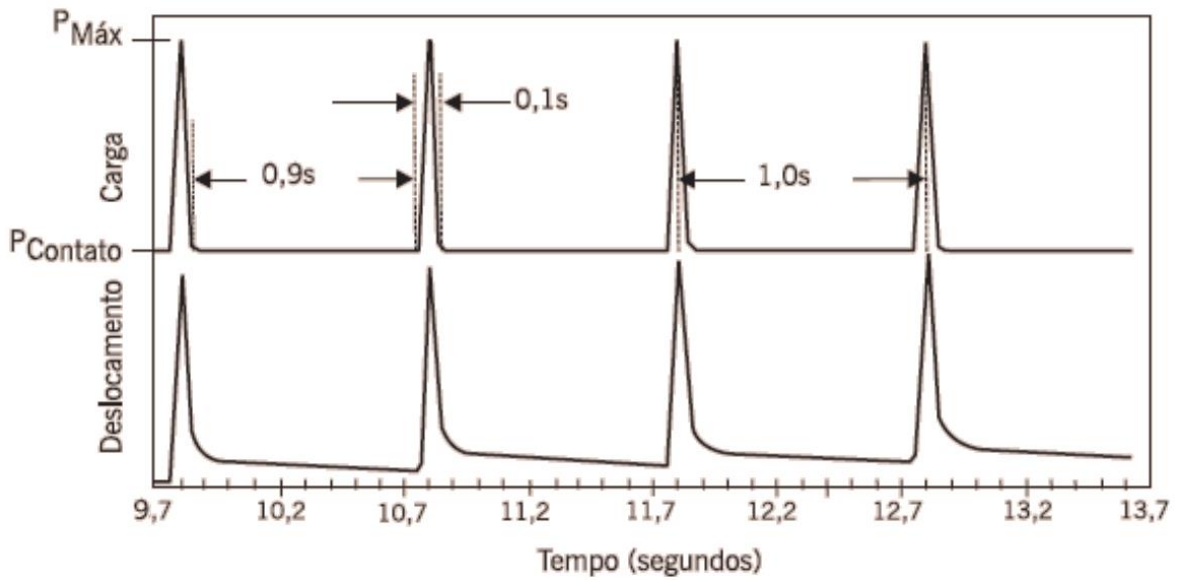
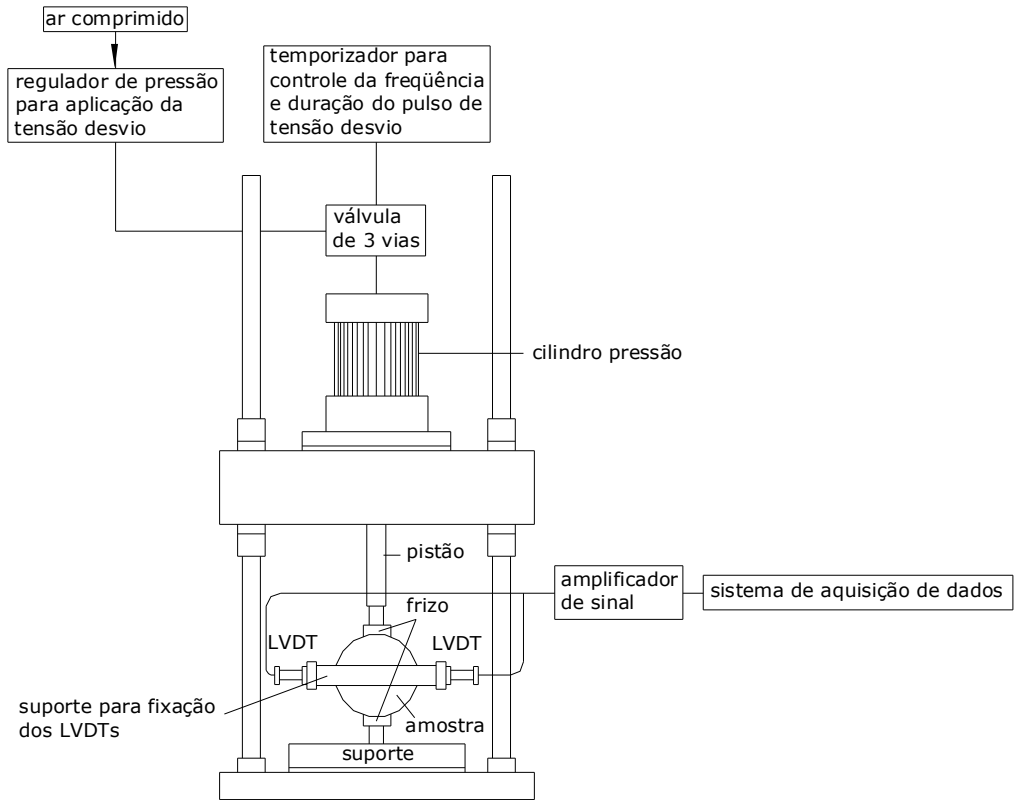


Figura 2 – Duração dos tempos de carregamento e repouso (Bernucci *et al*, 2010).



Anexo B (Normativo) - Figura

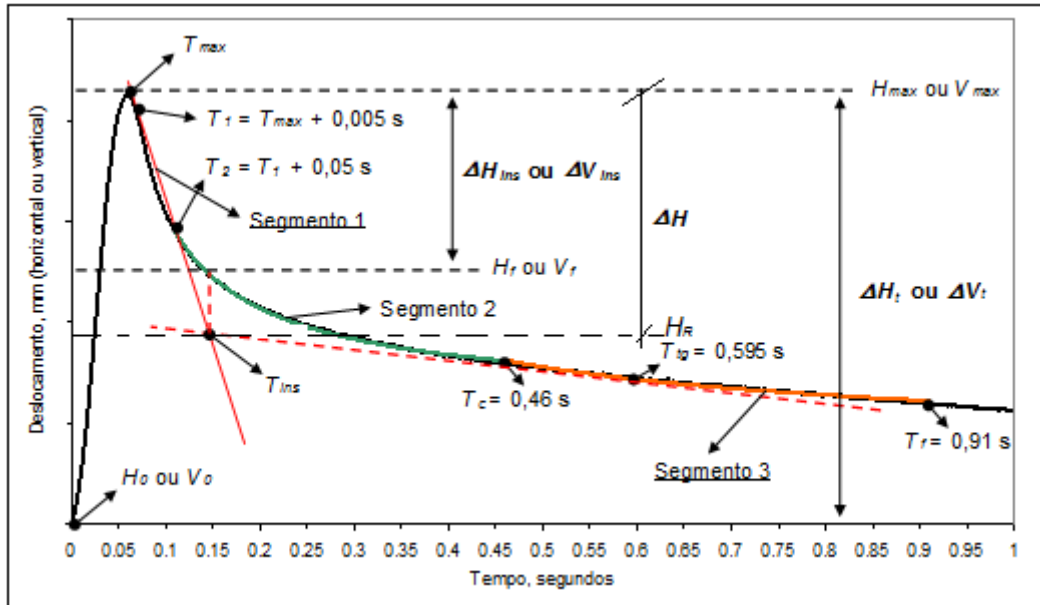
Figura 3 - Aparelhagem para Determinação do Módulo de Resiliência de Misturas Asfálticas



_____ / Anexo C

Anexo C (Normativo) - Figura

Figura 4 - Representação gráfica dos tempos e deslocamentos



/Anexo D

Anexo D (Informativo) - Fotos

Foto 1 - Imagem de um LVDT externo preso ao corpo de prova por alça de referência

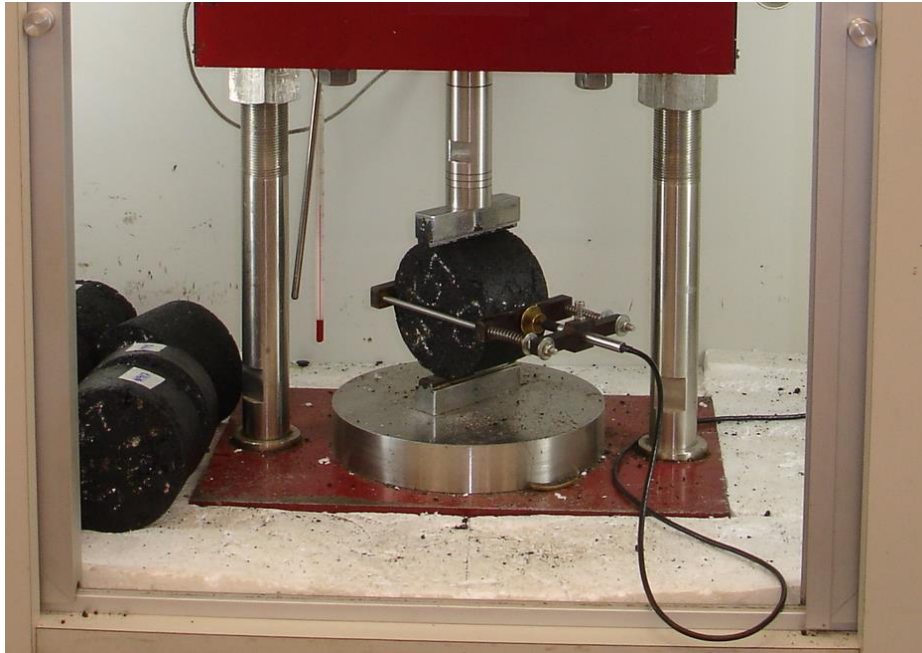
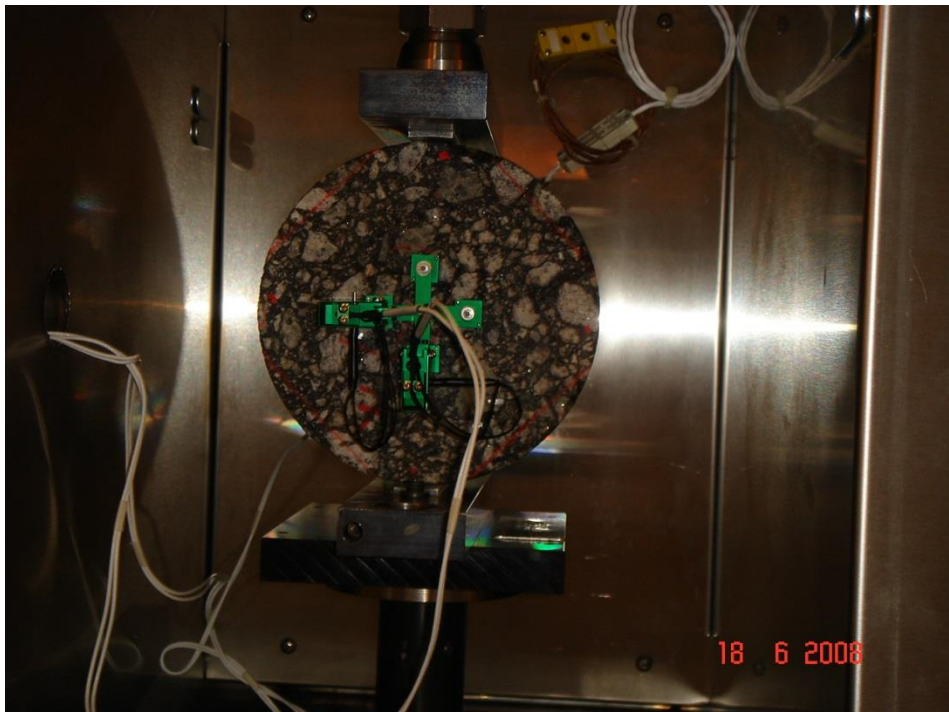


Foto 2 – Imagem de LVDT interno (colado ao corpo de prova)



Anexo E (Informativo) - Bibliografia

- a) AMERICAN SOCIETY OF TEST AND MATERIALS. ASTM D7369: 2011 - Standard test method for determining the resilient modulus of bituminous mixtures by indirect tension test. West Conshohocken, 2011.
- b) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16018: 2011: Misturas asfálticas – Determinação da rigidez por compressão diametral sob carga repetida. Rio de Janeiro, 2011.
- c) BRITISH STANDARDS INSTITUTION. BSI DD213: 1993: Method for determination of the indirect tensile stiffness modulus of bituminous mixtures. London, 1993.
- d) EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. CSN EN 12697-26: 2012: Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 26: Stiffness. Brussels, 2012.
- e) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. LTPP P07: 2001: Test method for determining the creep compliance, resilient modulus and strength of asphalt materials using the indirect tensile test device. Beltsville, 2001 Disponível em: < <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/ltp/ProtocolP07/ProtocolP07.pdf> > . Acesso em: 20 jun. 2017.
- f) TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. NCHRP Project N° 1-28A: Harmonized test methods for laboratory determination of resilient modulus for flexible pavement design: report final. Washington, D. C., 2003. Disponível em: < <http://apps.trb.org/cmsfeed/trbnetprojectdisplay.asp?projectid=203> > . Acesso em: 22 jun. 2017

_____/Índice geral

Índice geral

Abstract.....	1	Deslocamento horizontal.....	3.7.....	2
Amostra.....	3	Deslocamento vertical.....	3.8.....	2
Anexo A (Normativo).....	8	Determinação do coeficiente de Poisson... 7.2.....	6	
Anexo B (Normativo).....	9	Determinação dos deslocamentos.....	7.1.....	4
Anexo C (Normativo).....	10	Dimensões dos corpos de prova.....	5.3.....	3
Anexo D (Informativo).....	11	Ensaio.....	6.....	4
Anexo E (Informativo).....	12	Frisos de carga.....	4.7.....	3
Aparelhagem.....	4.....	Módulo de resiliência.....	3.10.....	1, 2
Armazenamento dos corpos de prova.....	5.3.....	Módulo instantâneo.....	3.11, 7.4.....	2, 6
Câmara de temperatura.....	4.3.....	Módulo total.....	3.12, 7.5.....	2, 7
Carga cíclica.....	3.4.....	Preparação dos corpos de prova.....	5.1.....	3
Carga de contato.....	3.3.....	Pulso de carga.....	3.1.....	2
Carga máxima.....	3.2.....	Referência normativa.....	2.....	2
Célula de carga eletrônica.....	4.6.....	Regulador de pressão.....	4.2.....	2
Ciclo de carregamento.....	3.5.....	Relatório do ensaio.....	8.....	7
Coefficiente de Poisson.....	3.6, 7.2.....	Sistema de aquisição de dados.....	4.4.....	3
Coefficiente de Poisson instantâneo.....	7.2.1.....	Sistema de carregamento.....	4.2.....	2
Coefficiente de Poisson total.....	7.2.2.....	Tensão horizontal.....	3.9.....	2