

## Pavimentos flexíveis - Misturas betuminosas - Determinação do módulo de resiliência – Método de ensaio

**Autor:** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

**Processo:** 50607.000138/2009-02

**Origem:** Revisão da Norma DNER - ME 133/94.

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de / / .**

*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 betuminosas, Módulo de resiliência

**Nº total de páginas**  
6

### Resumo

Este documento estabelece os procedimentos metodológicos para determinar o módulo de resiliência de misturas betuminosas, de utilidade para projeto de pavimentos flexíveis. Prescreve a aparelhagem usada e condições para obtenção do resultado.

### Abstract

This document presents the procedure for determination of the resilient modulus of bituminous mixtures for flexible pavement design. It prescribes the apparatus and conditions for the obtention of result.

### Sumário

Prefácio .....	1
1 Objetivo .....	1
2 Referências normativas .....	1
3 Definição .....	2
4 Aparelhagem .....	2
5 Amostra .....	2
6 Ensaio.....	2
7 Resumos .....	3
Anexo A (Normativo) Figura 1.....	4
Anexo A (Informativo) Bibliografia .....	5
Índice geral.....	6

### Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX, para servir de documento base, visando estabelecer os procedimentos para a realização de ensaio para determinação do módulo de resiliência de misturas betuminosas. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009-PRO, cancela e substitui a Norma DNER-ME 133/94.

#### 1 Objetivo

Este método prescreve o modo pelo qual se determina o módulo de resiliência de misturas betuminosas, utilizando o equipamento de compressão diametral de carga repetida.

#### 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER-ME 133/94: determinação do módulo de resiliência de misturas betuminosas*. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. *DNIT 001/2009-PRO:*

elaboração e apresentação de normas do DNIT: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

### 3 Definição

O módulo de resiliência (MR) de misturas betuminosas é a relação entre a tensão de tração ( $\sigma_r$ ), aplicada repetidamente no plano diametral vertical de uma amostra cilíndrica de mistura betuminosa e a deformação específica recuperável ( $\epsilon_r$ ) correspondente à tensão aplicada, numa dada temperatura (T).

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

### 4 Aparelhagem

Está esquematizada na Figura anexa, sendo constituída de:

- a) Prensa – montantes, base e cabeça, com calha de apoio e friso de aplicação de carga;
- b) Sistema pneumático de carregamento, composto de:
  - Regulador de pressão a ar comprimido para aplicação da carga vertical repetida (F);
  - Válvula de três vias de transmissão da carga vertical;
  - Cilindro de pressão e pistão de carga;
  - Temporizador eletrônico, para controle do tempo de abertura (ou carregamento) da válvula e frequência de aplicação da carga vertical.
- c) Sistema de medição de deformação (deslocamento diametral horizontal) do corpo-de-prova, constituído de:
  - dois transdutores mecano-eletromagnéticos tipo LVDT ("linear variable differential transformer") de contato;
  - Quadro-suporte para fixação dos LVDT, preso por garras ao longo dos diâmetros

horizontais das faces do corpo-de-prova cilíndrico;

- Oscilógrafo e amplificador (condicionador) do sinal elétrico gerado pelos transdutores.

Nota: O princípio de funcionamento dos transdutores LVDT consiste em transformar as deformações, durante o carregamento repetido em potencial elétrico, cujo valor é registrado no oscilógrafo. Uma pré-calibração é necessária, a fim de correlacionar as deformações com os valores dos registros;

- d) Sistema automático de refrigeração e aquecimento, com termostato, constituído de câmara de isopor, lâmpadas incandescentes, termopares elétricos, fonte de frio com serpentinas e ventilador de insuflação de ar frio da câmara.

### 5 Amostra

O corpo-de-prova destinado ao ensaio pode ser obtido diretamente do campo por extração através de sonda rotativa ou fabricado em laboratório, de forma cilíndrica, com altura entre 3,50 cm a 6,50 cm e diâmetro de  $10 \pm 0,2$  cm.

### 6 Ensaio

#### 6.1 Montagem do Conjunto

- a) Prender o quadro-suporte, por meio de duas garras, nas faces extremas do corpo-de-prova cilíndrico, que se encontra apoiado horizontalmente segundo uma diretriz;
- b) Colocar o corpo-de-prova na base da prensa, apoiado no friso côncavo inferior;
- c) Assentar o pistão de carga com o friso superior em contato com o corpo-de-prova diametralmente oposto ao friso inferior;
- d) Fixar e ajustar os transdutores LVDT, de modo a obter o registro no oscilógrafo, no início da escala linear dos mesmos;
- e) Ajustar o oscilógrafo para o registro de deslocamentos horizontais do corpo-de-prova.

## 6.2 Aplicação das cargas repetidas

### 6.2.1. Fase de Condicionamento do Corpo-de-Prova

Aplicar 200 vezes uma carga vertical repetida (F) diametralmente ao corpo-de-prova, de modo a se obter uma tensão à tração ( $\sigma_t$ ) menor ou igual a 30% da resistência à tração determinada no ensaio de compressão diametral estático. Recomenda-se a aplicação da menor carga (F), capaz de fornecer um registro mensurável no oscilógrafo. A frequência de aplicação da carga (F) é de 60 ciclos por minuto, duração de 0,10 segundo.

### 6.2.2 Registro das Deformações no Oscilógrafo

Após o procedimento anterior, registrar no oscilógrafo a deformação resiliente para 500, 600 e 700 aplicações da carga (F).

## 7 Resultados

Com os valores obtidos, são calculados os módulos de resiliência, através da expressão:

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

Onde:

MR- módulo de resiliência, kgf/cm<sup>2</sup>;

F - carga vertical repetida aplicada diametralmente no corpo-de-prova, kgf;

$\Delta$  - deformação elástica ou resiliente registrada no oscilógrafo, para 500, 600 e 700 aplicações da carga (F), cm;

H - altura do corpo-de-prova, cm;

$\mu$  - coeficiente de Poisson;

Ou, para F em Newton:

$$MR = \frac{F}{100 \Delta H} \quad (0,9976\mu + 0,2692)$$

MR - módulo de resiliência, MPa;

F - carga vertical repetida aplicada diametralmente no corpo-de-prova. N;

$\Delta$  - deformação elástica ou resiliente registrada no oscilógrafo, para 500, 600 e 700 aplicações da carga (F),cm;

H - altura do corpo-de-prova, cm;

$\mu$  - coeficiente de Poisson.

Notas:

- 1 Recomenda-se valor de 0,30 para o coeficiente de Poisson;
- 2 O módulo de resiliência do corpo-de-prova ensaiado será a média aritmética dos valores determinados a 500, 600 e 700 aplicações de carga (F);
- 3 Quando a temperatura de ensaio não for especificada, o módulo de resiliência deverá ser determinado na temperatura de 25 °C ± 1 °C.

\_\_\_\_\_ / Anexo A (Normativo)

Anexo A (Normativo)

Figura 1. Aparelhagem para Determinação do Módulo de Resiliência das Misturas Betuminosas

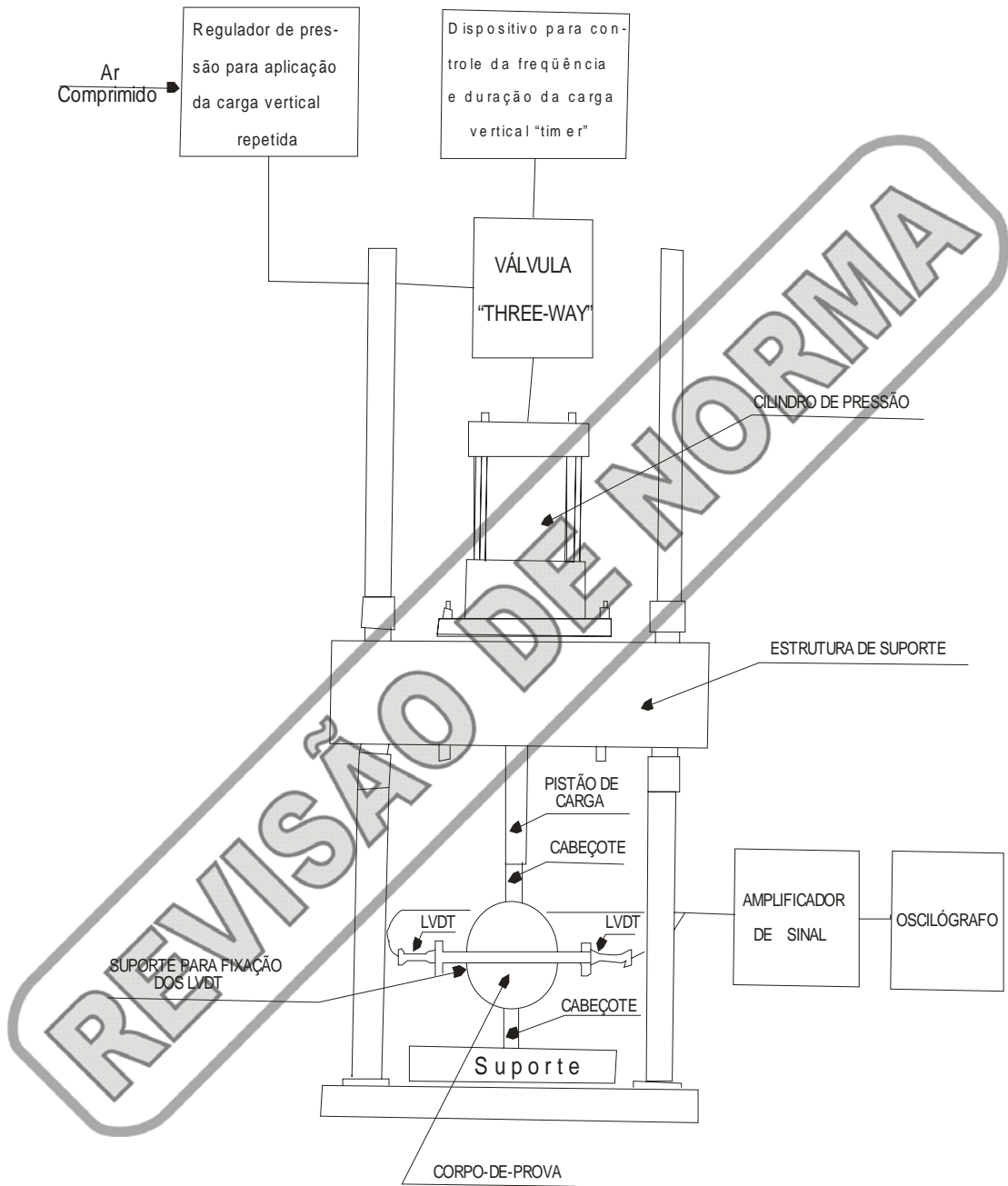


FIGURA - ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE COMPRESSÃO DIAMETRAL DE CARGA REPETIDA

## Anexo A (Informativo)

## Bibliografia

- a) Pinto, S. e Preussler, E.S. *Módulos resilientes de concretos asfálticos.* \_\_\_\_in Anais do 5º Encontro de Asfalto do Instituto Brasileiro de Petróleo – 1980.
- b) Preussler, E.S. e Pinto, S. – *Proposição de método para projeto de reforço de pavimentos flexíveis, e considerando a resiliência.* \_\_\_\_In Anais da 17ª Reunião Anual de Pavimentação da ABPv – 1982

\_\_\_\_\_/Índice geral

REVISÃO DE NORMA

**Índice geral**

Abstract	.....1	do corpo-de-prova	6.2.1 .....3
Amostra	5.....2	Índice geral	.....6
Anexo A (Informativo)		Montagem do conjunto	6.1 .....2
Bibliografia	.....5	Objetivo	1 .....1
Anexo A (Normativo)		Prefácio	.....1
Figura 1	.....4	Referências normativas	2 .....1
Aparelhagem	4.....2	Registro das deformações	
Aplicação da carga	6.2.....3	no oscilógrafo	6.2 .....23
Definição	3.....2	Resultado	7 .....3
Ensaio	6.....2	Resumo	.....1
Fase de condicionamento		Sumário	.....1

