

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 (σ_r), aplicada repetidamente no plano diametral vertical de uma amostra cilíndrica de mistura betuminosa e a deformação específica recuperável (ϵ_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 (σ_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/cm²;

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

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

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

μ - 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;

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

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

μ - 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

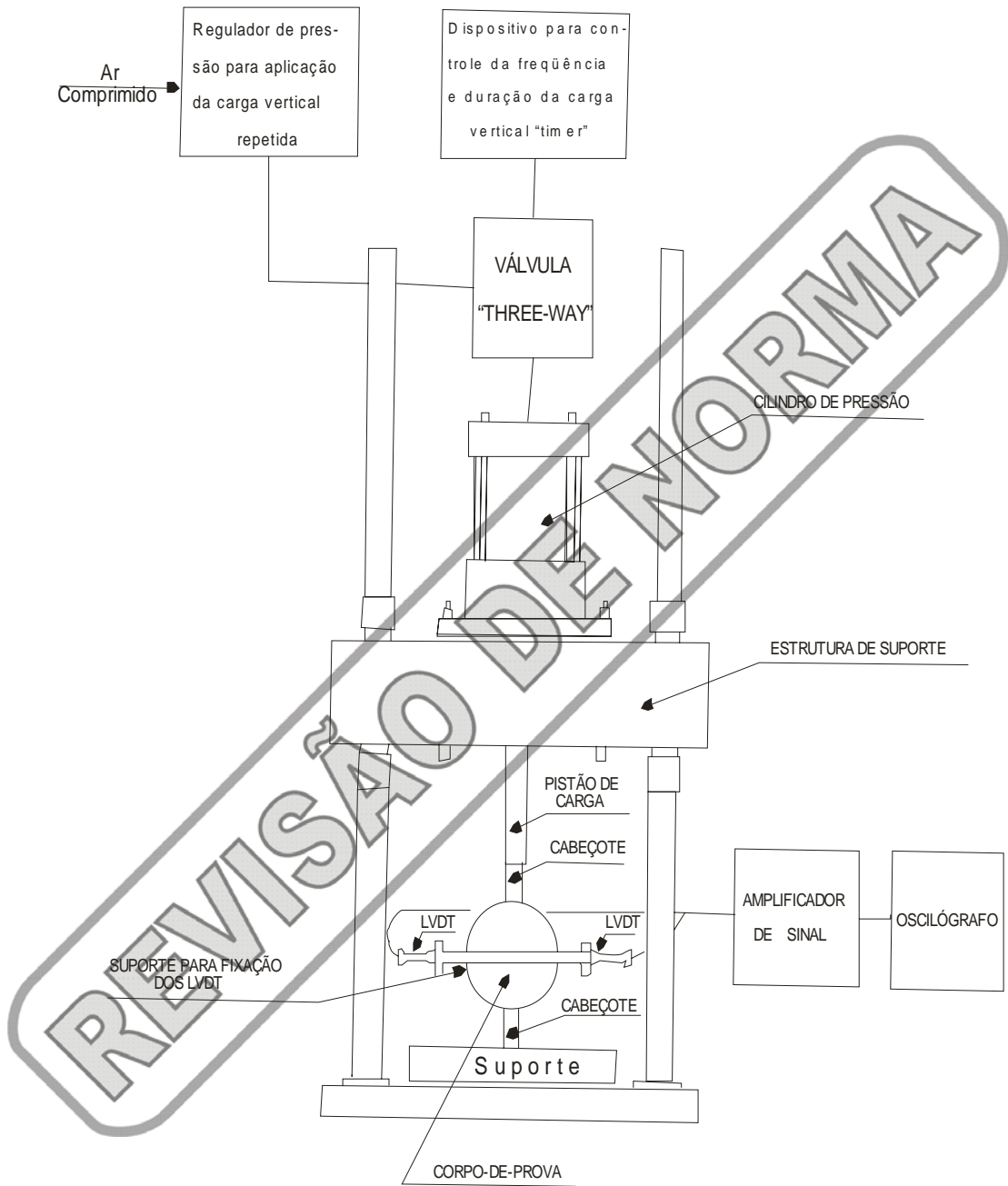


FIGURA- ESQUEMA DO EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE COMPRESSÃO DIAMETRAL DE CARGA REPETIDA

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 | 6.2.13 |
| Amostra | 5.....2 | Índice geral |6 |
| Anexo A (Informativo) | | Montagem do conjunto | 6.12 |
| Bibliografia |5 | Objetivo | 11 |
| Anexo A (Normativo) | | Prefácio |1 |
| Figura 1 |4 | Referências normativas | 21 |
| Aparelhagem | 4.....2 | Registro das deformações | |
| Aplicação da carga | 6.2.....3 | no oscilógrafo | 6.223 |
| Definição | 3.....2 | Resultado | 73 |
| Ensaio | 6.....2 | Resumo |1 |
| Fase de condicionamento | | Sumário |1 |

