



**MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM
DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR
DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**

Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330

Norma rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 401/99

p. 01/07

**Agregados - determinação do índice de degradação de rochas
após compactação Marshall, com ligante - ID_{ML} e sem ligante -
 ID_M**

RESUMO

Este documento apresenta um método para determinar o ID_{ML} e ID_M - Índice de Degradação após compactação Marshall, com ligante e sem ligante, para materiais pétreos naturais a serem utilizados como agregados em pavimentação rodoviária.

ABSTRACT

This document presents a method to determine the ID_{ML} and ID_M - Degradation Index after Marshall Compactness, with and without binder, for rock materials to be used in highway paving.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referência
- 3 Aparelhagem
- 4 Determinação do ID_{ML}

- 5 Determinação do ID_M

Anexo

0 PREFÁCIO

Esta Norma estabelece o método para definir o Índice de Degradação de agregado, após a compactação Marshall.

1 OBJETIVO

Fixar um método pelo qual se determina o ID_{ML} e ID_M - Índice de Degradação após compactação Marshall, com ligante e sem ligante, para agregados naturais rochosos, obedecendo a uma granulometria padrão, definida pelas peneiras de 25 mm, 19 mm, 9,5 mm, 4,8 mm, 2,00 mm, 0,42 mm e 0,074 mm. A compactação é feita usando-se o soquete e o molde de compactação aplicados no ensaio Marshall (DNER-ME 043/95).

2 REFERÊNCIAS

2.1 No preparo desta Norma foram consultados os seguintes documentos:

- a) DNER-ME 043/95 - Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall;

Macrodescriptores MT : agregado, ensaio, ensaio em laboratório

Microdescriptores DNER : compactação, ensaio, ensaio de laboratório

Palavras-chave IRRD/IPR : norma (0139), normalização (9075), ligante betuminoso (4948)

Descritores SINORTEC : normas, agregados

Aprovada pelo Conselho Administrativo em 30/06/99, Resolução nº 09/99, Sessão nº CA/05/99

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Processo nº 51100008730/98.21

b) DNER-ME 053/94 - Misturas betuminosas - percentagem de betume.

3 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) repartidores de amostras de 1,3 cm e de 2,5 cm de aberturas;
- b) placa elétrica ou estufa capaz de manter temperaturas até 200 ° C, com variação de ± 2 °C;
- c) balança com capacidade de 5 kg, sensível a 1g;
- d) molde de compactação de aço, consistindo de anéis superior e inferior e uma placa-base. A placa-base e o anel superior devem encaixar-se perfeitamente nas extremidades do anel inferior (Figura 1);
- e) peneiras de 25 mm - 19 mm - 9,5 mm - 4,8 mm (nº 4) - 2,0 mm (nº 10) - 0,42 mm (nº 40) - 0,074 mm (nº 200), inclusive tampa e fundo, de acordo com a especificação “Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos”, ABNT EB - 22 (NBR-5734);
- f) colher de metal, com capacidade de 30 ml a 50 ml. Cabo com cerca de 25 cm;
- g) recipiente em aço estampado, em forma de calota esférica, fundo chato e munido de duas alças laterais, capacidade de 5 litros;
- h) recipiente em aço estampado, cilíndrico, munido de asa lateral de material isolante térmico e bico vertedor, capacidade de 0,5 litro;
- i) termômetro de par termoelétrico, graduado em 2 °C, de 0 °C a 200 °C;
- j) termômetro graduado em 1 °C, de 0 °C a 60 °C;
- l) termômetro graduado em 2 °C, de 0 °C a 200 °C;
- m) espátula de aço, com ponta arredondada, com lâmina de 18 cm de comprimento e 3 cm de largura;
- n) bloco de madeira, medindo aproximadamente 40 cm de diâmetro, ou de lado, e de altura compatível com o operador, e sobre o qual deve ser apoiado o molde, instalado em nível, perfeitamente estável, livre de excesso de vibração ou trepidação;
- o) soquete de compactação, de aço, com 4540 g de peso e uma altura de queda livre de 45,72 cm, com a face de compactação do pé do soquete plana e circular (Figura 2);
- p) extrator de corpo-de-prova (Figura 1);
- q) luva de amianto, mão esquerda, com cinco dedos, com proteção de couro na face externa da palma e dos dedos;

- r) pinça de aço inoxidável ou de alumínio, para colocar e retirar os corpos-de-prova do banho d'água;
- s) conjunto de aparelhagem tipo Rotarex.

4 DETERMINAÇÃO DO ID_{ML} - ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO APÓS COMPACTAÇÃO MARSHALL COM LIGANTE

4.1 Moldagem dos corpos-de-prova

- a) secar os agregados em estufa (105 °C - 110 °C) até constância da massa;
- b) pesar as frações dos agregados, que comporão cada corpo-de-prova a ser ensaiado, de acordo com as indicações da Tabela 1.
- c) o peso total de todas as frações pesadas deve ser de 1200 g \pm 60 g. As frações pesadas deverão ser colocadas e juntadas em um recipiente próprio;
- d) deverão ser preparados três recipientes para a moldagem de três corpos-de-prova;

Tabela 1 – Granulometria padrão das amostras de agregados

Peneiras	Porcentagem de material retido	Quantidade g
25,4 mm – 19 mm	15	180
19 mm – 9,5 mm	20	240
9,5 mm – n° 4	15	180
n° 4 – n° 10	15	180
n° 10 – n° 40	15	180
n° 40 – n° 200	15	180
< n° 200	5	60
Total	100	1200

- e) a temperatura dos corpos-de-prova é aquela na qual apresenta uma viscosidade Saybolt - Furol de 85 \pm 10 segundos para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica Engler de 25 \pm 3 para o alcatrão;
- f) os recipientes dos agregados para cada corpo-de-prova, de acordo com 4.1.b, devem ser aquecidos, em placa quente ou na estufa, à temperatura de aproximadamente 28 °C acima da temperatura de aquecimento do ligante, estabelecida de acordo com 4.1.e, desde que não ultrapasse a temperatura de 177 °C. Acrescentar 5% em peso de ligante aos agregados, misturando energeticamente até o envolvimento completo dos mesmos. Neste momento a temperatura dos agregados e do material betuminoso deve estar dentro dos limites estabelecidos em 4.1.e;
- g) o molde de compactação e a base do soquete devem estar limpos e ligeiramente aquecidos em água fervente ou em estufa ou placa a 90 °C - 150 °C. Colocar o molde em posição, no suporte de compactação (bloco de madeira) e introduzir nele uma folha de papel cortada conforme a seção do molde. Colocar no molde a mistura, de uma só vez. Acomodar a mistura quente, com 15 golpes vigorosos de espátula ao redor do molde e 10 no centro da massa;

- h) a temperatura de compactação da mistura é aquela na qual o ligante apresenta viscosidade Saybolt Furol de 140 ± 15 segundos, para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica Engler de 40 ± 5 para o alcatrão;
- i) remover o anel superior e alisar a mistura com uma colher ligeiramente aquecida. A temperatura da mistura imediatamente antes da compactação deve estar nos limites fixados em 4.1.h. A mistura deverá ser recusada e a operação repetida se estiver fora desses limites de temperatura;
- j) aplicar, com o soquete, 50 golpes. Inverter o anel inferior, forçar com o soquete a mistura até atingir a placa-base e aplicar o mesmo número de golpes;
- l) após a compactação, o corpo-de-prova é retirado do anel inferior. Cuidadosamente colocar o corpo-de-prova numa superfície lisa e plana, deixando-o em repouso durante a noite, à temperatura ambiente. Devem ser tomados cuidados no manuseio do corpo-de-prova para evitar fratura ou deformação.

4.2 Extração do ligante

Após à confecção dos corpos-de-prova, conforme a Sub-Seção 4.1, é procedida a extração do ligante pelo Método DNER-ME 053/94 ou similar.

4.3 Cálculo do ID_{ML}

4.3.1 O ID_{ML} – Índice de Degradação após compactação Marshall com ligante é obtido peneirando-se a mistura de agregados resultantes de ensaio de extração do ligante, conforme as Tabelas 1 e 2, onde constam:

- a) a mesma série de peneiras utilizadas na preparação das amostras (Tabela 1);
- b) a % passando nas peneiras tomando por base, para o cálculo, a massa original dos agregados de cada corpo-de-prova;
- c) a % passando relativa a cada peneira;
- d) a % média para cada peneira em relação aos corpos-de-prova utilizados ;
- e) valor D para cada peneira correspondendo a diferença entre a média da granulometria após compactação e a granulometria original;
- f) calcular o somatório das diferenças D.

4.3.2 O Índice de Degradação ID será dado pela fórmula:

$$ID = \frac{\sum D}{6}$$

Tabela 2

CÁLCULO DO ID

Peneiras	% Passando nas peneiras					
	Granulometria original	Granulometria após compactação				
		AM 1	AM 2	AM 3	MÉDIA	D
19 mm	85					
9,5 mm	65					
nº 4	50					
nº 10	35					
nº 40	20					
nº 200	5					
$ID = \frac{\sum D}{6} = \underline{\hspace{2cm}}$						$\sum D = \underline{\hspace{2cm}}$
Data ___/___/___			Operador _____			

5 DETERMINAÇÃO DO ID_M - ÍNDICE DE DEGRADAÇÃO APÓS COMPACTAÇÃO MARSHALL SEM LIGANTE

Para se obter o ID_M - Índice de Degradação após compactação Marshall sem ligante, usam-se os mesmos procedimentos anteriores na preparação de amostras da Sub-Seção 4.1, com exceção do aquecimento dos agregados e do uso do ligante correspondente das Sub-Seções 4.1.e, 4.1.f, 4.1.g e 4.1.h utilizando-se soquete e o cilindro Marshall para compactação dos agregados.

Para o cálculo do ID_M proceder de acordo com a Sub-Seção 4.3 e a Tabela 2.

ANEXO NORMATIVO

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

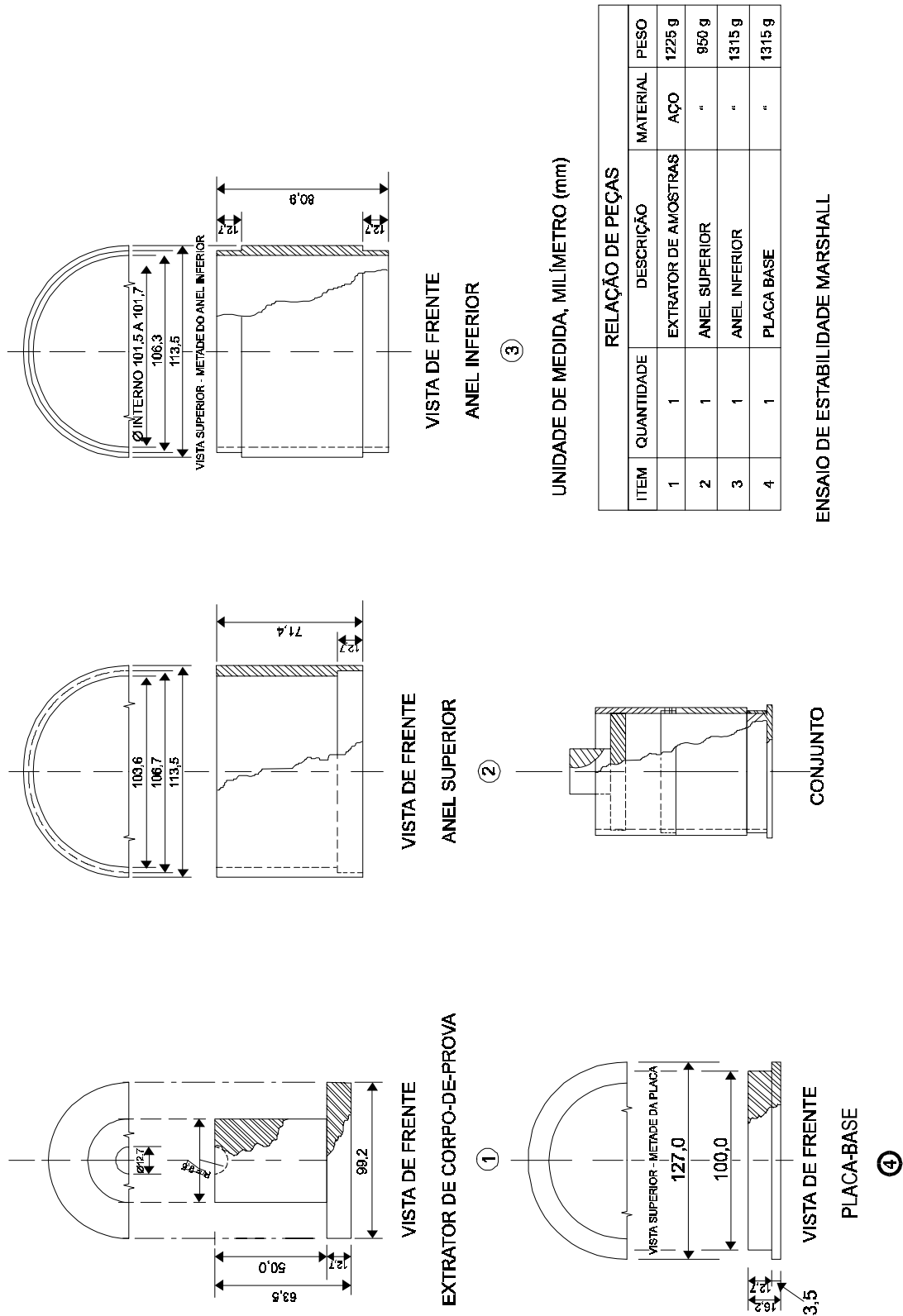


Figura 1 - Molde de compactação e extrator de corpos-de-prova

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

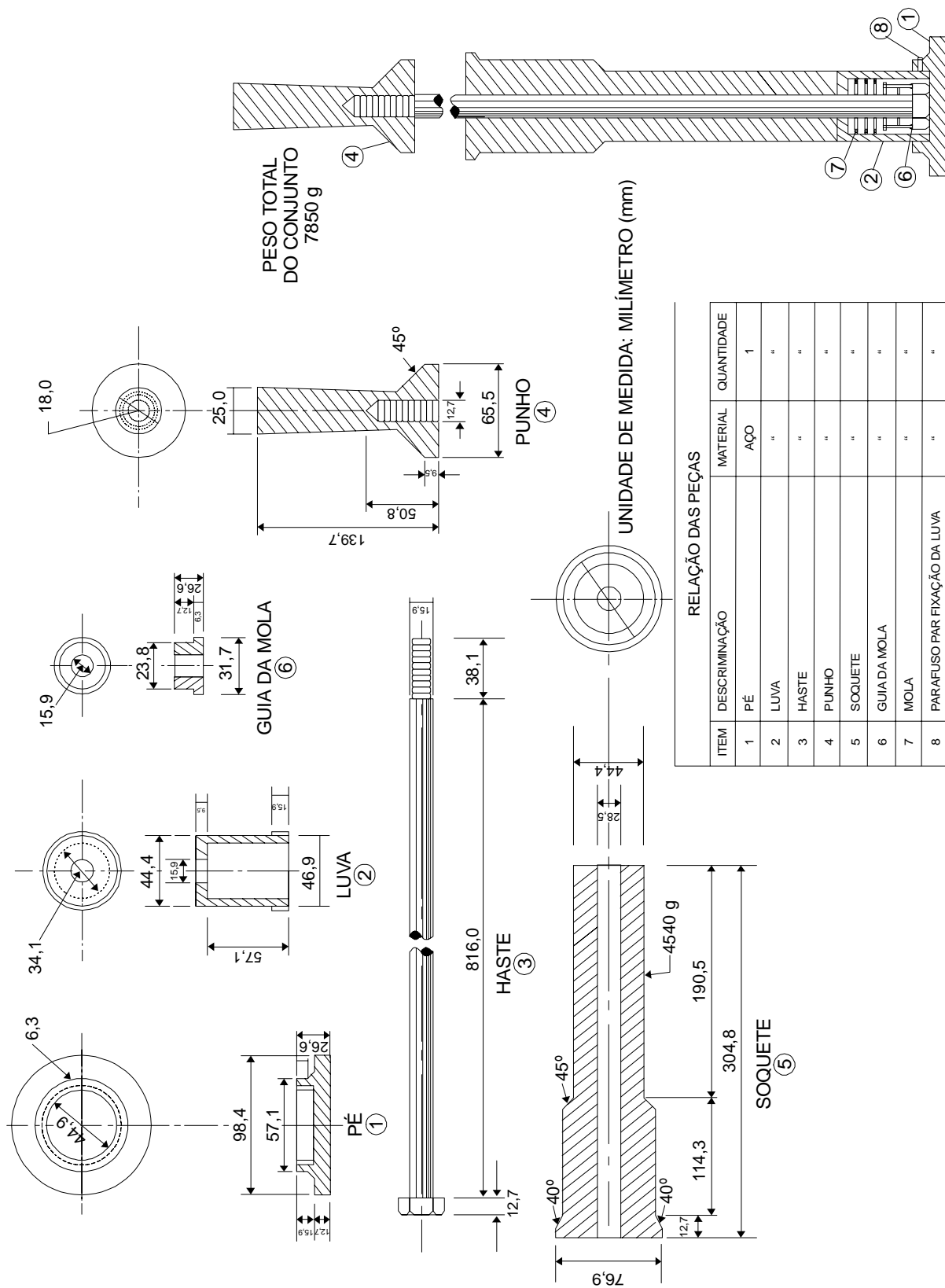


Figura 2 - Soquete de compactação