



**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 197/97**  
**p. 01/05**

**Agregados - determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos**

**RESUMO**

Este documento, que é uma norma técnica, prescreve o método a ser adotado na determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos. Prescreve a aparelhagem, amostragem, a execução do ensaio, e as condições para obtenção dos resultados.

**ABSTRACT**

This document, that is a technical standard, presents the procedure for determination of the crushing resistance of coarse aggregates. It prescribes also the apparatus, sampling, testing and the conditions for obtaining results.

**SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Aparelhagem
- 4 Amostragem
- 5 Ensaio
- 6 Resultados

**0 PREFÁCIO**

Esta Norma decorreu da necessidade de apresentar novo texto em substituição ao adotado pelo "Processo de Referência", consubstanciado na DNER-ME 197/94, por outro totalmente especificado, com o mesmo objetivo normativo, e em concordância com a DNER-PRO 101/97.

**1 OBJETIVO**

Esta Norma fixa o método para a determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos, de grãos compreendidos entre 9,5 mm e 12,5 mm, definidos na DNER-EM 037/97.

**2 REFERÊNCIAS**

2.1 Normas complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- a) DNER-EM 035/95 - Peneiras de malhas quadradas para análise granulométrica de solos;
- b) DNER-EM 037/97 - Agregado graúdo para concreto de cimento;

**Macrodescriptores MT** : agregado, ensaio em laboratório, resistência de materiais

**Microdescriptores DNER** : agregado, compressão, ensaio em laboratório, ensaio mecânico

**Palavras-chave IRRD/IPR** : agregado (4577), compressão (5532), ensaio (6255), resistência dos materiais (5544)

**Descriptores SINORTEC** : agregados, ensaio de laboratório, resistência à compressão

Aprovada pelo Conselho Administrativo em 30/07/97, Resolução nº 44/97, Sessão nº CA/19/97

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Revisão da DNER-ME 197/94

Processo nº 20100013565/87-14

- c) DNER-ME 197/94 - Agregados - determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos;
- d) DNER-PRO 120/97 - Coleta de amostras de agregados;
- e) DNER-PRO 199/96 - Redução de amostra de campo de agregados para ensaio de laboratório;
- f) ABNT NBR 6156/83 - Máquina de ensaio de tração e compressão - verificação;
- g) ABNT NBR 9938/87 - Agregados - determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos.

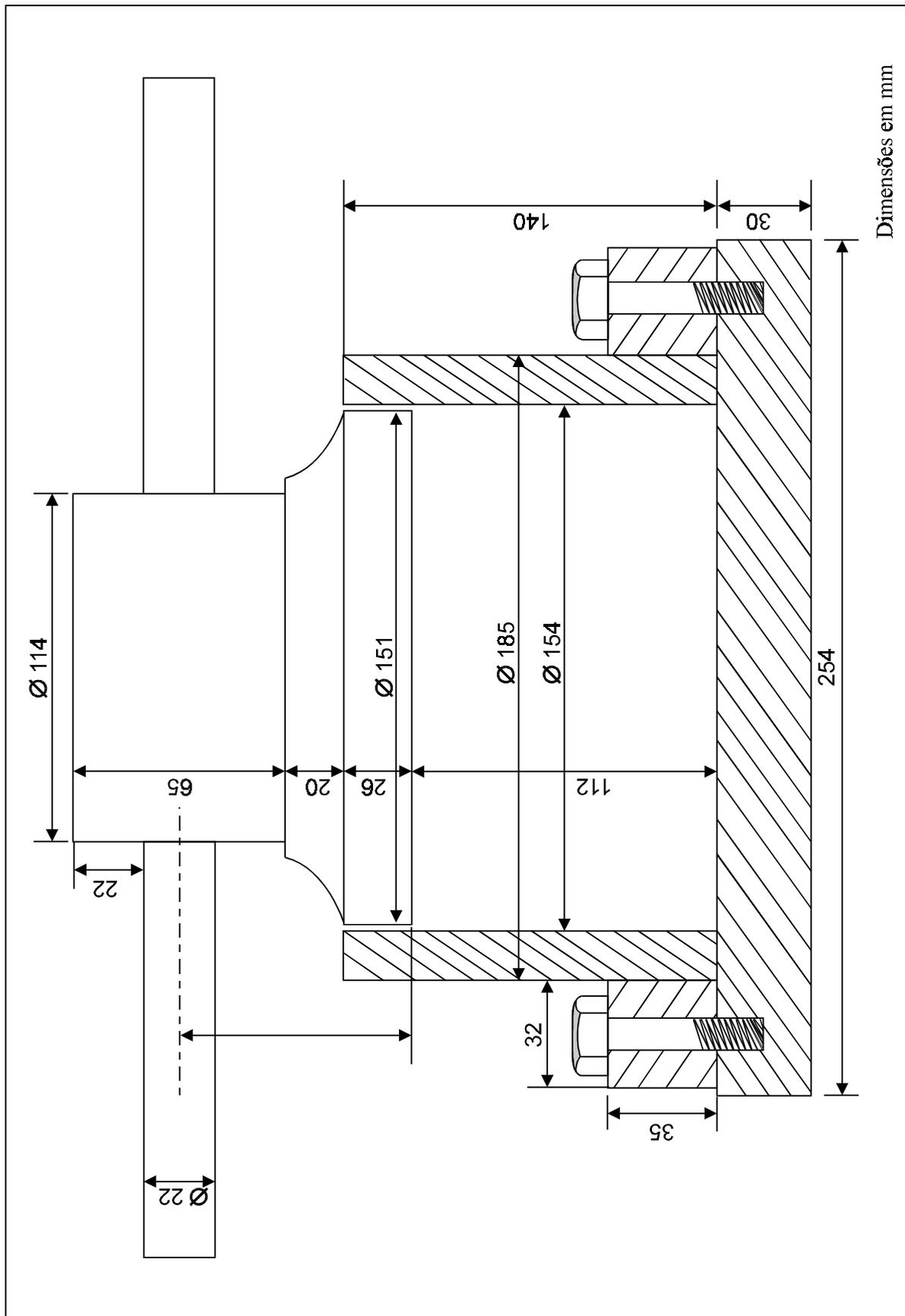
### 3 APARELHAGEM

Aparelhagem necessária:

- a) cilindro vazado de ensaio em aço com  $(154,0 \pm 0,5)$  mm de diâmetro interno,  $(140,00 \pm 0,5)$  mm de altura e  $(15,0 \pm 0,5)$  mm de espessura, para carga do agregado a ser submetido a compressão;
- b) base quadrada em chapa de aço com  $(254,0 \pm 1,0)$  mm de lado e  $(30,0 \pm 1,0)$  mm de espessura;
- c) êmbolo metálico com  $(151,0 \pm 0,5)$  mm de diâmetro na base e  $(114,0 \pm 0,5)$  mm no topo, com altura total de  $(111,0 \pm 9,5)$  mm, obedecendo a forma e detalhes de acordo com a Figura anexa;
- d) haste metálica para socamento com  $(16,0 \pm 0,5)$  mm de diâmetro e  $(600 \pm 10)$  mm de comprimento, tendo uma de suas extremidades arredondadas;
- e) recipiente cilíndrico metálico resistente de  $(110 \pm 5)$  mm de diâmetro interno,  $(180 \pm 5)$  de altura e que permita o apiloamento do agregado nele contido, sem se deformar. Para facilitar o seu manuseio, o recipiente pode ser provido de alças laterais;
- f) peneiras de malha quadrada de aberturas 12,5 mm, 9,5 mm e 2,4 mm, conforme a DNER-EM 035/95;
- g) balança com capacidade de 15 kg e resolução de 1 g;
- h) estufa para secagem;
- i) máquina de ensaio capaz de aplicar cargas de no mínimo 500 kN, classe II, conforme a ABNT NBR 6156/83;
- j) recipiente de material resistente de bordas rasas (bandeja);
- l) martelo de borracha.

Nota: A aparelhagem descrita em 3.a, 3.b e 3.c deve ser em aço de dureza superior a 50 Rockwell C.

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte



Figura

#### 4 AMOSTRAGEM

Coletar a amostra de campo de acordo com a DNER-PRO 120/97 e reduzi-la para ensaio, segundo a DNER-PRO 199/96, a uma quantidade que permita, atendendo ao instruído no item 5.1, a realização do ensaio.

#### 5 ENSAIO

5.1 Tomar uma quantidade de amostra do agregado, que depois de passar pela peneira de 12,5 mm, tenha cerca de 10 kg retidos na peneira de 9,5 mm. Secar em estufa à temperatura entre 105 °C e 110 °C, durante 24 h, e após esfriar à temperatura ambiente.

5.2 Peneirar novamente o agregado através das peneiras 12,5 mm e 9,5 mm. Com esta fração obtida, encher o recipiente cilíndrico (item 3.e) em três camadas sucessivas, e aplicar em cada uma delas, com a extremidade arredondada da haste de socamento, 25 golpes distribuídos por toda a superfície. Cada uma das duas primeiras camadas deve ter espessura de aproximadamente 1/3 da altura do recipiente cilíndrico e a terceira o suficiente para que após o seu apiloamento possa ser rasada com a própria haste de socamento.

5.3 Determinar a massa inicial ( $M_i$ ) do agregado assim preparado, com aproximação de 1 g, e preencher com esse material o cilindro de ensaio (item 3.a), já acoplado à chapa de base, em três camadas sucessivas de mesma espessura, aplicando em cada uma delas, 25 golpes com a haste de socamento.

5.4 Inserir o êmbolo no cilindro de ensaio e nivelar com auxílio do mesmo, a superfície do agregado.

5.5 Colocar o conjunto no prato inferior da máquina de ensaio (item 3.i), centralizando-o cuidadosamente.

5.6 Aplicar a carga de 400 kN uniformemente à razão de  $(40 \pm 5)$  kN por minuto.

5.7 Após aplicar a carga total, retirar o conjunto da máquina de ensaio e remover todo o material contido no cilindro de ensaio para uma bandeja rigorosamente limpa. No caso de partículas ficarem aderidas ao cilindro de ensaio, devido à compressão, utilizar um martelo de borracha, aplicando leves pancadas laterais para facilitar a sua remoção.

5.8 Passar o material removido através da peneira de 2,4 mm e determinar a massa do material retido ( $M_f$ ).

5.9 Fazer uma segunda determinação (itens 5.2 a 5.8) com material preparado conforme instruído no item 5.1.

## 6 RESULTADOS

6.1 A resistência do agregado ao esmagamento é calculada aplicando a expressão:

$$R = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

onde:

R = resistência do agregado ao esmagamento, em %;

M<sub>i</sub> = massa inicial da amostra seca antes do ensaio, em gramas;

M<sub>f</sub> = massa final do material retido na peneira 2,4 mm, em gramas.

6.2 O resultado é obtido pela média de duas determinações. A diferença entre a primeira e a segunda determinação não deve ser superior a 3%. Caso isto ocorra, realizar uma terceira determinação e adotar as duas que satisfaçam este limite.