

**Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV**

**Norma Rodoviária**

**Método de Ensaio**

**DNER-ME 258/94**

Página 1 de 16

**RESUMO**

Este documento, que é uma norma técnica, contém um procedimento de compactação dinâmica de solos passando na peneira de 2 mm de abertura, realizado em laboratório, com corpos-de-prova tipo miniatura, de 50 mm de diâmetro, denominado Mini-MCV. São determinados coeficientes empíricos utilizados na caracterização e classificação de solos tropicais. Prescreve a aparelhagem, cálculos e condições para a obtenção dos resultados.

**ABSTRACT**

This document presents the procedure for determination of the dynamic compaction of soils passing the sieve with 2 mm openings, molded in miniature cylinder, with 50 mm diameter, denominated Mini-MCV. Empirical coefficients are determined, used for characterization and classification of tropical soils. It prescribes the apparatus, calculations and condition for the obtention of results.

**SUMÁRIO**

0 APRESENTAÇÃO

1 OBJETIVO

2 REFERÊNCIAS

3 DEFINIÇÕES

4 APARELHAGEM

5 AFERIÇÃO

6 AMOSTRAGEM

7 PREAPRAÇÃO DA AMOSTRA

8 ENSAIO

9 CÁLCULOS

10 RESULTADOS

Anexo Normativo A-1, A-2, A-3, A-4, A-5

Anexo Normativo B-1, B-2

**Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV**

Norma Rodoviária

**DNER-ME 258/94**

**Método de Ensaio**

Página 2 de 16

**0 APRESENTAÇÃO**

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-ME 258/90 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

**1 OBJETIVO**

Determinar coeficientes empíricos que são utilizados na caracterização e classificação de solos tropicais que passam na peneira de 2 mm de abertura.

**2 REFERÊNCIAS**

**2.1 NORMAS COMPLEMENTARES**

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- a) ABNT EB-22, de 1988, registrada no SINMETRO como NBR-5734, designada Peneiras para ensaio;
- b) DNER-PRO 007/94 – Coleta de amostras deformadas de solo;
- c) DNER-ME 228/94 – Compactação de solos em equipamento miniatura.

**2.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

No preparo desta Norma foram consultados os seguintes documentos:

- a) DNER-ME 258/90, designado Mini-MCV de solos compactados em equipamento miniatura;
- b) DNER-ME 129/89 – Compactação de solos;
- c) Nogami, J.S., Villibor, D.F. (1981). Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação. Limitação do método tradicional. Apresentação de uma nova sistemática. XV reunião anual de pavimentação. DER-MG, ABPv, Belo Horizonte.
- d) Parsons, A.W. (1976). The rapid measurement of the moisture condition of earthwork material. Report LR-750. Transport and Road Research Laboratory, U.K.

**3 DEFINIÇÕES**

Para os fins desta Norma são adotadas as seguintes definições:

**3.1 CURVA MINI-MCV**

Aquela obtida representando-se num gráfico de eixos ortogonais, no eixo das abscissas, em escala logarítmica, o número de golpes; no eixo das ordenadas, em escala linear, o valor de  $a_n$  dado pela fórmula abaixo:

$$a_n = A_n - A_4n$$

**Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV**

**Norma Rodoviária**

**DNER-ME 258/94**

**Método de Ensaio**

Página 3 de 16

Onde  $A_n$  é a altura do corpo-de-prova após o número de golpes  $n$ , e  $A_4$  a altura do corpo-de-prova após  $4n$  golpes.

**3.2 MINI-MCV**

Valor obtido pela expressão:

$$\text{Mini} - \text{MCV} = 10 \log Bn$$

Onde  $\log$  é o logaritmo de base decimal e  $Bn$  e o número de golpes que resulta da interseção da curva  $\text{Mini} - \text{MCV}$  com a reta de equação  $an = 2mm$  (ver Anexo B-2).

**3.3 CURVA UMIDADE DE COMPACTAÇÃO = f (Mini-MCV)**

Aquela obtida, representando em gráfico de eixos ortogonais, os valores de Mini-MCV, em abscissas, e as umidades de compactação em ordenadas (curva 1 do Anexo B-2).

**4 APARELHAGEM**

Aparelhagem e material necessários:

4.1 Compactador miniatura e acessórios constituídos de:

4.1.1 Armação constituída de base, placa superior, placa inferior e hastes, conforme Anexo A-1.

4.1.2 Soquetes cilíndricos de aço, tipos leve e pesado, ambos com altura de queda de 30,5 cm, respectivamente com 2 270 g e 4 540 g, com sapatas de 49,8 mm de diâmetro, conforme Anexo A-2.

4.1.3 Dispositivo de alavanca para extração de corpos-de-prova, conforme Anexo A-3.

4.1.4 Moldes cilíndricos de compactação, de aço inoxidável, latão ou bronze, conforme Anexo A-1.

4.1.5 Dispositivo para prender o extensômetro, conforme Anexo A-4.

4.1.6 Extensômetro com curso mínimo de 50 mm, graduado em 0,01 mm e provido de contagiros.

4.1.7 Cilindro padrão de aço, com diâmetro de 49,8 mm, de faces perfeitamente paralelas e polidas, com altura de 50 mm.

4.1.8 Base de concreto de cerca de 35 cm x 35 cm x 60 cm (altura).

4.1.9 Funil, com o bocal maior de cerca de 15 cm de diâmetro; bocal menor com 4,5 cm de diâmetro e altura de cerca de 25 cm.

**Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV**

**Norma Rodoviária**

**DNER-ME 258/94**

**Método de Ensaio**

Página 4 de 16

- 4.1.10 Assentador cilíndrico, com 49 mm de diâmetro e comprimento de cerca de 90 mm, de preferência de madeira com elevada resistência.
- 4.1.11 Espaçadores, de aço tipo meia-cana, com alturas de 70 mm e raio de 25 mm, para fixação inicial dos moldes de compactação, conforme anexo A-1.
- 4.1.12 Anéis de vedação, de latão, bronze ou aço inoxidável, com 50 mm de diâmetro e seção triangular isósceles; catetos de 2,5 mm (um paralelo ao eixo do molde e outro perpendicular ao mesmo), com um corte transversal, conforme Anexo A-2.
- 4.2 Dispositivo para medida de altura do corpo-de-prova compactado, provido de extensômetro com curso mínimo de 10 mm, leitura direta de 0,01 mm, conforme Anexo A-5.
- 4.3 Balança com capacidade de 1 kg, com sensibilidade de 0,1 g.
- 4.4 Estufa capaz de manter a temperatura a  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- 4.5 Cápsula de alumínio com tampa, ou outro material adequado, capaz de impedir a perda de umidade durante a pesagem.
- 4.6 Peneira de 2 mm de abertura, conforme 2.1.a.
- 4.7 Tabuleiro de chapa de ferro galvanizado, com 50 cm x 30 cm x 6 cm.
- 4.8 Almofariz com capacidade de cerca de 5 litros e mão de gral recoberta de borracha.
- 4.9 Bacia plástica com capacidade de 3 litros.
- 4.10 Saco de polietileno, ou recipiente plástico com tampa, herméticamente vedado, com capacidade de cerca de 2 litros.
- 4.11 Recipiente para pesagem de solo, com cerca de 250 ml de capacidade.
- 4.12 Disco de polietileno de 0,2 mm de espessura e diâmetro de 50 mm.
- 4.13 Vaselina sólida.
- 4.14 Folha de ensaio, conforme modelo constante no Anexo B-1.

**5 AFERIÇÃO**

O aparelho de compactação miniatura deve ser aferido, para efeito da determinação da altura do corpo-de-prova do seguinte modo:

- 5.1 Colocar sobre o pistão do compactador os discos de polietileno e o cilindro padrão, de maneira que este fique muito bem centrado.

**Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV**

**Norma Rodoviária**

**DNER-ME 258/94**

**Método de Ensaio**

Página 5 de 16

5.2 Colocar o soquete a ser utilizado sobre a superfície do cilindro padrão, centrando-o também da maneira mais perfeita possível.

5.3 Assentar o suporte do extensômetro sobre a placa superior de compactação, de modo que a haste móvel do extensômetro fique perfeitamente centrada sobre a haste do soquete.

5.4 Calcular a constante da aferição  $Ka$  do conjunto compactador-soquete pela fórmula:

$$Ka = Ac \pm La$$

Onde  $Ac$  é a altura do cilindro padrão em 0,01 mm, e  $La$  a leitura do extensômetro a que se refere o item 5.3 acima, em 0,01 mm. Utilizar o sinal positivo quando o extensômetro for calculado de cabeça para baixo e o sinal negativo, no caso contrário.

5.5 Para facilitar cálculos e registros de dados, utilizar como unidade o centésimo de milímetro.

## 6 AMOSTRAGEM

A amostra deve ser coletada de acordo com a Norma DNER-PRO 007/78 – Coleta de amostras deformadas de solo, na quantidade mínima de 2 500 g de fração passando na peneira de 2 mm.

## 7 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

7.1 Acomodar a amostra recebida em um tabuleiro, destorroar, homogeneizá-la e secar ao ar, revolvendo-a periodicamente até que atinja um teor de umidade próximo à higroscópica. A secagem pode ser realizada por aparelhagem de secagem, desde que a temperatura não exceda a 60°C.

7.2 Passar em seguida o solo na peneira de 2 mm, destorroando as frações retidas com uso do almofariz e mão de gral de porcelana revestida de borracha. Determinar a percentagem correspondente à fração retida e rejeitá-la.

7.3 Obter, no mínimo, a quantidade de material passando na peneira de 2 mm, conforme discriminado no item 6 e homogeneizá-la muito bem.

7.4 Pesar a porção obtida conforme item 7.3, e retirar uma fração para determinação do teor de umidade para eventual uso nos cálculos da percentagem de fração retida na peneira de 2 mm, e para orientação das umidades e adicionar nas porções a compactar.

7.5 Obter em seguida 5 (cinco) porções com cerca de 500 g e adicionar, a cada uma delas, água em quantidade tal que se consiga obter porções que tenham umidades sucessivamente crescentes, de cerca de 1,5% a 2% nos solos arenosos, 3% a 4% nos solos argilosos lateríticos, e de 5% nas argilas não lateríticas e siltes micáceos e caulínicos. Essas porções devem abranger a faixa de umidade tal que permita o traçado completo da curva de compactação.

Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

Norma Rodoviária

DNER-ME 258/94

Método de Ensaio

Página 6 de 16

- 7.6 Homogeneizar, cada porção obtida conforme item 7.5 numa bacia apropriada, e acondicioná-la em saco de polietileno ou recipiente plástico com tampa, hermeticamente vedado. Deixar as porções assim acondicionadas em repouso, por um período de 24 horas.

**8 ENSAIO**

- 8.1 Passar vaselina nos moldes a serem usados, com auxílio de um pano e remover os excessos com uma flanela seca.

- 8.2 Colocar os espaçadores envolvendo o pistão do compactador. Colocar o molde sobre os mesmos de maneira que o pistão fique parcialmente dentro do molde. Colocar o disco de polietileno no molde de maneira que cubra perfeitamente o topo do pistão. Introduzir, se necessário, o anel de vedação dentro do cilindro, de maneira que cubra perfeitamente o topo do pistão.

**Nota 1 :** Recomenda-se o uso do anel de vedação, quando a folga entre o diâmetro interno do molde e o pistão for superior de cerca de 0,2 mm, e quando se utilizam porções muito úmidas de argilas e siltes argilosos.

- 8.3 Homogeneizar novamente a porção de amostra preparada com menor teor de umidade, e pesar a quantidade de 200 g.

- 8.4 Despejar no molde a porção pesada, com auxílio do funil.

- 8.5 Nivelar o solo dentro do molde com auxílio do assentador, exercendo pequena pressão e efetuando movimento rotativo pequeno.

- 8.6 Colocar o disco de polietileno sobre o topo da porção de solo, introduzindo em seguida, se necessário, o anel de vedação, obedecendo as recomendações constantes na Nota 1.

- 8.7 Retirar uma parte da porção da amostra que restou no saco de polietileno ou recipiente plástico, para determinar o teor de umidade.

- 8.8 Efetuar a compactação obedecendo a seqüência:

- 8.8.1 Posicionar o soquete tipo leve, previamente aferido, sobre o solo do molde, com cilindro calçado com espaçador. Efetuar a primeira medida do extensômetro, movimentando previamente o seu braço de sustentação e encaixando-o de maneira apropriada na armação do compactador. O valor obtido é a leitura correspondente a golpe zero.

- 8.8.2 Dar o primeiro golpe, efetuando logo em seguida a leitura do extensômetro correspondente ao golpe um. Retirar o espaçador.

- 8.8.3 Dar golpes sucessivos e efetuar leituras no extensômetros correspondentes à seguinte série de golpes: 2, 3, 4, 6, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192 e 256 interrompendo o processo quando:

Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

Norma Rodoviária

DNER-ME 258/94

Método de Ensaio

Página 7 de 16

- a) a diferença entre a leitura obtida após  $4n$  golpes e a obtida após  $n$  golpes for menos que 2mm;
- b) houver intensa exsudação de água, no topo e na base o corpo-de-prova;
- c) o número de golpes atingir 256.

**Nota 2 :** Para corpos-de-prova moldados com teores de umidade menores do que aquele que exigiu 256 golpes, pode-se interromper a compactação com 64 golpes.

- 8.8.4 Terminada a operação de compactação, retirar o soquete e deslocar o corpo-de-prova situado dentro do molde, com auxílio do extrator, de maneira que o seu topo fique um pouco abaixo do bordo superior do molde. Inverter o corpo-de-prova e colocá-lo sobre a parte plana da base do compactador.
- 8.8.5 Adaptar em seguida o soquete sobre o corpo-de-prova e dar um ou mais golpes, a fim de que o corpo-de-prova encoste na referida base. Isso deve ser verificado visualmente, se bem que com certa prática essa condição coincide com a maneira do soquete se comportar ao dar o golpe.
- 8.8.6 Efetuar a medida da altura deslocada do corpo-de-prova utilizando o dispositivo referido no item 4.2. Esta altura é uma medida do extensômetro ou de sua aferição.
- 8.8.7 Repetir as operações dos itens 8.8.1 e 8.8.6 utilizando porções da amostras com menores teores de umidade.

## 9 CÁLCULOS

- 9.1 Calcular o teor de umidade  $h$ , de cada porção utilizada na compactação, pela fórmula:

$$h = \frac{(M_h - M_s) \times 100}{M_s}$$

Onde:

$h$  = teor de umidade da amostra em percentagem, com aproximação de 0,1%;

$M_h$  = massa de solo úmido;

$M_s$  = massa de solo seco em estufa na temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , até constância de massa.

- 9.2 Calcular as diferenças de altura  $an$  pelas leituras do extensômetro correspondentes a cada porção de umidade determinada  $n$ , pela fórmula:

$$an = An - A4n$$

Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

Norma Rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 258/94

Página 8 de 16

Onde:

- $an$  = diferença de altura, expressa em 0,01 mm;  
 $An$  = leitura obtida após  $n$  golpes, expressa em 0,01 mm;  
 $A4n$  = leitura obtida após  $4n$  golpes, expressa em 0,01 m.

9.3 Calcular a altura-do-corpo pela fórmula:

$$A = (Ka - An) \times 0,001$$

Onde:

- $A$  = altura do corpo-de-prova, expressa em cm, com aproximação de 0,001 cm;  
 $Ka$  = constante de aferição do conjunto compactador – soquete utilizado, expressa em 0,01 mm;  
 $An$  = leitura efetuada após  $n$  golpes.

9.4 Calcular a massa específica aparente seca do solo compactado MEAS, pela fórmula:

$$MEAS = \frac{100 \times M_h}{(100 + h) \times V}$$

Onde :

- $MEAS$  = massa específica aparente seca do solo, expressa em g/cm<sup>3</sup>, com aproximação de 0,001 g/cm<sup>3</sup>;  
 $Mh$  = massa de solo úmido da porção compactada;  
 $h$  = teor de umidade da porção compactada;  
 $V$  = volume do corpo-de-prova compactado, que é igual à área da seção interna do molde (geralmente 19,60 cm<sup>2</sup>) multiplicada pela altura do corpo-de-prova  $A$ , expressa em centímetro, com aproximação de 0,001 cm; quando forem utilizados anéis metálicos, deverão ser deduzidos os volumes desses anéis.

9.5 Traçar a família de curvas de compactação, representando em abscissas os valores de umidades de compactação e em ordenadas os valores de massa específica aparente seca. Unir os pontos de mesmo número de golpes, obedecendo a seguinte orientação:

- a) ligar os pontos de massa específica aparente seca máxima atingida pelos corpos-de-prova que obedeceram a condição da alínea a do item 8.8.3; esta linha é uma hipérbole de curvatura muito pouco acentuada, tornando-se reta se a escala da massa específica for proporcional ao seu universo, além disso, ela é sensivelmente paralela à linha de saturação;
- b) traçar os ramos secos das curvas de compactação, que são também essencialmente retilíneos e paralelos; em alguns solos argilosos e argilas, para número de golpes muito pequenos, parte do ramo seco tem forma curva, de concavidade voltada para cima;



Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

Norma Rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 258/94

Página 9 de 16

c) finalmente, concordar o ramo seco com a linha traçada conforme indicado em 9.5.a, procurando manter quanto possível o paralelismo entre as curvas contínuas.

9.6 Traçar as curvas de Mini-MCV, representando em abscissas o número de golpes em escala logarítmica e em ordenadas os valores de  $an$  calculados segundo discriminado no item 9.5.b. Só têm significado as curvas correspondentes aos teores de umidade que na compactação tenham satisfeito a condição da alínea a do item 8.8.3. A interseção dessas curvas, com a linha horizontal correspondente a  $an = 2,00mm$ , fornece o Mini-MCV diretamente em escala gráfica apropriada, ou pelo uso da fórmula:

$$Mini - MCV = 10 \log B$$

Onde:

$B$  = número de golpes que resulta da interseção da curva Mini-MCV com a reta de equação  $an = 2mm$  ;

$\log$  = logaritmo de base decimal;

## 10 RESULTADOS

Este Método fornece os seguintes resultados:

### 10.1 ENSAIO MINI-MCV

- curvas de Mini-MCV em folhas de gráfico de tipo similar ao apresentado no Anexo B-2;
- família de curvas de compactação, com o traçado da linha de massa específica aparente seca máxima;
- porcentagem de fração de solo retida na peneira de 2 mm.



Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

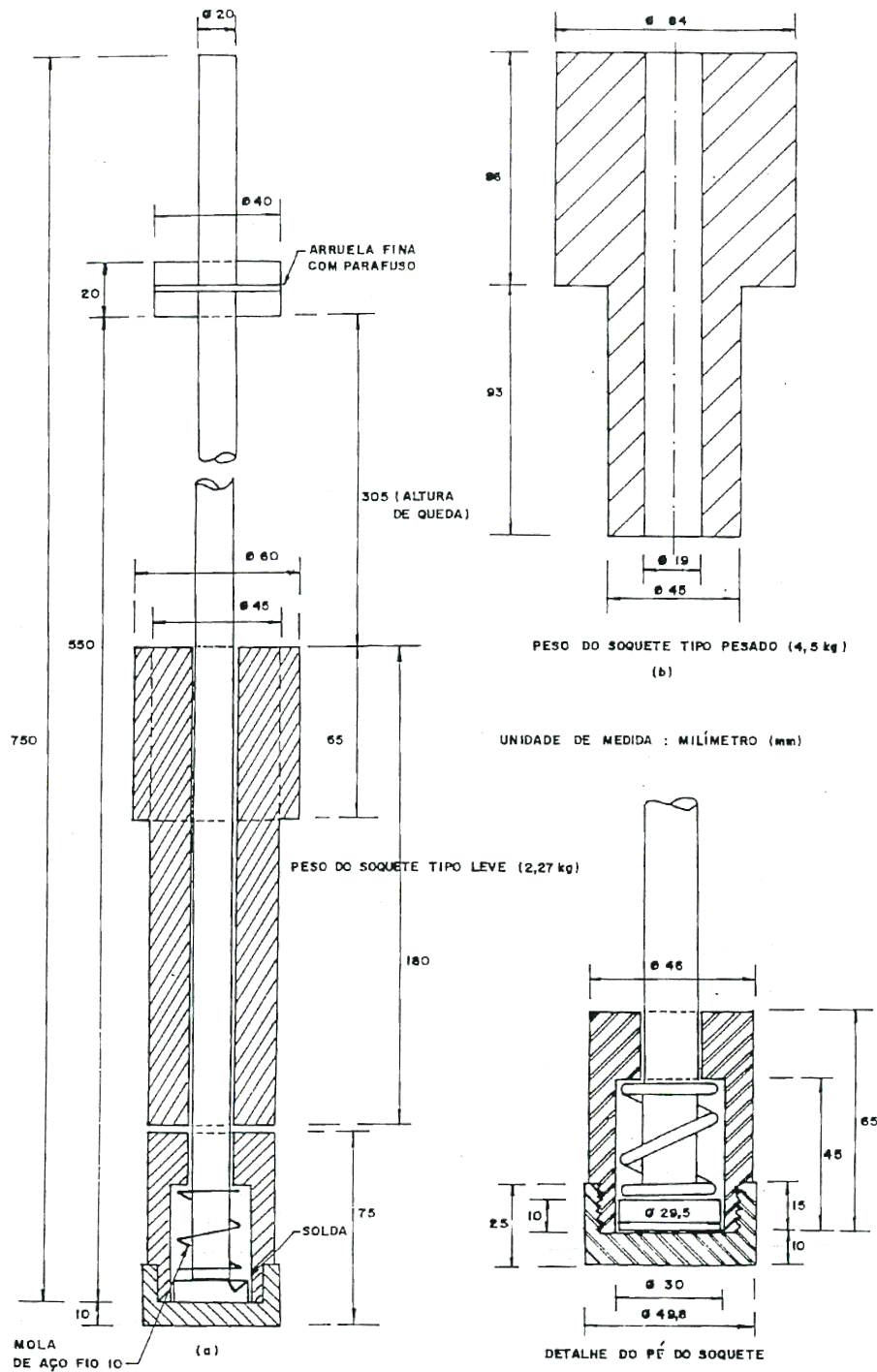
Norma Rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 258/94

Página 11 de 16

ANEXO NORMATIVO A-2



Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

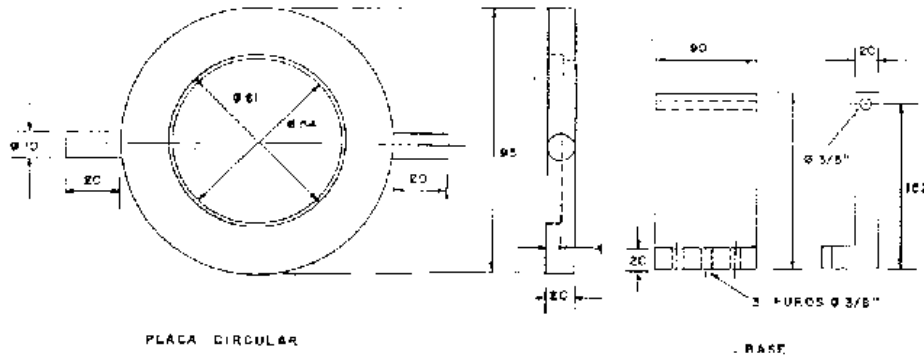
Norma Rodoviária

Método de Ensaio

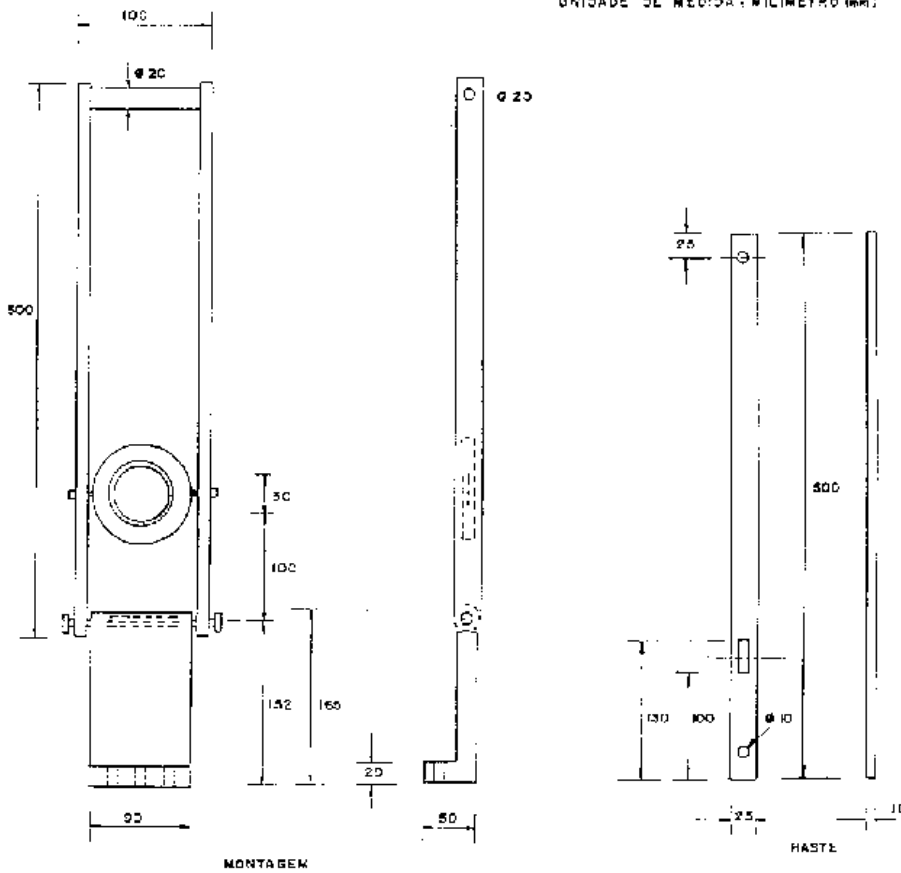
DNER-ME 258/94

Página 12 de 16

ANEXO NORMATIVO A-3



UNIDADE DE MEDIDA: MILÍMETRO (mm)



Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

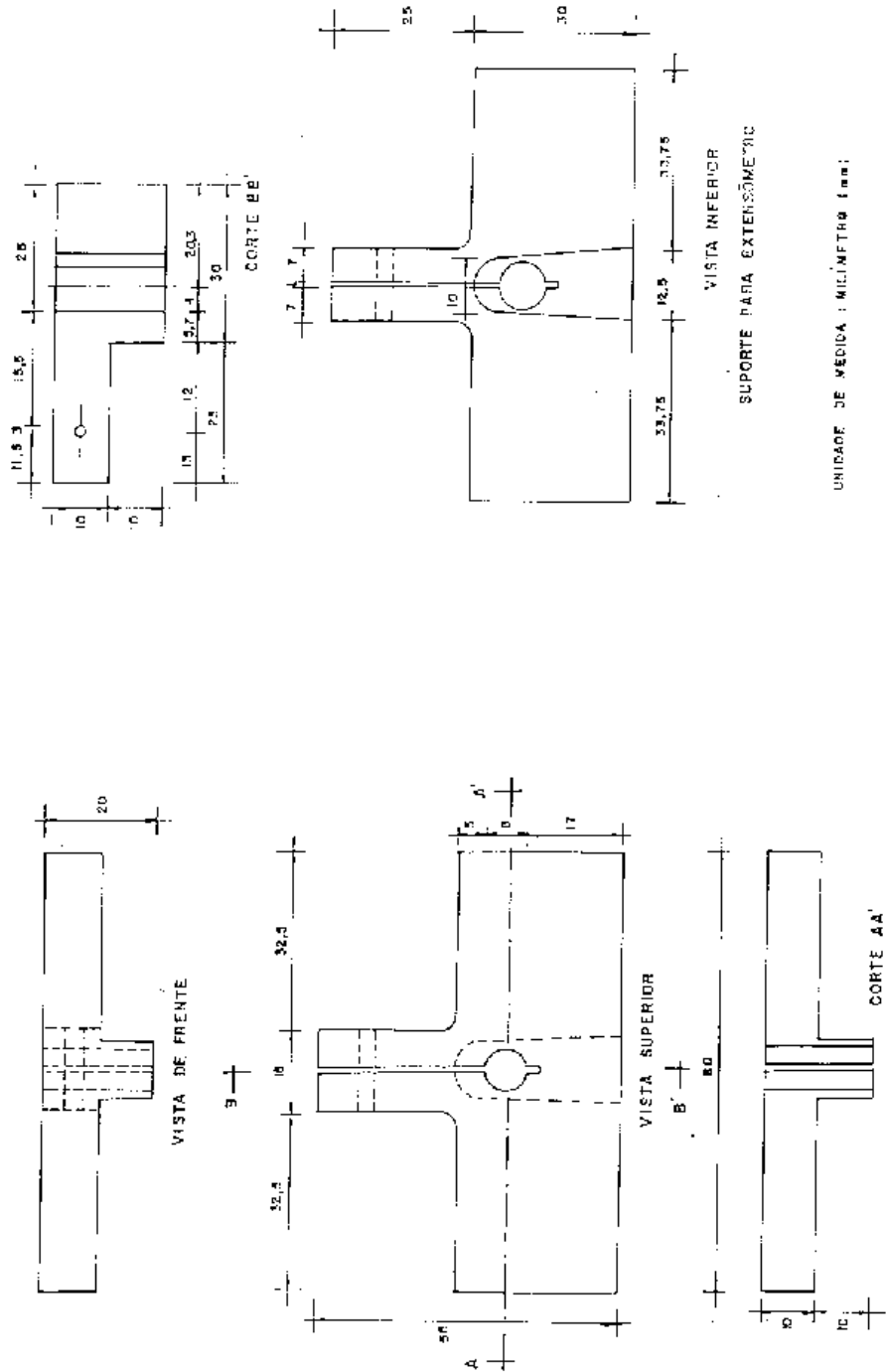
Norma Rodoviária

Método de Ensaio

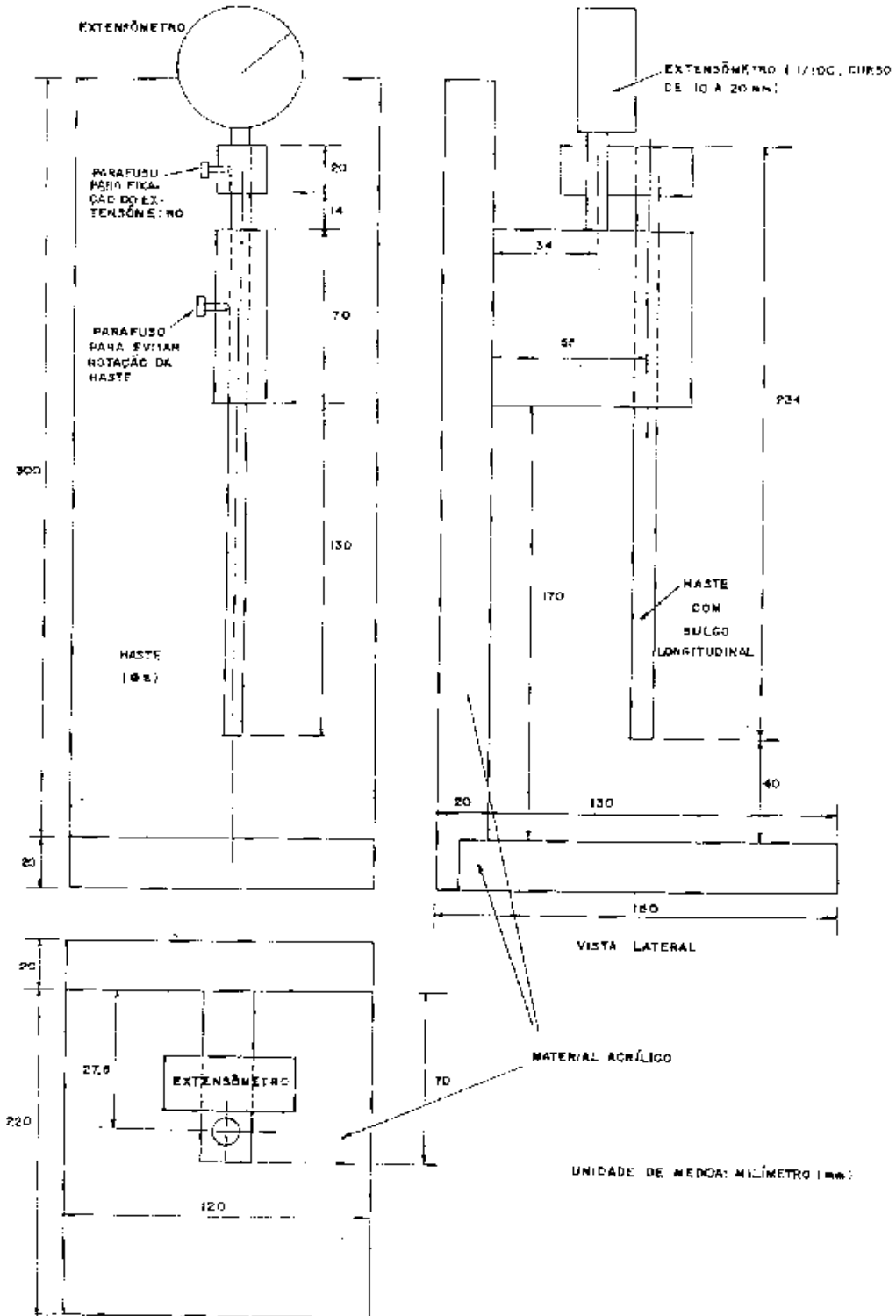
DNER-ME 258/94

Página 13 de 16

ANEXO NORMATIVO A-4



ANEXO NORMATIVO A-5





Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV

Norma Rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 258/94

Página 16 de 16

ANEXO NORMATIVO B-2

