



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA EXECUTIVA

INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS
Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-000
Tel/fax: (21) 3545-4756

Out/2009

NORMA DNIT 113/2009 - ME

**Pavimentação rodoviária – Agregado artificial –
Avaliação do potencial de expansão de escória de
aciaria - Método de ensaio**

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.000.513/2009-14

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 20/10/2009.

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:

Agregado artificial, escória, expansão

**Nº total de
páginas**

12

Resumo

Este método de ensaio descreve a determinação do potencial de expansão da escória de aciaria, quando compactada e testada em laboratório.

Abstract

This test method describes the determination of the potential for expansion of the steelmaking slag when compacted and tested in the laboratory.

Sumário

Prefácio	1
1. Objetivo	1
2. Referências Normativas	1
3. Aparelhagem	1
4. Amostra	2
5. Ensaio.....	3
6. Procedimentos.....	3
7. Cálculos.....	3
Anexo A (Normativo).....	5
Anexo B (Informativo).....	11
Índice geral.....	12

Prefácio

Esta Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX para estabelecer a sistemática a ser empregada no controle da qualidade de escória de aciaria.

Está formatada em conformidade com a Norma DNIT 001/2009-PRO - Elaboração e apresentação de normas

do DNIT- Procedimento.

1. Objetivo

Estabelecer a sistemática a ser empregada na determinação do potencial de expansão para escória de aciaria.

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).

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER 049/94 - ME* – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- b) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT 001/2009 – PRO* - Elaboração e apresentação de normas do DNIT - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

3. Aparelhagem

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) conjunto de bronze ou latão, constituído de molde cilíndrico com 15,20 cm de diâmetro interno e 17,80 cm de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com 5,00 cm de altura, com entalhe inferior interno em meia espessura, e prato de base perfurado com 24,00 cm de diâmetro, com

- dispositivo para fixação do molde cilíndrico antes referido (Figura 1, do Anexo A);
- b) disco espaçador maciço, de aço, com 15,00 cm de diâmetro e 6,40 cm de altura (Figura 2, do Anexo A);
- c) soquete cilíndrico de bronze ou latão, para compactação, face inferior plana, de altura de queda de 45,70 cm, com 4,50 kg de peso e 5,00 cm de diâmetro de face inferior (Figura 3, do Anexo A);
- d) prato perfurado de bronze ou latão, com 14,90 cm de diâmetro e 0,50 cm de espessura, com haste central de bronze ou latão, ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente e recartilhada externamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro (Figura 4, do Anexo A);
- e) tripé porta-extensômetro, de bronze ou latão, com dispositivo para fixação do extensômetro (Figura 5, do Anexo A);
- f) disco anelar de aço, para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes, com 2,27 kg de peso total, com diâmetro externo de 14,90 cm e diâmetro interno de 5,40 cm (Figura 6, do Anexo A);
- g) extensômetro, com curso mínimo de 10 mm, com graduações de 0,01 mm, ou digital;
- h) prensa, para determinação do Índice de Suporte Califórnia (Anexo A - Figura 7) composta de:
- quadro formado por base e travessa de ferro fundido e 4 (quatro) tirantes de aço, apresentando a travessa um entalhe inferior para suspensão de um conjunto dinamométrico;
 - macaco de engrenagem, de operação manual, por movimento giratório de uma manivela, com duas velocidades, acompanhado de um prato reforçado ajustável ao macaco, com 24 cm de diâmetro, para suportar o molde;
 - conjunto dinamométrico com capacidade para 4 000 kg, sensível a 2,5 kg, constituído por: anel de aço com dimensões compatíveis com a carga acima apresentada, com dispositivo para se fixar ao entalhe da travessa; extensômetro com graduações de 0,001 mm, fixado ao centro do anel, para medir encurtamento diametrais; pistão de penetração (Figura 8 do Anexo A), de aço, com 4,96 cm de diâmetro e com uma altura de cerca de 19 cm, variável conforme as condições de ensaio, fixo à parte inferior do anel; e extensômetro com graduações em 0,01 mm, com curso maior que 12,70 mm, fixo lateralmente ao pistão, de maneira que seu pino se apoie na borda superior do molde;
- i) extrator de amostras do molde cilíndrico, para funcionamento por meio de macaco hidráulico, com movimento alternativo de uma alavanca;
- j) balde de chapa de ferro galvanizado, com capacidade de cerca de 20 litros, com fundo de diâmetro mínimo de 25 cm;
- l) papel de filtro, circular, de cerca de 15 cm de diâmetro;
- m) balança, com capacidade para 20 kg, sensível a 5 g;
- n) estufa, capaz de manter a temperatura entre 105 e 110 °C, com circulação interna de ar;
- o) repartidor de amostras, de 1,3 a 2,5 cm de abertura;
- p) peneiras metálicas de malhas quadradas, de caixilho circular, diâmetro de 205 mm, com aberturas nominais de 19 mm e 4,8 mm;
- q) almofariz e mão de gral, recobertas por borracha, com capacidade de 5,0 kg de solo;
- r) pá de mão, com lâmina metálica, arredondada e cabo de madeira;
- s) bandeja metálica, com capacidade para mistura de 7000 g de material.

4. Amostra

- 4.1 A amostra recebida deve ser seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada e reduzida com o auxílio do repartidor de amostras ou por quarteamento, até obtenção de amostra representativa de 6 000 g, para solos siltosos ou argilosos e 7 000 g, para os arenosos ou pedregulhosos.

4.2 Passar esta amostra representativa na peneira de 19 mm; havendo material retido nesta peneira, proceder a substituição do mesmo por igual quantidade, em peso, do material passando na peneira de 19 mm e retido na peneira de 4,8 mm, obtido de outra amostra representativa, conforme a subseção 4.1.

4.3 Repetir as operações referidas nas subseções 4.1 e 4.2 tantas vezes quantos corpos-de-prova tiverem de ser moldados, geralmente cinco.

5. Ensaio

5.1 Determinar a curva de umidade ótima e densidade máxima, de acordo com a Norma DNIT 049/94-ME, observando, entretanto, que a escória deve ser compactada em três camadas iguais com 56 golpes por camada, com molde, soquete e disco espaçador, como especificado anteriormente na seção 3, e que as amostras só podem ser usadas para teste de expansão.

5.2 Moldar três corpos de prova, sendo um no ramo seco, outro no ramo úmido e o terceiro na umidade ótima ou próxima, que devem ser usados no teste de potencial de expansão.

5.3 Colocar um disco de papel de filtro grosso na placa de base perfurada, inverter o molde com a escória compactada, como obtida na subseção 5.2, fixando-o na placa de base perfurada, de maneira que o papel de filtro fique em contato com a escória.

5.4 Colocar a haste ajustável e a placa perfurada na amostra de escória compactada. Aplicar pesos para produzir sobrecarga de 10 lb (4,542 kg). Submergir o molde e os pesos em água pré-aquecida a 100 °F (38 °C), permitindo livre acesso da água por cima e por baixo da amostra.

5.5 Colocar a amostra submersa numa posição nivelada na estufa, à temperatura de 71 ± 3 °C.

5.6 Ajustar o tripé no colar de extensão e colocar o dial do extensômetro na leitura zero. O dial do extensômetro deve ser estabelecido de forma que seu pistão não seja muito estendido. Isto deve permitir medidas de assentamento ou consolidação inicial da amostra.

6. Procedimentos

6.1 Anotar a medida inicial, tomada 30 minutos após

a colocação da amostra na estufa à temperatura de 160 ± 5 °F (71 ± 3 °C). Esta medida é a leitura básica e permite a expansão térmica dos aparelhos de teste.

6.2 As medidas devem ser anotadas, no mínimo, uma vez por dia (preferência à mesma hora do dia), por um período de 7 dias.

6.3 Adicionar água suficiente para que a amostra de teste permaneça completamente submersa. Esta água deve ser adicionada duas horas antes da leitura do dia.

6.4 Após o período de sete dias, a água deve ser parcialmente removida do recipiente, mantendo a amostra na estufa à temperatura de 71 ± 3 °C. A condição de saturação (não submersa) deve ser mantida por mais sete dias.

6.5 As medidas da expansão devem continuar, como descrito na subseção 6.2, e não devem ser anotadas antes de 2 horas após adição de água na amostra.

6.6 Um mínimo de 500 cc de água deve ser adicionado à parte de cima da amostra todos os dias, de modo que esta se mantenha completamente saturada.

6.7 Após estas duas semanas de expansão, desmanchar cuidadosamente a amostra de teste, verificando se houve alguma formação cristalina na superfície das partículas da escória.

7. Cálculos

7.1 Porcentagem de Expansão Volumétrica

A porcentagem de expansão volumétrica deve ser calculada dividindo-se a diferença entre a leitura do extensômetro após 14 dias da condição de submersão (L_f) e a leitura inicial (L_i), pela altura inicial da amostra de 116,4 mm.

$$\% \text{Exp.} = \frac{(L_f - L_i)}{116,4} \times 100$$

7.2 Taxa de Expansão

A taxa de expansão é a curva do tempo em dias (eixo x) versus a porcentagem de expansão (eixo y) mostrada na figura 9 do Anexo A.

Os ramos da curva desenvolvida durante as

condições de submersão e não submersão devem ser claramente indicados e as taxas de expansão devem ser calculadas em separado, para cada ramo da curva.

7.3 Porcentagem de expansão volumétrica total

É calculada pela leitura do extensômetro após 14 dias da condição de submersão menos a leitura de base do extensômetro, dividida pela leitura inicial da amostra de 116,4 mm.

_____ / Anexo A

Anexo A (Normativo) – Figuras 1 a 9

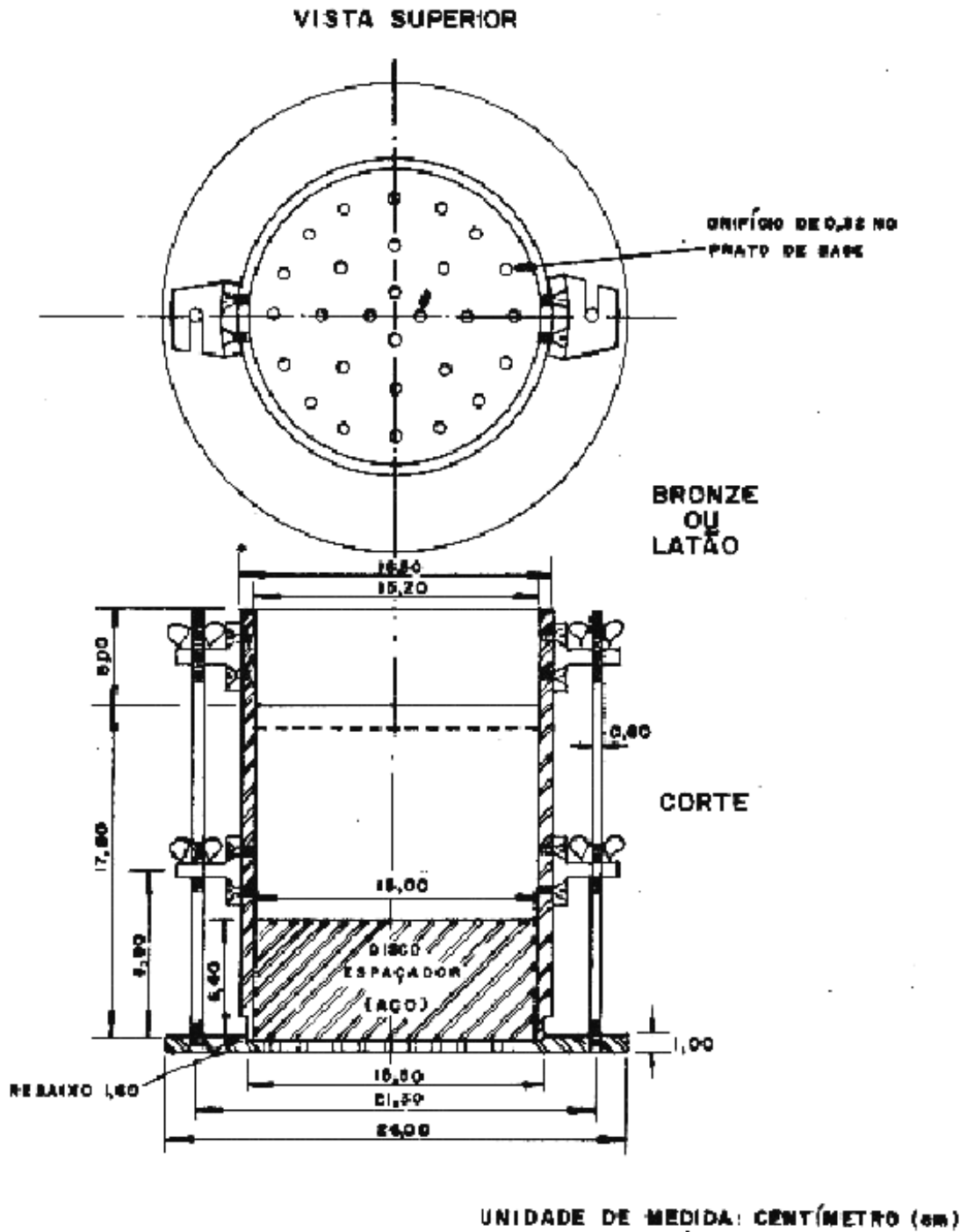


Figura 1 – Molde cilíndrico, cilíndrico complementar e base metálica

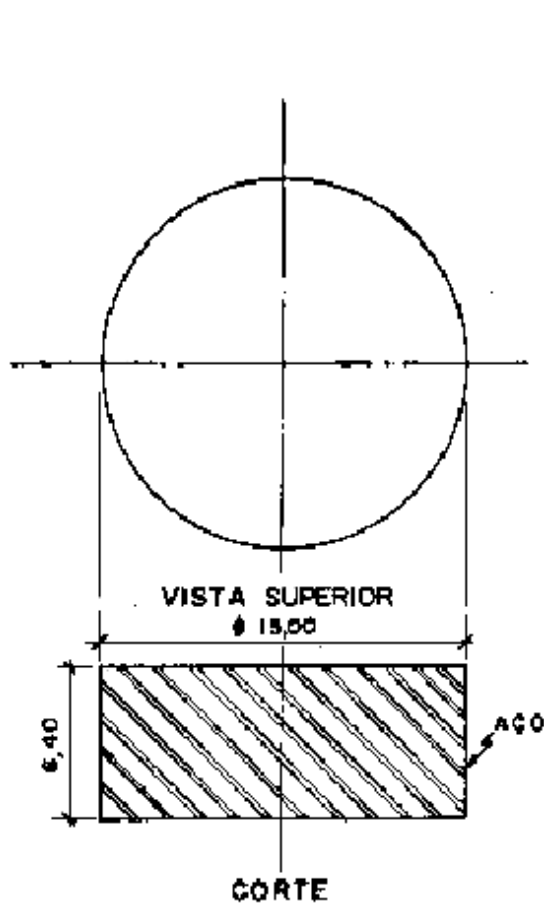


Figura 2 – Disco espaçador

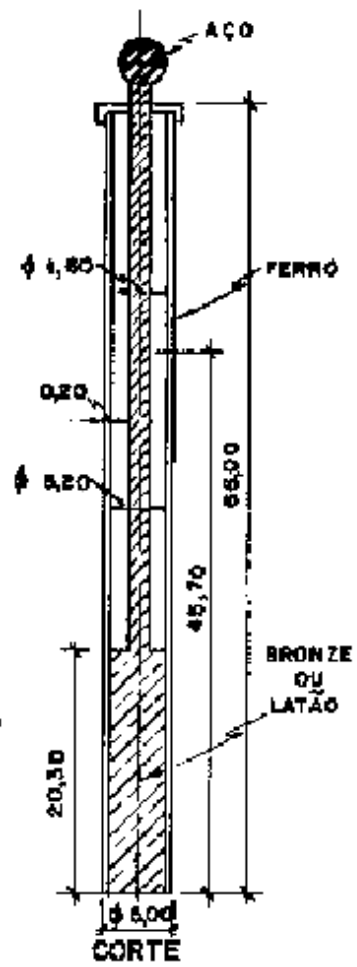


Figura 3 – Soquete

UNIDADE DE MEDIDA - CENTÍMETRO (cm)

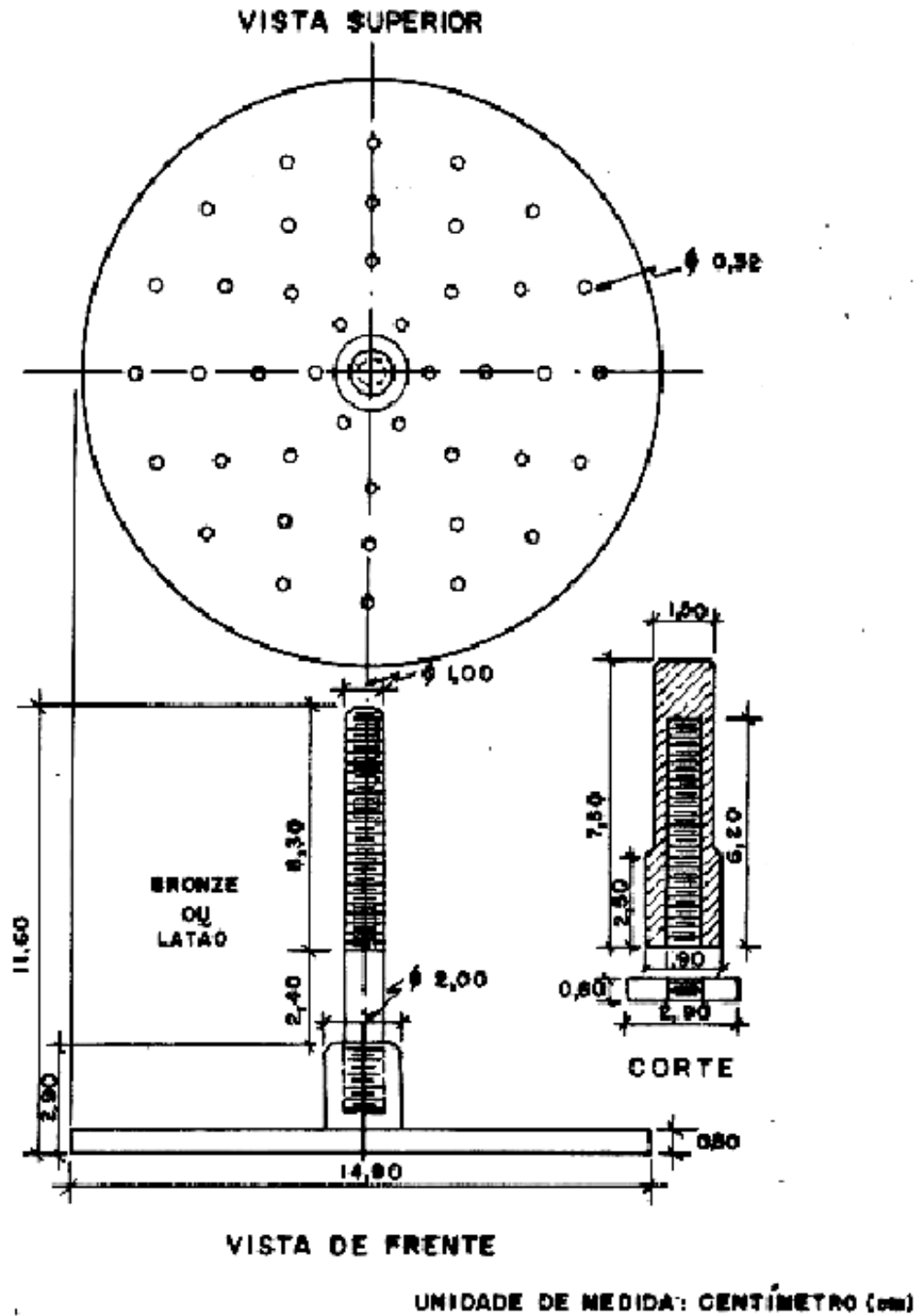


Figura 4 – Prato perfurado com haste ajustável

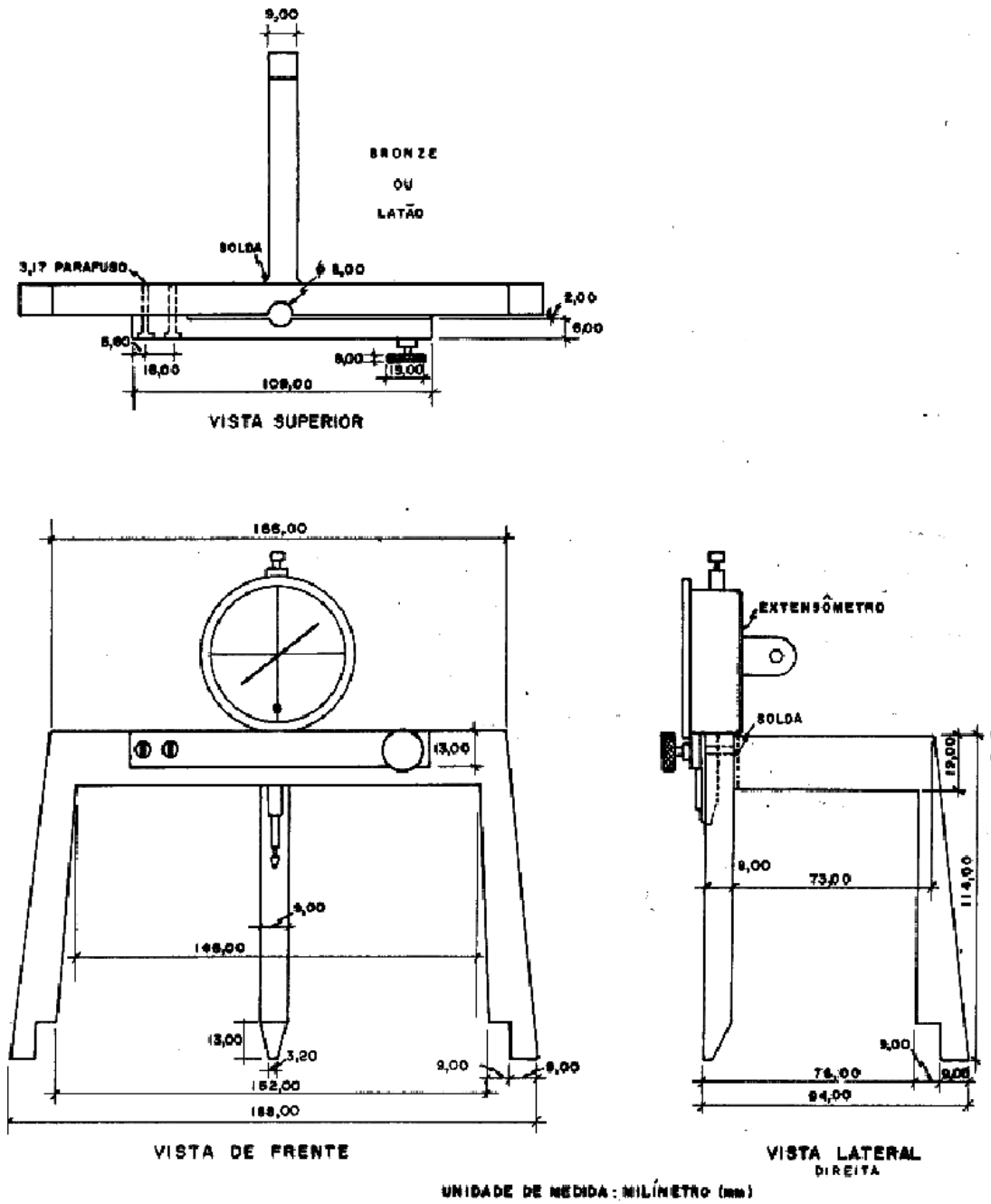


Figura 5 – Tripé porta – extensômetro

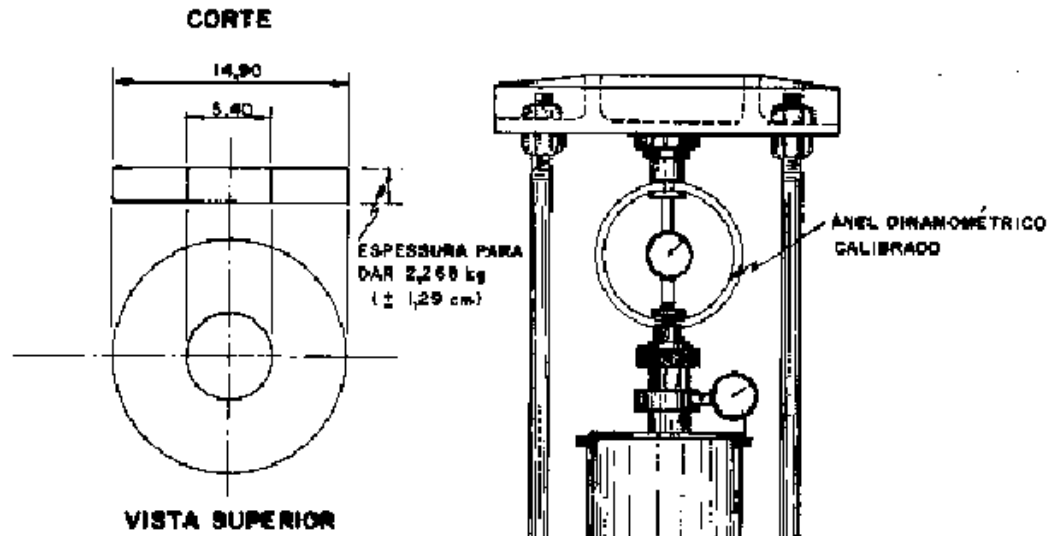


Figura 6 – Disco anelar

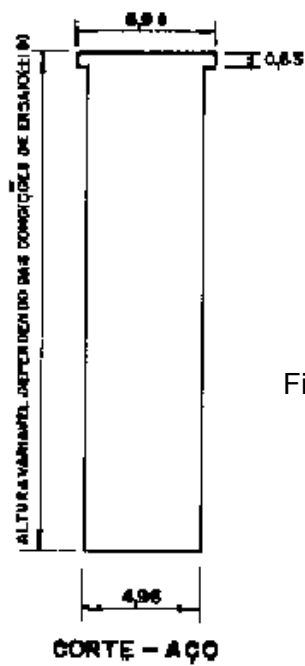


Figura 8 – Pistão de penetração

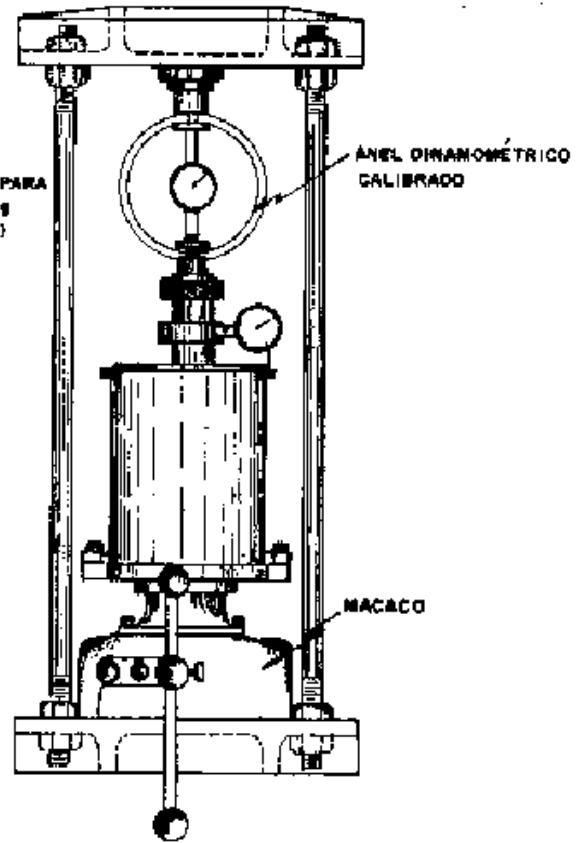


Figura 7 – Prensa para determinação do I.S.C

UNIDADE DE MEDIDA : CENTÍMETRO (cm)

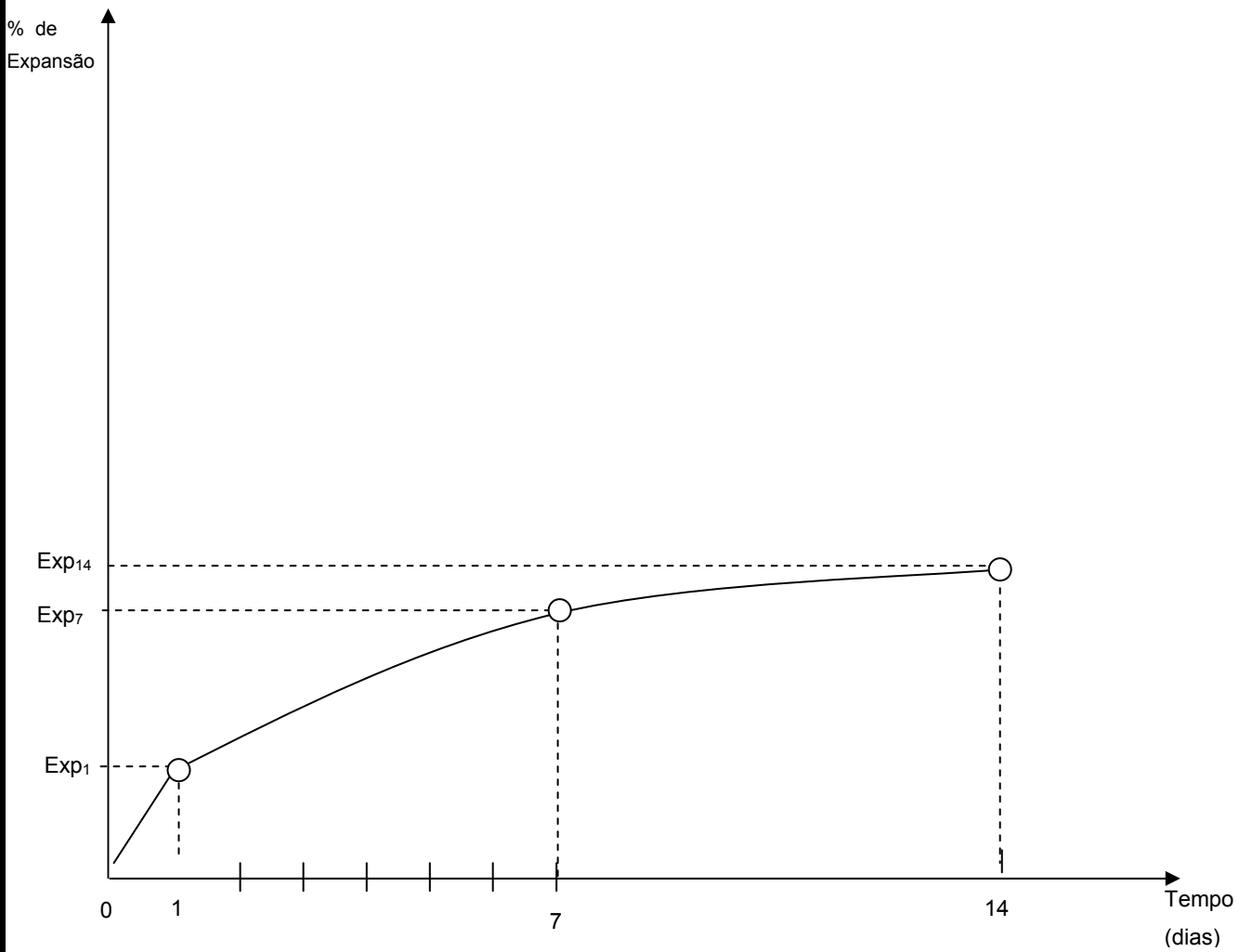


Figura 9 – Taxa de Expansão

Anexo B (Informativo)**Bibliografia**

MINAS GERAIS. Departamento de Estradas de Rodagem. *Método de ensaio para avaliação do potencial de expansão de escória de aciaria: método de ensaio*. Belo Horizonte, 1982. (DER-MG. Recomendação técnica, 01.70).

_____ /Índice geral

Índice geral

Abstract		1	Porcentagem de Expansão		
Amostra	4	2	Volumétrica	7.1	3
Anexo A (Normativo)			Porcentagem de Expansão		
Figuras 1 a 9		5	Volumétrica Total	7.3	4
Anexo B (Informativo) Bibliografia		11	Prefácio		1
Aparelhagem	3	1	Procedimentos	6	3
Cálculos	7	3	Referências Normativas	2	1
Ensaio	5	3	Resumo		1
Índice geral		12	Sumário		1
Objetivo	1	1	Taxa de Expansão	7.2	3
