ME-2

MÉTODOS DE ENSAIO
GRÃOS DE SOLOS QUE PASSAM NA PENEIRA DE 4,8 MM – DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA

DOCUMENTO DE CIRCULAÇÃO EXTERNA

ÍNDICE **PÁG.**

1. INTRODUÇÃO 3

2. OBJETIVO 3

3. REFERÊNCIAS E NORMAS COMPLEMENTARES 3

4. APARELHAGEM 4

5. EXECUÇÃO DO ENSAIO 5

6. RESULTADOS 8

1. INTRODUÇÃO

Este método de ensaio adotado pela PCR tem por base a norma NBR 6508 de Outubro/84 da ABNT.

2. OBJETIVO

Este método prescreve o procedimento de determinação da massa específica dos grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm, por meio de picnômetro, através da realização de pelo menos dois ensaios.

3. REFERÊNCIAS E NORMAS COMPLEMENTARES

Na aplicação deste método é necessário consultar:

- ME-1 - Métodos de Ensaios - Preparação de amostras de solo para ensaio de compactação e ensaios de caracterização, da PCR;
- NBR-NM-ISO 2395:97 – Peneiras de Ensaio e Ensaio de Peneiramento – Vocabulário;
- NBR-NM-ISO 3310-1:97 – Peneiras de Ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação – Parte 1 – Peneiras de Ensaio com Tela de Tecido Metálico;
- NBR-NM-ISO 3310-2:97 – Peneiras de Ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação – Parte 2 – Peneiras de Ensaio com Chapa Metálica Perfurada.

4. APARELHAGEM

A aparelhagem ou dispositivo com o qual se executa o ensaio é o que se segue:

a) Estufa capaz de manter a temperatura entre 60 e 65°C e entre 105 e 110° C;

b) Aparelho de dispersão (Figura 1), com hélices metálicas substituíveis (Figura 2) e copo munido de chicanas metálicas (Figura 3);

c) Picnômetro de 500 ou 1000 cm^3, calibrado a 20°C, com a respectiva curva de calibração (variação da massa do picnômetro cheio de água, até a marca da referência, em função da temperatura);

d) Bomba de vácuo com registros, vacuômetro e conexões, capaz de aplicar um vácuo de 88 kPa (66 cm de Hg a 0°C), para remoção do ar aderente às partículas do solo;

e) Termômetro graduado em 0,1°C, de 0 a 50°C;

f) Balança que permita pesar nominalmente até 1,5 kg, com resolução de 0,01 g e sensibilidade compatível;

g) Funil de vidro;

h) Conta-gotas.

4.1 CALIBRAÇÃO DO PICNÔMETRO

Na calibração do picnômetro, observar que:

a) Seja utilizada água destilada e se aplique vácuo de, no mínimo, 88 kPa (66 cm de Hg a 0°C) ao conjunto picnômetro + água destilada, durante dois intervalos de tempo de 15 min cada, sendo que, no primeiro intervalo, a água destilada deve ocupar cerca de metade do picnômetro e, no segundo, o nível deve estar cerca de 1 cm abaixo da base do gargalo, antes do início da calibração;

b) As massas sejam determinadas com resolução de 0,01 g e as temperaturas com resolução de 0,1°C;

c) As curvas de calibração permitam a obtenção de valores com resolução de 0,01 g.

5. EXECUÇÃO DO ENSAIO

a) Na preparação da amostra para o ensaio, tomar cerca de 250 g da amostra preparada de acordo com o disposto nos Métodos de Ensaio - ME-1, da PCR,
correspondente à norma NBR 6457 da ABNT. A quantidade restante é utilizada para o segundo ensaio;

b) Homogeneizar a amostra e pesar, com resolução de 0,01 g, quantidade tal que a massa seca esteja em torno de 50 g para solos argilosos e siltosos, e de 60 g para solos arenosos, quando for empregado picnômetro de 500 cm^3, e anotar a massa como M_1.

Quando o ensaio for realizado com picnômetro de 1000 cm^3, as quantidades de material a serem tomadas são aproximadamente o dobro;

c) Colocar a amostra a ser ensaiada em cápsula com água destilada em quantidade suficiente para completa imersão do material, durante 12 h, no mínimo;

d) Com o restante do material efetuar a determinação da umidade, de acordo com o disposto nos Métodos de Ensaio - ME-1, da PCR, correspondente à norma NBR-6457 da ABNT;

e) Transferir a amostra para o copo de dispersão, lavando-se a cápsula com água destilada para completa remoção do material, e tomando a precaução de evitar perda do mesmo;

f) Acrescentar água destilada até cerca de metade do volume do copo e dispersar durante 15 min;

g) Transferir a amostra para o picnômetro, com auxílio do funil de vidro, lavando-se o copo de dispersão e o funil com água destilada para completa remoção do material, tomando a precaução de evitar perda do mesmo;

h) Adicionar água destilada até cerca de metade do volume do picnômetro. A seguir, aplicar vácuo de, no mínimo, 88 kPa (66 cm de Hg a 0°C), durante pelo menos 15 min, agitando o picnômetro em intervalos regulares de tempo;

i) Acrescentar água destilada até cerca de 1 cm abaixo da base do gargalo, e aplicar a pressão de vácuo já referida durante o mesmo intervalo de tempo. No caso de não se obter a remoção total do ar aderente às partículas de determinados tipos de solo, deve-se colocar o picnômetro em banho-maria durante 30 min, no mínimo, adicionando água destilada para compensar a evaporação;

j) Adicionar água destilada até cerca de 1 cm abaixo da marca do picnômetro;

k) Deixar, em seguida, o picnômetro em repouso até que a temperatura do mesmo se equilibre com a do ambiente;

l) Com o auxílio de um conta-gotas. adicionar água destilada no picnômetro até que a base do menisco coincida com a marca de referência;

m) Enxugar a parte externa do picnômetro e a parte interna do gargalo acima do menisco;

n) Pesar o conjunto picnômetro + solo + água, com resolução de 0,01 g, e anotar como M^2;

o) Determinar, logo a seguir, com resolução de 0,1°C, a temperatura T do conteúdo do picnômetro. Com esse valor, obter na curva de calibração correspondente, com resolução de 0,01 g, a massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência, e anotar como M^3;

p) Calcular a massa específica dos grãos do solo utilizando a fórmula:

$$\delta = \frac{M_1 . 100/(100+h)}{[M_1 . 100/(100+h)] + M_3 - M_2} \delta_T$$

onde:

δ = massa específica dos grãos do solo, em g/cm^3

M_1 = massa do solo úmido.

M_2 = massa do picnômetro + solo + água, na temperatura T de ensaio.

M_3 = massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência, na temperatura T de ensaio.

h = umidade inicial da amostra.

δ_T = massa específica da água, na temperatura T de ensaio, obtida no Quadro 1.

6. RESULTADOS

a) Considerar os ensaios satisfatórios quando os seus resultados não diferirem de 0,02 g/cm³;

b) O resultado final, média obtida de pelo menos dois ensaios considerados satisfatórios conforme alínea a, deve ser expresso com três algarismos significativos, em g/cm³;

c) Deve ser indicado o processo de preparação da amostra (com secagem prévia ao ar ou sem secagem prévia).

Quadro 1
Massa específica da água, em g/cm3 entre 0°C e 40°C

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
1	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
2	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
4	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
6	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
7	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999
8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998
9	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9997	0,9997
10	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9996
11	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	0,9995	0,9995
12	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9994	0,9994	0,9994
13	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9993	0,9993	0,9993	0,9993	0,9993
14	0,9993	0,9993	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	0,9991
15	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990	0,9990
16	0,9990	0,9990	0,9989	0,9989	0,9989	0,9989	0,9989	0,9989	0,9988	0,9988
17	0,9988	0,9988	0,9988	0,9987	0,9987	0,9987	0,9987	0,9987	0,9987	0,9986

Quadro 1 (continuação)

Massa específica da água, em g/cm3 entre 0°C e 40°C

°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
18	0,9986	0,9986	0,9986	0,9986	0,9985	0,9985	0,9985	0,9985	0,9985	0,9985
19	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984	0,9984	0,9983	0,9983	0,9983	0,9983	0,9983
20	0,9982	0,9982	0,9982	0,9982	0,9981	0,9981	0,9981	0,9981	0,9981	0,9980
21	0,9980	0,9980	0,9980	0,9980	0,9979	0,9979	0,9979	0,9979	0,9978	0,9978
22	0,9978	0,9978	0,9978	0,9977	0,9977	0,9977	0,9977	0,9976	0,9976	0,9976
23	0,9976	0,9975	0,9975	0,9975	0,9975	0,9974	0,9974	0,9974	0,9974	0,9974
24	0,9973	0,9973	0,9973	0,9973	0,9972	0,9972	0,9972	0,9972	0,9971	0,9971
25	0,9971	0,9970	0,9970	0,9970	0,9970	0,9969	0,9969	0,9969	0,9969	0,9968
26	0,9968	0,9968	0,9968	0,9967	0,9967	0,9967	0,9967	0,9966	0,9966	0,9966
27	0,9965	0,9966	0,9966	0,9966	0,9964	0,9966	0,9966	0,9963	0,9963	0,9963
28	0,9963	0,9962	0,9962	0,9962	0,9961	0,9961	0,9961	0,9961	0,9960	0,9960
29	0,9960	0,9959	0,9959	0,9959	0,9959	0,9958	0,9958	0,9958	0,9957	0,9957
30	0,9957	0,9956	0,9956	0,9956	0,9956	0,9955	0,9955	0,9955	0,9954	0,9954
31	0,9954	0,9953	0,9953	0,9953	0,9952	0,9952	0,9952	0,9951	0,9951	0,9951
32	0,9951	0,9950	0,9950	0,9950	0,9949	0,9949	0,9949	0,9948	0,9948	0,9948
33	0,9947	0,9947	0,9947	0,9946	0,9946	0,9946	0,9945	0,9945	0,9945	0,9944
34	0,9944	0,9944	0,9943	0,9943	0,9943	0,9942	0,9942	0,9942	0,9941	0,9941
35	0,9941	0,9940	0,9940	0,9940	0,9939	0,9939	0,9939	0,9938	0,9938	0,9937
36	0,9937	0,9937	0,9936	0,9936	0,9936	0,9935	0,9935	0,9935	0,9934	0,9934
37	0,9934	0,9933	0,9933	0,9932	0,9932	0,9932	0,9931	0,9931	0,9931	0,9930
38	0,9930	0,9930	0,9929	0,9929	0,9928	0,9928	0,9928	0,9927	0,9927	0,9927
39	0,9926	0,9926	0,9925	0,9925	0,9925	0,9924	0,9924	0,9924	0,9923	0,9923
40	0,9922									

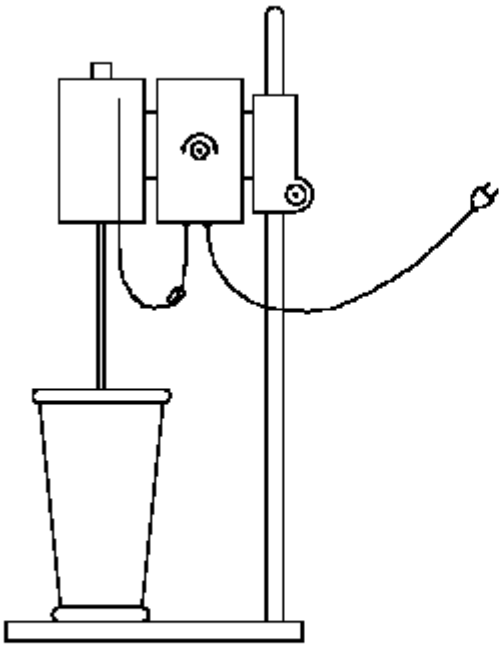

Figura 1
Aparelho de dispersão

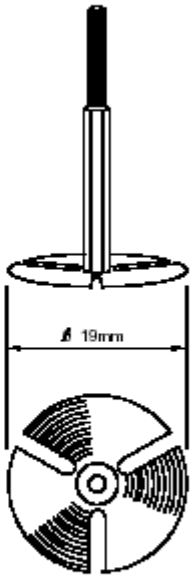

Figura 2
Detalhe de hélice

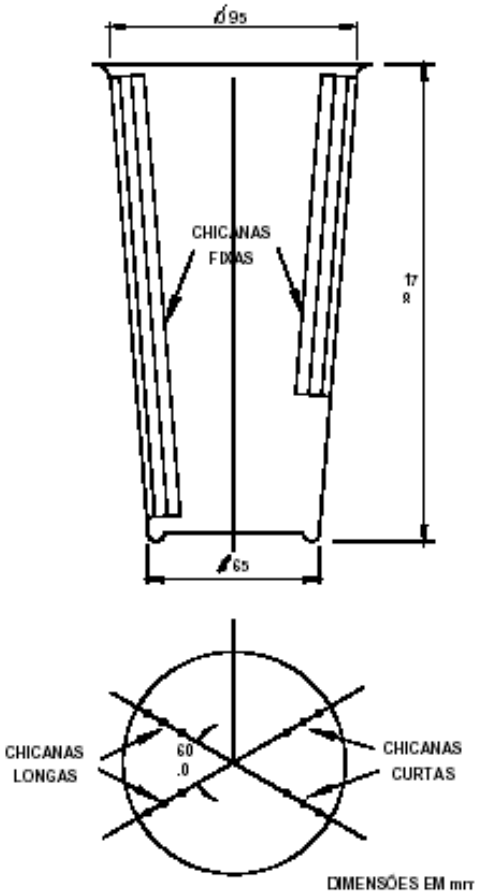

Figura 3
Copo de dispersão