



# DETERMINAÇÃO DA GRANULOMETRIA

## 1. Objetivo

Determinar as dimensões das partículas e suas proporções relativas de ocorrência de forma a se obter o traçado da curva granulométrica de um determinado solo.

A curva granulométrica apresenta intervalos de variação do tamanho das partículas de cada um dos solos, sendo utilizada na classificação textural dos solos. Ela permite também, obter valores de diâmetros necessários ao cálculo de parâmetros como os coeficientes de uniformidade e curvatura do solo.

## 2. Métodos de Determinação

Existem dois ensaios para a determinação da granulometria dos solos. Em um deles faz-se o peneiramento grosso e o fino. No outro, realiza-se uma sedimentação em água destilada.

- a) Método do Peneiramento: Separa as partículas até a dimensão de 0,074 mm.
- b) Método da Sedimentação em água destilada: para as partículas menores que 0,074.

O ensaio pode ser realizado de até três maneiras diferentes;

- Apenas o peneiramento para o material granular;
- Sedimentação para solos finos;

-Análise granulométrica conjunta, que compreende tanto o peneiramento quanto a sedimentação (solos com partículas grossas e finas).

## 3. Referências

- NBR 7181 – ABNT – “Solo – Análise granulométrica”
- NBR 5734 – ABNT – “Peneiras para ensaio – Especificação”
- NBR 6457 – ABNT – “Amostras de Solo – Preparação para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização”.

## 4. Equipamentos e acessórios

- Série de peneiras (Tyler);
- Peneirador “Ro-Tap”;
- Balança para 1 Kg, sensível a 0,1 g;
- Cápsula de porcelana ou metálica;
- Estufa que mantenha temperatura entre 105° e 110°C;
- Balança para 200 g sensível a 0,01g;
- Proveta de vidro graduada até 1.000 ml;
- Becker;
- Cápsula de porcelana ou metálica;
- Dispensor com copo de chicanas finas;
- Cronômetro com precisão de 1 segundo;



- Solução Hexametáfosfato de sódio;
- Densímetro de bulbo simétrico, calibrado a 20o C, graduado em 0,001, de 0,995 a 1,050;
- Termômetro até 50° C, graduado em 1° C;
- Baqueta de vidro;
- Escova com cerdas metálicas;
- Pinça metálica.

## 5. Amostra

- Peneiramento grosso: até a peneira N° 10
- Peneiramento fino: da peneira N° 40 até a peneira N° 200
- Sedimentação: a partir da peneira N° 200
- As séries das peneiras estão de acordo com a tabela abaixo:

Peneiras	3½"	3"	2½"	2"	1½"	1"	¾"	½"	3/8"	4	10	40	80	200
mm	88,9	76,2	63,3	50,8	38,1	25,4	19,1	12,7	9,5	4,8	2,0	0,42	0,18	0,074

## 6. Procedimento

### 6.1 – Peneiramento Grosso

Trabalha-se com uma amostra representativa de solo, obtida do repartidor de amostras, passada no almofariz e destorroada.

Passa-se o material destorroado na peneira N° 10 (2,0 mm). O material que fica retido na peneira deverá ser lavado na própria peneira. Desta forma será retirado todo material fino aderente aos grãos do material retido. Transfere-se o material retido e lavado para uma das cápsulas numeradas e leva-se à estufa para secagem, durante um período de no mínimo 12 horas;

Procede-se ao peneiramento o material seco nas peneiras 38,1 – 25,4 – 19,1 – 9,5 – 4,8 e 2,00 mm de diâmetro. Pesam-se as frações do material retidas em cada peneira. Calculam-se as percentagens do material retido em cada uma das peneiras, em relação ao peso da amostra total seca.

### 6.2 – Sedimentação

Este método foi desenvolvido por Bouyoucos e Casagrande. Esta sedimentação é baseada na “Lei de Stokes” segundo a qual partículas num meio aquoso depositam-se com velocidades proporcionais aos seus diâmetros.

Do material que passa na peneira N° 10 (2,00 mm) retira-se cerca de 70 g, no caso de solos argilosos ou 120 gramas, no caso de solos arenosos e siltosos. Coloca-se o material em um Becker, adicionando 125 cm<sup>3</sup> da solução de hexametáfosfato de sódio com concentração de 45,7 g do sal para 1000 cm<sup>3</sup> de solução.

Para não reverter em ortofosfato de sódio a solução de hexametáfosfato de sódio deve ser tamponada com carbonato de sódio até que a mesma atinja um ph entre 8 e 9 (outros defloculantes podem ser usados no lugar do hexametáfosfato de sódio).

Deixa-se em repouso por 12 horas, no mínimo. Após as 12 horas, transfere-se toda a mistura para o copo do dispersor, removendo-se com água destilada. Submete-se a mistura à ação do



dispersor, por aproximadamente 15 minutos, após isso, transfere-se o material do dispersor para uma proveta graduada e junta-se água destilada até atingir a marca de 1000 ml. tapa-se a boca da proveta com a palma da mão e com o auxílio da outra, agita-se, durante 1 minuto, de tal forma que a boca da proveta passe de cima para baixo e vice-versa.

Imediatamente após a agitação, coloca-se a proveta sobre uma bancada, dispara-se o cronômetro e anota-se à hora exata do início da sedimentação.

Mergulha-se o densímetro na proveta, fazem-se as leituras correspondentes aos tempos de 30 segundos, 1 minuto e 2 minutos, retira-se o densímetro e mede-se a temperatura da suspensão. Fazem-se as leituras subseqüentes de 4, 8, 15, 30 minutos e 1, 2, 4, 8 e 24 horas (anotando-se as temperaturas).

Tem-se o cuidado de retirar o densímetro da proveta de água e colocar na dispersão cerca de 20 segundos antes de cada leitura, de modo que estas sejam feitas com o densímetro estável na dispersão.

### 6.3 – Peneiramento Fino

Terminadas as leituras do ensaio de sedimentação despeja-se e lava-se a suspensão na peneira Nº 200 (0,074 mm), o material retido na peneira é transferido para uma cápsula e seco na estufa. O material seco é passado em um conjunto nas peneiras (1,2 – 0,6 – 0,42 – 0,30 – 0,15 e 0,074 mm de diâmetro) e levado ao peneirador “Ro-Tap” durante cerca de 5 minutos. Após a vibração pesam-se as proporções retidas em cada peneira.

## 7. Cálculos e Resultados

### Determinação do peso da amostra total seca:

- Calcula-se o peso do material retido na peneira Nº 10 somando-se os pesos dos materiais retidos nas peneiras de peneiras 38,1 – 25,4 – 19,1 – 9,5 – 4,8 e 2,00 mm de diâmetro;
- Subtrai-se do peso total das amostras úmida, o peso do material retido na peneira Nº 10 (2,00 mm);
- Multiplica-se a diferença encontrada pelo fator de correção  $f = 100 / (100 + h)$ , onde h é a umidade higroscópica do solo (umidade da porção mais fina);
- Soma-se o produto obtido ao peso do material retido na peneira Nº 10 e obtém-se o peso da amostra seca total.

Determina-se o peso total da amostra seca pela seguinte relação:

$$P_s = \frac{(P_t - P_g)}{100 + h} 100 + P_g$$

Onde:

$P_s$  = Peso total da amostra seca;

$P_t$  = Peso total da amostra seca ao ar;

$P_g$  = Peso do material retido na peneira Nº 10;

H = Umidade higroscópica do material passado na peneira Nº 10.

As percentagens do material que passa nas peneiras 50; 38; 25; 19; 12; 9; 5; 4,8 e 2,00 mm (peneiramento grosso) são calculadas pela expressão:



$$Qg = \frac{Ps - Pt}{Ps} 100$$

Onde:

Qg = Percentagem do material passado em cada peneira;

Ps = Peso total da amostra seca;

Pt = Peso do material retido acumulado.

Percentagem dos materiais do peneiramento fino:

- As percentagens dos materiais retidos em cada uma das peneiras mencionadas acima são calculadas em relação ao peso da amostra parcial seca:

$$Qf = \frac{Ph 100 - Pi * (100 + h)}{Ph 100} N$$

Onde:

Qf = Percentagem dos materiais que passam em cada peneira;

Ph = Peso da amostra parcial úmida;

Pi = Peso do material retido acumulado em cada peneira;

Ph = Peso da amostra parcial úmida;

N = Percentagem que passa na peneira N° 10 (2,00 mm);

h = Umidade higroscópica do material.

Diâmetro da partícula do solo em suspensão:

- Pode ser calculado pelo Nomograma de Casa grande ou pela “Lei de Stokes”.

$$\text{Lei de Stokes: } d = \frac{\sqrt{1800\eta}}{\sqrt{\gamma - \gamma_d}} (\sqrt{a}/\sqrt{t})$$

Onde:

d = Diâmetro máximo das partículas;

$\eta$  = Coeficiente de viscosidade do meio dispersor, à temperatura de ensaio em g.s/cm<sup>2</sup>;

a = Altura de queda das partículas, com resolução de 0,1 cm, correspondente a leitura do densímetro (cm);

t = Tempo de sedimentação (segundo);

$\gamma$  = Peso específico dos grãos do solo (g/cm<sup>3</sup>);

$\gamma_d$  = Peso específico do meio dispersor em g/cm<sup>3</sup> = 1,00 g/cm<sup>3</sup> (água).

Percentagens do material em suspensão:

- Referidas à massa total da amostra:

$$Q = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_d} \cdot \frac{V \cdot \gamma_d \cdot (L - L_d)}{\frac{Ph}{(100 + h)} \cdot 100}$$



Onde:

V = Volume da suspensão;

Ph = Peso do material úmido usado na sedimentação;

L = Leitura do densímetro na suspensão;

Ld = Leitura do densímetro no meio dispersor;

N = Percentagem do material que passa na peneira N° 10;

$\gamma$  = Peso específico dos grãos do solo ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\gamma_d$  = Peso específico do meiodispersor em  $\text{g}/\text{cm}^3 = 1,00 \text{g}/\text{cm}^3$  (água);

Lc = Leitura corrigida do densímetro (cm);

Ps = Peso da amostra parcial seca (g).

## 8. Anexos



Figura 1: Proveta, Densímetro e Dispersor



Figura 2. Jogo de Peneira