

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo  
Departamento de Transporte e Obras de Terra

# ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SOLOS

## MECÂNICA DOS SOLOS

Prof. Dr. Edson de Moura  
1º. Semestre 2024

1

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

### Forma das partículas

- ESFÉRICA
  - Arredondadas
  - Angulares
- LAMELARES
- FIBRILARES

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

4

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

A finalidade da realização do ensaio de granulometria é a de conhecer a distribuição granulométrica dos grãos do solo.

Pode-se atribuir algumas propriedades e também obter parâmetros dos solos através do ensaio de granulometria, o que ajuda a escolha do material apropriado para uma dada finalidade.

Conforme a presença de material mais granular no solo pode-se esperar que esse material apresente maior resistência quando utilizado como camada de um dado pavimento.

É comum também esperar que materiais com elevada porcentagem de areia apresente densidades maiores, comparativamente à materiais de granulação mais finas e ainda materiais de granulação mais grossa apresentam baixa expansibilidade.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

2

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

### Classificação dos solos baseados em critérios granulométricos

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas, com a norma ABNT NBR 6502/95 – Terminologia - Rochas e Solos, define como:

**Bloco de rocha** – Fragmentos de rocha transportados ou não, com diâmetro superior a 1,0 m.

**Matacão** – fragmento de rocha transportado ou não, comumente arredondado por intemperismo ou abrasão, com uma dimensão compreendida entre 200 mm e 1,0 m.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

5

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Por outro lado, solos com presença pronunciada de argila, normalmente apresentam baixa capacidade de suporte, elevada plasticidade, o que dificulta sua trabalhabilidade e, em solos com silte as densidades são ainda mais baixas e comumente está associado a elevado índice de expansão.

É raro encontrarmos um solo com apenas um único tipo de fração, normalmente encontram-se diversos tipos de minerais, o que implica em várias frações. Podendo conter ainda vários tamanhos de silte dentro da fração silte, valendo também para as frações argila e areia.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

3

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

### Classificação dos solos baseados em critérios granulométricos

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas, com a norma ABNT NBR 6502/95 – Terminologia - Rochas e Solos, define como:

**Pedra de mão** fragmento de rocha com diâmetro compreendido entre 60 mm e 200 mm.

**Pedregulho** – solos formados por minerais ou partículas de rocha, com diâmetro compreendido entre 2,0 e 60,0 mm. Quando arredondados ou semi arredondados, são denominados cascalhos ou seixos. Divide-se quanto ao diâmetro em: pedregulho fino – (2 a 6 mm), pedregulho médio (6 a 20 mm) e pedregulho grosso (20 a 60 mm)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

6

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Classificação dos solos baseados em critérios granulométricos**

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas, com a norma ABNT NBR 6502/95 – Terminologia - Rochas e Solos, define como:

Areia – solo não coesivo e não plástico formado por minerais ou partículas de rochas com diâmetros compreendidos entre 0,06 mm e 2,0 mm.

As areias de acordo com o diâmetro classificam-se em: areia fina (0,06 mm a 0,2 mm), areia média (0,2 mm a 0,6 mm) e areia grossa (0,6 mm a 2,0 mm).



Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

7

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Caráter laterítico**

Processo de formação de solos típicos de climas quentes e úmidos, que se caracteriza pela concentração eluvial de óxidos e hidróxidos de alumínio e ferro. Esta concentração aumenta em função da lixiviação da sílica ou da adição desses óxidos e hidróxidos, (Nogami 1985)

Com referência às resistências esperadas associadas às frações constituintes de um determinado solo, podem ocorrer incompatibilidades.

Um solo argiloso que apresenta certa quantidade de argila, não necessariamente a maior parte em massa, mas, sim quantidade suficiente para imprimir ao solo características argilosas (plasticidade).

Se o argilo-minerais contidos nesse solo contém elevada porcentagem de óxidos e hidróxidos de Fe e Al, espera-se para esse solo, quando compactado, baixíssima expansão e valores de resistência relativamente elevados, o argilo mineral, normalmente, encontrado nesse tipo de solo é a caulinita.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

10

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Classificação dos solos baseados em critérios granulométricos**

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas, com a norma ABNT NBR 6502/95 – Terminologia - Rochas e Solos, define como:

Silte – solo que apresenta baixo ou nenhuma plasticidade, baixa resistência quando seco ao ar. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte. É formado por partículas com diâmetros compreendidos entre 0,002 mm e 0,06 mm



Argila – solo de graduação fina diâmetro < 0,002 mm. Apresentam características marcantes de plasticidade; quando suficientemente úmido, molda-se facilmente em diferentes formas, quando seco, apresenta coesão suficiente para construir torrões dificilmente desagregáveis por pressão dos dedos.



Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

8

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Em contrapartida, um solo argiloso que possua argilo-minerais constituintes da família da smectita e da illita pode-se esperar certa expansão e também baixa resistência.

Observe-se que, os dois materiais podem apresentar as mesmas porcentagens de areia e também de argila e que, entretanto, são solos de diferentes comportamentos, estando esse comportamento associado somente ao caráter que os argilo-minerais imprimem a fração argilosa do solo.


Assim, somente o ensaio de granulométrica não é suficiente para a obtenção de parâmetros que propicie escolher o material adequado para a utilização como camada de pavimento.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

11

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Escalas granulométricas adotadas pela A.S.T.M., A.A.S.H.T.O, M.I.T. e ABNT (mm)**



ASTM	AREIA			SILTE	ARGILA	COLOIDE
PEDREGULHO	G	M	F			
	4,75	2,0	0,425	0,075	0,005	0,001
AASHTO	#4	#10	#40	#200		
	4,75	2,0	0,425	0,075	0,005	0,001
M.I.T.	AREIA			SILTE		COLOIDE
PEDREGULHO	G	M	F	G	M	F
	20	6	2,0	0,6	0,2	0,06
ABNT	AREIA			SILTE	ARGILA	
PEDREGULHO	G	M	F			
	20	6	2,0	0,6	0,2	0,06

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

9

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - procedimento de ensaio**

- ABNT-NBR-6457 (86) – Amostras de Solo – Preparação Para Ensaios de Compactação e Ensaios de Caracterização (apresentada na Aula 2) e,
- ABNT-NBR-7181 (84) – Solo – Análise Granulométrica

O ensaio é dividido em três partes:

- peneiramento grosso – fração > 2,0 mm,
- peneiramento fino: 2,0 mm > fração > 0,075 mm e
- ensaio de sedimentação fração inferior a 0,075 mm





Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

12

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - procedimento de ensaio**

Sedimentação	Fino	Grosso
0,075	2,0	(mm)

**Peneiramento grosso**

- Da porção do preparo de amostras (2,0 kg) passa-se este material pela # (peneira) n.10 abertura de 2,0mm, destorroando os torrões ainda existentes;
- Lavar a parte retida do item anterior na # n.10 (abertura de 2,0mm) em seguida secar em estufa 105 °C a 110 °C até constância de peso;
- Pesar o material retido e lavado (Mg);
- Passar esse material pelas #s com as seguintes aberturas: 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8 e 2,0, anotando as massas retidas acumuladas (ou parciais) em cada peneira.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

13

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra



- Colocar a amostra de solo + a solução no dispersor por 15 minutos;

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

16

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - procedimento de ensaio**

Sedimentação	Fino	Grosso
0,075	2,0	(mm)


**Peneiramento fino**

- Da fração passada na # n. 10 (abertura de 2,0 mm), determina-se em três cápsulas o teor de umidade do solo;
- Toma-se uma porção de 120 g de peso (Pu) e lavar-se na # n.200 (abertura de 0,075mm) essa fração, vertendo-se água potável à baixa pressão, em seguida secar em estufa 105 °C a 110 °C até constância de peso;
- Passar esse material pelas #s com as seguintes aberturas: 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075, anotando as massas retidas acumuladas (ou parciais) em cada peneira.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

14

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra



- Transferir a dispersão para uma proveta de 1000 ml e completar a marca de 1000 ml com água destilada;
- Tampando a boca da proveta com uma das mãos, aplicar movimentos enérgicos de rotação, durante 1 minuto, pelos quais a boca da proveta passe de cima para baixo e vice-versa;

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

17

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra


**Granulometria - procedimento de ensaio**

Sedimentação	Fino	Grosso
0,075	2,0	(mm)

**Sedimentação**

Baseada na Lei de Stokes se determina o diâmetro médio da partícula que esta em queda a uma velocidade constante em um fluido.


- Do material passado na # n.10 (abertura de 2,0 mm) toma-se uma porção de 120 g para solos arenosos e 70 g para solos argilosos ou siltosos;
- Transferir esse material para um béquer e adicionar 125 ml de defloculante (solução de hexametáfosfato de sódio) por 12 horas



Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

15

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra



- Imediatamente após a agitação, colocar a proveta sobre a mesa, anotar a hora exata do início da sedimentação e mergulhar cuidadosamente o densímetro na dispersão;
- Efetuar leituras no densímetro correspondentes aos tempos 0,5, 1,0, e 2,0 minutos, com o densímetro dentro da dispersão;
- Retirar cuidadosamente o densímetro;
- Fazer leituras nos tempos 4, 8, 15, e 30 minutos, 1, 2, 4, 8 e 24 horas, a contar do início da sedimentação.
- Efetuar a leitura da temperatura da dispersão em cada leitura.
- Lava a amostra na # 0,075 mm (direciona o material retido para o ensaio fino)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

18

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

19

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

2º passo: Do material passante na # 2,0 mm, determinar o teor de umidade e obter a massa de solo seco passante (974,07g)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

22

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

Determinação da amostra total seca

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

20

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

Determinação do teor de umidade

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

23

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

19 passo: Passar a amostra total úmida pela # 2,0 mm e obter o material retido seco (9,97g)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

21

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

Granulometria - Cálculos

Determinação da massa total seca da amostra (974,84 g)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

24

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Cálculos preparo da amostra para ensaio de sedimentação

INTERESSADO:				LOCAL: Gnaissé		DATA: 10/05/2003
ORDEM Nº	AMOSTRA	1	PROFUNDIDADE (m):	PENEIRAMENTO GROSSO (peso em gramas)		
CÁPSULA Nº	13	195	A) AMOSTRA TOTAL ÚMIDA:	992,35		
Ph - T	118,09	102,75	B) SOLO SECO RETIDO # 10:	9,97		
Ps - T	117,40	102,17	C) SOLO ÚMIDO PASSADO # 10 (a-b):	982,38		
ÁGUA	0,69	0,58	D) SOLO SECO PEN. # 10 (A-B) (1+h):	974,07		
TARA	37,26	33,51	E) AMOSTRA TOTAL SECA (b+d):	984,04		
P. SECO	80,14	68,66	PEN. FINO E SEDIMENTAÇÃO (peso em gramas)			
UMIDADE %	0,86	0,84	PESO DA AMOSTRA ÚMIDA:	3	78,29	
h MÉDIA %	0,85		PESO DA AMOSTRA SECA:		77,63	
				DENSIDADE DOS GRÃOS		

Cerca de 70 a 120 g de Pu. (no exemplo = 78,29g) determinar o Ps. (77,63)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

25

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Peneiramento grosso

PENEIRAMENTO GROSSO 139					
Nº	Ø (mm)	RETIDO	PASSADO	P	
	50				
	38				
	25				
	19				
	9,5				
	4				
	2				
10	2	9,97	974,07		98,99

$\% < \text{material retido} / \text{massa seca total} * 100$

$\% < 9,97 / 974,07 * 100 = 98,99\%$

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

28

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Procedimento laboratorial

Primeiro: executa-se o peneiramento grosso - > 2,0 mm

Segundo: realiza o ensaio de sedimentação < 0,075 mm.

Posteriormente, com a amostra oriunda do ensaio de sedimentação, é realizado o ensaio de peneiramento fino 2,0 mm < # < 0,075 mm

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

26

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Sedimentação

SEDIMENTAÇÃO											
TEMP. INTERVALO %	DE TEMPO HORA	LEITURA	ALTIURA DE QUEDA (ΔL)	CORREÇÃO (ΔL)	T <sub>90</sub>	coeficiente (WADs + W)	Q	% < #	incidência tempo (s)		
21,6	10 seg	14.20.30	39,00	7,40	4,88	34,42	0,0979	0,0501	48,23	9,92E-06	30
21,6	1 min	14.21.00	37,50	7,75	4,88	32,62	0,0979	0,0362	45,23	9,92E-06	60
21,6	2	14.22.00	35,00	8,40	4,88	30,12	0,0979	0,0267	40,23	9,92E-06	120
21,2	4	14.24.00	31,00	7,80	4,90	28,10	0,0979	0,0182	36,18	9,92E-06	240
21,2	8	14.28.00	28,50	8,50	4,94	25,56	0,098	0,0135	31,11	9,97E-06	480
21,2	15	14.33.00	29,00	8,90	4,96	24,04	0,098	0,0101	28,07	9,97E-06	900
21,0	30	14.50.00	26,50	9,55	5,00	21,50	0,098	0,0074	24,99	1,00E-05	1800
20,7	1 hora	15.30.00	24,00	10,20	5,06	18,84	0,0981	0,0054	21,87	1,01E-05	3600
20,0	2	16.20.00	22,00	10,70	5,02	16,98	0,0982	0,0040	19,95	1,03E-05	7200
19,8	4	18.20.00	19,00	11,50	5,24	13,76	0,0983	0,0029	17,23	1,04E-05	14400
19,5	7	20.20	17,00	12,00	5,30	11,70	0,0983	0,0023	15,46	1,04E-05	25200
19,3	24.27	14.06	11,50	13,50	5,34	6,16	0,0984	0,0013	12,23	1,05E-05	87120

DENSIMETRO Nº 7816 COR. DO MENISCO (δ) = 2,75 # 10 (α) = 98,99 (δ-γ) / P<sub>s</sub>

CHARACTERIZAÇÃO TÁCTIL VISUAL: Δ = Reten. Coeficiente Diâmetro das grades = Razão de 1800<sup>3</sup>/v<sub>90</sub> de 2mm

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

29

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Peneiramento grosso

INTERESSADO:				LOCAL: Gnaissé		DATA: 10/05/2003
ORDEM Nº	AMOSTRA	1	PROFUNDIDADE (m):	PENEIRAMENTO GROSSO (peso em gramas)		
CÁPSULA Nº	13	195	A) AMOSTRA TOTAL ÚMIDA:	992,35		
Ph - T	118,09	102,75	B) SOLO SECO RETIDO # 10:	9,97		
Ps - T	117,40	102,17	C) SOLO ÚMIDO PASSADO # 10 (a-b):	982,38		
ÁGUA	0,69	0,58	D) SOLO SECO PEN. # 10 (A-B) (1+h):	974,07		
TARA	37,26	33,51	E) AMOSTRA TOTAL SECA (b+d):	984,04		
P. SECO	80,14	68,66	PEN. FINO E SEDIMENTAÇÃO (peso em gramas)			
UMIDADE %	0,86	0,84	PESO DA AMOSTRA ÚMIDA:	3	78,29	
h MÉDIA %	0,85		PESO DA AMOSTRA SECA:		77,63	
				DENSIDADE DOS GRÃOS		

Passar o solo retido na # 2,0 mm (9,97 g) pelas peneiras: 50, 38, 25, 19, 9,5, 4,8 e 2,0 e anotar as massas retidas em cada peneira (acumuladas ou parciais)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

27

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Peneiramento fino

Lava a amostra na # 0,075 mm (direção a material retido para o ensaio fino)

Passar o solo retido na #0,075 mm pelas peneiras: 1,2, 0,6, 0,42, 0,25, 0,15 e 0,075 e anotar as massas retidas em cada peneira (acumuladas ou parciais)

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

30

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Cálculos**

Granulometria – Peneiramento fino

D (mm)	PENEIRAMENTO FINO		120	
	AMOSTRA SECA RETIDO	PASSADO	% < φ	% < φ
0,075	0,08	77,57	99,92	98,91
0,60	0,84	76,79	98,92	97,92
0,42	1,25	76,38	98,39	97,39
0,30	1,51	76,12	98,05	97,06
0,15	6,49	71,14	91,64	90,71

As curvas do peneiramento grosso e do fino devem ser contínuas, assim, multiplica-se a % de 98,39 do peneiramento fino pela porcentagem (última) do peneiramento grosso

% < material retido / massa seca total \* 100

Por exemplo: para a massa acumulada na # 0,42 mm

$\% < 98,39 * 98,99 = 97,39\%$

$\% < 1,25 / 77,63 * 100 = 98,39\%$   
Valor parcial do peneiramento fino

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

31

Fatec – Faculdade de Tecnologia de São Paulo - Departamento de Transporte e Obras de Terra

**Granulometria - Exercício**

Traçar o gráfico de granulometria da apostila pg. 46 na folha pg. 47. Utilizar o excel.

Mecânica dos Solos Prof. Dr. Edson de Moura

32

Obrigado pela atenção

Ainda tem a outra parte complementar

33