



Classificação

3. Análise granulométrica

Prof. Dr. André Carlos Silva

Escalas granulométricas

- A determinação das faixas de tamanho das partículas é feita por meio de uma **série de aberturas de peneiras** que mantém entre si uma relação constante.
- **Mesh** (#) significa número de aberturas em uma polegada linear. Assim 400# é uma malha de abertura menor que 10#.

Escala Tyler $r = \sqrt{2} = 1,414$ $a_0 = 74 \mu\text{m}$		Escala Richards $r = \sqrt[4]{2} = 1,19$ $a_0 =$ 1,0 mm = 18 malhas			Escala ISO
Malhas	mm	Malhas	mm	polegadas	Malhas
3	6,680	3	6,35	0,250	3 ½
4	4,699	3 ½	5,66	0,223	
		4	4,77	0,187	
6	3,327	5	4,00	0,157	5
		6	3,36	0,132	7
8	2,362	7	2,83	0,111	
		8	2,38	0,0937	10
10	1,651	10	2,00	0,0787	
		12	1,68	0,0661	
14	1,168	14	1,41	0,0555	14
		16	1,19	0,0469	
20	0,833	18	1,00	0,0394	18 (Base)
		20	0,841	0,0331	25
		25	0,707	0,0278	
28	0,589	30	0,595	0,0234	
		35	0,500	0,0197	35
35	0,417	40	0,420	0,0165	45
		45	0,354	0,0139	

Escala Tyler $r = \sqrt{2} = 1,414$ $a_0 = 74 \mu\text{m}$		Escala Richards $r = \sqrt[4]{2} = 1,19$ $a_0 =$ 1,0 mm = 18 malhas			Escala ISO
Malhas	mm	Malhas	mm	polegadas	Malhas
48	0,295	50	0,297	0,0117	60
65	0,208	60	0,250	0,0098	
		70	0,210	0,0083	
100	0,147	80	0,177	0,0070	80
		100	0,149	0,0059	
		120	0,125	0,0049	
150	0,104	140	0,105	0,0041	120
		170	0,088	0,0035	
		200	0,074	0,0029	
200 (Base)	0,074	230	0,063	0,0025	170
270	0,053	270	0,053	0,0021	
		325	0,044	0,0017	
400	0,038	400	0,037	0,0015	230
					325

Classificação - 3. Análise granulométrica

Peneiramento laboratorial

- As peneiras utilizadas apresentam uma superfície de peneiramento (malha) constituída, quase sempre, por fios trançados perpendicularmente, de tal maneira a formar aberturas que podem ser quadradas ou retangulares, sendo as primeiras as mais usadas na prática.



anulométrica



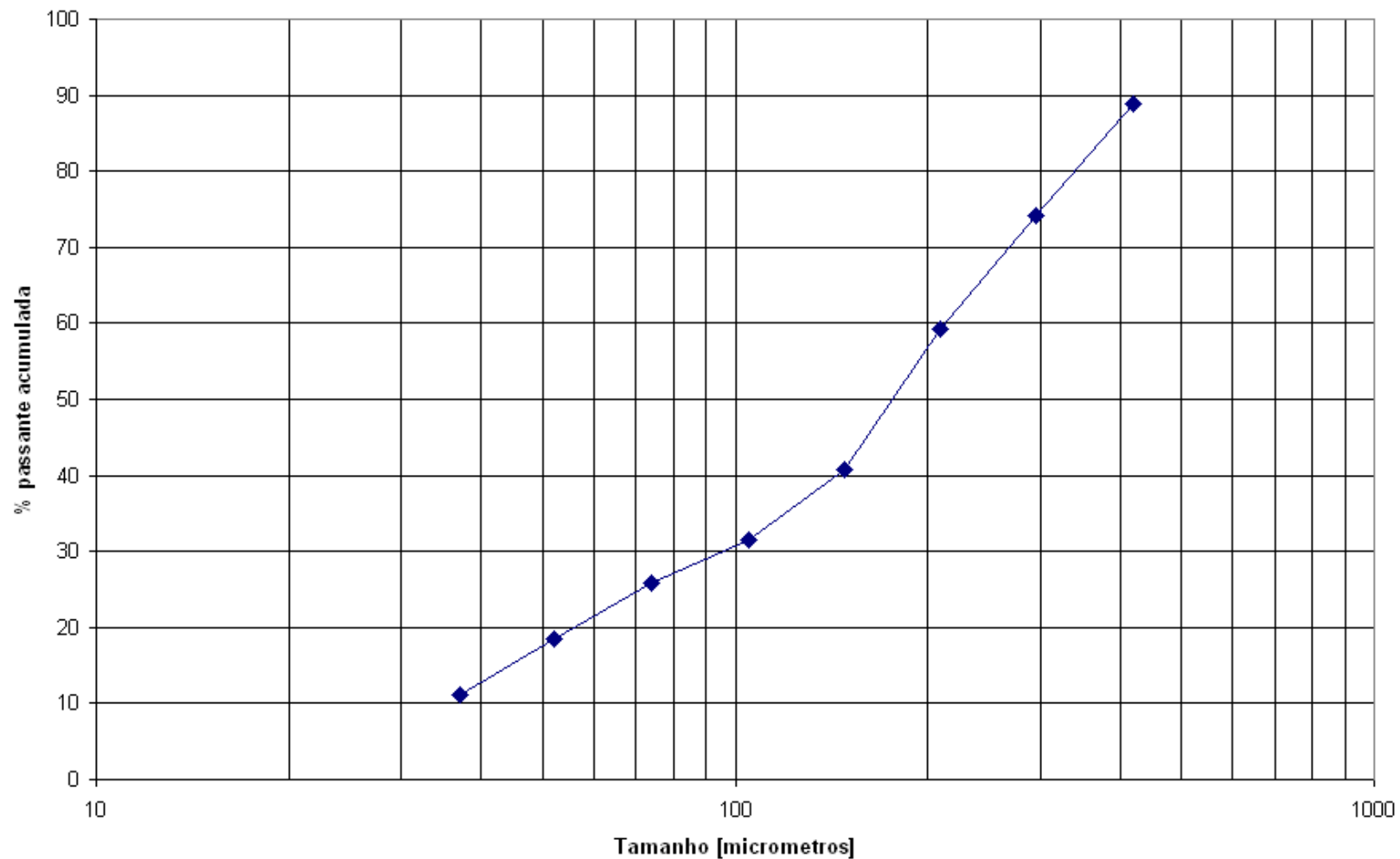
Peneiramento laboratorial

- Os resultados de uma análise granulométrica são apresentados na forma de tabela e gráfico.
- A tabela contém normalmente as peneiras utilizadas, com suas correspondentes massas retidas. Cálculos de % retida em cada peneira (% retida simples) e % retidas passantes acumuladas são também apresentadas.

Peneiramento laboratorial

Peneira (mesh)	Abertura (microm)	Massa retida (g)	% retida simples	% retida acumulada	% passante acumulada
35	419	30	11,11	11,11	88,89
48	296	40	14,81	25,93	74,07
65	209	40	14,81	40,74	59,26
100	148	50	18,52	59,26	40,74
150	105	25	9,26	68,52	31,48
200	74	15	5,56	74,07	25,93
270	52	20	7,41	81,48	18,52
400	37	20	7,41	88,89	11,11
FUNDOS		30	11,11	100,00	0,00
TOTAL		270	100,00	-	-

Peneiramento laboratorial



Peneiramento laboratorial

- Alguns fatores podem influenciar o resultado de uma análise granulométrica, tais como:
- **Amostra:**
 - É fundamental que a amostra utilizada seja representativa do material que se deseja estudar.

Peneiramento laboratorial

- **Tempo de peneiramento:**
 - Este deve ser adequado ao tipo de material e peneira(s) utilizada(s).
 - Um bom procedimento prático é encontrar o tempo através de ensaios sucessivos com tempos crescentes até que a massa passante em uma ou mais peneiras não varie mais do que 0,1 %.
 - Na prática os tempos médios de peneiramento variam entre 10 e 30 minutos.

Massa máxima retida

$$m = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \rho \cdot (d_i + d_s)}{4}$$

- Onde:
 - m = massa máxima retida (g);
 - d_i = abertura da peneira em questão (cm);
 - d_s = abertura da peneira imediatamente acima da escala (cm);
 - D = diâmetro da peneira (cm);
 - ρ = massa específica (g/cm³) da amostra a ser ensaiada.

Massa máxima retida

$$\rho_{\text{sólido}} = \frac{p_2 - p_1}{(p_4 - p_1) - (p_3 - p_2)}$$

- Onde:

- P1 = peso do pic. vazio e seco, em g;
- P2 = peso do pic. + amostra, em g;
- P3 = peso do pic. + amostra + água, em g;
- P4 = peso do pic. + água, em g.



Massa máxima retida

Peneira (mesh)	Abertura (mm)	Massa retida (g)	% retida simples	% retida acumulada	% passante acumulada	Massa máxima (g)	Massa extrapol. (g)
-	13,40	-	-	-	-	-	-
0,371	9,47	537,67	15,36	15,36	84,64	1297,90	0,00
3	6,70	443,56	12,67	28,04	71,96	917,67	0,00
4	4,74	489,09	13,97	42,01	57,99	649,23	0,00
6	3,35	255,67	7,31	49,32	50,68	459,12	0,00
8	2,37	463,37	13,24	62,56	37,44	324,62	138,75
10	1,67	283,36	8,10	70,65	29,35	229,28	54,08
14	1,18	259,01	7,40	78,05	21,95	161,74	97,27
20	0,84	217,12	6,20	84,26	15,74	114,47	102,65
FUNDOS		551,00	15,74	100,00	0,00	-	-
TOTAL		3499,85	100,00	-	-	-	1248,78

Equações de distribuição granulométrica

- Duas se destacam pela ampla utilização mundial:

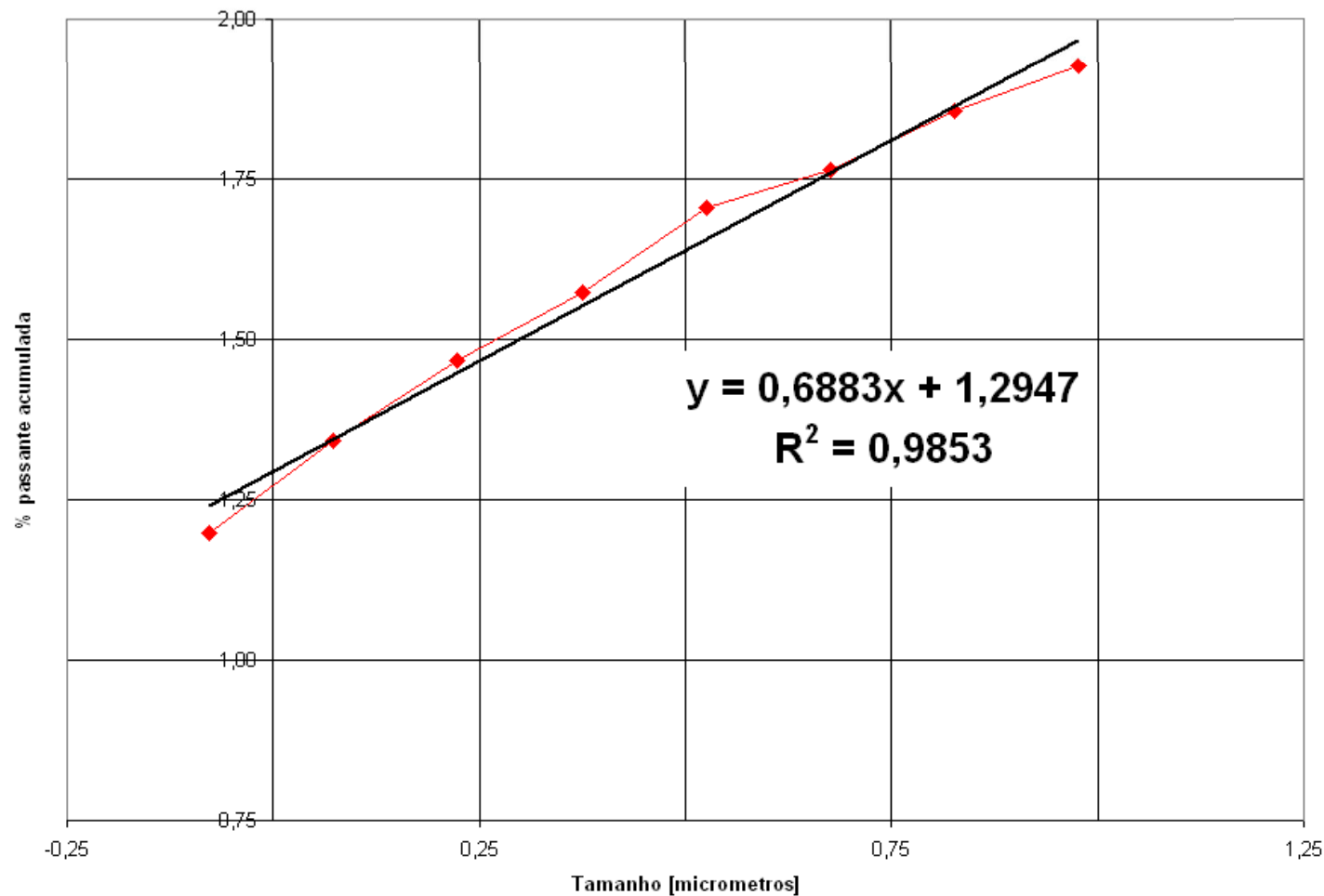
- Gates-Gaudin-Schumann

$$Y = 100. \left(\frac{x}{k} \right)^m$$

- Rosin-Rammler

$$Y = 100.e^{-\left(\frac{x}{k} \right)^m}$$

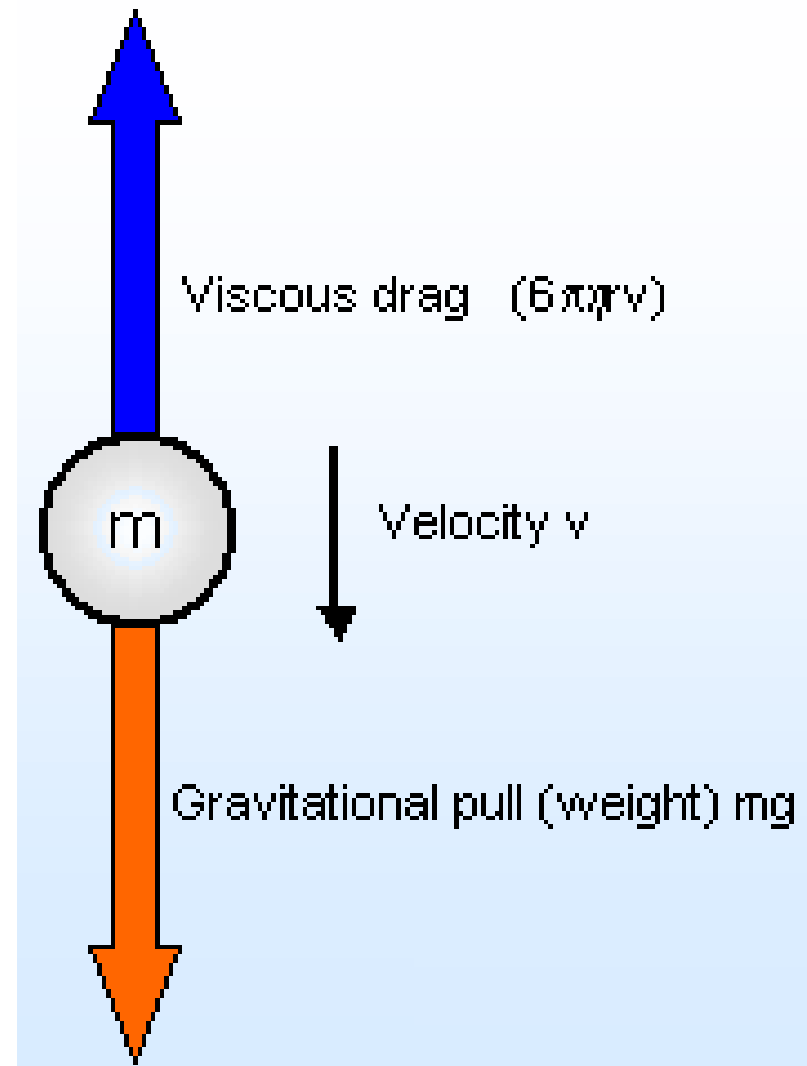
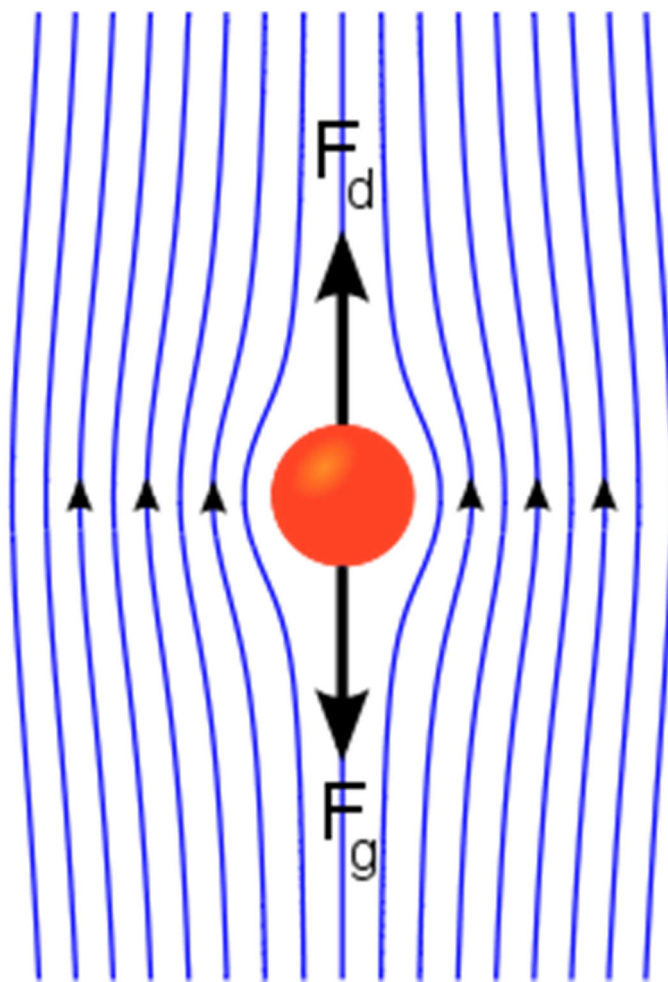
Equações de distribuição granulométrica



Outros equipamentos utilizados para análise granulométrica

- Citam-se três métodos amplamente utilizados, que são:
 - Método da sedimentação (baseado na Lei de Stokes);
 - Difração laser (baseado na difração de Fraunhöffer);
 - Eletrodetecção.

Lei de Stokes



Lei de Stokes

$$d = \left[\frac{3,6.\eta^2}{\rho_f \cdot g \cdot (\rho_s - \rho_f)} \right]^{(1/3)}$$

- Onde:
 - d - diâmetro da partícula
 - η - viscosidade dinâmica do fluido

SediGraph

- Analisador automático de tamanho de partículas mediante o método de sedimentação.
- O SediGraph consiste de um béquer, agitador magnético, uma ou duas bombas peristálticas, uma cela onde as partículas se sedimentam e uma fonte de raios-X.



Classificação - 3. Análise granulométrica

SediGraph 5120

Cyclosizer

- O cyclosizer contém uma bomba d'água alimentando uma bateria de cinco hidrociclones com diâmetros de aberturas decrescentes em série, com tamanho de corte granulométrico de cada ciclone calibrado de fábrica para o quartzo.

