#### UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

# TEXTURA SEDIMENTARES

Manoela Bettarel Bállico



#### 1. INTRODUÇÃO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: ESCALAS. MEDINDO O TAMANHO DE GRÃO. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. TRATAMENTO MATEMÁTICO. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE GRANULOMETRIA.
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE. ARREDONDAMENTO. SIGNIFICADO DA FORMA DAS PARTÍCULAS. TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.



#### 1. INTRODUÇÃO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA: TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE.
  ARREDONDAMENTO, SIGNIFICADO DA FORMA
  DAS PARTÍCULAS, TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS.
  EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.

# INTRODUÇÃO

✓ Textura sedimentar e/ou parâmetros texturais dos sedimentos são aqueles que se referem a forma, o tamanho e a fábrica dos sedimentos;

✓ A caracterização da textura sedimentar é muito importante, pois auxilia na interpretação de antigos ambientes deposicionais e as condições de transporte.

#### 1. INTRODUÇÃO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: ESCALAS. MEDINDO O TAMANHO DE GRÃO. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. TRATAMENTO MATEMÁTICO. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE GRANULOMETRIA.
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE. ARREDONDAMENTO. SIGNIFICADO DA FORMA DAS PARTÍCULAS. TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.



#### T' IMIKODAČŽO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: ESCALAS. MEDINDO O TAMANHO DE GRÃO. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. TRATAMENTO MATEMÁTICO. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE GRANULOMETRIA.
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE.
  ARREDONDAMENTO, SIGNIFICADO DA FORMA
  DAS PARTÍCULAS, TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.



#### TAMANHO DE GRÃO

- ✓ O tamanho de grão é um <u>atributo</u> <u>fundamental</u> das rochas sedimentares sicliclásticas, sendo uma importante <u>propriedade descritiva</u> dessas rochas;
- ✓ O <u>tamanho das partículas</u> em um depósito sedimentar particular <u>reflete</u> <u>os processos de intemperismo e</u> <u>erosão</u>, os quais geram partículas com os mais variados tamanhos.

#### TAMANHO DE GRÃO

- ✓ O principal interesse na granulometria consiste em:
- (1)Técnicas que medem a granulometria dos sedimentos, de forma precisa, expressando em termos de escala granulométrica;
- (2) Métodos para sumarizar grandes volumes de amostras de sedimentos e apresentação dos dados em representação gráfica e estatística, o que possibilita a facilidade na análise;
- (3) Significado genético desses dados (i.e. Ambiente deposicional).

### ESCALA GRANULOMÉTRICA

✓ As partículas sedimentares variam de microns a metros, e devido a essa gama de variação granulométrica, são utilizados escalas geométricas ou logarítmicas para expressar os diferentes tamanho de grãos.

□ Escala de Atterberg (1967): escala logarítmica utilizada na Alemanha. Utilizou a divisão logarítmica de base 10 para definir os limites a partir do valor de 2 mm, resultando em classes com limites de 200, 20, 2, 0,2 mm e, assim, sucessivamente.

### ESCALA GRANULOMÉTRICA

Escala de Udden-Wentworth (1898-1922): escala geométrica universalmente utilizada pelos sedimentólogos. A escala geométrica consiste em uma sucessão de números, onde existem razões fixas entre sucessivos elementos de uma série. Na escala de Udden-Wentworth, cada valor na escala é duas vezes maior do que o valor precedente ou metade do valor (depende do sentido de direção.

□ Na escala de Udden-Wentworth, cada valor na escala é duas vezes maior do que o valor precedente ou metade do valor (depende do sentido de direção.

TABLE 1 The Wentworth grain-size scale for sediments, showing Wentworth size classes, equivalent phi ( $\phi$ ), units, and sieve numbers of U.S. Standard Sieves corresponding to various millimeter and  $\phi$  sizes

Sieve mesh   Millimeters   Units   Wentworth size class		standard			Phi (φ)	Westersthaterales
1024   256   64   64   -6   -6   Cobble	sie	ve mesn		VIIIImeters		Wentworth size class
Second						
The stand of the						Boulder
The stand of the				256		
S			64	64	-6	Cobble
S			16		,	Debble
T	<u>=</u>	-				Peddle
To   2.83	RA	5		4		
S	G					Grapulo
10						Granule
12				7		
New York						
The stand   The						Very coarse sand
Texas   Texa						very coarse sand
Q				1		
Second						
Note of the property of the pr		25				Coarse sand
Second						
Note				1/2		
So				/=		
100		45	0.35		1.5	Medium sand
100	₹	50	0.30		1.75	
Note	V		0.25	1/4		
100 0.149 1/8 3.0 120 0.125 1/8 3.0 3.25 140 0.105 170 0.088 3.25 3.5 Very fine sand 3.75 230 0.0625 1/16 4.0 270 0.053 3.25 4.25 3.25 3.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.25 3.75 4.25 3.75 3.75 3.75 3.75 3.75 3.75 3.75 3.7		70	0.210	, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,		
120						Fine sand
140 0.105 3.25 3.5 Very fine sand 200 0.074 3.75 4.0 230 0.0625 1/16 4.0 270 0.053 4.25 3.25 Coarse silt 0.037 4.75 0.031 1/32 5.0 Medium silt 0.0078 1/125 7.0 Fine silt 0.0039 1/256 8.0 Very fine silt 0.00098 10.0 Clay			0.149			
170		120	0.125	1/8		
200 0.074 3.75 230 0.0625 1/16 4.0  270 0.053 4.25 325 0.044 4.75 0.037 4.75 0.031 1/32 5.0 0.0156 1/64 6.0 Medium silt 0.0078 1/125 7.0 Fine silt 0.0039 1/256 8.0 Very fine silt 0.0020 0.00098 10.0 Clay						
230 0.0625 1/16 4.0 270 0.053 4.25 325 0.044 4.75 0.037 4.75 0.031 1/32 5.0 0.0156 1/64 6.0 Medium silt 0.0078 1/125 7.0 Fine silt 0.0039 1/256 8.0 Very fine silt 0.0020 9.0 0.00098 10.0 Clay						Very fine sand
270 0.053 4.25 325 0.044 4.5 Coarse silt 0.037 4.75 0.031 1/32 5.0 0.0156 1/64 6.0 Medium silt 7.0 Fine silt 0.0078 1/125 7.0 Fine silt 0.0039 1/256 8.0 Very fine silt 0.0020 9.0 0.00098 10.0 Clay				14		
325 0.044 0.037 4.75 Coarse silt 0.037 5.0	<del></del>			1/16		
0.037						
0.031 1/32 5.0 Medium silt 6.0 Medium silt 7.0 Fine silt 7.0 Sine silt 7		325				Coarse silt
0.0156				1,		
0.0078 1/ <sub>125</sub> 7.0 Fine silt	I			1,		Mardines vila
0.0039 1/ <sub>256</sub> 8.0 Very fine silt 9.0 0.00098 10.0 Clay	S			1/		IVIEQIUM SIIT
0.00098 10.0 Clay	9			1/		Von fine silt
0.00098 10.0 Clay	ž -			7256		very line sitt
						Clav
0.00049 11.0			0.00098			Clay
0.00049 11.0 0.00024 12.0	¥					
	J					
0.00006 14.0 BOGGS, 2011						<b>BOGGS, 2011</b>

□ Na escala de Udden-Wentworth, cada valor na escala é duas vezes maior do que o valor precedente ou metade do valor (depende do sentido de direção.

□ A escala varia
 de <1/256 mm</li>
 (0.0039 mm) à >
 256 mm, sendo
 dividida em
 quatro
 categorias:

Argila

■ Silte

□ Areia

□ Cascalho

TABLE 1 The Wentworth grain-size scale for sediments, showing Wentworth size classes, equivalent phi ( $\phi$ ), units, and sieve numbers of U.S. Standard Sieves corresponding to various millimeter and  $\phi$  sizes

		tandard			Phi (φ)	
	sleve	e mesh	M	Illimeters	units	Wentworth size class
			4096		-12	
			1024		-10	Boulder
			256	256	-8	
			64	64	-6	Cobble
			16		-4	Pebble
N S		5	16 4	4	-4 -2	Peoble
3RAVEL		6	3.36	4	-1.75	
		7	2.83		-1.5	Granule
		8	2.38		-1.25	
		10	2.00	2	-1.0	
		12	1.68		-0.75	
		14	1.41		-0.5	Very coarse sand
		16	1.19		-0.25	
		18	1.00	1	0.0	
		20 25	0.84		0.25	Coarse sand
		30	0.71 0.59		0.5 0.75	Coarse sand
		35	0.50	1/2	1.0	
		40	0.42	/2	1.25	
		45	0.35		1.5	Medium sand
SAND		50	0.30		1.75	
S		60	0.25	1/4	2.0	
		70	0.210		2.25	
		80	0.177		2.5	Fine sand
		100	0.149	1/	2.75	
		120	0.125	1/8	3.0	
		140 170	0.105 0.088		3.25 3.5	Very fine sand
		200	0.074		3.75	very fille salid
		230	0.0625	1/16	4.0	
		270	0.053	/16	4.25	
		325	0.044		4.5	Coarse silt
			0.037		4.75	
	SILT		0.031	1/32	5.0	
	S		0.0156	1/64	6.0	Medium silt
Ω.			0.0078	1/125	7.0	Fine silt
MUD			0.0039 0.0020	1/256	8.0 9.0	Very fine silt
			0.0020		10.0	Clav
			0.00098		11.0	Clay
	CLAY		0.00024		12.0	
	O		0.00012		13.0	DOCCC 2011
			0.00006		14.0	<b>BOGGS, 2011</b>

□ Krumbein (1934) fez uma adaptação da escala, onde ele converteu os limites das classes originalmente estabelecidos em milímetros para uma unidade adimensional, denominada de <u>phi.</u>

Os valores em phi são calculados pelo antilogaritmo de base 2 do valor em milímetros:

$$\phi = -\log_2 d$$

TABLE 1 The Wentworth grain-size scale for sediments, showing Wentworth size classes, equivalent phi ( $\phi$ ), units, and sleve numbers of U.S. Standard Sleves corresponding to various millimeter and  $\phi$  sizes

	U.S. standard sleve mesh Millimeters		Phi (φ) units Wentworth size class		
	sieve illesii		mineters		Welltword Size class
		4096 1024		-12	Boulder
		256	256	-10 -8	Bonidel
		64	256 64	-6	Cobble
				Ĭ	San Sandar Bar 1 San
급		16		-4	Pebble
GRAVEL	5	4	4	-2	
5	6	3.36		-1.75	
	7 8	2.83		-1.5	Granule
	8	2.38 2.00	2	-1.25 -1.0	
	12	1.68	2	-0.75	
	14	1.41		-0.5	Very coarse sand
	16	1.19		-0.25	rong word of and rid
	18	1.00	1	0.0	
	20	0.84		0.25	
	25	0.71		0.5	Coarse sand
	30	0.59	1/	0.75	
	35 40	0.50 0.42	1/2	1.0 1.25	
0	45	0.42		1.5	Medium sand
SAND	50	0.30		1.75	Wedidili Salid
S	60	0.25	1/4	2.0	
	70	0.210	/*	2.25	
	80	0.177		2.5	Fine sand
	100	0.149	1.	2.75	
	120	0.125	1/8	3.0	
	140 170	0.105 0.088		3.25 3.5	Very fine sand
	200	0.074		3.75	very fille salid
	230	0.0625	1/16	4.0	
	270	0.053	/16	4.25	
	325	0.044		4.5	Coarse silt
		0.037		4.75	
	SILT	0.031	1/32	5.0	
	≅	0.0156	1/64	6.0	Medium silt
Ω.		0.0078	1/ <sub>125</sub>	7.0 8.0	Fine silt Very fine silt
MUD		0.0039 0.0020	1/256	9.0	Very fine silt
		0.0020		10.0	Clay
		0.00049		11.0	Clay
	CLAY	0.00024		12.0	
	O	0.00012		13.0	POCCS 2011
		0.00006		14.0	<b>BOGGS, 2011</b>

✓ O tamanho de grão pode ser obtido por diversas técnicas. A escolha do método é ditado pelo <u>propósito do</u> <u>estudo, o range de granulometria e o</u> <u>grau de consolidação dos sedimentos e</u> <u>rochas sedimentares.</u>

**TABLE 2** Methods of measuring sediment grain size

Type of sample	Sample grade	Method of analysis
Unconsolidated sediment and disaggregated sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules Sand	Sieving, settling-tube analysis, image analysis
	Clay	Pipette analysis, sedimentation balances, photohydrometer, Sedigraph, laser- diffractometer, electroresistance (e.g., Coulter counter)
Lithified sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules Sand Silt ————————————————————————————————————	Thin-section measurement, image analysis
	Clay	Electron microscope

#### MATERIAL INCONSOLIDADE GROSSO

□ Fragmentos tamanho areia medidos utilizando fita paquímetro;

maiores que (>seixos) são manualmente, métrica ou





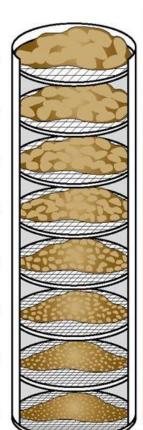
□ Fragmentos tamanho areia normalmente são peneirados, utilizando um conjunto de peneiras.

#### MATERIAL INCONSOLIDADE GROSSO

DA peneiragem baseia-se na determinação da granulometria em função do menor diâmetro das partículas, já que este método consiste em passar uma amostra de peso conhecido através de um conjunto de peneiras com malhas de aberturas diferentes, dispostas em grão-decrescência (com a malha de maior abertura em cima e as de menor abertura embaixo).

☐ Este conjunto deve ser vibrado por um período de tempo fixo (~10 min.), possibilitando que as partículas passem pelas peneiras de malha maior que seu diâmetro.







□ Os números das peneiras correspondem a uma padronização americana que correspondem aos diâmetros e valores de phi.



TABLE 1 The Wentworth grain-size scale for sediments, showing Wentworth size classes, equivalent phi ( $\phi$ ), units, and sieve numbers of U.S. Standard Sieves corresponding to various millimeter and  $\phi$  sizes

U.S. standard sleve mesh		N	lillimeters	Phi (φ) units Wentworth size		
			4096		-12	
			1024		-10	Boulder
			256	256	-8	Double!
			64	64	-6	Cobble
딮			16		-4	Pebble
GRAVEL		5	4	4	-2	
Ü		6	3.36		-1.75	CI-
		7	2.83		-1.5	Granule
		8 10	2.38 2.00	2	-1.25 -1.0	
-		12	1.68	Z	-0.75	
		14	1.41		-0.5	Very coarse sand
		16	1.19		-0.25	very coarse sain
		18	1.00	1	0.0	
		20	0.84		0.25	
		25	0.71		0.5	Coarse sand
		30	0.59		0.75	
		35	0.50	1/2	1.0	
		40	0.42	,	1.25	
9		45	0.35		1.5	Medium sand
SAND		50	0.30		1.75	
		60	0.25	1/4	2.0	
		70	0.210		2.25	
		80	0.177		2.5	Fine sand
		100 120	0.149	1/8	2.75 3.0	
		140	0.125 0.105	/8	3.25	
		170	0.103		3.5	Very fine sand
		200	0.074		3.75	very fine sand
		230	0.0625	1/16	4.0	
		270	0.053	/16	4.25	
		325	0.044		4.5	Coarse silt
			0.037		4.75	
	ь.		0.031	1/32	5.0	
	SILT		0.0156	1/64	6.0	Medium silt
$\sim 1$	_		0.0078	'/125	7.0	Fine silt Very fine silt
₽ N			0.0039	<sup>1</sup> / <sub>256</sub>	8.0	Very fine silt
-			0.0020		9.0	-
			0.00098		10.0	Clay
	≽		0.00049		11.0	
	CLAY		0.00024 0.00012		12.0 13.0	
- 1			0.00012		14.0	<b>BOGGS</b> , 2011

**TABLE 2** Methods of measuring sediment grain size

Type of sample	Sample grade	Method of analysis
Unconsolidated sediment and disaggregated sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules Sand	Sieving, settling-tube analysis, image
	Silt —	
	Clay	Pipette analysis, sedimentation balances, photohydrometer, Sedigraph, laser- diffractometer, electroresistance (e.g., Coulter counter)
Lithified sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules Sand Silt ————————————————————————————————————	Thin-section measurement, image analysis
	Clay	Electron microscope

□ A granulometria dos sedimentos finos normalmente é determinada por métodos que utilizam a velocidade de decantação das <u>partículas como referência do tamanho do </u> grão. Esta relação está expressa na <u>Lei de</u> Stokes (1851), que se baseia no fato das partículas sedimentares decantarem com velocidade constante, quando a resistência do fluido iguala-se à força de gravidade atuante sobre a partícula.

□A Lei de Stokes foi determinada em função de uma série de princípios físicos, sendo que suas deduções iniciaram através da determinação da resistência que um fluido oferece ao movimento das partículas:

$$R = 6\pi r \mu v$$

Onde: R = resistência do fluido à queda (g.cm/s<sup>2</sup>)

r = raio da esfera (cm) μ = viscosidade do fluido

v = velocidade de queda da partícula (cm/s)

□ A força que se opõe à resistência do fluido ao movimento (R) é determinada pela ação da gravidade sobre a massa da partícula, ou seja:

$$F = Mg$$

Onde: F = força

M = massa da partícula

g = aceleração da gravidade

□ Como a massa (M) é determinada pela multiplicação do volume pela densidade da partícula, e o volume de uma esfera é 4/3  $\pi$ r3, substituindo-se M na fórmula anterior tem-se:  $F = 4/3 \pi r^3 d g$ 

Onde: d = densidade da partícula

□ Segundo o "Princípio de Arquimedes", todo corpo imerso em um fluido recebe a ação de uma força de baixo para cima, que é conhecida como empuxo (E), determinado pela fórmula:  $E = 4/3 \pi \ r^3 \ d_f \ g$ 

Onde: E = empuxo

 $d_f$  = densidade do fluido

g = aceleração da gravidade

□ Quando a força que determina a queda das partículas (F) for maior que o empuxo (E), ocorrerá um movimento para baixo, cuja resultante S será:

$$S = 4/3 \pi r^3 g (d - d_f)$$

□ Quando a resultante S for igual a resistência do fluido ao movimento (R), a velocidade de queda será constante. Igualando-se as duas equações (R e S) podemos conhecer o valor desta velocidade constante (v):  $4/3 \pi r^3 g (d - d_f) = 6 \pi r \mu v$ 

 $\mathbf{R} = 6\pi \,\mathbf{r} \,\mathbf{\mu} \,\mathbf{v}$ 

$$S = 4/3 \pi r^3 g (d - d_f)$$

Como 
$$r = D/2$$

$$v = \frac{4 \pi g r^3 (d - d_f)}{3 (6) \pi r \mu}$$

$$v = \frac{4 D^2 g (d - d_f)}{18 (2)^2 \mu}$$

#### □ Fórmula da Lei de Stokes:

$$\mathbf{v} = \frac{(\mathbf{d} - \mathbf{d}_{\mathbf{f}}) \mathbf{g} \mathbf{D}^2}{18 \mu}$$

Onde: D = diâmetro do grão d = densidade do grão $d_f = densidade do fluido$ 

g = gravidade

 $\mu$  = viscosidade do fluido

"a velocidade de sedimentação das partículas lamosas é diretamente proporcional à diferença de densidade entre a partícula e o fluido, à esfericidade e ao quadrado do diâmetro das partículas, e inversamente proporcional à viscosidade do fluido".

□ A Lei de Stokes é usada para determinação de partículas tamanho silte. Partículas menores que 0.0020 não obedecem a essa lei, devido ao movimento browniano (movimento aleatório de partículas suspensas no fluido). Não se aplica a partículas maiores que 0.062 mm (areia fina), pois estas não atingem velocidade constante de decantação nas provetas de tamanho normal.

□ Baseado na Lei de Stokes, pode-se estabelecer tabelas de velocidades de decantação para partículas de forma esférica e densidade específica conhecida:

Tabela 3. Velocidade de decantação para esferas de densidade 2,65 (quartzo) em água destilada a uma temperatura de 20° C.

Diâmetro da	partícula	Velocidade de decantação da partícula
(mm)	(ø)	(cm/s)
0.062	4	0.347
0.031	5	0.0869
0.016	6	0.0217
0,008	7	0,00543
0.004	8	0.00136
0,002	9	0,00034
0.001	10	0.000085
0.0005	11	0.000021

□ <u>Pipetagem</u> é o método utilizado para determinar a granulometria de sedimentos finos. A pipetagem mede as mudanças de concentração do material em suspensão em uma coluna d'água originalmente uniforme através de amostragens com pipeta, em

intervalos de tempo definido e em profundidade que corresponde à do material que acabara de sedimentar.

Tamanho de grão (mm)	Tempo (h: min: s)
1/32 (0,031)	0:1:56
1/64 (0,016)	0:7:44
1/128 (0,008)	0:31:00
1/256 (0,004)	2:03:00
1/512 (0,002)	8:10:00
1/1024 (0,001)	16:21:00
1/2048 (0,0005)	65:25:00



□ Atualmente outros equipamentos eletrônicos computadorizados realizam análise granulométrica de partículas finas. Os <u>sedígrafos</u>, por exemplo, consistem de uma câmara ligada à um emissor de raio-X, controlados por computador.



Na câmara de sedimentação coloca-se dispersão uma aquosa de até 50 amostra. Em poucos minutos, pode-se obter a distribuição granulométrica das partículas que apresentam de 300 a 0,1 de diâmetro, inclusive com os cálculos das porcentagens de peso, histogramas e curvas de frequência.

**TABLE 2** Methods of measuring sediment grain size

Type of sample	Sample grade	Method of analysis
Unconsolidated sediment and disaggregated sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules Sand Silt —	Sieving, settling-tube analysis, image analysis
	Clay	Pipette analysis, sedimentation balances, photohydrometer, Sedigraph, laser- diffractometer, electroresistance (e.g., Coulter counter)
Lithified sedimentary rock	Boulders Cobbles Pebbles	Manual measurement of individual clasts
	Granules	Thin-section measurement, image analysis
	Sand Silt ————	
	Clay	Electron microscope

- □ O objetivo das análises granulométricas é estabelecer a distribuição dos diversos tamanhos de grão presentes em uma amostra. Assim, é muito importante que a forma de apresentação dos dados seja de fácil compreensão e possa ser utilizada para comparar os resultados de amostras diferentes, por pessoas diferentes.
- ☐ TABELAS DE FREQUÊNCIA
- ☐ HISTOGRAMAS
- ☐ CURVA DE FREQUÊNCIA SIMPLES
- ☐ CURVA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA
- **□ DIAGRAMAS TRIANGULARES**

□ TABELAS DE FREQUÊNCIA: conhecendo-se o peso inicial de amostra que foi utilizado nas análises, pode-se transformar o peso de cada classe de tamanho de grão na porcentagem do peso total. A porcentagem do peso total (ou frequência simples) é a forma mais utilizada de representação numérica

da	distribui	ção
gran	ulométrica	
dos	sedimentos	s e
gera	lmente	é
dispo	osta	em
tabe	las	
apre	sentando	OS
valor	res para to	das
as	clas	ses
anali	isadas.	

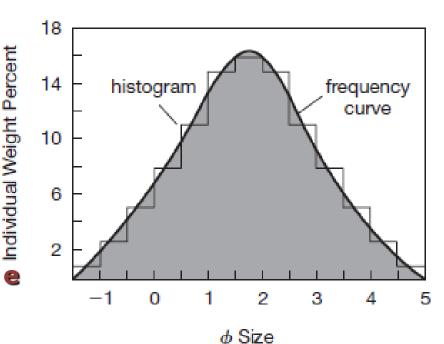
F% = 100 x Peso (g) da classe granulométrica PESO FINAL da amostra

Α	Raw	Individual	Cumulative
$\phi$ Size	weight (gm)	weight percent	weight percent
-1.0	0.43	0.5	0.5
-0.5	2.13	2.5	3.0
0.0	4.25	5.0	8.0
0.5	6.80	8.0	16.0
1.0	9.35	11.0	27.0
1.5	12.75	15.0	42.0
2.0	13.58	16.0	58.0
2.5	12.75	15.0	73.0
3.0	9.35	11.0	84.0
3.5	6.80	8.0	92.0
4.0	4.25	5.0	97.0
4.5	2.13	2.5	99.5
5.0	0.43	0.5	100.0
	85.00		

□ HISTOGRAMAS: São gráficos de barras verticais utilizados para representar as frequências simples das classes granulométricas. Os histogramas apresentam os limites das classes de tamanho de grão (em phi) nas abcissas e os valores das porcentagens nas ordenadas.

□ A altura da barra de cada função classe uma partículas de frequência determinada presentes granulométrica, classe enquanto a largura da barra depende dos limites utilizados classes definir para granulométricas.

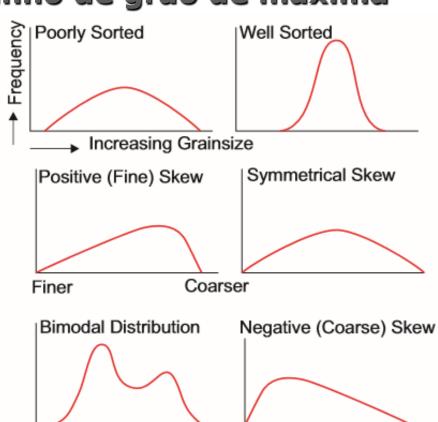
□ Classe modal, grau de seleção e da assimetria da distribuição granulométrica.



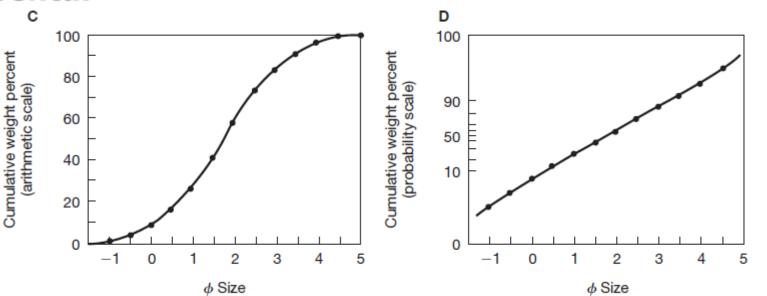
□ CURVAS DE FREQUÊNCIA SIMPLES: Esses gráficos correspondem às curvas construídas sobre os histogramas e geralmente apresentam formas senoidais. As curvas de frequência simples permitem visualizar o tamanho de grão de máxima

frequência (moda), assim como o grau de seleção das amostras e a assimetria.

□ A vantagem é que é possível colocar várias curvas de frequência simples para comparação da distribuição granulométrica de diferentes amostras.

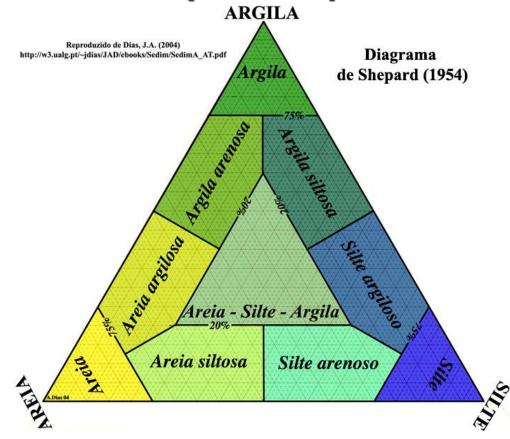


□ CURVAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA: A frequência acumulada é a soma das frequências de todas as classes anteriores, inclusive a da classe em questão. Distribuições granulométricas normais apresentam-se em forma de "S" na escala aritmética e como uma reta na escala probabilística. Quanto mais vertical for a curva, melhor seleção ela apresenta.



□ DIAGRAMAS TRIANGULARES: Consistem em triângulos divididos em setores que representam classes distintas de uma classificação que é baseada na concentração de três variáveis (uma disposta em

cada vértice do triângulo). Podem ser usados para classificar amostras quanto ao tamanho de grão, composição, ou qualquer outro parâmetro que possua três critérios de classificação.



#### CÁLCULO DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

□ A caracterização dos sedimentos de forma mais objetiva é feita utilizando-se o cálculo de alguns parâmetros estatísticos, como <u>o tamanho médio do grão, o grau de seleção da amostra, a assimetria, curtose</u>, etc. Os valores utilizados no cálculo dos parâmetros estatísticos são extraídos das curvas de frequência acumulada em escala probabilística.

□ Método bastante aceito foi desenvolvido por Folk e Ward (1957) e baseia-se na utilização dos percentis 16 e 84 (que representam os pontos de inflexão de uma curva de distribuição normal) associados aos percentis 5 e 95 (que representam os extremos da distribuição.

□ MEDIDAS DA TENDÊNCIA CENTRAL: Consiste nos parâmetros que indicam as <u>características da parte central da amostra</u>, ou seja, da parte que inclui a <u>maior parte das partículas presentes</u> numa amostra. São eles: <u>MÉDIA ARITMÉTICA, MEDIANA E MODA</u>.

### **TABLE 3** Formulas for calculating grain-size statistical parameters by graphical methods

Graphic mean 
$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$
 (1)

Inclusive graphic standard deviation

$$\sigma_i = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6} \tag{2}$$

Inclusive graphic skewness

$$SK_t = \frac{(\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$
(3)

Graphic kurtosis 
$$K_G = \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})} \tag{4}$$

Source: Folk, R. L., and W. C. Ward, 1957, Brazos River bar: A study in the significance of grain-size parameters: *Jour. Sed. Petrology*, v. 27, p. 3–26.

- □ MÉDIA ARITMÉTICA (MZ): é determinada pela média aritmética dos percentis 16, 50 e 84.
- > O <u>percentil 16</u> representa o terço mais <u>grosso</u>, o <u>percentil 84</u>, o terço mais <u>fino</u> e o <u>percentil 50</u>, o terço <u>central da curva</u>, assim esta é considerada uma boa representação do tamanho médio do grão porque não se baseia exclusivamente num único tamanho de grão ou classe de tamanho. A <u>Mz é a medida de tendência central mais importante</u>, pois é determinada pela fonte de sedimento, pelo agente transportador e pelo ambiente deposicional.

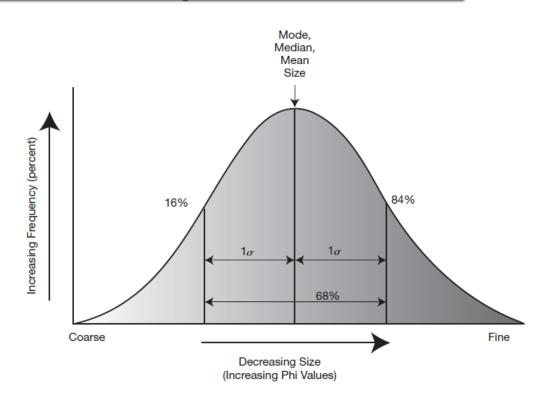
$$M_z = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

size

■ MODA: é o tamanho de grão de maior frequência e pode ser determinada diretamente nas curvas de frequência simples.
|Well Sorted | Bimodal Distribution

□ MEDIANA (Md): <u>é o tamanho do grão presente no percentil 50</u>, obtido diretamente das curvas de frequência acumulada em escala probabilística. A mediana representa exatamente o tamanho de grão que divide a distribuição granulométrica (em peso) nos 50%, ou seja <u>a metade da esquerda é formada</u>

por sedimentos mais grosseiros e a metade da direita é formada por sedimentos mais finos.



□ GRAU DE ESPALHAMENTO: São medidas referentes ao grau de dispersão das partículas em torno da tendência central da amostra. É representado principalmente pelo <u>DESVIO PADRÃO</u> ou grau de seleção.

DESVIO PADRÃO (σ): É a <u>variação central dos</u> tamanhos de grão a partir da média aritmética. Serve para determinar o grau de dispersão das classes granulométricas em relação à média, ou seja, o <u>selecionamento da amostra</u>. Folk e Ward (1957) determinaram o desvio padrão gráfico incluso, que se aproxima do desvio padrão matematicamente calculado, pela seguinte fórmula:

$$\sigma_i = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

□ DESVIO PADRÃO (σ): A classificação do desvio padrão de Folk e Ward (1957), obedece os seguintes valores:

s < 0,35 - amostra muito bem selecionada

0,35 - 0,50 - amostra bem selecionada

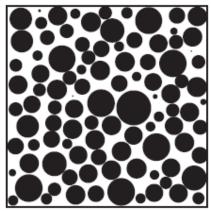
0,50 - 0,71 - amostra moderadamente bem selecionada

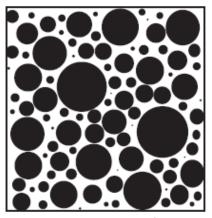
0,71 - 1,00 - amostra moderadamente selecionada

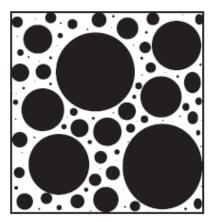
1,00 - 2,00 - amostra pobremente selecionada

2,00 - 4,00 - amostra muito pobremente selecionada

> 4,00 - amostra extremamente pobremente selecionada







Well Sorted (0.35φ)

Moderately Well Sorted  $(0.50\phi)$ 

Poorly Sorted  $(1.00\phi)$ 

Very Poorly Sorted (2.00 $\phi$ )

□ GRAU DE AGUDEZ DOS PICOS: Representa a discrepância entre a altura (frequência) de uma classe em relação às outras. Quanto maior a diferença de altura de uma classe em relação às demais, maior será o grau de agudez, ou CURTOSE, da amostra. O significado geológico da curtose ainda não é bem conhecido, embora seja um parâmetro utilizado para distinguir amostras.

□ CURTOSE (Kg): é o grau de afilamento da curva e pode ser observado pela forma das curvas de frequência simples. A curtose pode ser definida como a razão entre o espalhamento na parte central da amostra e o espalhamento nas caudas da distribuição.

< 0,67 muito platicúrtica
0,67 - 0,90 platicúrtica
0,90 - 1,11 mesocúrtica
1,11 - 1,50 leptocúrtica
1,50 - 3,00 muito
leptocúrtica
> 3,00 extremamente
leptocúrtica

$$K_G = \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

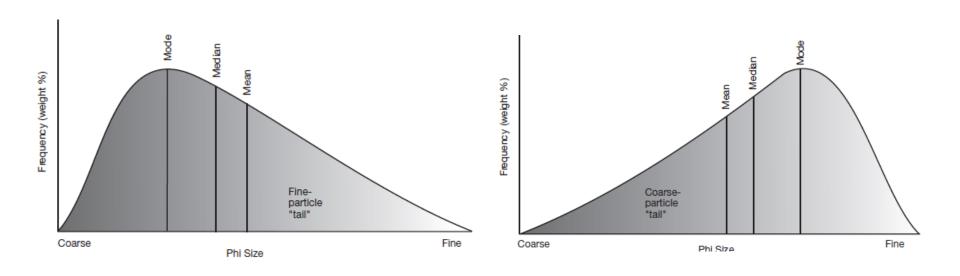
□ ASSIMETRIA (Sk): É a tendência da curva de frequência simples <u>deslocar-se para um dos lados</u>. Quando a curva apresentar uma <u>cauda maior</u> para o extremo dos <u>finos</u>, a assimetria é dita <u>positiva</u>, quando a <u>cauda é maior</u> para o lado dos <u>grossos</u>, a assimetria é <u>negativa</u>.

$$SK_t = \frac{(\phi_{84} + \phi_{16} - 2\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_{95} + \phi_5 - 2\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

A classificação da amostra quanto os valores calculados de assimetria é a seguinte:

- -1,0 -0,3 assimetria muito negativa
- -0,3 -0,1 assimetria negativa
- -0,1 +0,1 aproximadamente simétrica
- +0,1 +0,3 assimetria positiva
- +0,3 +1,0 assimetria muito positiva

□ ASSIMETRIA (Sk): É a tendência da curva de frequência simples <u>deslocar-se para um dos lados</u>. Quando a curva apresentar uma <u>cauda maior</u> para o extremo dos <u>finos</u>, a assimetria é dita <u>positiva</u>, quando a <u>cauda é maior</u> para o lado dos <u>grossos</u>, a assimetria é <u>negativa</u>.

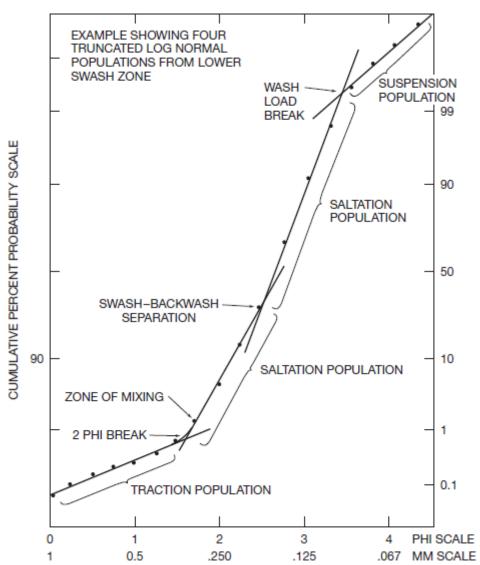


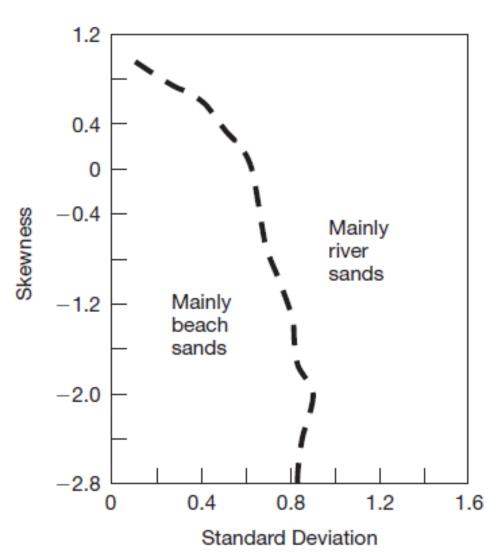
- □ A granulometria é uma propriedade física fundamental das rochas sedimentares e dos sedimentos do recente, sendo uma propriedade descritiva muito útil;
- □ A quantificação do tamanho de grão é muito importante, principalmente com relação a porosidade e permeabilidade das rochas reservatórios e dos aquíferos subterrâneos;
- □ Devido ao tamanho e a seleção dos grão, essas características podem refletir os mecanismos de sedimentação e as condições deposicionais. Os dados de granulometria são úteis na interpretação de <u>ambientes deposicionais e antigas rochas sedimentares</u>.

Várias áreas da geologia aplicada utilizam-se de análises granulométricas com finalidades diversas, por exemplo:

- (1)caracterizar e classificar os sedimentos com mínima subjetividade;
- (2)correlacionar depósitos de áreas diferentes através de tratamentos estatísticos adequados;
- (3)inferir sobre os processos relativos à gênese dos sedimentos, como transporte e deposição;
- (4)preparar os sedimentos para outras análises, como minerais pesados, textura superficial, argilo-minerais, etc.;
- (5)caracterizar, classificar e correlacionar os tipos de solos para engenharia civil ou pedologia e;
- (6)dimensionar a granulometria exata para utilização de certas matérias-primas (fabrico de vidro, concreto, cerâmica, etc.) ou maximizar o aproveitamento de depósitos.

Curva de frequência acumulada em escala probabilística de uma amostra típica de areia praial da zona de espraiamento





Assimetria versus desvi padrão

#### 1. INTRODUÇÃO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: ESCALAS. MEDINDO O TAMANHO DE GRÃO. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. TRATAMENTO MATEMÁTICO. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE GRANULOMETRIA.
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE. ARREDONDAMENTO. SIGNIFICADO DA FORMA DAS PARTÍCULAS. TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.



#### T' INLKODAČŽO

2. TAMANHO DE GRÃO: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA: TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E

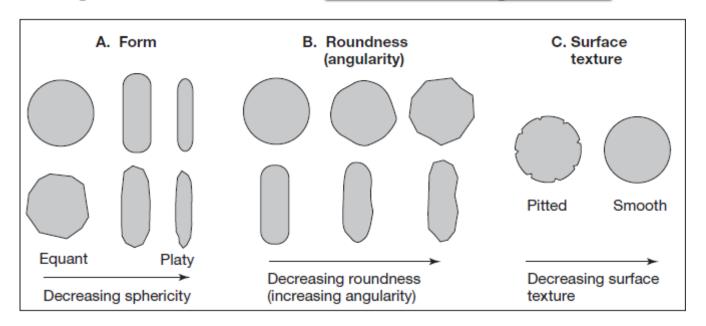
# 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE. ARREDONDAMENTO. SIGNIFICADO DA FORMA DAS PARTÍCULAS. TEXTURA SUPERFICIAL.

4) LŲBKICA; OKIENIAČŲO DOS GKŲOS. EMBYCOLYMENIO DOS GKŲOS! BOKOZIDYDE!

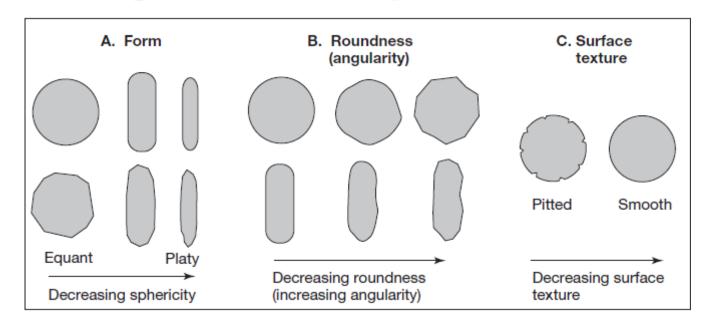


- □ A <u>morfometria</u> descreve a forma geométrica das partículas;
- □ A forma dos minerais e dos clastos nas rochas sedimentares são determinados por uma série de fatores:
  - forma original dos grãos minerais das áreas fontes;
  - > estrutura da rocha fonte (clivagem, foliação, acamadamento);
  - natureza e intensidade do transporte sedimentar, acarretando na abrasão dos fragmentos;
  - > processos de soterramento, como a compactação.

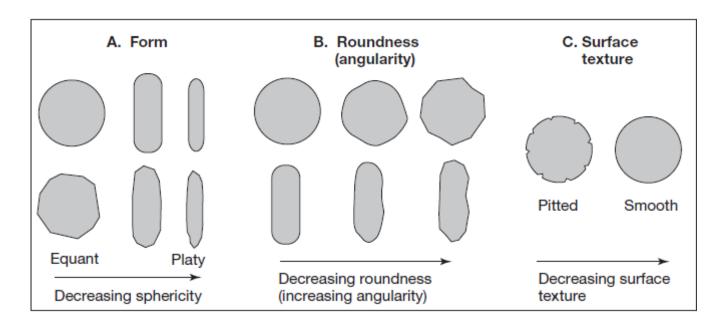
- □ A <u>morfometria</u> é definida por três diferentes aspectos:
  - FORMA (ESFERICIDADE): a forma das partículas se refere ao <u>contorno geral</u> e reflete variações em suas proporções. Algumas partículas se assemelham a <u>esferas</u>, outras podem exibir <u>forma de placas</u>.



- □ A <u>morfometria</u> é definida por três diferentes aspectos:
  - > ARREDONDAMENTO: se refere ao grau de agudez dos cantos. Partículas bem arredondadas exibem cantos suavizados; partículas pobremente arredondadas exibem cantos angulares e abruptos;



- □ A <u>morfometria</u> é definida por três diferentes aspectos:
  - > TEXTURA SUPERFICIAL: se refere, em menor escala, a marcadores de microrelevo na superfície da partícula, tais como, escavações, arranhões, cristas,...

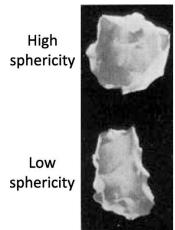


- □ Forma, Arredondamento e Textura Superficial são <u>propriedades</u> <u>independentes</u>, em que cada uma dessas propriedades podem variar sem afetar as outras;
- ☐ Geralmente a <u>forma e o</u> <u>arredondamento são correlacionadas</u> nos depósitos sedimentares (i.e. partículas com alta esfericidade tendem a ser bem arredondadas);
  - ➤ A <u>textura superficial pode variar</u>, sem alterar efetivamente a forma e o arredondamento, porém <u>mudanças na forma e no arredondamento</u> irá afetar a textura superficial.

#### **ESFERICIDADE (FORMA)**

□ A esfericidade reflete variações nas proporções das partículas, sendo definida pela <u>proporção dos seus</u> <u>principais eixos que são perpendiculares</u> <u>entre si</u>.

> Se todos os <u>três eixos exibem o mesmo</u> <u>comprimento</u>, a partícula apresenta uma alta esfericidade.



Very angular R = 0.12 – 0.17



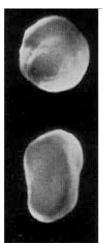
Angular 0.17 – 0.25



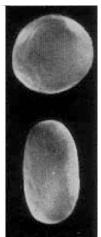
Subangular



Subrounded 0.35 – 0.49



Rounded 0.49 – 0.70



Well rounded 0.70 – 1.00

#### **ESFERICIDADE (FORMA)**

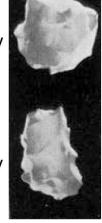
□ A esfericidade reflete variações nas proporções das partículas, sendo definida pela <u>proporção dos</u> principais eixos que são perpendiculares entre si.

> Se todos os três eixos exibem o mesmo comprimento, a partícula apresenta uma alta

esfericidade.

High sphericity

Low sphericity



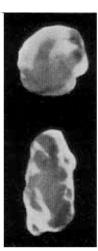
Very angular R = 0.12 - 0.17



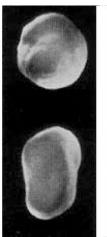
**Angular** 0.17 - 0.25



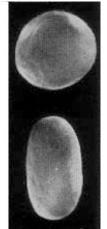
Subangular 0.25 - 0.35



Subrounded 0.35 - 0.49



Rounded 0.49 - 0.70



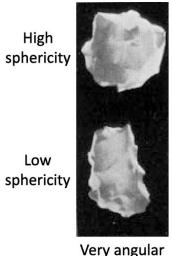
Well rounded 0.70 - 1.00

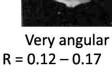
**Krumbein** (1941), expressou matematicament e essa relação, valores, no qual 1 se refere a partículas com alta esfericidade



#### ARREDONDAMENTO

- O arredondamento se refere ao grau de agudez dos cantos. Partículas bem arredondadas exibem cantos suavizados; partículas pobremente arredondadas exibem cantos angulares e abruptos;
  - > Wadell (1932) desenvolveu uma fórmula matemática para expressar o arredondamento das partículas (ver Apêndice 1).







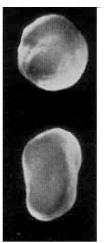
**Angular** 0.17 - 0.25



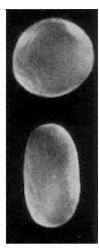
Subangular 0.25 - 0.35



Subrounded 0.35 - 0.49



Rounded 0.49 - 0.70



Well rounded 0.70 - 1.00

#### **ARREDONDAMENTO**

- O exame do grau de arredondamento de uma partícula é desenvolvido através da presença ou não de angularidades na superfície.
  - > Angular: cantos agudos e reentrâncias bem definidas, o que evidencia pouco retrabalhamento.
  - > Subangular: os grãos apresentam formas originais com início de desgastes nos cantos.
  - Subarredondado: o grau de retrabalhamento é considerável, cantos são bem arredondados e a área das faces é reduzida, mas com forma ainda bem definida.
  - > Arredondado: as faces originais são quase imperceptíveis, os cantos são arredondados e não há reentrâncias.

□ A <u>esfericidade</u> das partículas é função principalmente da <u>forma original</u> dos grão, embora a forma de partículas maiores pode ser modificada por abrasão e fragmentação durante o transporte;

□ A esfericidade <u>afeta a velocidade de</u> <u>assentamento das partículas menores</u> (partículas esféricas assentam mais rapidamente que partículas achatadas);

- □ A esfericidade afeta também a transportabilidade das partículas tamanho cascalho as quais se movimentam por tração (partículas com maior esfericidade rolam mais rapidamente do que as não esféricas);
  - Embora a esfericidade é conhecida por afetar o transporte das partículas, ainda não existem estudos suficientes para demonstrar que a esfericidade pode ser utilizada sozinha para interpretar ambientes de sedimentação.

- □ O <u>arredondamento</u> é uma função da <u>composição</u> das partículas, do <u>tipo de</u> <u>transporte</u> e da <u>distância do transporte</u>;
  - ➢ Por exemplo, grãos de quartzo e zircão são mais resistentes durante o transporte do que grãos de piroxênio e feldspatos. Dessa forma o arredondamento das partículas será diferente mesmo que o agente de transporte e a distância do transporte foram os mesmos.

- ☐ Tamanho de grãos de seixos a blocos comumente são mais facilmente arredondados pela abrasão do que grãos tamanho areia;
  - ➤ Isso porque, partículas maiores são mais suscetíveis ao retrabalhamento, pois apresentam uma área superficial maior.

- □ Estudos experimentais em flume e tuneis sobre os efeitos da abrasão no transporte de partículas de quartzo tamanho areia, mostram que o transporte pelo vento é 100 a 1000x mais efetivo no arredondamento do que o transporte pela água.
  - ➤ De fato, quase nenhum arredondamento ocorre em até 100 km de transporte pela água, em que a maioria dos estudos em rios, demonstram esses fatos.

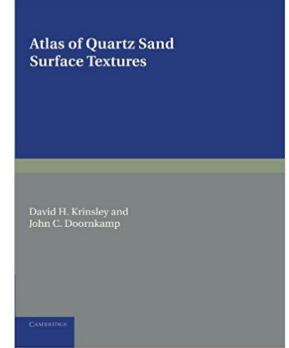
- □ Russel e Taylor (1937) observaram nenhum aumento no arredondamento de grãos de quartzo através de uma distância de 1775 km no Rio Mississipi entre Cairo, Illinois e Golfo do México.
  - > A <u>efetividade no arredondamento da zona de surf</u> é muito maior do que o transporte pelos rios, embora ainda não seja muito compreendido.
  - > O arredondamento dos grãos de quartzo não é facilmente perdido e pode ser observado através de vários ciclos de sedimentação. Por exemplo, grãos de quartzo bem arredondados podem indicar um transporte pelo vento ao longo de sua história, mas é muito difícil determinar se o arredondamento ocorreu durante o último episódio de transporte.

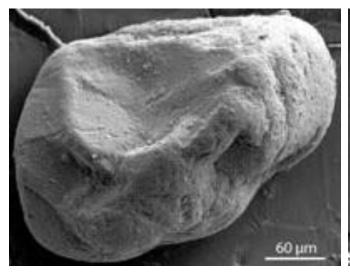
- □ O arredondamento das partículas tamanho seixos é fortemente relacionado com a composição das mesmas.
  - ➤ Seixos de folhelhos ou calcários se tornam arredondados mais facilmente do que seixos de quartzitos ou chert.
  - ➤ Embora o arredondamento não seja efetivo em partículas menores durante o transporte pelos rios, em partículas tamanho seixos, ocorre o arredondamento das partículas. Pettijohn (1975) observou que dependendo da composição e tamanho, os seixos podem ser tornar bem arredondados durante o transporte pelos rios em distâncias que variam de 11 km para seixos de calcários a 300 km para seixos de quartzo.

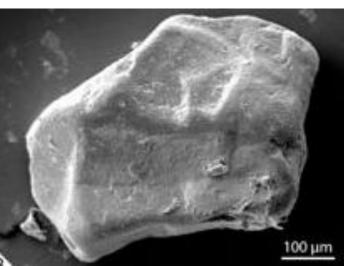
- □ A textura superficial está relacionada com as partículas que se apresentam polidas, foscas, ou que apresentam irregularidades de pequena escala na superfície, como fraturas, buracos, estrias e riscos.
- □ A textura superficial pode ser originada de diversas maneiras, incluindo <u>abrasão mecânica</u> durante o transporte, <u>polimento tectônico</u> durante a deformação, <u>precipitação química e crescimento autigênico</u> durante a diagênese e o intemperismo.

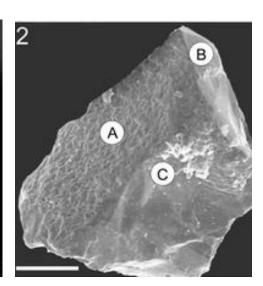
□ A textura superficial geralmente é realizada em grãos de quartzo, devido a sua dureza e estabilidade química, o que permite a essas partículas de reterem marcas por longos períodos no tempo geológico.

□ Atlas of Quartz Sand Surface Textures (Krinsley e Doornkamp's, 1973). Mais de 25 características de textura superficial foram identificadas, que incluem fraturas conchoidais, arranhões e estrias, pratos, etc..

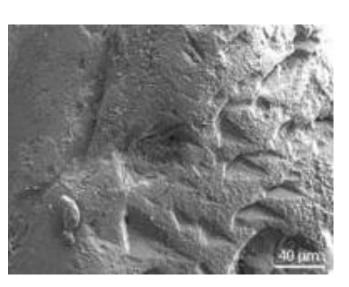






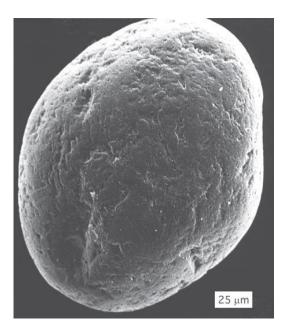


**Buracos e arranhões** 



**Buracos com forma em V** 

**Buracos** 



Buracos de dissolução química

Pratos (Upturned plates)

- □ A textura superficial é mais suscetível a mudanças no transporte e deposição dos sedimentos do que o arredondamento e a esfericidade.
- □ A remoção de antigas texturas superficiais e a geração de novas texturas são mais prováveis de ocorrer, onde a textura superficial está mais relacionada com o registro do último ciclo de transporte de sedimentos ou o último ambiente deposicional.
- □ A utilidade da textura superficial é limitada porque tipos de marcadores são produzidos em diferentes ambientes deposicionais.
- □ As marcas de superfície podem permanecer no grão por um longo período antes de serem removidas ou substituídas.

- Utilizando métodos estatísticos, provou ser possível com base na textura superficial distinguir três ambientes deposicionais:
  - □ Praial: quartzos são caracterizados por marcas de percurssão em forma de V e fraturas conchoidais;
  - □ Eólico: os grãos exibem superfícies arredondadas e suavizadas, forma de pratos irregulares, e características de solução e precipitação de sílica;
  - □ Glacial: os grãos exibem fraturas conchoidais e estrias.

#### 1. INTRODUÇÃO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: ESCALAS. MEDINDO O TAMANHO DE GRÃO. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA. TRATAMENTO MATEMÁTICO. APLICAÇÃO E IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE GRANULOMETRIA.
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE. ARREDONDAMENTO. SIGNIFICADO DA FORMA DAS PARTÍCULAS. TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.



#### T' INLKODAČŽO

- 2. TAMANHO DE GRÃO: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA: TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E TRATAMENTO MATEMÁTICO: APLICAÇÃO E
- 3. FORMA DAS PARTÍCULAS: ESFERICIDADE.
  ARREDONDAMENTO, SIGNIFICADO DA FORMA
  DAS PARTÍCULAS, TEXTURA SUPERFICIAL.
- 4. FÁBRICA: ORIENTAÇÃO DOS GRÃOS. EMPACOTAMENTO DOS GRÃOS. POROSIDADE.

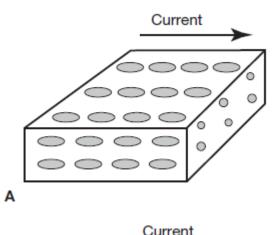
### **FÁBRICA**

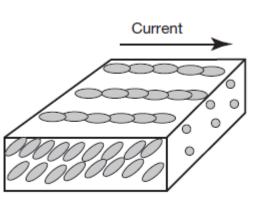
- □ A fábrica de um depósito sedimentar se refere ao arranjo das partículas, e é função da <u>orientação dos grãos</u> e do <u>empacotamento</u>. A composição mineral, forma, tamanho e grau de seleção também influenciam na fábrica;
- □ Orientação e empacotamento dos grãos por sua vez controlam as propriedades físicas, como <u>densidade</u>, <u>porosidade e permeabilidade</u>.

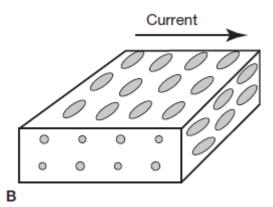
- □ As partículas encontradas nos depósitos sedimentares que são alongadas na forma de disco ou alongadas na forma elíptica comumente apresentam uma preferência de orientação.
  - Essas partículas tendem a se alinhar em planos paralelos às superfícies de acamadamento dos depósitos.
  - Partículas alongadas apresentam uma tendência de se orientar segundo o seu eixo maior, que aponta para a mesma direção do transporte.

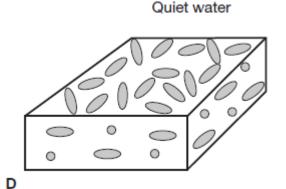
□ A orientação das partículas é controlada pelo transporte e pelos processos deposicionais e está relacionada particularmente a velocidade

dos fluxos e outras condições hidrodinâmicas no sítio deposicional.

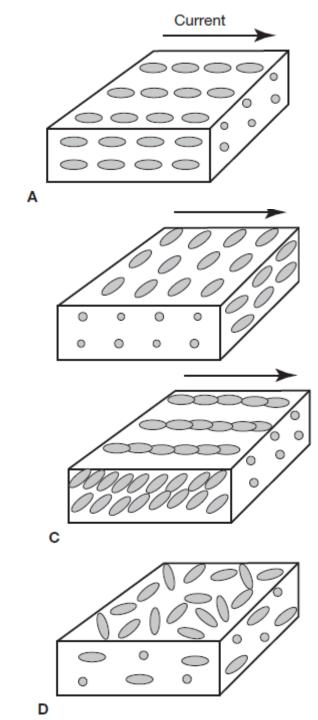








- □ A maioria dos estudos apontam que partículas tamanho areia depositadas por fluxos fluidos tendem a ser alinhadas paralelamente a direção da corrente (A), embora eventualmente se observa um segundo modo de orientação (B).
- □ Alguns grãos podem apresentar imbricações bem desenvolvidas com seus eixos longos geralmente mergulhando no sentido contrário da corrente em ângulos inferiores a 20° (C).
- □ Partículas depositadas em águas tranquilas podem apresentar várias orientações e falta de imbricação (D).







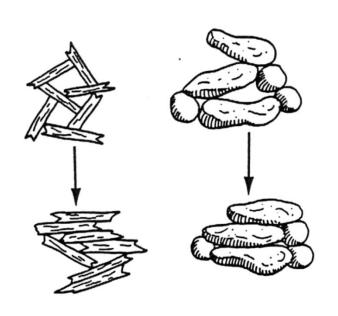


#### **EMPACOTAMENTO**

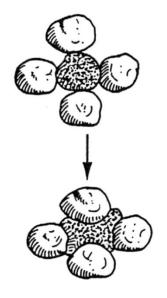
- □ O empacotamento dos grãos <u>refere-se aos</u> <u>padrões de espaçamento ou densidade de grãos</u> em uma rocha sedimentar, e é função principalmente do tamanho, forma e o grau de compactação das partículas.
- □ O empacotamento afeta fortemente a densidade, a porosidade e a permeabilidade das rochas sedimentares.
- □ Dois tipos distintos de compactação: mecânica e química
  - Compactação Mecânica: envolve quatro processos puramente físicos de rearranjo ou deformação.
  - Compactação Química: Dissolução por pressão

#### **EMPACOTAMENTO**

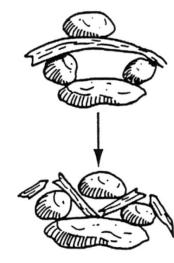
#### MECHANICS OF COMPACTION



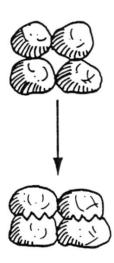
ROTATION AND CLOSER PACKING OF PLATY (left) AND NON-PLATY (right) GRAINS.



DEFORMATION OF DUCTILE GRAINS.



BREAKAGE OF BRITTLE GRAINS.



PRESSURE SOLUTION AT GRAIN CONTACTS.

(After Jonas and McBride, 1977)

#### **EMPACOTAMENTO**

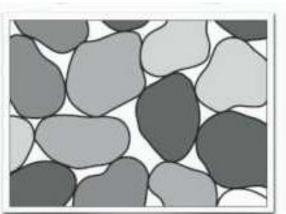
□ Sedimentos <u>mal selecionados</u> tendem a apresentar <u>baixos valores de porosidade e permeabilidade</u> quando comparados com sedimentos bem selecionados, devido ao empacotamento mais fechado, onde as partículas finas preenchem os poros dos sedimentos;

☐ Interesse econômico: geologia do petróleo e hidrogeologia (reservatórios e aquíferos

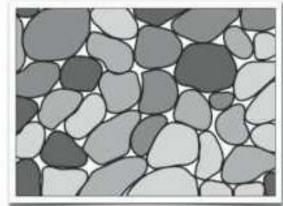
subterrâneos).

Compactação causa uma redução na porosidade. Por exemplo, um arenito tem uma porosidade original de 40% e durante o soterramento a porosidade pode reduzir para 10% nos primeiros 1500 m.

Frouxo







□ Rearranjo: mais eficiente nos sedimentos grossos. Compactam mais e mais rápido nos primeiros 1000 m.

Esferas de mesmo tamanho são arranjadas em um empacotamento frouxo (empacotamento cúbico) à um empacotamento apertado (romboédrico)

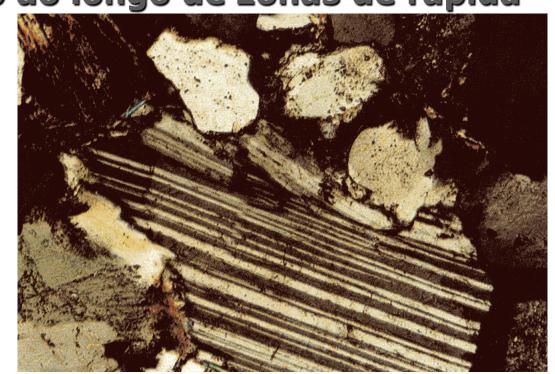




☐ Fraturamento: Grãos rígidos (quartzo, feldspatos (mais facilmente, devido às clivagens) podem ser fraturados na compactação;

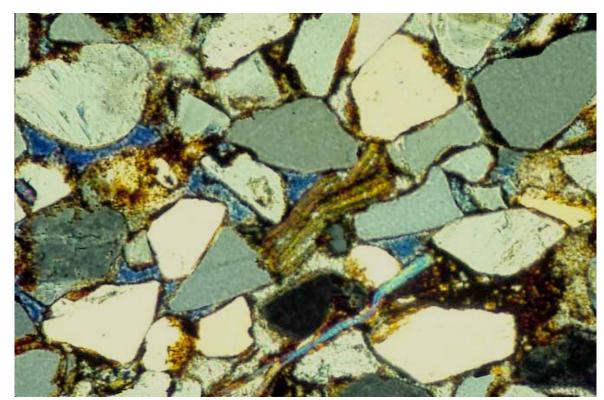
□ Normalmente limita-se a poucos grãos (maiores, com clivagens, maclas e/ou previamente estressados; bioclastos alongados), ou ocorre segregado ao longo de zonas de rápida

concentração de esforços (faixas de fraturamento e/ou falhamento).

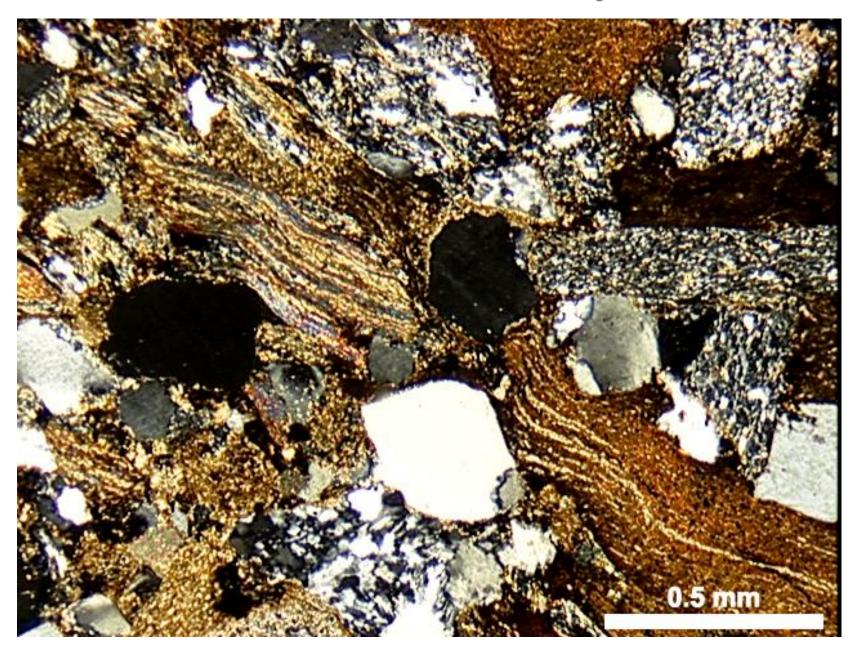


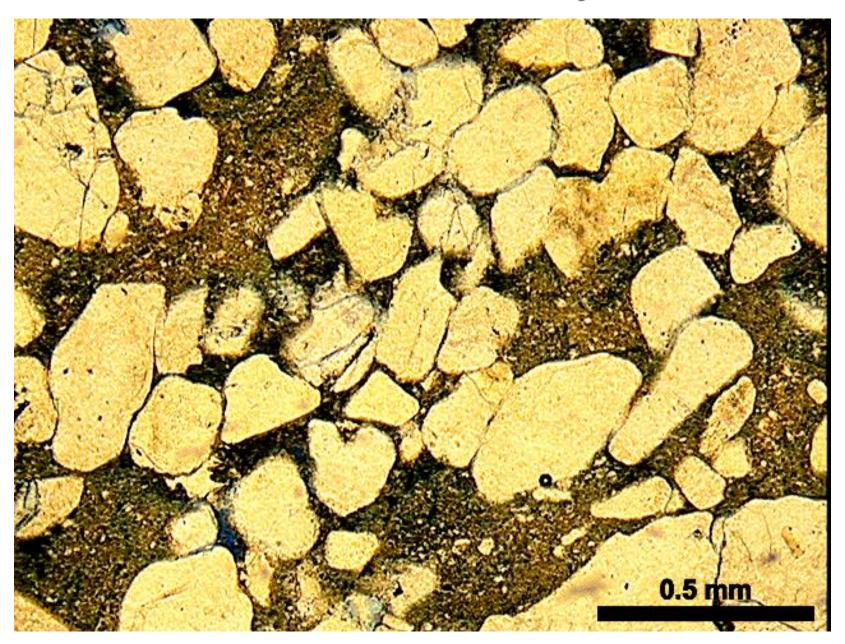
- □ <u>Deformação elástica:</u> Rochas profundamente soterradas "descompactam" elasticamente na superfície, desenvolvendo "poros de alívio" lamelares entre grãos e/ou cristais.
- □ Micas são bem mais elásticas do que a maioria dos minerais, e podem ser bastante deformadas

na compactação, como também os fragmentos micáceos metamórficos.



- □ Deformação plástica: Grãos dúcteis, macios: extensamente deformados "plasticamente", moldando-se e "fluindo" para os espaços intersticiais;
- □ Pseudomatriz: esta "matriz" é normalmente muito heterogênea na composição e distribuição na rocha (empacotamento heterogêneo);
- □ Arenitos e conglomerados líticos ou intraclásticos com mais de 20 % de grãos dúcteis comumente perdem toda sua porosidade primária por compactação mecânica.

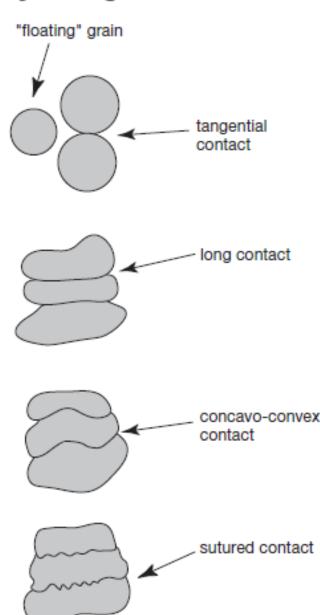




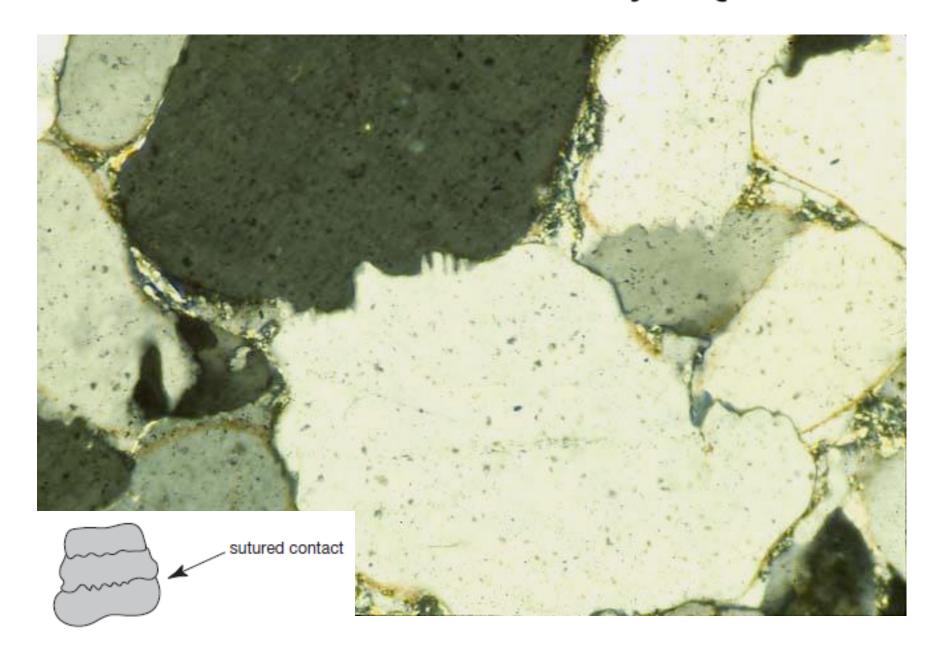
#### EMPACOTAMENTO – compactação química

- □ Principio de Riecke: o aumento da pressão dirigida (não-hidrostática) sobre um mineral produz o aumento da solubilidade: concentração de esforços dirigidos nos contatos intergranulares pontuais estimula a sua dissolução.
  - Compactação química mais intensa nas rochas <u>carbonáticas e evaporíticas</u>: minerais mais solúveis;
  - Pode <u>restringir-se</u> aos <u>contatos</u> intergranulares (passam de pontuais a longos, a <u>côncavo-convexos</u>, a <u>suturados com a compactação</u>), ou alastrar-se ao longo de superfícies suturadas de dissolução da rocha (estilolitos), com concentração de argilas, óxidos, sulfetos, matéria orgânica.

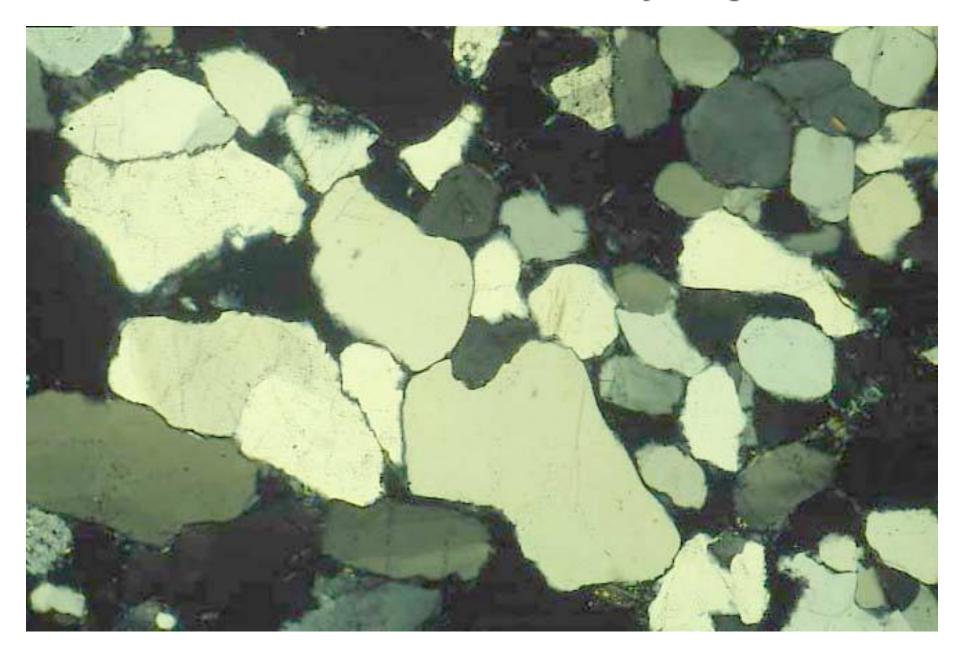
- □ As forças entre os grãos nos contatos exercidas pela compactação causam alterações entre nos tipos de contatos de grãos com grãos. Taylor (1950) identificou quatro tipos de contatos entre grãos que podem ser identificados em lâminas:
  - Contatos tangenciais ou contatos pontuais;
  - > Contatos longos;
  - Contatos côncavosconvexos;
  - Contatos suturados



### EMPACOTAMENTO – compactação química



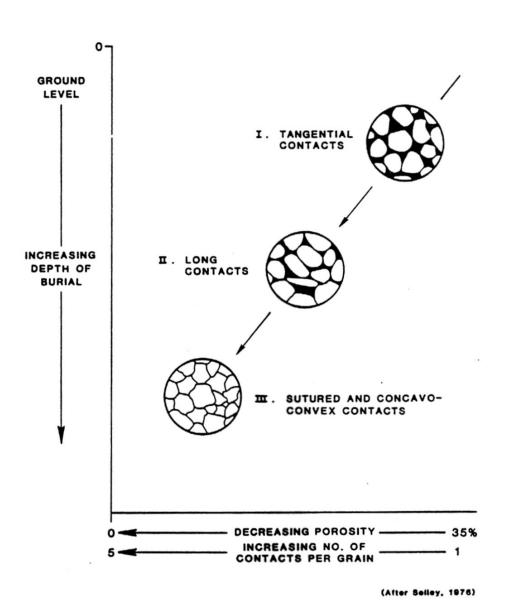
### EMPACOTAMENTO – compactação química

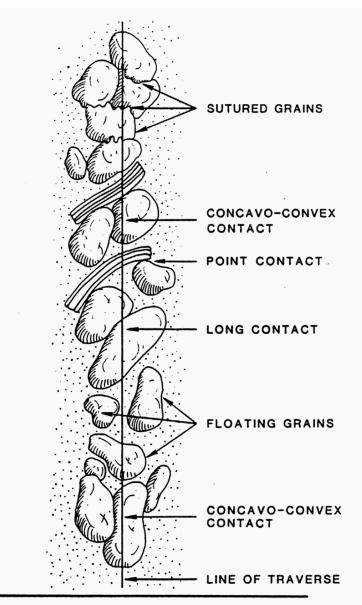


# QUANTIFICAÇÃO DA COMPACTAÇÃO

- □ Empacotamento: função de profundidade e tempo de soterramento; quantificado pelo índice de proximidade (Pp; Kahn, 1956).
  - ➤ Aberto (Pp < 40): contatos dominantemente pontuais; soterramento raso, ou ocorrido apenas após cimentação que sustentou o arcabouço.
  - > Normal (Pp = 40-55): contatos pontuais, retos e côncavo-convexos; soterramento intermediário ou durante a cimentação.
  - > Apertado (Pp > 55): contatos dominantemente côncavo- convexos e suturados; soterramento profundo, por longo tempo, ou em condições de alta T.

# QUANTIFICAÇÃO DA COMPACTAÇÃO





#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

Esteves. Polígrafo de Sedimentologia. Fundação Universidade Federal de Rio Grande.

Boggs (2011). Principles of Stratigraphy and Sedimentology. Cap. 3.

Notas de Aula. Luiz Fernando De Ros. Petrografia Sedimentar. UFRGS.

