

EFEITO DE OPERADORES, DIA DE OBSERVAÇÃO E TAMANHO DE
AMOSTRA E DE GRÂNULOS NA DETERMINAÇÃO DO
ARREDONDAMENTO DE GRÂNULOS DA
FRAÇÃO AREIA DE SOLOS¹

Arary Marconi²
Ibrahim O. Abrahão³
Izaias R. Nogueira⁴

RESUMO

Estudam-se, através da carta de comparação visual de Krumbein, os efeitos do dia de observação, observadores e tamanho de amostra na determinação do arredondamento de grânulos de quartzo, nas frações areia média, areia fina e areia muito fina de solos do arenito Botucatu, no Município de Piracicaba. Conclui-se que amostras de 25 grânulos são suficientes. Não foi observado efeito estatisticamente significativo do dia de observação. Efeito de observadores foi verificado apenas para as frações média e fina.

INTRODUÇÃO

Entre os caracteres que os processos genéticos imprimem às partículas constituintes dos sedimentos, arredondamento e esfericidade são fundamentais. Ao longo de um século, tem-se procurado correlacionar esses parâmetros à ação do agente predominante na formação do sedimento. Para o caso de arredondamento, muitos métodos têm sido delineados para sua estimativa; alguns, mais primitivos, são baseados em termos meramente descritivos, enquanto outros, mais objetivos, procuram quantificar esse parâmetro. Entretanto, a despeito de a quantificação possibilitar a introdução de métodos estatísticos de

¹ Entregue para publicação em 4/12/1970.

² Assistente Doutor do Departamento de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

³ Professor de Disciplina do Departamento de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz".

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Matemática da ESALQ.

análise, observam-se na literatura discrepâncias no que se refere ao número de observações necessário para a correta avaliação do arredondamento. Isso decorre, pelo menos em parte, do fato de, em grânulos microscópicos, a estimativa se fazer em apenas duas dimensões e, com frequência, através de comparações visuais. Essa técnica introduz um contingente subjetivo de avaliação, acarretando, em consequência, dúvidas relativas ao número de grânulos necessário para uma estimativa correta, à influência de operadores na determinação do arredondamento e ao efeito de se proceder ao levantamento em dias diferentes. Ademais, existe ainda a possibilidade de êsses fatores, isolados ou em conjunto, afetarem de maneira diferente a estimativa do arredondamento em grânulos de tamanhos diferentes.

Em face dessas dificuldades, delineou-se o presente trabalho, que estuda o efeito de cinco operadores, em três dias diferentes e dois tamanhos de amostra na determinação do arredondamento de grânulos de quartzo de areias média, fina e muito fina de solos.

REVISÃO DA LITERATURA

Desde que Sorby, em 1879 (KRUMBEIN & PETTIJOHN, 1938) classificou grânulos de areia em cinco classes de arredondamento, diferentes métodos foram delineados visando à medida dêsse parâmetro. Em consequência do caráter subjetivo próprio de termos descritivos como angular ou sub-angular, alguns métodos foram introduzidos para avaliação quantitativa de arredondamento, tanto para partículas macroscópicas, como para microscópicas, em que as medições se efetuam em apenas duas dimensões. Entre êsses métodos, destacam-se os de Tickell (TWENHOFEL & TYLER, 1941) e de WADSELL (1932, 1935). Tickell define arredondamento como a relação entre a área de uma partícula e a área do menor círculo que se pode circunscrever a ela. Para Wadell, o arredondamento é definido como a média dos arredondamentos dos vértices das partículas, sendo o arredondamento de cada vértice a relação entre o seu raio de curvatura e o raio do círculo máximo inscrito nesse vértice, no plano da medida. TWENHOFEL & TYLER (1941), discutindo os dois métodos são de opinião que o de Wadell é mais exato, enquanto o de Tickell é mais prático e conduz a resultados suficientemente precisos, uma vez que precisão exagerada é de valor duvidoso. Êsses autores, todavia, não sugerem o número de grânulos que deve ser usado. KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938) julgam que os grânulos devem ser desenhados para o método de Wadell, mas são de opinião que sua aplicação é demorada, pelo

que sugerem uma simplificação no sentido de torná-lo mais expedito. KRUMBEIN (1941) introduz cartas de comparação visual para a estimativa do arredondamento. Os grânulos observados no microscópio têm seu arredondamento determinado pela comparação com os desenhos da carta, na qual representam-se grânulos cujos arredondamentos variam de 0,1 a 0,9. Essas cartas são muito usadas atualmente e, embora constituam um método rápido, voltam a introduzir um caráter pessoal e subjetivo para avaliação do arredondamento. Sentindo o problema, ROSENFELD & GRIF-FITHS (1953) levaram a efeito trabalho em que 21 grânulos de quartzo tiveram seus arredondamentos determinados por sete operadores, que repetiram as determinações em três dias diferentes. Procederam à análise da variância dos dados obtidos, através de um esquema fatorial, mas não indicam qual seria o número necessário de grânulos para estimar com segurança o arredondamento. KRUMBEIN & SLOSS (1963) citam o trabalho desses autores, chamam a atenção para o efeito de observador e, embora admitindo que as estimativas de grânulos individuais podem variar consideravelmente, julgam satisfatória a média obtida para 50 ou mais grânulos.

Em nosso meio, alguns trabalhos em que foram feitas determinações de arredondamento variam quanto ao método empregado e quanto ao número de grânulos utilizado. CARVALHO (1955), utilizando o método de Wadell, determina o arredondamento de 30 grânulos de cada lâmina, para o arenito Botucatu, usando a granulação de 74 μ para todas as amostras e 53 μ , 105 μ e 210 μ para duas amostras. AMARAL (1955), para sedimentos da foz do rio Amazonas, determina o arredondamento para 50 grânulos nas diferentes frações, em lupa binocular, utilizando técnica adotada por Russel e Taylor (PETTIJOHN, 1957), que consiste em comparação visual. FREITAS (1955), em estudo sobre a série Bauru, determina o arredondamento segundo o método de Wadell, aplicando-o a 17 amostras de superfície e sondagem sem cota e a 100 amostras de sondagem com cota, para cinco localidades. Não obstante apresente as porcentagens encontradas para diferentes graus de arredondamento, não menciona o número de grânulos que foram medidos em cada amostra. BJÖRNBERG (1959), estudando rochas clásticas do planalto de Poços de Caldas, faz a determinação do arredondamento pelo método de Wadell, utilizando 40 grânulos de cada fração. MARCONI (1969) efetua medições de arredondamento em solos formados sobre o arenito Botucatu, no município de Piracicaba. Estuda o arredondamento de grânulos de quartzo, turmalina e zirconita de seis séries de solos, com um total de 30 horizontes e utilizando amostras de 50 grânulos de cada mineral em cada horizonte, empregando a carta de comparação visual de Krumbein.

MATERIAL E MÉTODO

Material

Foram usadas as frações areia média (0,500 - 0,250 mm), areia fina (0,25 - 0,105 mm) e areia muito fina (0,105 - 0,053 mm) de solos desenvolvidos sobre o arenito Botucatu, do município de Piracicaba, para as quais foram montadas lâminas permanentes em bálamo do Canadá. As medições de arredondamento foram efetuadas em microscópio de polarização Leitz, modelo Standard, com aumento médio (80 x).

Método

Em cada lâmina foram marcados 100 grânulos de quartzo, individualizados pelo seu número de ordem. Escolheram-se, para observadores, cinco alunos do curso de Agronomia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (*), que determinaram o arredondamento dos 100 grânulos de cada areia por 3 vezes, de maneira que as medições sobre uma mesma lâmina eram separadas pelo intervalo de uma semana. Os operadores foram previamente treinados no uso da carta de comparação visual de Krumbein, que foi o método adotado.

Para análise de variância, sortearam-se 25 e 50 grânulos entre os 100, mediante tabela de números casualizados (DIXON & MASSEY, 1957). Para as três frações e para amostras de 25 e 50 grânulos, foi feita análise de variância baseada no modelo matemático seguinte:

$$x_{ijk} = m + o_i + d_j + g_k + (od)_{ij} + (og)_{ik} + (dg)_{jk} + e_{ijk}$$

onde x_{ijk} representa o valor observado (medida efetuada), m a média teórica, o_i o efeito de observador, d_j o efeito de dias, g_k o efeito de grânulos, $(od)_{ij}$, $(og)_{ik}$, $(dg)_{jk}$, respectivamente efeitos de interações de observadores com dias, observadores com grânulos e dias com grânulos, sendo e_{ijk} o erro casual. Exceto o componente devido a observadores, todos os demais foram considerados aleatórios. O teste F para observadores foi feito com ajustes de graus de liberdade pela fórmula de Satterthwaite (SATTERTHWAITE, 1946).

(*) Os autores agradecem a colaboração dos acadêmicos Antonio Carlos Fischer, Antonio Natal Gonçalves, Cláudio Costa, Luiz Fernando Ribeiro de Miranda e Mário José Pedro Jr.

RESULTADOS

Apresentam-se, a seguir, os quadros dos valores de arredondamento obtidos pelos 5 operadores, em 3 dias diferentes (repetições), das 3 frações de areia, com as amostras de 25 e 50 grânulos, assinalando-se o número de ordem dos grânulos sorteados. Após cada quadro, segue-se a respectiva análise de variância.

Areia Média

QUADRO I - Valores de arredondamento em amostra de 25 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
8	0,2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4
9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5
10	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
11	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
12	0,5	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6
15	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
31	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
37	0,3	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,5	0,5	0,6	0,5
42	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
44	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
61	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3
63	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
65	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
66	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
69	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
73	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
74	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6
80	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
83	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
85	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3
88	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3
91	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
94	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
98	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
99	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5

QUADRO II - Análise da Variância

Causa da Variação	GL	QM	Estimativa dos Componentes	F
Observadores (O)	4	0,2309		6,41*
Dias (D)	2	0,0073	$\hat{\sigma}_d^2 = 0,0000$	
Grânulos (G)	24	0,1295	$\hat{\sigma}_g^2 = 0,0080$	
O x D	8	0,0284	$\hat{\sigma}_{od}^2 = 0,0010$	
O x G	96	0,0081	$\hat{\sigma}_{og}^2 = 0,0017$	
D x G	48	0,0038	$\hat{\sigma}_{dg}^2 = 0,0001$	
Resíduo	198	0,0031	$\hat{\sigma}^2 = 0,0031$	

QUADRO III - Valores de arredondamento em amostra de 50 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
1	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,4
3	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4
4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5
7	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3
9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5
11	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
13	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4
15	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
16	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
19	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
20	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6
22	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,3	0,6	0,3	0,4	0,4
25	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
26	0,5	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
30	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
32	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
33	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7
35	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,8	0,7	0,8
38	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6
39	0,3	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5
41	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5
42	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
43	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5
49	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,3	0,6	0,6	0,6
51	0,2	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
52	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,5
53	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4
55	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4
56	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,4	0,3
57	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,8	0,6	0,6
58	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5
60	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
65	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6
70	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5

continua

continuação

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
72	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
73	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
74	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,6
75	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
76	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
77	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5
79	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
80	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
81	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4
84	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7
88	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3
91	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
94	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
95	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6
97	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4
99	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5

QUADRO IV - Análise da Variância

Causa da Variação	GL	QM	Estimativa dos Componentes	F
Observadores (O)	4	0,3544		5,06*
Dias (D)	2	0,0204	$\sigma_d^2 = 0,0000$	
Grânulos (G)	49	0,1311	$\sigma_g^2 = 0,0083$	
O x D	8	0,0640	$\sigma_{od}^2 = 0,0012$	
O x G	196	0,0068	$\sigma_{og}^2 = 0,0010$	
D x G	98	0,0037	$\sigma_{dg}^2 = 0,0000$	
Resíduo	392	0,0037	$\sigma^2 = 0,0037$	

Intervalo de confiança do QMR (variância residual) ao nível de 10%, $0,0023 < \hat{\sigma}^2 < 0,0048$

Areia Fina

QUADRO V - Valores de arredondamento em amostra de 25 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (C)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
6	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
11	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
16	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
30	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
36	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5
39	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4
40	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
41	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
44	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3
45	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	0,5
47	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
52	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,6
54	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5
55	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6
57	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5
58	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5
62	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
67	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6
73	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,3
79	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
83	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3
84	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
99	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,4	0,3
100	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5

QUADRO VI - Análise da Variância

Causa da Variação	GL	QM	Estimativa dos Componentes	F
Observadores (O)	4	0,1444		4,87*
Dias (D)	2	0,0114	$\sigma^2 d^2 = 0,0000$	
Grânulos (G)	24	0,1057	$\sigma^2 g^2 = 0,0065$	
O x D	8	0,0228	$\sigma^2 od^2 = 0,0008$	
O x G	96	0,0076	$\sigma^2 og^2 = 0,0013$	
D x G	48	0,0047	$\sigma^2 dg^2 = 0,0002$	
Resíduo	198	0,0036	$\sigma^2 = 0,0036$	

QUADRO VII - Valores de arredondamento em amostra de 50 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
6	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
11	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
12	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
13	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5
14	0,2	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,2	0,5	0,5
16	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
17	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6
21	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4
24	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
25	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3
28	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4
29	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5
30	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3
32	0,2	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4
33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
34	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
35	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
36	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5
39	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4

continua

continuação

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
42	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6
43	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4
44	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,6	0,4	0,6	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3
45	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	0,5
47	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
49	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4
53	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
54	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5
56	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
58	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5
59	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4
60	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3
62	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
71	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
72	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
74	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
75	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
76	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
77	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5
79	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6
81	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,6	0,6
82	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
83	0,2	0,3	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,3	0,3	0,5	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3
84	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
86	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,2	0,2	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4
87	0,1	0,5	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
91	0,4	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
95	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,5
96	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
100	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5

QUADRO VIII - Análise da Variância

Causa da Variação	GL	QM	Estimativa dos Componentes	F
Observadores (O)	4	0,2840		3,78*
Dias (D)	2	0,0073	$\sigma_d^2 = 0,0000$	
Grânulos (G)	49	0,0970	$\sigma_g^2 = 0,0060$	
O x D	8	0,0694	$\sigma_{od}^2 = 0,0013$	
O x G	196	0,0068	$\sigma_{og}^2 = 0,0010$	
D x G	98	0,0038	$\sigma_{dg}^2 = 0,0000$	
Resíduo	392	0,0039	$\sigma^2 = 0,0039$	

Intervalo de confiança do QMR (variância residual) ao nível de 10%, $0,0027 < \sigma^2 < 0,0050$

Areia Muito Fina

QUADRO IX - Valores de arredondamento para amostra de 25 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
7	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
10	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,2	0,4	0,4
16	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
26	0,2	0,3	0,3	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
31	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
32	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
35	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4
37	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
41	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
45	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
49	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
54	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3
60	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
64	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
71	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
74	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
80	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5
85	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
86	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
88	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4
90	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,5	0,4	0,4	0,5
92	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
95	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
98	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4
99	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5

QUADRO X - Análise da Variância

Causa da Variação	GL	QM	Estimativa dos Com- ponentes	F
Observadores (O)	4	0,0771		2,46
Dias (D)	2	0,0289	$\sigma^2_d = 0,0000$	
Grânulos (G)	24	0,0690	$\sigma^2_g = 0,0041$	
O x D	8	0,0259	$\sigma^2_{od} = 0,0009$	
O x G	96	0,0070	$\sigma^2_{og} = 0,0011$	
D x G	48	0,0050	$\sigma^2_{dg} = 0,0002$	
Resíduo	198	0,0038	$\sigma^2 = 0,0038$	

QUADRO XI - Valores de arredondamento em amostra de 50 grânulos

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
4	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3
5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
8	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
16	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5
17	0,3	0,4	0,2	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
18	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5
21	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
22	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,1	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
24	0,3	0,5	0,3	0,6	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
28	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
30	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
31	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
33	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
36	0,3	0,4	0,3	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
37	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
38	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
41	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
42	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,3	0,5	0,4
45	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
46	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3

continua

continuação

Nº	Rep. (A)			Rep. (B)			Rep. (C)			Rep. (D)			Rep. (E)		
	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª	1ª	2ª	3ª
47	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4
49	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
53	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
54	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3
55	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
56	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
60	0,4	0,5	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5
61	0,3	0,5	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4
62	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
63	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
55	0,1	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
68	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,5
69	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
72	0,1	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6
74	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5
75	0,1	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
76	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
77	0,2	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
79	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
81	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4
82	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
83	0,5	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
87	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,6	0,6	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3
88	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,4	0,4
90	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,5
91	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
93	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4
99	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
100	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5

QUADRO XII - Análise da Variância

CAUSA DA VARIAÇÃO	GL	QM	Estimativa dos Componentes	F
Observadores (O)	4	0,1444		2,87
Dias (D)	2	0,0470	$\hat{\sigma}_d^2 = 0,0000$	
Grânulos (G)	49	0,0643	$\hat{\sigma}_g^2 = 0,0037$	
O x D	8	0,0446	$\hat{\sigma}_{od}^2 = 0,0008$	
O x G	196	0,0073	$\hat{\sigma}_{og}^2 = 0,0010$	
D x G	98	0,0053	$\hat{\sigma}_{dg}^2 = 0,0002$	
Resíduo	392	0,0044	$\hat{\sigma}^2 = 0,0044$	

Intervalo de confiança do QMR (variância residual) ao nível de 10%

$$0,0027 < \sigma^2 < 0,0057$$

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A revisão da literatura mostra muitas discrepâncias com relação ao método empregado na determinação do arredondamento e ao número de grânulos que deve ser usado para se obter uma estimativa correta. Os resultados obtidos no presente trabalho, planejado justamente para resolver a questão, atingem o objetivo colimado e reforçam a convicção inicial dos autores sobre a necessidade de um trabalho comparativo envolvendo o estudo do efeito de repetições, observadores e tamanho de amostras e as respectivas interações. Sob esse aspecto, o modelo adotado foi inteiramente satisfatório.

Para todas as frações e tanto para amostras de 25 como de 50 grânulos, o efeito de repetições é nulo, isto é, pode-se afirmar que a medida do arredondamento não é afetada pelo fato de o levantamento ser feito em dias diferentes.

Verifica-se um efeito significativo de observadores na determinação do arredondamento, que decresce nitidamente à medida que se trabalha com frações mais finas, tanto para 25 como para 50 grânulos. O teste F mostra que o efeito de observadores é significativo para areias média e fina, mas não o é para areia muito fina. Isto se pode explicar pelo fato de, com o aumento adotado, os grânulos de areia muito fina não terem

seus bordos tão visíveis como para as frações média e fina, fazendo com que a estimativa independa do observador.

Tanto para amostras de 25 como de 50 grânulos, o efeito do número de grânulos é praticamente o mesmo, pois, observa-se que a estimativa desse componente é da mesma ordem de grandeza para as três frações e para os dois tamanhos de amostra. Isto significa que, para a determinação do arredondamento através de escalas de comparação visual, a mesma segurança é alcançada tomando-se ao acaso, 25 ou 50 grânulos, independentemente da fração.

Tôdas as interações mostram-se não significativas, com as estimativas dos componentes não sendo estatisticamente diferentes para as três frações e para amostras de 25 e 50 grânulos.

Para as três frações utilizadas, o intervalo de confiança do quadrado médio do resíduo, ao nível de 10%, satisfatório para esse tipo de trabalho, contém as estimativas do resíduo, tanto para 25 como para 50 grânulos.

Em conjunto, pode-se afirmar que, na determinação do arredondamento através da escala de comparação visual de Krumbein o uso de amostras de 25 grânulos é suficiente, as medições podem ser feitas em dias diferentes e cuidados com observadores somente devem ser tomados para frações média e fina.

SUMMARY

Using Krumbein's visual comparison chart, a study is made of the effect of day of observation, observer and sample size on the roundness of quartz grains, using medium, fine and very fine sand as obtained from the "arenito Botucatu" soils in the region of Piracicaba, SP, Brazil. As to sample size, 25 grains proved to be sufficient. No significant statistical effect was observed for day of observation. The effect of observer was verified for medium and fine fractions only.

LITERATURA CITADA

- AMARAL, S.E., 1955. Sedimentologia e Geologia das Camadas Perfuradas na Região da Foz do Rio Amazonas. Fac. Fil. Ciên. Let., USP, Bol. 192, Geol. 12, 93 pp.

- BJÖRNBERG, A.J.S., 1959. Rochas Clásticas do Planalto de Poços de Caldas. Fac. Fil. Ciên. Let., USP, Bol. 237, Geol. 18: 65-123.
- CARVALHO, A.M.V., 1954. Contribuição ao Estudo Petrográfico do Arenito Botucatu no Estado de São Paulo. Bol. Soc. Bras. Geol. 3 (1): 51-72.
- DIXON, W.J. and MASSEY, F.J., 1957. Introduction of Statistical Analysis. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, USA, 2ª ed., 488 pp.
- FREITAS, R.O., 1955. Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Série Bauru. Fac. Fil. Ciên. Letr. USP, Bol. 194, Geol. 14, 185 pp.
- KRUMBEIN, W.C. and PETTIJOHN, F.J., 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century-Crofts, Inc., New York, USA, 549 pp.
- KRUMBEIN, W.C., 1941. Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles. J. Sed. Petr. 11 (2): 64-72.
- KRUMBEIN, W.C. and SLOSS, L.L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation. W.H. Freeman and Co., San Francisco, USA, 2ª ed., 660 pp.
- MARCONI, A., 1969. Contribuição ao Estudo da Mineralogia de Solos do Município de Piracicaba. Tese de Doutorado, ESALQ, USP, 101 pp.
- PETTIJOHN, F.J., 1957. Sedimentary Rocks. Harper and Brothers, New York, USA, 2ª ed., 718 pp.
- ROSENFELD, M.A. and GRIFFITHS, J.C., 1953. An Experimental Test of Visual Comparison Technique in Estimating Two Dimensional Sphericity and Roundness of Quartz Grains. Am. J. Sci. 251: 553-585.
- SATTERTHWAITE, F.E., 1946. An Approximate Distribution of Estimates of Variance Components. Biometrics 2: 110-114.
- TWENHOFEL, W.H. and TYLER, S.A., 1941. Methods of Study of Sediments. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, USA. 183 pp.

WADELL, H., 1932. Volume, Shape and Roundness of Rock Particles. J. Geol. 40: 443-451.

WADELL, H., 1935. Volume, Shape and Roundness of Quartz Particles. J. Geol. 43: 250-280.