ESTUDO DOS SEDIMENTOS DO RIO CUBATÃO (Estado de São Paulo)

Por

KENITIRO SUGUIO (1), ARNALDO S. KUTNER (2)

ABSTRACT

Some sedimentary aspects of the Cubatão River (State of São Paulo) are described in the present paper. The main objetive of this study is the transportation of sediments. The drag materials are formed by fragments of regional rocks varying in size from small pebbles to boulders of some meters in diameter. The lithologic and morphometric aspects of fragments varying in size from pebbles to cobbles are here described. These fragments are in a matrix of very coarse quartzose and lithic sand. Changes in relation to the textural characters of these sands in a certain section (Ponte Preta Section) and elsewhere along the River were also studied.

The solid materials in suspension, from fine sands to silts, of eventually coarser sands, as during biggest floods, were studied in relation to theis volumes and the corresponding water discharge at the moment of measurement. These data, from Serviço de Pesquisas Hidráulicas (EPUSDAEE) showed several peculiarities of the Cubatão River. The volumes of solid and liquid discharges from this River are several times greater than the Taiaçupeba River, wich has a bigger hydrographic basin situated at higher elevation. The coefficient 1.20, signifying the total discharge in solid materials multiplied by the volume of solid transported in suspension, based on other river investigations is not valid for the Cubatão river.

Based on these facts some geological and geomorphological problems associated with Cubatão River sediments are given.

RESUMO

Alguns aspectos dos sedimentos carreados pelo rio Cubatão (Estado de São Paulo), tanto em suspensão como por tração, são aqui descritos.

Os materiais de arraste são fomados por grande quantidade de blocos originários da fragmentação das rochas regionais, com tamanhos variando desde pequenos seixos até matações de alguns metros de diâmetro, entremeados por areias grosseiras, quartzosas e líticas.

Os fragmentos maiores são aqui estudados quanto aos aspectos litológicos e morfométricos, nos intervalos de tamanhos variando de seixos até calhaus (1 a 20 cm de diâmetro maior), intervalo êste escolhido arbitràriamente devido à facilidade de trabalho.

Foram também estudadas as areias que preenchem os espaços entre os fragmentos maiores, tendo em vista porém os seus caracteres texturais e as variações dêstes ao longo do rio.

Os materiais em suspensão, constituídos por areias finas e silte, e eventualmente areias mais grosseiras por ocasião das maiores enchentes, são referidos sob o ponto de vista do volume transportado, ao instante em que as medições de vazão líquida foram efetuadas. Êsses dados, conforme medições realizadas entre 1966 e 1969 pelo Serviço de Pesquisas Hidráulicas — S.P.H. (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo — Departamento de Águas e Energia Elétrica), mostram várias peculiaridades do rio Cubatão. Apesar da área drenada pelo rio Cubatão, acima da seção de medição ser relativamente pequena, observa-se que os volumes de descarga líquida e sólida em suspensão são várias vêzes maiores do que rios de área de drenagem muito maior, porém localizados em região mais plana, como é o caso do rio Taiaçupeba. Outro fato aqui demonstrado é que o coeficiente 1,20 que, multiplicado pela descarga sólida em suspensão fornece a descarga sólida total, pelo menos em outros rios estudados, não satisfaz ao rio Cubatão.

Através do estudo das características texturais dos sedimentos transportados por arraste (tração) e dos volumes de descarga líquida e pêso dos sólidos transportados em suspensão, são aqui caracterizados alguns aspectos geológicos e geomorfológicos envolvidos na sedimentação do rio Cubatão.

INTRODUÇÃO

O rio Cubatão forma um vale paralelo à costa (direção NE-SW), de traçado retilíneo, encaixado entre a escarpa da Serra do Cubatão, nome local da Serra do Mar, setor da borda

(1) Cadeira de Estratigrafia e Sedimentalogia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo.

(2) Serviço de Pesquisas Hidráulicas — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo — Departamento de Águas e Energia Elétrica.

leste do planalto, e o resto do planalto constituído pelos morros do Pai Matias e Mãe Maria (vide figuras nºs 1 e 2), formando uma grande crista contornada pela Estrada de Ferro Sorocabana (E.F.S.), nas encostas da Serra do Mar, próximas à cidade de Santos (Estado de São Paulo).

Segundo Almeida (1953) o vale do rio Cubatão teria sido escavado em rochas de pequena resistência em contraste com outras mais resistentes, através de provável linha de falha ou de forte flexura, que deveria localizar-se a vários quilômetros além das atuais escarpas da Serra de Cubatão. Moraes Rêgo (1940; in Almeida, 1953) interpretou a estrutura do vale do Cubatão como um sinclinal, cujo núcleo seria constituído por rochas xistosas que, devido a sua menor resistência, teriam dado origem ao vale. Aliás, o traçado retilíneo dêste, paralelo à escarpa local da Serra do Mar, sugere a existência de um forte contrôle, estrutural como sugeriu Almeida, ou ainda estrutural e estratigráfico conforme idéia de Moraes Rêgo. Ainda de acôrdo com Almeida: a litologia do Escudo Antigo da Serra de Cubatão é definida por micaxistos e filitos com intercalações de quartzitos e mármores na seção Via Anchieta — faldas da Serra; os mármores afloram no médio vale do Cubatão entre micaxistos ou incluídos em gnaisses. No vale do Cubatão, de um modo geral, parecem predominar rochas de menor resistência à erosão como micaxistos e filitos, embora aos gnaisses de vários tipos sejam representados com maior freqüência entre os seixos, calhaus e matacões transportados pelo rio. A crista em frente à escarpa é composta de migmatitos e gnaisses quartzíticos, rochas duras que devem portanto ter retardado o recuo das escarpas.

Cruz (1966) reconheceu entre os depósitos detríticos da baixa vertente do vale do Cubatão, a existência de pequenos terraços muito dissecados, coroados por superfícies planas que, em trabalho de campo, foram verificados serem constituídos de material fino, argiloso. Em contraste ocorrem, próximos ao talvegue, níveis de cascalho que descem suavemente até encontrar os depósitos de areias aluviais mais recentes que êles, cortados pelo atual canal do rio. Além disso verificou a autora supracitada a existência de acumulações coluviais, ao pé de vertentes íngremes.

Os cursos d'água que formam o rio Cubatão, apresentam-se com três declividades principais:

a) Das nascentes até a altura da Usina da Companhia Santista de Papel o leito do rio atinge a cota de 100 m de altitude. A declividade média do rio neste trecho é pois de 87,5 m/km.

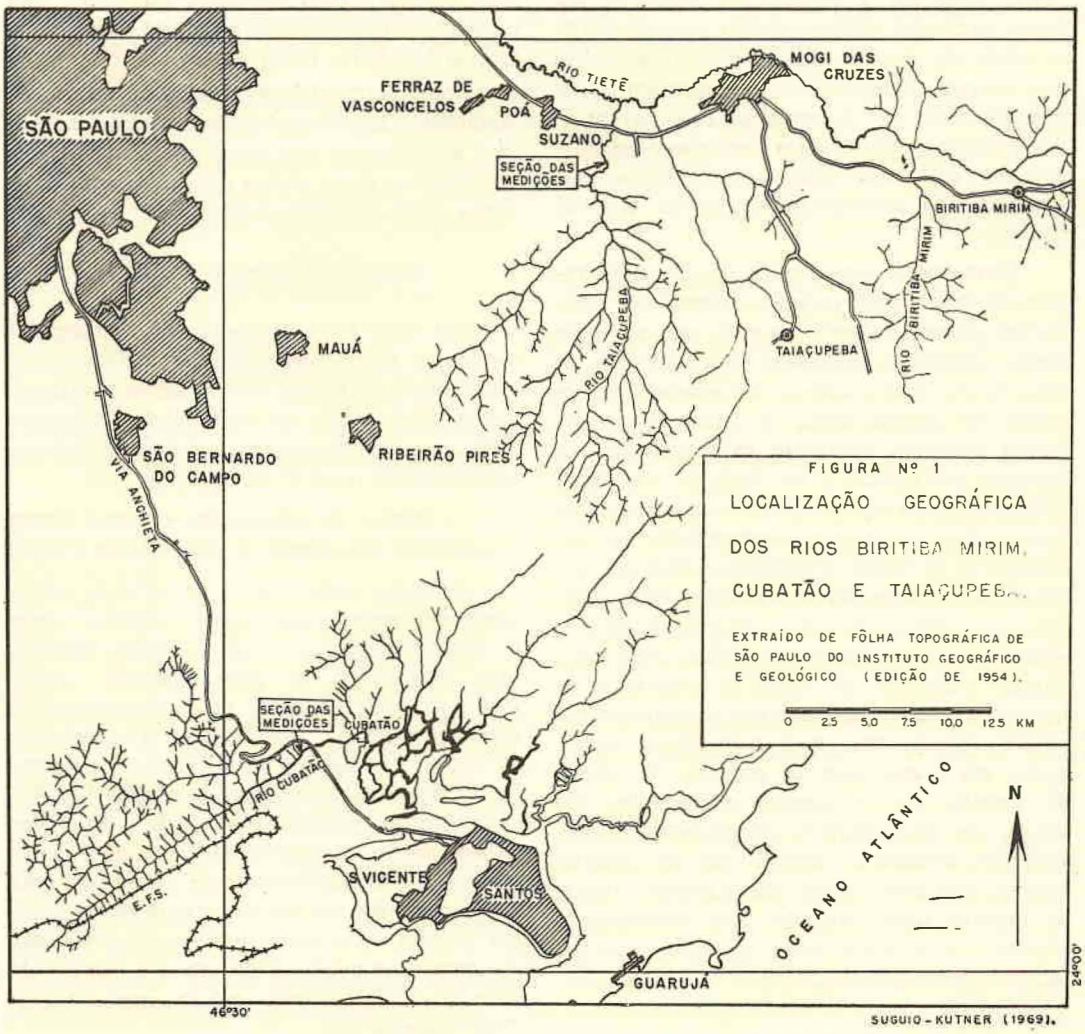
b) Percorre a seguir mais 4,5 km quando o leito do rio passa a situar-se a apenas 40 m de altitude.

c) No restante do percurso, por uma distância bem superior à soma dos dois trechos acima considerados, desce a maior parte daqueles 40 m através de um traçado meandrante, até desaguar no conjunto lagunar formado pelos rios Cascalho, Casqueiro e outros.

A parte do percurso do rio Cubatão aqui estudada abrange desde as nascentes até as proximidades do ponto onde a Via Anchieta cruza o rio. Os afluentes situados na margem esquerda do rio Cubatão são maiores, tanto em número quanto em extensão. A maioria dos afluentes apresenta desníveis de 400 a 500 m em 3 a 4 km de percurso, cifras estas que indicam declividades médias mais altas para os afluentes em relação às do rio Cubatão, mesmo no seu trecho mais íngreme.

As chuvas que quase diàriamente caem quando massas de ar úmido, vindas do Oceano Atlântico, encontram a barreira climática que é a Serra do Cubatão, fazem dessas encostas uma das áreas de maior pluviosidade do Brasil. Aumentando em quantidade, da costa para o interior, as chuvas alcançam seu máximo no alto da Serra (Santos, 1965, p. 126), onde são registrados normalmente valores superiores a 4.000 mm anuais.

Certo de que uma bacia hidrográfica definida pelas condições acima citadas deveria apresentar características bastante interessantes quanto aos problemas de sedimentação, um dos autores dêste trabalho vinha, desde muito tempo, planejando a execução de um estudo do gênero que é aqui apresentado. Trouxeram uma contribuição muito grande para a realização do presente estudo, as observações de vazão líquida e de descarga sólida dos materiais em suspensão e por arraste efetuadas pelo S.P.H. por solicitação do Serviço do Vale do Tietê — S.V.T. DAEE. Tais levantamentos vêm sendo executados sistemàticamente pelo S.P.H. em alguns rios do Estado de São Paulo, entre êles o rio Cubatão e visam principalmente, a determinação das descargas sólidas para resolução de problemas ligados ao assoreamento de barragens.



Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisas pelo auxílio financeiro concedido para as despesas de campo; ao Serviço de Pesquisas Hidráulicas e Serviço do Vale do Tietê por propiciarem a utilização dos dados de descargas líquida e sólida dos rios aqui estudados; aos estudantes Luiz Issamu Takahashi e Sérgio K. Yamagata, ambos do Curso de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidde de São Paulo, pela ajuda durante a execução dos trabalhos de campo, principalmente nos levantamentos de dados de seixos e calhaus e ao engenheirando Chu Tung, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelo processamento de dados em computador eletrônico. Agradecimentos são devidos também ao Prof. Dr. Setembrino Petri e Prof. Dr. Vicente J. Fúlfaro pelas sugestões apresentadas.

LITOLOGIA E CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DOS SEIXOS E CALHAUS

LITOLOGIA

Em sua maior parte o leito do rio Cubatão, dentro do trecho estudado, está revestido de abundantes seixos, calhaus e matações dos mais variados diâmetros, existindo sedimentos arenosos apenas nos espaços vazios entre os fragmentos maiores.

As observações dos seixos e calhaus, quanto às suas características morfométricas e litológicas foram feitas em cinco pontos ao longo do rio Cubatão, à montante da Via Anchieta, e dispostas convenientemente quanto às características do leito e acesso aos locais (vide fig. nº 2).

A bacia hidrográfica do rio Cubatão, drenando uma área de 130 km² (no trecho estu-

dado), deve ter a constituição litológica dos seixos carreados correspondendo grosseiramente à média de freqüência das diferentes rochas que afloram na região. Deve-se levar em conta, naturalmente, a interferência das diferenças de resistência ao desgaste mecânico, bastante evidente em áreas onde a constituição litológica é tão diversificada como no vale do Cubatão.

Conforme se pode ver no Quadro nº I, foram observados 500 seixos e calhaus (1) (diâmetros maiores entre 1 cm e 20 cm) em cada ponto, escolhidos ao acaso, nas margens do leito do rio, executando-se um exame macroscópico no próprio local. Os seixos de constituição gnáissica abrangem os migmatitos, os gnaisses quartzíticos e os gnaisses mais pròpriamente ditos (2), e são os mais comumente encontrados. Os xistos, principalmente os micaxistos e os filitos, constituem a litologia que segue os gnaisses em abundância. São a seguir encontrados, em ordem decrescente de freqüência média, quartzito, diabásio, pegmatito, quartzo e granito. Os seixos de pegmatito, de quartzo e granito parecem ser provenientes de porções diferenciadas mais homogêneas, enseixadas em vários tipos de gnaisses. Os seixos de diabásio são certamente provenientes dos diques que atravessam as rochas metamórficas regionais. Embora no próprio vale do Cubatão aflorem mármores, como cita Almeida (1953), os autores dêste trabalho não conseguiram observar a presença dêste material entre os seixos e calhaus examinados.

TAMANHO

O conceito «tamanho» em seixos pode ser definido por 4 medidas principais: (a) diâmetro intermediário, (b) diâmetro médio aritmético, (c) diâmetro geométrico, ou por (d) diâmetro nominal (Landim e Bósio, 1969).

Devido às grandes dimensões, dos fragmentos examinados (de 1 a 20 cm de diâmetro maior) não puderam ser obtidos, no presente trabalho, os volumes dos seixos, razão pela qual não se utilizaram os respectivos diâmetros nominais.

A determinação do tamanho simplesmente utilizando o diâmetro intermediário seria falha, uma vez que os seixos e calhaus são predominantemente discoides e achatados (pouco equidimensionais); preferiu-se calcular o diâmetro médio aritmético a partir dos três diâmetros principais, o qual além de ser de obtenção mais rápida e fácil apresenta correlação com o diâmetro nominal acima de 0,91, como mostraram Landim e Bósio (1969).

Desta forma foram obtidos os valores de «tamanho», representados pelos «diâmetros médios aritméticos» dos seixos e calhaus do rio Cubatão nos cinco pontos de amostragem estudados (Vide Quadro nº II).

ESFERICIDADE E FORMA

Em cada um dos pontos de amostragem escolhidos, foram medidos os diâmetros maior, intermediário e menor de 500 seixos e calhaus, independentemente da constituição litológica; utilizou-se um dispositivo medidor em madeira, confeccionado no S.P.H. (3).

Os valores de esfericidade e forma foram encontrados nas tabelas de Catacosinos (1965).

Os dados referentes à esfericidade foram agrupados segundo dois tipos litológicos: seixos e calhaus gnáissicos e os de outra litologia, êstes englobando os tipos restantes. Sendo muito pequeno o número de representantes de algumas litologias, não foi possível considerar os valores de esfericidade segundo os sete diferentes tipos litológicos para se conhecer as relações entre esfericidade e constituição destas partículas. De qualquer modo as rochas, sendo quase tôdas metamórficas, com exceção de uma (diabásio), pelo menos entre aquêles presentes em número mais expressivo, mostram tendência para predominância de seixos e calhaus de valores de esfericidade relativamente baixos (Vide Quadro III).

Quanto à forma verificou-se, em concordância aos valores de esfericidade, maior abundância de seixos e calhaus discóides (discoids) e achatados (bladed). As freqüências porcentuais dos seixos quanto à forma nas cinco localidades estão representadas no Quadro IV.

---

(1) O têrmo "calhau" é usado como tradução da palavra inglêsa "cobble", que abrange partículas com diâmetros entre 64 a 256 mm, segundo a escala de Wentworth (1922).

(2) A expressão "gnaisse pròpriamente dito" refere-se o presente caso ao gnaisse com constituição litológica dos granitos mais comuns, onde predominam minerais como quartzo, feldspatos e micas.

(3) O dispositivo para medida dos diâmetros dos seixos e calhaus é feito de madeira, utilizando-se o princípio do Paquímetro ou do Palmer, mas sem o nônio, cuja precisão é completamente desnecessária nestas medições.

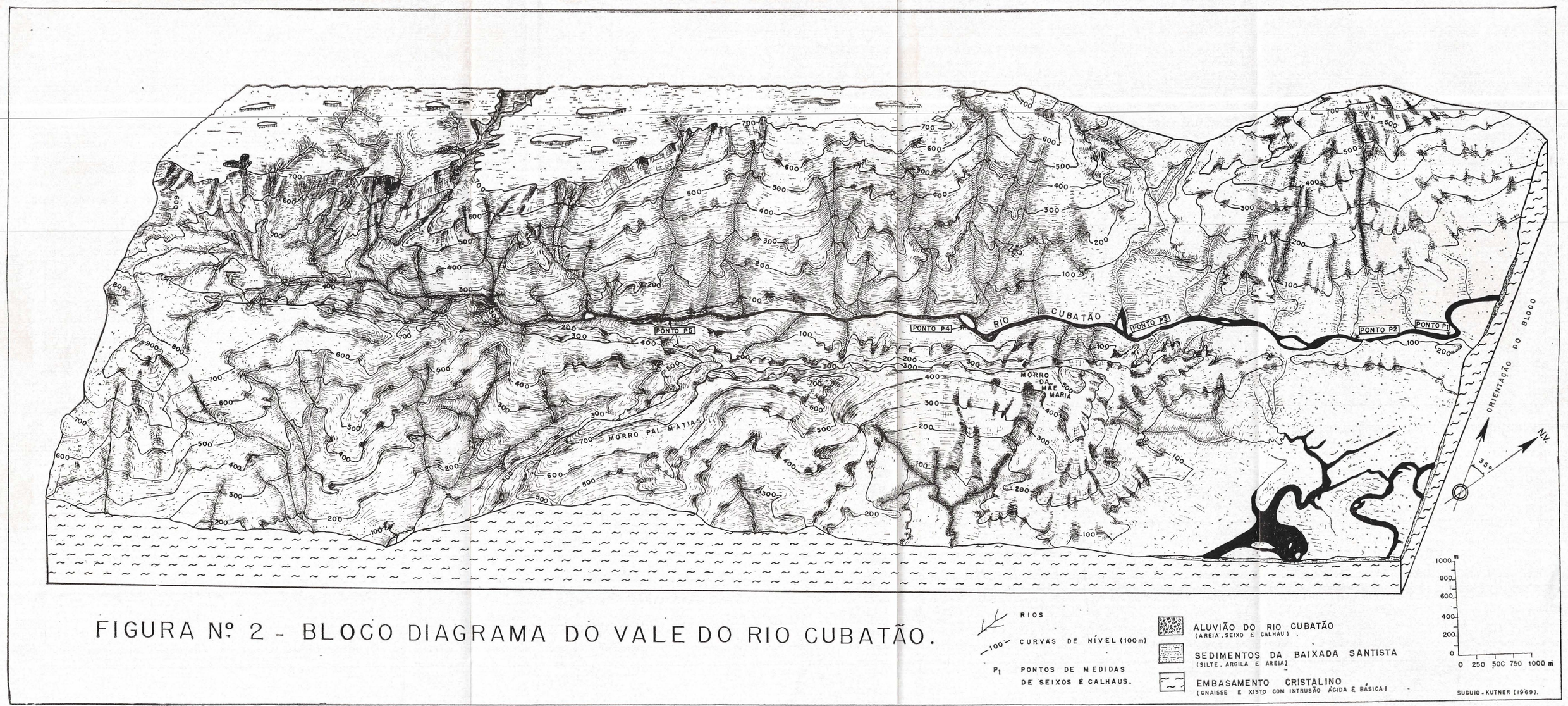


FIGURA Nº 2 - BLOCO DIAGRAMA DO VALE DO RIO CUBATÃO.

QUADRO I — LITOLOGIA DOS SEIXOS E CALHAUS DO RIO CUBATÃO (ESTADO DE SÃO PAULO)

	PONTOS DE AMOSTRAGEM										P1 → PS Juzante - Montante	
	Ponto P1		Ponto P2		Ponto P3		Ponto P4		Ponto PS		Média	
FREQÜÊNCIA / LITOLOGIA	Em Número	Em %	Em Número	Em %	Em Número	Em %	Em Número	Em %	Em Número	Em %	Em Número	Em %
Gnaisse	430	86,0	294	58,8	369	73,8	348	69,6	263	52,6	340,8	68,1
Xisto/Filito	24	4,8	80	16,0	53	10,6	106	21,2	130	26,0	78,6	15,7
Quartzito	39	7,8	57	11,4	53	10,6	34	6,8	80	16,0	52,6	10,4
Diabásio	5	1,0	29	5,8	12	2,4	11	2,2	0	0	11,4	2,3
Pegmatito	1	0,2	30	6,0	7	1,4	0	0	19	3,8	11,4	2,3
Quartzo	1	0,2	5	1,0	4	0,8	1	0,2	6	1,2	3,4	0,9
Granito	0	0	5	1,0	2	0,4	0	0	2	0,4	1,8	0,3

QUADRO II — FREQÜÊNCIA PORCENTUAL DE TAMANHO DOS SEIXOS E CALHAUS (RIO CUBATÃO — SÃO PAULO)

		CLASSES EM CM													
Amostra	Número de Seixos	1,00 2,00	2,00 3,00	3,00 4,00	4,00 5,00	5,00 6,00	6,00 7,00	7,00 8,00	8 00 9,00	9,00 10,00	10,00 11,00	11,00 12,00	12,00 13,00	13,00 14,00	15,00 15,00
P1	500	1,2	12,4	22,8	21,4	17,2	12,6	6,4	4,8	0 8	0,4	0	0	0	0
P2	500	0,2	5,4	15,8	17,2	17,6	12,8	10,0	8,8	4,4	4,6	2,2	1,0	0	0
P3	500	2,0	11,4	14,6	18,8	17,2	13,8	8,4	4 8	3,2	3,4	1,2	0,8	0,4	0
P4	500	0.8	4,0	12,2	19,4	13,0	13,6	13,6	8,4	5,2	4,8	3,2	0,8	0,6	0,4
P5	500	0,8	5,6	16,0	24,6	18,0	17,4	8,4	4 2	1,2	3,0	0,4	0,4	0	0

QUADRO III — FREQUÊNCIA PORCENTUAL DE ESFERICIDADE DOS SEIXOS E CALHAUS (RIO, CUBATÃO — SÃO PAULO)

Amostra	Número de Seixos	CLASSES DE ESFERICIDADE													
		0,30 0,35	0,35 0,40	0,40 0,45	0,45 0,50	0,50 0,55	0,55 0,60	0,60 0,65	0,65 0,70	0,70 0,75	0,75 0,80	0,80 0,85	0,85 0,90	0,90 0,95	0,95 1,00
P1(a)	430	0	0,23	0,70	3,72	8,84	14,19	20,00	21,84	14,90	8,85	3,49	2,32	0,69	0,23
P1(b)	70	0	1,41	1,41	1,41	8,45	12,66	9,87	18,32	16,91	12,65	9,86	5,64	1,41	0
P2(a)	294	0	0	2,20	4,42	12,55	23,77	22,06	17,00	12,22	3,74	1,02	0,68	0,34	0
P2(b)	206	0	0,48	3,39	6,80	15,54	15,54	19,41	17,00	9,23	7,77	4,36	0,48	0	0
P3(a)	370	0	0	1,63	5,69	11,08	17,57	21,05	21,35	12,71	6,76	1,89	0,27	0	0
P3(b)	130	0	1,51	3,40	7,70	16,85	16,85	19,16	13,82	10,73	5,36	2,30	0,77	0,77	0,77
P4(a)	348	0	0,29	2,01	5,17	10,91	15,80	18,96	21,30	15,50	5,46	3,16	1,15	0,29	0
P4(b)	152	0,66	0	3,28	9,21	17,77	19,09	17,77	15,79	10,52	5,26	0	0,65	0	0
P5(a)	262	0	0	1,14	3,43	10,30	20,23	24,81	16,41	13,74	5,72	2,67	1,52	0	0
P5(b)	238	0	1,26	2,52	6,72	13,86	22,69	16,80	17,22	10,08	5,88	2,52	0	0,42	0

P1(a) = seixos e calhaus gnáissicos.
P1(b) = seixos e calhaus de outra litologia.

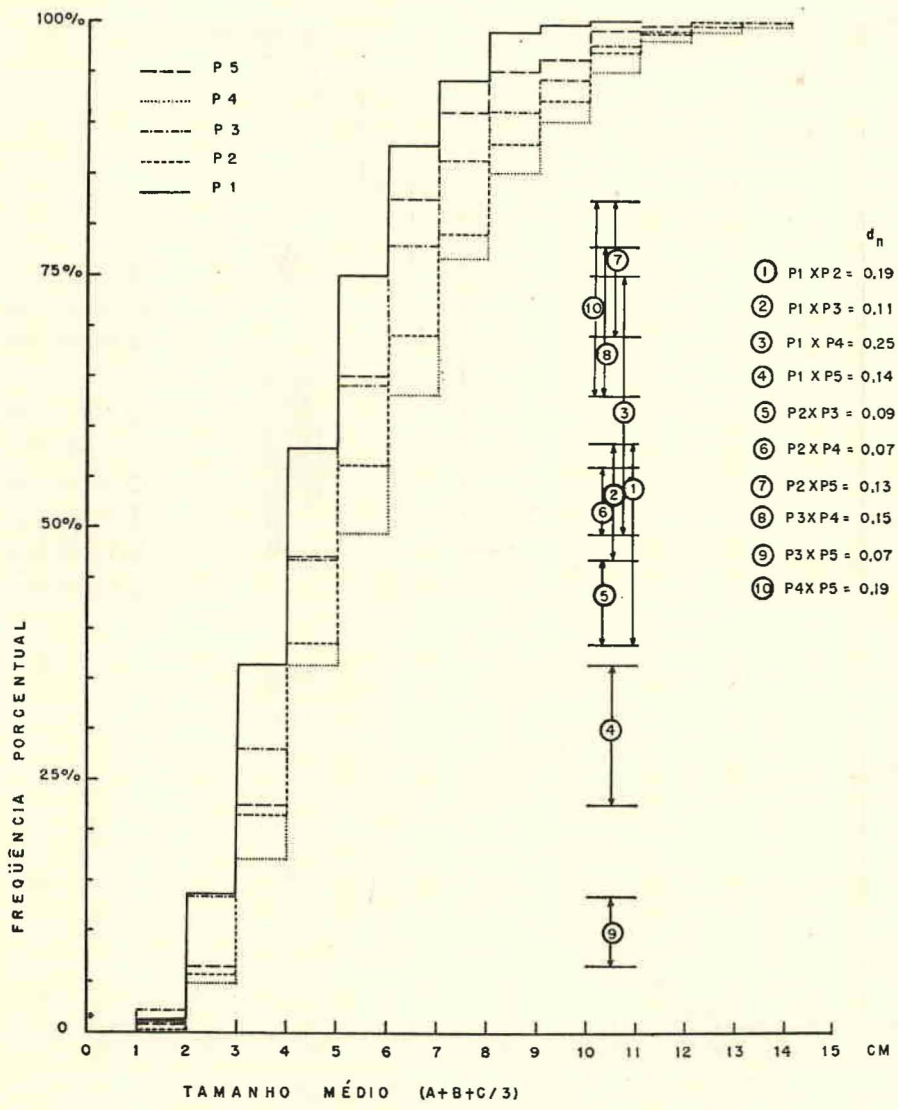


FIGURA Nº 3a - FREQÜÊNCIA ACUMULADA QUANTO À DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO MÉDIO DE SEIXOS E CALHAUS.

SUGUIO-KUTNER(1969).

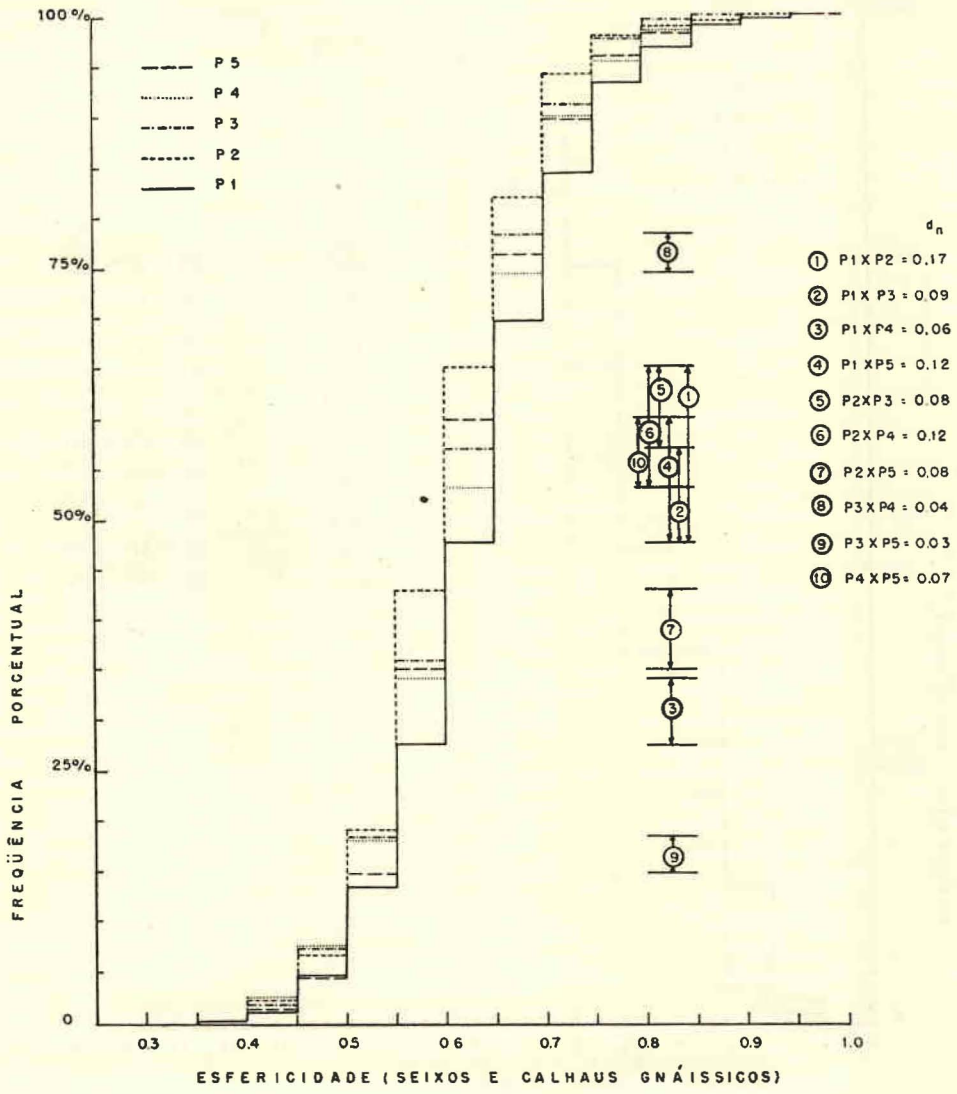


FIGURA Nº 3b - FREQÜÊNCIA ACUMULADA QUANTO À DISTRIBUIÇÃO DE ESFERICIDADE DE SEIXOS E CALHAUS.

SUGUIO-KUTNER (1969).

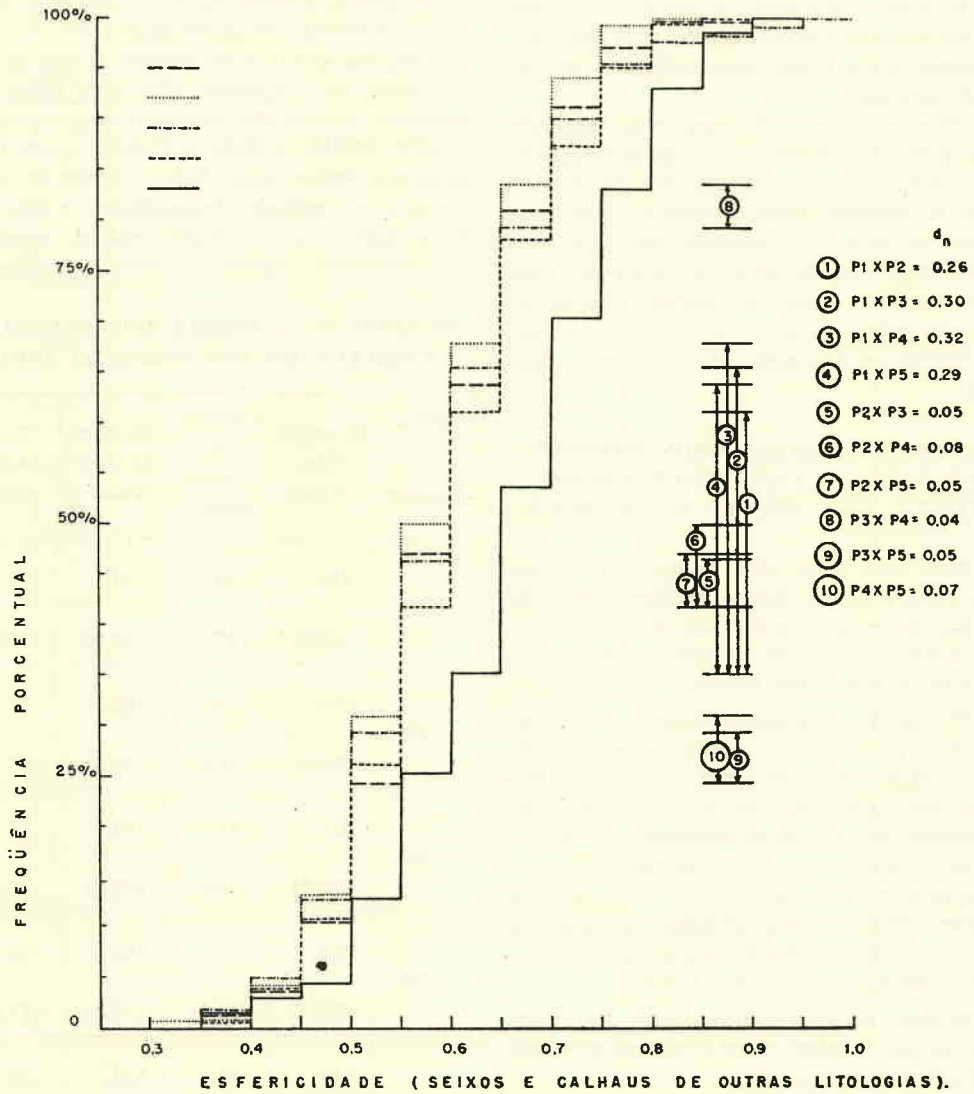


FIGURA Nº 3c - FREQÜÊNCIA ACUMULADA QUANTO À DISTRIBUIÇÃO DE ESFERICIDADE DE SEIXOS E CALHAUS.

SUGUIO-KUTNER (1969)

ARREDONDAMENTO

Os valores de arredondamento dos seixos e calhaus do rio Cubatão não foram medidos devido à litologia muito variada, tanto em constituição como em propriedades físicas, como dureza, que interessa diretamente ao problema dos graus de arredondamento. Além disso, algumas variedades litológicas se fazem representar em tão pequeno número que os resultados encontrados serão pouco representativos em um estudo estatístico.

Observa-se, de modo geral, uma tendência para gradual diminuição do arredondamento para montante, principalmente nos seixos mais moles. O percurso, desde o ponto de origem até o local de estudo, no entanto, não teve suficiente extensão para afetar as partículas mais duras como os seixos de quartzo. O arredondamento maior dos seixos e calhaus de diabásio liga-se ao fenômeno da exfoliação esferoidal.

TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV APLICADO AO TAMANHO E ESFERICIDADE DOS SEIXOS E CALHAUS

Êste teste serve para comparar as amostras, duas a duas, quanto às freqüências de distribuição testando a hipótese de que as mesmas sejam provenientes de uma mesma população ou de populações idênticas (hipótese H_0).

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para os valores de tamanho e esfericidade nas amostras dos cinco locais estudados, a fim de se saber quais são aquelas que provêm de populações com idênticas freqüências de distribuição e quais as possíveis explicações geológicas para os fatos observados. Para maiores detalhes sôbre as possibilidades da aplicação dêste teste em estudos de seixos deve-se consultar o trabalho de Landim (1969).

O nível de significância usado foi aquêle sugerido por Landim (1969). Associado a êste nível acha-se a expressão:

$$d_t\ (0{,}001) = 1{,}95 \sqrt{\frac{n_1 + n_2}{n_1 \cdot n_2}}$$

Os fatôres n_1 e n_2 representam o número de elementos nas amostras em comparação; no caso do presente trabalho estão ligados ao número de seixos.

Os valores de d_t obtidos através da combinação das amostras duas a duas, foram comparados com os d_n respectivos, que correspondem à maior diferença das freqüências acumuladas entre as amostras. Os valores de d_n são lidos diretamente nas ordenadas dos gráficos (Vide figuras nºs 3a, 3b, 3c).

Os resultados encontrados estão nos Quadros V e VI. Quando d_n for menor que d_t aceita-se a hipótese H_0, de que as duas amostras em confronto provêm de populações com idênticas freqüências de distribuição.

Quanto ao tamanho verifica-se que as distribuições de freqüência das populações são idênticas quando são comparadas as amostras P1XP3, P2XP3, P2XP4 e P3XP5, sendo desiguais nos demais casos. Maior número de pares comparados mostram desigualdade, o que poderia sugerir uma seleção, embora pequena, por transporte (seixos e calhaus, maiores a montante e cada vez menores a jusante). Contribuições dos afluentes, com altíssimos gradientes, e portanto com grande competência de

QUADRO IV — FORMA DOS SEIXOS E CALHAUS DO RIO CUBATÃO (SP).

Forma / Amostra	Discoidal (Discóide)	Spheroidal (Esferoidal)	Bladed (Achatado)	Rod (Alongado)
P1	218 (43,6)	85 (17,0)	94 (18,8)	103 (20,6)
P2	253 (50,6)	54 (10,8)	132 (26,4)	61 (12,2)
P3	261 (52,2)	49 (9,8)	143 (28,6)	47 (9,4)
P4	260 (52,0)	57 (11,4)	125 (25,0)	58 (11,6)
P5	275 (55,0)	39 (7,8)	128 (25,6)	58 (11,6)

Observações: Os números indicam quantidade de seixos. Os números entre parêntesis indicam freqüência porcentual.

QUADRO V — DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS AO NÍVEL DE 0,001, QUANTO AO TAMANHO, USANDO-SE O TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

Amostra	d_n	d_t	Distrib. iguais	Distrib. desig.
P1xP2	0,19	0,12		X
P1xP3	0,11	0,12	X	
P1xP4	0,25	0,12		X
P1xP5	0,14	0,12		X
P2xP3	0,09	0,12	X	
P2xP4	0,07	0,12	X	
P2xP5	0,13	0,12		X
P3xP4	0,15	0,12		X
P3xP5	0,07	0,12	X	
P4xP5	0,19	0,12		X

QUADRO VI — DIFERENÇAS SIGNIFICATIVAS AO NÍVEL DE 0.001, QUANTO A ESFERICIDADE, USANDO-SE O TESTE DE KOLMOGOROV-SMIRNOV

	Amostra	d_n	d_t	Distr. iguais	Distr. desig.
TIPOS GNÁISSICOS	P1xP2	0,17	0,15		X
	P1xP3	0,09	0,14	X	
	P1xP4	0,06	0,14	X	
	P1xP5	0,12	0,15	X	
	P2xP3	0,08	0,15	X	
	P2xP4	0,12	0,15	X	
	P2xP5	0,08	0,16	X	
	P3xP4	0,04	0,14	X	
	P3xP5	0,03	0,16	X	
	P4xP5	0,07	0,16	X	
OUTROS TIPOS LITOLÓGICOS	P1xP2	0,26	0,27	X	
	P1xP3	0,30	0,28		X
	P1xP4	0,32	0,28		X
	P1xP5	0,29	0,26		X
	P2xP3	0,05	0,22	X	
	P2xP4	0,08	0,21	X	
	P2xP5	0,05	0,18	X	
	P3xP4	0,04	0,23	X	
	P3xP5	0,05	0,21	X	
	P4xP5	0,07	0,20	X	

transporte, podem porém diminuir a seleção progressiva acima sugerida (vide Quadro V).

Em relação à esfericidade, mesmo separando os dados de seixos e calhaus em dois grupos litológicos diferentes, as distribuições se mostram predominantemente idênticas. Isto se deve à litologia dos seixos, predominantemente constituídos de rochas metamórficas, embora o número de variedades seja grande. Sòmente a amostra P1 é que apresenta distribuição de freqüência de esfericidade desigual em relação à amostra P2 nos gnaisses e em relação a P3, P4 e P5 entre outros tipos litológicos. Talvez esta desigualdade da amostra P1 em relação às outras, principalmente no que diz respeito aos valores de esfericidade, se deva a uma barreira artificial de seixos, calhaus e matacões, construída à montante do local das observações, para o serviço de tomada de água para Santos e São Vicente.

MATERIAL DE ARRASTE — VOLUME E TEXTURA DOS MATERIAIS TRANSPORTADOS NA SEÇÃO DA PONTE PRETA

Esta situa-se a 500 metros-a-montante da chamada Ponte Preta, situada ao lado da estação de tomada de água para Santos e São Vicente, à montante dos canais de descarga da «Light». O local foi escolhido pelo S.P.H. para medições de descargas sólida e líquida do rio Cubatão.

Nas medições de transporte de sedimentos pelos rios, um dos problemas é a determinação do volume de material transportado pelo fundo. Êste é um problema bastante difícil e para cada rio é necessário desenvolver técnica e aparelhagem específicas.

No caso do rio Cubatão foi desenvolvido pelo Laboratório de Hidráulica um tipo de amostrador constituído de dois recipientes, o externo de chapa de ferro e o interno de fôlha de «flandres», ambos de forma prismática de base triangular. A diferença nos ângulos internos de ambas as calhas permite o encaixamento de um recipiente no outro, mesmo quando ficam resíduos da amostragem anterior dentro da calha externa. Uma das faces do prisma que se constitui no bocal da calha, tem 0 50 m de largura e 1,00 m de comprimento. O recipiente externo, de ferro, permanece enterrado permanentemente no fundo do rio, durante as campanhas de amostragem, com o seu bocal no mesmo nível da superfície do fundo. O interno, encaixado no de ferro, é removido ao final de cada período de amostragem para exa-

me das características e computação do volume do material coletado.

Foram executadas duas campanhas de coleta de material, na primeira usando-se três amostradores, e na segunda, dois amostradores. Os amostradores foram dispostos perpendicularmente ao leito do rio, enterrados no fundo, a distâncias de 16, 22 e 36 m a partir da margem direita. Na segunda campanha, o amostrador que estava a 16 m da margem direita fôra levado pela correnteza, tendo-se utilizado sòmente os dois restantes.

Os resultados dessas duas campanhas de amostragens estão representados no Quadro VII. Segundo estas medições o volume de material de arraste transportado pelo rio Cubatão acusou uma média de 0,962 m³/dia. Êste resultado é talvez menor do que o valor real, pois inexistindo um dispositivo de fechamento do bocal pode, vez por outra, ocorrer o preenchimento do amostrador antes do fim do período; deixa assim de haver amostragem durante parte da experiência. Casos de preenchimento total foram entretanto raros mostrando portanto o método grande variabilidade de volume de material transportado, conforme a época de coleta; considerando-se as duas campanhas de amostragem tem-se um mínimo de 0,058 m³/dia até 1,884 m³/dia. Um outro problema que pode ser cogitado, quanto a previsão do volume de material de arraste, é se durante as medições, a descarga sólida máxima de material de arraste ocorreu ou não associada à descarga líquida máxima. É bem provável que, após um período relativamente longo de estiagem muito material fique acumulado nas encostas, por onde descem os afluentes e as enxurradas. Ao ocorrerem as primeiras chuvas êste material será transportado inicialmente segundo grandes quantidades e diminuindo gradualmente mesmo que as descargas líquidas permaneçam constantes. Se isto for verdade, a descarga sólida não é uniforme ao longo de um período de enchente, sendo bem maior nas primeiras fases. Esta conclusão deve ser válida tanto para os materiais de arraste como para os materiais transportados em suspensão.

Verificou-se que o aumento de volume de material transportado por arraste é conseqüente das oscilações de descarga líquida dentro de certo período. Assim, mesmo que a descarga líquida seja relativamente alta, se ela se mantiver constante o volume de material sólido transportado neste período se reduz gradualmente.

Para caracterizar a granulometria dos materiais transportados pelo rio Cubatão em forma de descarga sólida por arraste, analisou-se a fração arenosa dos materiais retidos nos amostradores. Calculando-se os parâmetros sugeridos por Folk e Ward (1957), foram encontrados os resultados conforme o Quadro VII.

Verificou-se que os materiais coletados em cada período de amostragem nos três amostradores apresentam granulações diferentes. Como a tendência destas diferenças de granulação para um dado período não é obedecida nos períodos subseqüentes, isto significa que tais variações se fazem de maneira caótica.

O diâmetro médio (Mz) para as 26 amostras analisadas, coletadas durante as duas campanhas, varia desde um máximo de 0,36 ϕ (0,780 mm) até um mínimo de 2,29 ϕ (0,205 mm), sendo a média dos diâmetros médios de 1,25 ϕ (0,421 mm). Nas amostras 22 e 30 do dia 28-1-67 verificou-se que 10 a 15% do material era constituído por seixos de 7 a 9 cm de diâmetro. Estas amostras correspondem a um período de coleta de descarga alta de material de arraste (0,948 m³/dia), correspondendo portanto a uma fase de alta competência de transporte do rio.

Os graus de seleção, indicados pelos valores assumidos pelo desvio padrão (π), variam desde 0,47 ϕ (bem selecionado) até 1,74 ϕ (pobremente selecionado). A média dos valores de desvio padrão, que é 0,71 ϕ, indica sedimentos moderadamente selecionados (0,50-1,00 ϕ).

Quanto à assimetria, cêrca de metade das amostras indica assimetria para os finos, enquanto que a outra metade apresenta assimetria para o lado dos grossos.

Os valores de curtose variam desde um mínimo de 0,73 (platicúrtica) até 1,63 (muito leptocúrtica); a média acusa 1,18 (leptocurtica).

Verificou-se portanto que as características dos materiais de arraste, embora medidas em amostras coletadas de uma mesma seção, apresentam valores pouco constantes, variando com o trecho da seção e com o período de coleta dos materiais.

AO LONGO DO RIO CUBATÃO

Nos mesmos locais das observações das morfometrias dos seixos e calhaus, e em pontos intermediários, foram coletadas amostras das frações arenosas associadas.

Os dados obtidos através de análises granulométricas, foram lançados em curvas acumu-

QUADRO VII — RESULTADOS DE CAMPANHAS DE COLETAS DE MATERIAL SÓLIDO DE ARRASTE NA SEÇÃO PONTE PRETA (RIO-CUBATÃO — ESTADO DE S. PAULO)

Leit. de Régua	Vazão Líquida (m^3/s)	Abertura		Fechamento		Período (Horas)	Ponto de Coleta	Volume (Litros)	Descarga l/h	DESCARGA (m^3/dia)			PARÂMETROS - FOLK E WARD (1957)				
		Data	Hora	Data	Hora					No Ponto	Na Seção Parcial	Total	Mz	σ_I	Sk_I	Kg	
0,91	7,5						16	8,00	0,47	0,0113	0,271		+1,15	+0,68	+0,11	+1,32	
a	a	26-1	17:30	27-1	10:30	17	22	2,40	0,14	0,0034	0,048	0,347	+1,32	+0,91	+0,40	+1,43	
1,00	10,0						30	0,95	0,06	0,0014	0,028		+2,29	+0,58	—0,009	+0,73	
0,91	7,5						16	0,95	0,34	0,008	0,192		+1,34	+0,82	+0,18	+1,17	
a	a	27-1	11:00	28-1	11:00	24	22	11,70	0,49	0,012	0,168	0,480	+1,23	+1,00	—0,29	+1,34	
1,14	19,5						30	5,70	0,24	0,006	0,120		+2,25	+0,67	+0,26	+1,08	
0,89	6,5						16	43,04	0,93	0,022	0,528		+0,73	+0,73	—0,03	+1,31	
a	a	28-1	11:45	30-1	10:15	46,5	22	19,58	0,42	0,010	0,240	0,948	+1,05	+0,47	—1,83	+1,13	
1,18	23,3						30	18,31	0,39	0,009	0,180		+0,93	+1,74	—0,54	+1,32	
0,89	7,0						16	8,17	0,31	0,007	0,168		+1,63	+0,49	+0,27	+1,06	
a	a	30-1	11:15	31-1	12:15	26	22	5,47	0,38	0,009	0,126	0,434	+1,12	+0,67	—0,21	+1,23	
1,30	31,0						30	3,71	0,31	0,007	0,140		+0,87	+0,73	+0,03	+1,32	
0,90	5,8						16	0,60	0,027	0,0006	0,0144		+1,44	+0,62	+0,11	+1,12	
a	a	31-1	12:30	1-2	10:30	22	22	1,50	0,068	0,0016	0,022	0,058	+1,44	+0,63	+0,05	+1,50	
1,00	10,0						30	1,00	0,045	0,0011	0,022		+1,72	+0,59	+0,30	+0,90	
0,90	5,8						16	5,21	0,23	0,006	0,144		+0,88	+0,63	+0,11	+1,25	
a	a	1-2	11:00	2-2	9,30	22,5	22	6,59	0,29	0,007	0,098	0,458	+1,29	+0,67	—0,11	+1,12	
1,14	19,5						30	8,12	0,36	0,009	0,216		+1,50	+0,48	+0,22	+1,36	
0,98	9,5						22	6,58	0,300	0,007	0,308		+1,22	+0,58	—0,05	+1,24	
a	a	11-3	11:00	12-3	9:00	22	30	6,58	0,300	0,007	0,140	0,448	+1,28	+0,50	+0,03	+1,63	
1,00	10,0																
0,98	9,5						22	—,—	—	—	—		+1,32	+0,67	—0,02	+1,44	
a	a	12-3	9:00	13-3	9:00	24	30	8,12	0,338	0,008	0,160		+1,29	+0,50	+0,07	+1,22	
1,10	17,3																
0,95	8,7					.. ..	22	2,01	0,335	0,008	0,352		+1,02	+0,52	—0,02	+1,25	
a	a	13-3	10:00	13-3	16:00	6	30	3,43	0,571	0,013	0,260	0,612	+1,43	+0,55	+0,28	+1,29	
0,99																	
0,95	9,7						22	26,5	1,100	0,026	1,144		+0,36	+1,19	—0,41	+1,25	
a	a	13-3	16:00	14-3	15:00	23	30	35,5	1,540	0,037	0,740		+0,55	+0,80	—0,24	+0,80	
1,35	40,0																
												0,962	+1,25	+0,71	—	+1,18	

1ª CAMPANHA (26-1—1-2-1967)

2ª CAMPANHA (11-3—14-3-1967)

QUADRO VIII — PARÂMETROS DE FOLK E WARD (1957) DAS AMOSTRAS DE AREIAS COLETADAS AO LONGO DO RIO CUBATÃO (ESTADO DE SÃO PAULO)

PARÂMETROS / AMOSTRAS	P1	P2	P2/P3	P3	P3/P4	P4	P4/P5	P5	Média
M_Z Diâmetro médio	+0,77	+2,28	+0,50	+1 22	+0,42	+1.63	+0,42	+0 09	+0,91
σ_I Desvio Padrão	+1,03	+0,73	+0,99	+1 22	+0,98	+0,87	+1,17	+1,42	+1,05
SK_I Assimetria Gráfica	—1,10	—0,40	+0,13	+0,03	≅ 0	—0,28	+0,03	+0 24	—
K_G Curtose Gráfica	+1,13	+2,06	+0,93	+0,91	+0,88	+0,94	+0,95	+1,82	+1.20

lativas, e a partir daí, os mesmos parâmetros de Folk e Ward (1957) foram calculados. A finalidade dêste trabalho foi verificar se amostras coletadas ao longo do rio Cubatão, num período de estiagem, portanto com descargas líquidas baixas e pouco variáveis apresentavam diferenças nas características granulométricas de jusante para montante.

Os resultados das análises granulométricas podem ser vistos no Quadro VIII. O diâmetro médio varia de 0,09 ϕ (0,940 mm) até 2,28 ϕ (0,205 mm), sendo o valor médio de 0,91 ϕ (0,532 mm). O desvio padrão indica seleção variando de 0,73 ϕ (moderadamente selecionado) até 1,42 ϕ (pobremente selecionado) e o valor médio encontrado foi de 1,05 ϕ (pobremente selecionado). Quanto aos valores de assimetria, como no caso das amostras da seção Ponte Preta, as amostras com assimetria para o lado dos finos é ligeiramente mais freqüente do que para o lado dos grossos, embora sejam pràticamente eqüivalentes em freqüência. A curtose varia de 0,91 (mesocúrtica) até 2,06 (muito leptocúrtica); a média apresenta o valor 1,20 (leptocúrtica).

Os resultados das análises granulométricas mostram portanto, que, as variações, em amostras coletadas ao longo do rio são consideráveis, bem mais do que no caso dos materiais da seção Ponte Preta, isto parece indicar que o selecionamento das partículas durante o transporte, no rio Cubatão, é pouco efetivo, pelo menos nas frações arenosas, muito provàvelmente mascarado pela contribuição maciça de materiais de inúmeros tributários de altíssimos gradientes, principalmente provenientes da margem esquerda.

TRANSPORTE DE MATERIAL EM SUSPENSÃO

Confronto das relações entre descarga líquida x descarga sólida em suspensão dos Rios Cubatão, Taiaçupeba e Biritiba Mirim.

O estudo de descarga sólida de materiais em suspensão do rio Cubatão e o seu confronto com as descargas dos rios Taiaçupeba e Biritiba Mirim só se tornou possível graças ao gentil fornecimento de dados dessas medições pelo S.P.H.

Medições dêste tipo vêm sendo efetuadas pelo S.P.H. desde 1966 por solicitação do S.V.T., em vários rios do Estado de São Paulo, visando principalmente a resolução de

QUADRO IX — CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA SÓLIDA EM SUSPENSÃO DO RIO CUBATÃO EM CONFRONTO COM OS RIOS BIRITIBA MIRIM E TAIAÇUPEBA (Medições realizadas entre 1966-1969 pelo SPH/LH-EPUSP/DAEE).

	RIO BIRITIBA MIRIM	RIO CUBATÃO	RIO TAIAÇUPEBA
$QL_{max.}$	8,410 m³/seg.	121,100 m³/seg.	11,080 m³/seg.
QL_M	2,326 m³/seg.	27,881 m³/seg.	3,664 m³/seg.
$QL_{min.}$	0,130 m³/seg.	1,300 m³/seg.	0,430 m³/seg.
QS_{max}	1,410 ton/hora	97,500 ton/hora	1,090 ton/hora
QS_M	0,164 ton/hora	7,238 ton/hora	0,211 ton/hora
$QS_{min.}$	0,007 ton/hora	0,023 ton/hora	0,20 ton/hora
Q_{SMC}	0,177 ton/hora	3,814 ton/hora	0,188 ton/hora
Q_{SCM}	0,113 ton/hora	5,604 ton/hora	0,181 ton/hora

$QL_{max.}$ = Descarga líquida máxima medida
QL_M = Descarga líquida média medida
$QL_{min.}$ = Descarga líquida mínima medida
$QS_{max.}$ = Descarga sólida máxima medida
QS_M = Descarga sólida média mínima
$QS_{min.}$ = Descarga sólida mínima medida
Q_{SMC} = Descarga sólida média calculada em função da equação $Q_{SMC} = A \cdot QL_M^B$.
Q_{SCM} = Descarga sólida média calculada em função do valor médio de Q_S calculado.

problemas ligados ao assoreamento de barragens projetadas nesses rios.

Os rios Taiaçupeba e Biritiba Mirim constituem bacias hidrográficas que drenam também terrenos metamórficos da mesma forma que o rio Cubatão, mas diferem dêste pela geomorfologia das suas bacias hidrográficas (vide figuras nºs 1 e 2).

A bacia do rio Cubatão, a montante da seção de medição (seção Ponte Preta), perfaz uma área de 127,8 km². As bacias dos rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba, também a montante das seções de medição ocupam superfícies de aproximadamente 60 km² e 234 km², respectivamente. Confrontando-se as áreas das três bacias hidrográficas, percebe-se que o rio Biritiba Mirim corresponde a cêrca de metade e o Taiaçupeba aproximadamente o dôbro da área da bacia do rio Cubatão, constituindo-se assim em bons têrmos de comparação, quanto ao tamanho das bacias de drenagem e suas relações com as descargas líquida e sólida.

No período entre 1966 e 1969 foram realizadas 199 medições no rio Biritiba Mirim (em duas seções), 152 medições no rio Taiaçupeba e 69 medições no rio Cubatão. Os resultados dessas medições estão representados nas figuras 4a, 4b e 4c.

De primeiro relance percebe-se que existe uma grande correlação entre os valores de descarga líquida e sólida, principalmente no caso do rio Cubatão. O valor do coeficiente de correlação calculado para êste rio é de 0,9360. Enquanto isso, os rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba mostraram uma correlação bem menor entre os mesmos valores de descargas líquida e sólida, resultando em coeficientes, cujos valores são de 0,6953 para o rio Biritiba Mirim e de 0,6378 para o rio Taiaçupeba.

Um outro fato que chama a atenção de quem examina os gráficos apresentados (figuras nºs 4a, 4b e 4c), é que no rio Cubatão, tanto a descarga líquida como a descarga sólida apresentam valores extremos bem acentuados e elevados. Nas 69 medições realizadas a descarga líquida variou desde pouco mais de 1,3 m³/seg até mais de 100 m³/seg. Enquanto isso a descarga sólida de material em suspensão variou desde cêrca de 0,023 ton/hora até quase 100 ton/hora (vide Quadro IX).

No rio Biritiba Mirim, com a metade da área de drenagem, a montante da seção de medição, em relação ao rio Cubatão, êsses extremos se apresentam bem mais modestos. Em quase 200 medições realizadas, durante 3 anos, a vazão líquida variou desde pouco mais de 0,10 m³/seg até quase 9 m³/seg. Em consonância com as variações de descarga líquida, a quantidade dos materiais transportados em suspensão variou desde 0,007 ton/hora até 1,41 ton/hora (vide Quadro IX).

O rio Taiaçupeba forma uma bacia de drenagem com área duas vezes maior do que o rio Cubatão acima da seção das medições, mas apresenta também valores extremos e médias de descargas sólida e líquida relativamente pequenos, quando comparados aos do rio Cubatão. A descarga líquida varia de 0,430 m³/seg até 11,08 m³/seg, enquanto que a descarga sólida tem como valores extremos 0,020 ton/hora e 0,430 ton/hora (vide Quadro IX).

Do confronto de dados de descargas sólidas de rios fica patenteada a influência relativamente pequena da área da bacia de drenagem, quando os mesmos possuem gradientes bem diferentes. Em outras palavras, os rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba podem ser confrontados entre si, com relação aos valores de transporte sólido, mesmo apesar das diferenças de área das suas bacias hidrográficas, por se situarem ambos em regiões geomorfològicamente equivalentes; não podem entretanto serem comparados com o rio Cubatão com relação aos mesmos parâmetros. Os rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba, embora estejam drenando também áreas de rochas metamórficas, se localizam em região de gradiente bem menor do que o rio Cubatão, sôbre o planalto na região de Mogi das Cruzes.

O rio Cubatão, devido à morfologia da bacia de drenagem, que apresenta divisores de água e talvegues melhor definidos e acentuados e tendo a separá-los encostas de altíssimos gradientes, deve constituir-se em um canal natural de captação e concentração de tôda água que flui pelas encostas. As perdas por infiltração devem ser mínimas devido às grandes velocidades desenvolvidas. Já as bacias hidrográficas dos rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba, por se situarem em região de relêvo bem menos acentuado, ocasionam maior dispersão das águas. Em conseqüência dessas diferenças, a geomorfologia das bacias hidrográficas age diretamente sôbre partículas e blocos que são carreados em muito maior volume e com tamanhos maiores pelas vertentes do rio Cubatão, auxiliados diretamente pelo volume e competência de transporte maiores das suas águas.

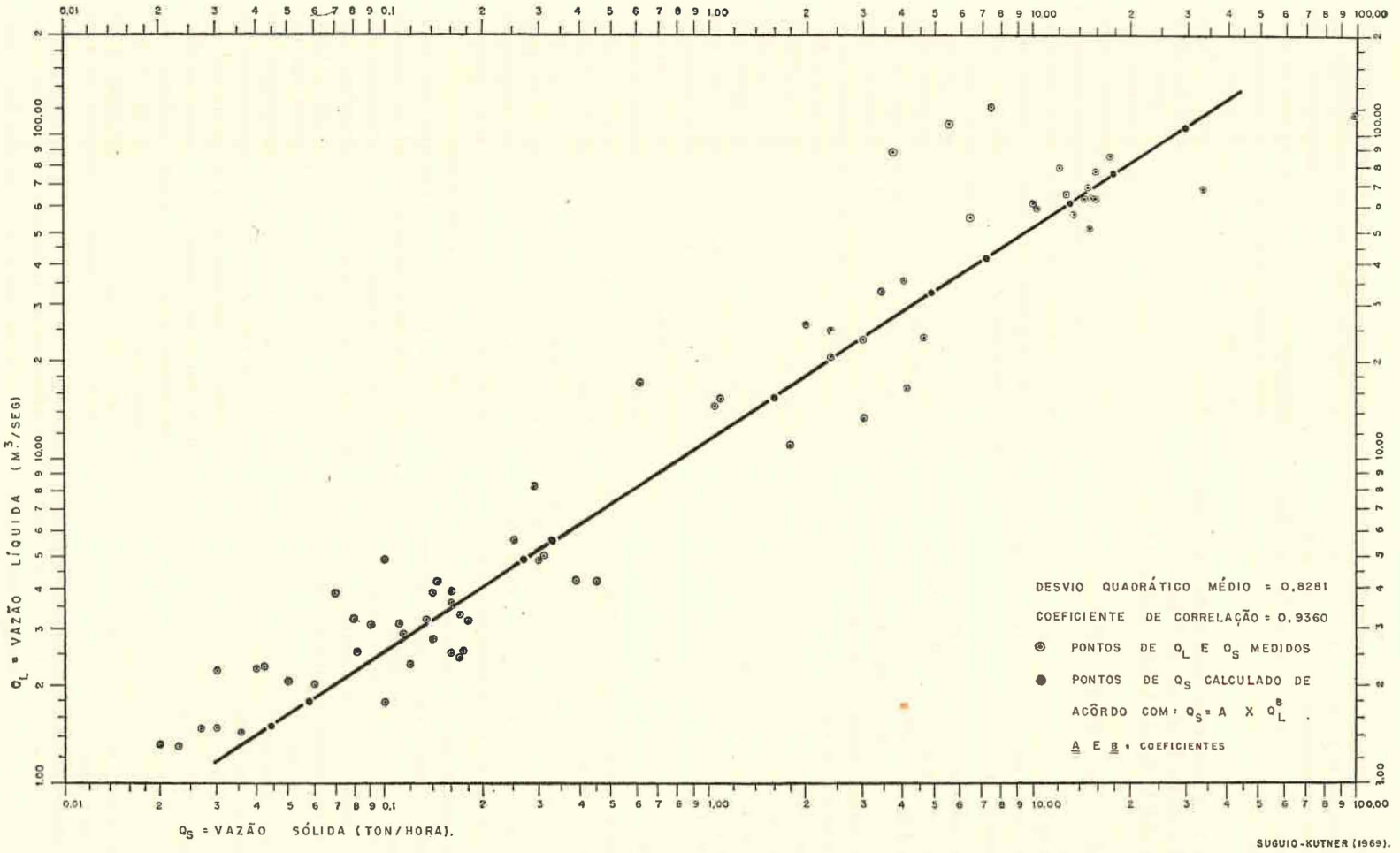


FIGURA Nº 4a - RELAÇÃO ENTRE VAZÃO LÍQUIDA X VAZÃO SÓLIDA DO RIO CUBATÃO (SEÇÃO PONTE PRETA).

MEDIÇÕES REALIZADAS ENTRE 31/5/1966 - 28/4/1969 PELO S P H - L.H./ E.P.U.S.P. - D.A.E.E.

Para acentuar ainda mais as diferenças das características acima referidas entre os rios Cubatão e Biritiba Mirim-Taiaçupeba, deve-se considerar o problema da pluviosidade, que é maior principalmente junto às cabeceiras dos rios que formam a bacia hidrográfica do primeiro.

VOLUME DOS SÓLIDOS TRANSPORTADOS EM SUSPENSÃO E SUAS RELAÇÕES COM DESCARGA SÓLIDA DE ARRASTE

O volume dos materiais sólidos transportados em suspensão por um rio constitui o ítem principal e de mais fácil obtenção na deetrminação da descarga total de sólidos través das seções de medição.

Como foi verificado pelas análises granulométricas, os materiais transportados por arraste podem ser bastante grosseiros, mas No caso do rio Cubatão, se confrontarmos a o volume nunca chega a ser muito grande. descarga máxima de material de arraste obtida nas 2 campanhas de medição (1,884 m^3/dia ou aproximadamente 0,2028 ton/hora) com a descarga sólida média em suspensão para uma suspensão para uma vazão líquida de 40 m^3/s, correspondente àquela medição (7,2 ton/hora), nota-se que a primeira perfaz menos de 3%, da segunda.

Costuma-se avaliar o transporte de sólidos por arraste empregando-se o coeficiente 1,20 o qual, multiplicado pela descarga sólida em suspensão, oferece a descarga sólida total. Êste acréscimo de 20% na tonelagem é dado experimental colhido em publicações realizadas.

Então percebe-se que para o rio Cubatão o coeficiente acima é muito alto. Parece que o alto gradiente do rio, principalmente dos seus tributários, facultando o transporte de abundante seixos, calhaus e matações, aumenta muito a rugosidade do fundo, diminuindo bastante a velocidade da água nos níveis mais próximos ao fundo do rio. A mobilização dêsse material no rio Cubatão deve ser verificada sòmente nas épocas das maiores enchentes. Além disso, o material arenoso tendo a tendência de se proteger nos remansos dos espaços entre os blocos maiores, quando levados dêstes locais protegidos, devem ser na maior parte carreados em suspensão. Esta parece ser a possível explicação para tão grande discrepância entre os volumes de materiais transportados em suspensão e por arraste pelo fundo, quando confrontamos com dados de outros rios.

CONCLUSÕES GERAIS

a) A freqüência dos tipos litológicos dos seixos presentes no leito do rio Cubatão, que naturalmente representa grosseiramente uma «amostragem» média das rochas que afloram na área ocupada pela sua bacia hidrográfica, explica também os valôres de esfericidade e as formas mais comuns entre os seixos e calhaus;

b) Os graus de arredondamento das amostras de seixos não podem ser confrontados entre si em vista da grande variedade litológica presente, o que determina diferenças no comportamento mecânico de desgaste durante o transporte; e, se fôr tentada uma contagem estatística algumas variedades litológicas se fazem representar em tão pequeno número, que os resultados encontrados serão pouco representativos da população de onde provém;

c) Aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov ao tamanho e esfericidade dos seixos e calhaus em 5 amtsras do rio Cubatão, para se saber quais são aquelas que provém de população com idênticas freqüências de distribuição, e quais as possíveis explicações geológicas para os fatos observados, verificou-se que quanto ao tamanho a maior parte dos pares comparados mostraram desigualdade, e, em relação à esfericidade as distribuições se mostraram predominantemente idênticas. Os resultados alcançados em relação ao tamanho sugerem talvez a existência de uma seleção durante o transporte, porém, contribuições de afluentes com altíssimos gradientes parecem diminuir a seleção progressiva acima sugerida. Os resultados de comparação dos dados de esfericidade demonstram a estreita ligação desta propriedade com a litologia dos seixos;

d) As caracteríticas texturais dos materiais sólidos transportados pelo rio Cubatão, por arraste, embora medidas em amostras coletadas de uma única seção, apresentam valôres pouco constantes, variando com o trecho da seção e com o período de coleta dos materiais. Enquanto isso, as características texturais dos materiais sólidos transportados pelo rio Cubatão por arraste, ao longo de seu percurso, em uma determinada época, apresentam variações fortuítas; assim, quaisquer mecanismos de seleção, eventualmente atuantes no decurso do transporte dêsse materiais não se manifestaram, talvez mascarados pela interferência dos sólidos fornecidos pelos inúmeros afluentes de alítissimos gradientes;

e) O confronto das relações das descargas sólida e líquida do rio Cubatão (área da

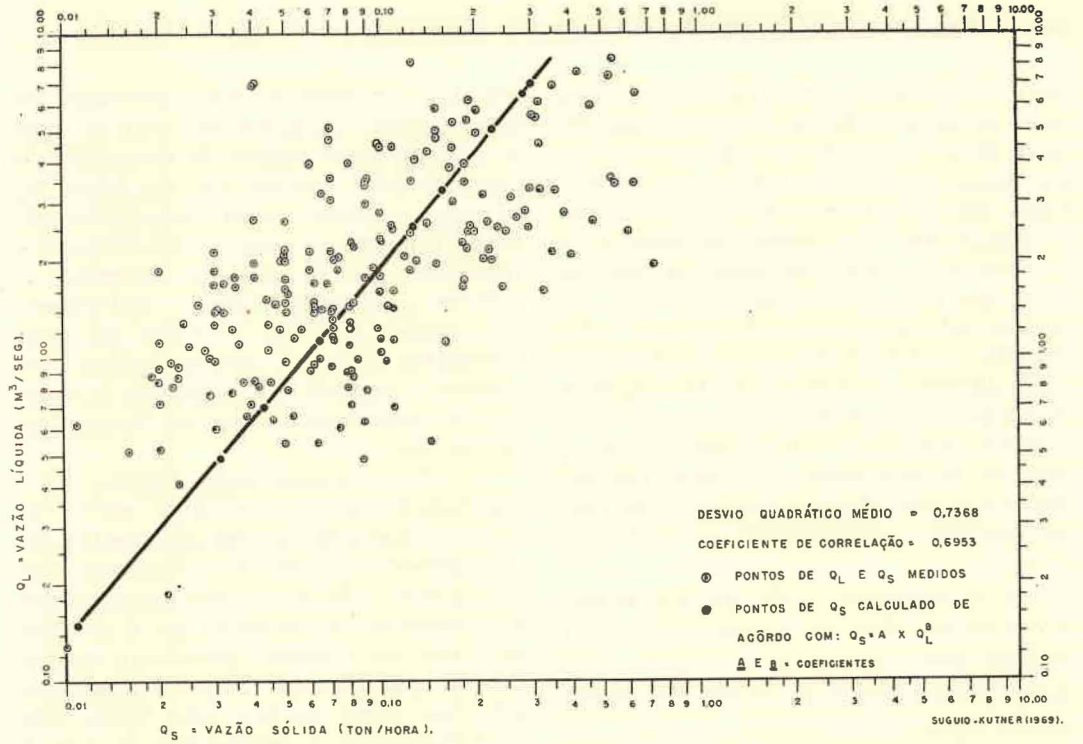


FIGURA Nº 4c - RELAÇÃO ENTRE VAZÃO LÍQUIDA X VAZÃO SÓLIDA DO RIO BIRITIBA MIRIM

MEDIÇÕES REALIZADAS ENTRE 25/5/1966-30/4/1969 PELO S.P.H. - L.H. / E.P.U.S.P - D.A.E.E.

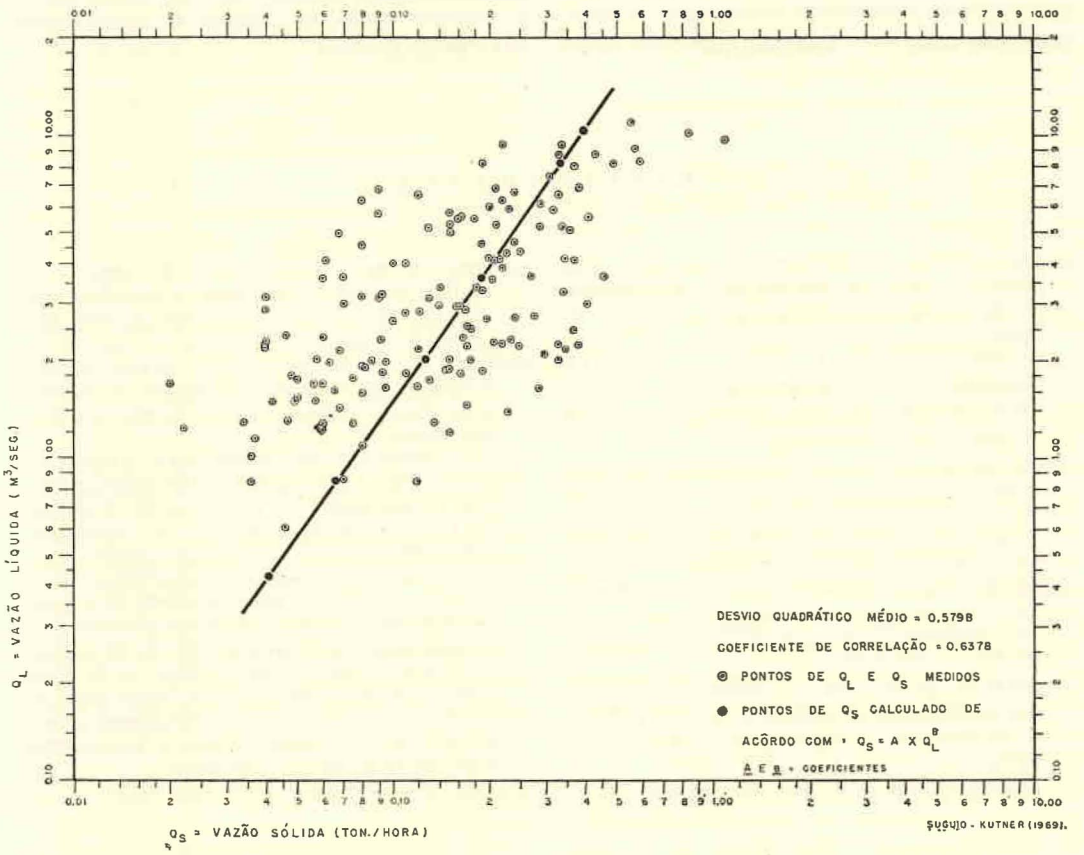


FIGURA Nº 4b - RELAÇÃO ENTRE VAZÃO LÍQUIDA X VAZÃO SÓLIDA DO RIO TAIAÇUPEBA

MEDIÇÕES REALIZADAS ENTRE 25/6/1966 - 24/2/1969 PELO S.P.H. - L.H. / E.P.U.S.P. - D.A.E.E.

bacia = 127,8 km²) com o rio Biritiba Mirim (área da bacia = 60 km²) e rio Taiaçupeba (área da bacia = 234 km²), permite concluir que, apesar da extensão da bacia de drenagem, acima das seções de medição ser fundamental na maioria dos casos, porque, em suma, o rio principal é o coletor que concentra tôdas as águas que fluem pela superfície na área em questão, tal parece não acontecer com o rio Cubatão. O fatôr decisivo que preside os volumes altíssimos, embora possua área da bacia de drenagem relativamente pequena, no rio Cubatão, parace ser o alto gradiente da maior parte do rio, pelo menos até a seção das medições, e de seus afluentes, auxiliado pelas chuvas que caem copiosamente nas suas cabeceiras;

f) O coeficiente 1,20, que multiplicado pela descarga sólida em suspensão fornece a descarga sólida total do rio na seção de medição, talvez aplicável em outros rios, parece não se aplicar ao caso do rio Cubatão. As velocidades maiores das águas do rio Cubatão, na época das enchentes, não são aparentemente suficientes para carrear por arraste, a maior parte dos seixos e matacões, talvez em parte pela alta rugosidade de fundo provocada por êsses materiais, principalmente junto ao fundo do rio; são porém, capazes de transportar em suspensão grãos arenosos que, em outros rios de menor gradiente, seriam transportados pelo fundo, aumentando assim acentuadamente o volume de descarga sólida por suspensão em confronto ao material de arraste. Naturalmente a geologia da região abrangida pela bacia hidrográfica influi, de maneira indireta, controlando a qualidade e a quantidade de material em disponibilidade para ser transportado por um rio;

g) Foi verificado nêste trabalho que o Rio Cubatão, embora com muito menor número de observações de descarga líquida e sólida, delinea uma perfeita correlação entre êsses fatôres. Isto é verificado numèricamente pelo coeficiente de correlação que é de 0,9360 para êste rio, e apenas pouco mais de 0,60 para os rios Biritiba Mirim e Taiaçupeba. Êste fato parece também estar ligado, além de outros fatôres, à geomorfologia da área de bacia de drenagem que, concentrando ràpidamente as águas carreia também prontamente os detritos como um reflexo às modificações das vazões líquidas.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, F. F. M. de (1958) — "Considerações sôbre a geomorfogênese da Serra do Cubatão" — Bol. Paulista de Geografia, A. G. B., nº 15, págs. 3-17 — São Paulo.

CATACOSINOS, PAUL A. (1965) — "Tables for determination of sphericity and shape of rock particles", Journal of Sed. Petrol., vol. 35, nº 2, págs. 354-365.

CRUZ, OLGA (1966) — "Aerofotointerpretação — Esquema de uma interpretação geomorfológica baseada em fotografia aérea para curso secundário" — Orientação nº 2, Instituto de Geografia, Univ. de São Paulo, págs. 7-10.

FOLK, R. L. and WARD, W. C. (1957) — "Brazos River bar: a study on the significance of grain size parameters", Journal of Sed. Petrol., vol. 27, nº 1, págs. 3-26.

LANDIM, P. M. B. (1969) — "Aplicação de testes não paramétricos no estudo de seixos". Notícias Geomorfológicas, Campinas, vol. 9, nº 17, págs. 53-66.

LANDIM, P. M. B. e BÓSIO, N. J. (1969) — "A medida "tamanho" em seixos" — Bol. Soc. Bras. de Geol., Bol. Esp. nº 1, XXIII Congresso Brasileiro de Geologia — Salvador — pág. 55.

SANTOS, E. de O. (1965) — "O quadro climato-botânico" in "A baixada santos — Aspectos geográficos" — Univ. de São Paulo, vol. I — São Paulo.

S. P. H. (SERVIÇO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS) DO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA DA EPUSP-DAEE — Relatórios de trabalhos: nº 1 (fevereiro-março/1966, nº 2 (abril-maio-junho/1966), nº 3 (julho-agôsto-setembro/1967), nº 4 (outubro-novembro-dezembro/1966), nº 5 (janeoro-/1967), nº 6 (fevereiro/1967), nº 7 (março-abril/1967), nº 8 (maio-junho-julho/1966), nº 9 (agôsto-setembro-outubro/1967), nº 10 (novembro-dezembro/1967) e janeiro/1968), nº 11 (fevereiro-março-abril/1968), nº 12 (maio-junho-julho/1968), nº 13 (agôsto-setembro-ououbro/1968), nº 14 (novembro-dezembro/1968 e janeiro/1968) e nº 15 (1/2/1969 — 30/4/1969).