

ESTUDO DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO ALTO RIO GRANDE - MUNICÍ-  
PIO DE NOVA FRIBURGO

SANDRA BAPTISTA DA CUNHA

ABSTRACT - The present paper is a contribution to the study of the Upper Grande River, Nova Friburgo. It is a preliminary study of the relationship between the river-bed sediments and the declivity of the river profile. Granulometric analysis were performed on channel sediments in attempt to find a sedimentological characterization of the river. The following parameters were computed: central tendency (median grain size ( $Md_{\phi}$ ) and mean grain size ( $M_z$ ), dispersion ( $\sigma_I$ ), assymetry ( $SK_I$ ) and curtosis ( $K_G$ ). The data analysed shows two distinct environments: that of the headwaters and that of the base level. Both environments are composed of poorly selected sediments.

INTRODUÇÃO

A bacia do rio Grande abrange uma área de 122.5 km<sup>2</sup> e suas nascentes localizam-se nas escarpas elevadas da Serra do Mar, município de Nova Friburgo, ocupando parte do distrito de Campo do Coelho.

A rede de drenagem está constituída por 196 segmentos de canais, seguindo os estudos de Strahler (1957) e distribuídos entre 5 ordens. O embasamento geológico é de idade pré-cambriana, com predominância de migmatitos. Encontram-se também plutonitos ácidos, na parte mais a jusante da bacia e margeando o canal principal extensos aluviões (1976). A semelhança litológica favorece a predominância do padrão de drenagem dendrítico.

São observadas três unidades geomorfológicas bem distintas quanto à topografia: a serra, constituída de pontões com fortes inclinações e afloramentos rochosos, as colinas arredondadas de rochas intemperizadas e as planícies aluviais com extensos terraços que margeando os canais demonstram intenso processo fluvial em tempos pretéritos. Estudos realizados por Cunha (1977-1978) quanto às características fisiográficas desta bacia demonstraram que os afluentes de 3.<sup>a</sup> ordem lançam suas águas num extenso nível de base a 1040m acima do nível do mar. Es

área, situada abaixo dessas sub-bacias, oferece certa facilidade para as enchentes.

Os sedimentos transportados pelas correntes de água afetam diretamente populações, tanto urbana como rural, propiciando assoreamentos e enchentes. O propósito do presente trabalho representa uma tentativa de caracterizar os sedimentos de fundo com a declividade do perfil do canal. Fornecendo a variação textural do material de fundo ao longo do curso d'água poderá este trabalho fornecer subsídios para a geotécnica e obras de engenharia (construção de pontes, etc.) como também para a economia (fonte de material de determinado tamanho).

### METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram coletadas nove amostras ao longo do perfil longitudinal do canal. Essas amostras foram retiradas o mais próximo possível do talvegue, em locais situados desde o posto pluviométrico Fazenda Mendes até o mais distante permitido. A amostragem reduzida vincula-se às impossibilidades de acesso ao leito do rio. As seis primeiras foram coletadas ao longo do canal principal, de 5ª ordem de hierarquia (Figura 1). As três últimas retiradas mais à montante, são referentes a um afluente de 3ª ordem (Córrego São Lourenço).

Primeiramente obteve-se a distribuição granulométrica das partículas. As amostras foram submetidas à análise mecânica em máquina Rodotest, sendo utilizado um jogo de peneiras na escala de Wentworth. Os resultados obtidos em laboratório foram representados, graficamente, em forma de histogramas de frequência e curvas de frequência acumulada, em papel de probabilidade aritmética. Os parâmetros texturais foram calculados segundo Folk e Ward (1957). A análise dos resultados desses parâmetros baseou-se na metodologia descrita por Mendes et alii (1972) e Bigarella et alii (1978).

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

O processo de desgaste ou corrosão fluvial pode ser observado ao longo da corrente. Os detritos resultantes da meteorização, assim como as substâncias dissolvidas, são arrastados pelas precipitações para os riachos e rios e por eles transportados rio abaixo, seguindo o maior declive. Os cascalhos mais grosseiros escorregam ou rolam pelo fundo dos cursos d'água, os médios avançam aos saltos e os finos são levados em suspensão pela corrente. Ao serem transportados,

esses sedimentos sofrem a ação de desgaste, transformando-se em materiais rolados. À medida que descem o vale, seus tamanhos vão sendo reduzidos, podendo transformar-se em areias mais finas ou mesmo siltes.

O grau de selecionamento do tamanho dos grãos constitui um critério de avaliação da capacidade e efetividade de transporte. Fluidos de alta intensidade dão origem a depósitos de grande irregularidade textural. Fluidos com características dinâmicas normais, como as correntes, ventos e ondas, formam depósitos bem selecionados. O tamanho do grão pode também indicar a distância do transporte. Enquanto as partículas mais grosseiras refletem maior proximidade da área fonte, as partículas mais finas indicam maior distância no transporte.

#### Histogramas de Composição Granulométrica

A localização das amostras no perfil longitudinal do canal é apresentado na Figura 2A. A Figura 2B ilustra os histogramas de distribuição granulométrica para as nove amostras estudadas. Esses histogramas fornecem também o número de classes texturais e a posição da classe modal. A abscissa apresenta os diâmetros texturais em escala phi. A primeira vista, nota-se pouco selecionamento na composição granulométrica do material de fundo do alto rio Grande com predomínio das classes texturais das areias (0.062 a 2mm).

Os histogramas relativos às amostras 9, 8 e 7, coletadas mais à montante do canal, em um afluente de 3<sup>a</sup> ordem, apresentaram percentagem elevada na fração areia muito grosseira, entre 2 e 1 mm (-1 a 0 phi).

O histograma relativo à amostra 6, coletada aproximadamente a 5 km, à jusante da amostra 7, apresenta a classe modal na fração areia média entre 0.50 e 0.250 mm (1 a 2 phi).

Os histogramas relativos às amostras 5, 4 e 2, coletadas mais à jusante que as amostras anteriores, apresentaram percentagem elevada na fração areia fina, entre 0.250 a 0.125 mm (2 a 3 phi).

Os histogramas das amostras 3 e 1 indicaram predominância de areias grosseiras entre 1.00 e 0.50 mm (0 a 1 phi). Apesar dessas amostras terem sido coletadas na parte mais à jusante do canal, sua classe modal pertence às areias grosseiras. Isto decorre do fato de o canal principal receber, nos locais onde foram retiradas essas duas amostras, contribuições de material mais grosseiro proveniente de

afluentes de menor hierarquia e de maior competência de transporte (Figura 1).

Apesar de tratar-se de estudo preliminar, com reduzida amostragem, devido a fatores limitantes apresentados na metodologia, percebe-se que há predominância do material mais grosseiro, entre 1 e 2 mm, à montante do canal. Inversamente os finos, nesta área, são em pouca percentagem, tendendo a aumentar em direção à jusante (Figura 2C).

Classes texturais são todos os intervalos de classe de Wentworth com mais de 1% de frequência. A capacidade do meio de transporte em selecionar o tamanho do grão é indicada pelo número de classes texturais. Quanto maior o número de classes texturais, menor a capacidade de selecionamento dos grãos pelo agente. Entre outros, os sedimentos fluviais caracterizam-se por apresentar elevado número de classes texturais (Bigarella e outros, 1978).

No material de fundo do alto rio Grande, verificou-se que 67% (seis amostras) possuem de 6 a 7 classes texturais. Duas amostras apresentaram oito classes texturais (22.2%) e apenas uma possui quatro classes texturais (11.1%). Esta última foi a que apresentou maior grau de selecionamento dos grãos. Esta amostra também destaca-se das demais por apresentar o mais alto teor de silte grosseiro, entre 0.062 e 0.0312 mm (4 a 5 phi).

#### Curvas de Frequência Acumulada

As curvas de frequência acumulada relativas às distribuições granulométricas dos sedimentos de fundo do alto rio Grande mostram certa predominância do material arenoso. Nelas estão indicadas as percentagens de grânulo, areia e silte (Figura 3). As abscissas referem-se ao tamanho do grão em milímetros e em unidades phi.

Dessas curvas de frequência acumulativa foram extraídos, diretamente, os valores dos percentis utilizados no cálculo dos parâmetros texturais que indicam os aspectos característicos das distribuições granulométricas.

#### Parâmetros Estatísticos

Para a análise estatística das distribuições granulométricas, foram calculadas medidas de tendência central, dispersão, assimetria e curtose. Entre os parâmetros indicadores de tendência central foram determinados o diâmetro mediano e o diâmetro médio.

Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros estão indicados na tabela 4.

| amostras | Intervalo de classe (mm) |       |       |       |       |       |       |        | Valores paramétricos em unidades $\phi$ |       |        |        |            |
|----------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---|-------|--------|--------|------------|
|          | 4                        | 2     | 1     | 0.5   | 0.25  | 0.125 | 0.062 | <0.062 | Diâmetro                                |       | Desvio | Assi-  | Cur-       |
|          |                          |       |       |       |       |       |       |        | $Md_{\phi}$                             | $M_z$ | 1      | $Sk_1$ | $K_{\phi}$ |
| 1        |                          | 1.06  | 17.07 | 41.94 | 27.16 | 7.86  | 1.20  | 3.70   | 0.80                                    | 0.85  | 0.99   | +0.17  | 1.20       |
| 2        | 0.40                     | 0.23  | 0.23  | 0.30  | 3.41  | 43.82 | 21.50 | 30.10  | 3.10                                    | 3.68  | 1.61   | +0.59  | 1.18       |
| 3        |                          | 0.45  | 14.04 | 47.72 | 23.43 | 9.41  | 1.08  | 3.88   | 0.75                                    | 0.93  | 0.96   | +0.33  | 1.18       |
| 4        | 12.34                    | 11.11 | 13.21 | 15.00 | 14.03 | 29.30 | 2.46  | 2.54   | 0.95                                    | 0.76  | 1.77   | -0.20  | 0.76       |
| 5        | 6.30                     | 4.19  | 3.88  | 8.55  | 27.68 | 33.70 | 5.05  | 10.66  | 2.00                                    | 1.73  | 1.85   | -0.17  | 1.95       |
| 6        |                          | 0.25  | 7.00  | 37.29 | 40.01 | 11.15 | 1.19  | 3.10   | 1.10                                    | 1.15  | 1.06   | +0.14  | 1.15       |
| 7        |                          | 5.98  | 62.05 | 19.49 | 7.33  | 3.28  | 0.52  | 1.37   | -0.30                                   | -0.10 | 0.87   | +0.45  | 1.34       |
| 8        | 11.13                    | 32.34 | 36.90 | 10.66 | 6.14  | 1.91  | 0.31  | 0.06   | -0.85                                   | -0.78 | 1.14   | +0.13  | 1.28       |
| 9        | 2.08                     | 23.45 | 51.80 | 17.01 | 2.51  | 1.44  | 0.40  | 1.32   | -0.55                                   | -0.50 | 1.14   | +0.16  | 1.27       |

Tabela 4 - Distribuição granulométrica e valores paramétricos referentes às amostras de fundo do alto rio Grande.

#### a) Tendência Central

O diâmetro mediano representa o valor da granulação correspondente a 50% da distribuição. Todas as amostras apresentam diâmetro mediano ( $Md_{\phi}$ ) na fração areia, assinalando a energia da ação das correntes fluviais. Para o conjunto das amostras, o diâmetro mediano ( $Md_{\phi}$ ) vaiou de 1.70 a 0.129 mm (-0.85 a 3.10 phi) com maior frequência no intervalo de 2.00 a 1.00 mm (-1 a 0 phi) e de 1.00 a 0.50 mm (0 a 1 phi).

As amostras 7, 8 e 9, coletadas no canal de 3ª ordem de hierarquia, apresentam diâmetro mediano mais grosseiro (entre 0.60 a 1.70 mm) evidenciando, para essa parte do canal, maior velocidade de suas águas e competência no transporte.

O diâmetro médio aritmético ( $M_z$ ), para as nove amostras apresenta amplitude de variação entre 1.56 e 0.082 mm (-0.78 a 3.68 phi). A maior concentração ocorre nos intervalos de 2.00 a 1.00 mm (-1 a 0 phi) e de 1.00 a 0.50 mm (0 a 1 phi). O diâmetro médio aritmético ( $M_z$ ) para as três últimas amostras (7, 8 e 9) apresentou, também, valores situados nas frações mais grosseiras, entre 1.50 e 1.10 mm (-0.50 a -0.10 phi).

Da análise realizada, parecem predominar, no rio Grande, sedimentos grosseiros no tributário formador e sedimentos de textura média e fina na parte do canal de pouca declividade.

Na parte do canal pertencente à 3ª ordem de hierarquia, a mediana apresentou valores médios iguais a 0.715 mm (0.57 phi). Os diâmetros médios, para esta mesma área, têm em média 1.46 mm (-0.46 phi). Na parte mais à jusante do canal até o outlet, pertencente à 5ª ordem de hierarquia, o valor médio da mediana diminui para 0.389 mm (1.45 phi), enquanto os diâmetros médios passam a ter em média 0.370 mm (1.52 phi). Estes resultados evidenciam, para a parte mais à jusante do canal, a predominância de partículas mais finas.

#### b) Dispersão

O desvio padrão visualiza o grau de seleção do sedimento. De modo geral, as amostras analisadas apresentam valores de desvio padrão ( $\delta_1$ ) entre 0.87 e 1.85, situando-se na classificação de Folk e Ward (1957) entre moderadamente selecionado a pobremente selecionado. As amostras indicaram um selecionamento muito semelhante ao longo do canal.

A dispersão média  $\delta_1$  variou entre 1.05, para o alto vale, e 1.37 para a área de nítido nível de base. Estes valores são indicativos de sedimentos pobremente selecionados.

#### c) Assimetria

O grau de assimetria é o parâmetro que indica a tendência de os grãos dispersarem-se de um ou de outro lado da média. Seus valores são positivos ou negativos conforme se situem à direita ou à esquerda da média, na curva de distribuição granulométrica. A assimetria positiva indica que a amostra possui uma cauda de grãos mais finos, enquanto que uma assimetria negativa indica uma cauda de granulação mais grosseira.

As amostras caracterizam-se por apresentar assimetria positiva a muito positiva, segundo a nomenclatura de Folk e Ward (1957), possuindo a distribuição granulométrica uma cauda de material mais fino. Isto é comum aos depósitos fluviais estando relacionado à dinâmica de energia do rio. A superposição de várias populações texturais mostra a ocorrência de diversos modos de transporte (saltação, suspensão, arrastre). Dentre as amostras duas apresentaram assimetria negativa estando a cauda ao lado dos materiais grosseiros.

Para a área do alto curso, a assimetria média é positiva com valor igual a 0.25, enquanto no vale mais à jusante essa assimetria média passa a muito positiva com valor igual a 0.72.

#### d) Curtose

A curtose mede o grau de achatamento da distribuição, indicando se a curva é mais aguda ou achatada do que aquela da distribuição normal. Em outras palavras, a curtose mede a normalidade de uma distribuição, comparando a seleção da cauda da distribuição com aquela da parte central da mesma.

As amostras analisadas revelaram valores elevados da curtose (Kg), entre 0.76 e 1.95. A predominância das amostras apresentou valores de curtose entre 1.11 e 1.50, situando-se, na classificação de Folk e Ward, como leptocúrticas ou excessivamente agudas. Estes valores indicam dominar, nas amostras, sedimentos relativamente mais bem selecionados na parte central da distribuição do que nas caudas.

A curtose média para as duas áreas do canal apresentou pouca variação, com valores de 1.30 para o alto curso e 1.24 para a área mais à jusante.

#### CONCLUSÃO

O estudo preliminar do relacionamento entre os sedimentos existentes no fundo do canal com a declividade do perfil do rio Grande permitiu distinguir dois ambientes de material de fundo, quanto às características sedimentométricas: o das cabeceiras e o da área do nível de base. No primeiro, predominam as areias muito grossas, dominando os materiais mais finos no segundo. De certo modo o extenso nível de base local encontrado condiciona o curto transporte de material de fundo. Disto decorre a quase ausência de silte na amostragem realizada.

Ambos os ambientes de fundo do canal constituem-se de sedimentos pobremente selecionados.

#### BIBLIOGRAFIA

- BIGARELLA, J.J. (1978), A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná, Curitiba, 248 pgs.
- CUNHA, S. B. (1977), Contribuição à análise das características fisiográficas de bacias fluviais - o alto rio Grande - R.J. Anais do Seminário de Hidrologia e Recursos Hídricos - COPPE/UFRJ - CNPq.
- CUNHA, S. B. (1978), Ambiente e Características Hidrológicas da Bacia do Alto Rio Grande (Nova Friburgo - R.L.). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da UFRJ
- FOLK, R.L.; Ward, W.C. (1957), Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Journal of Sed. Petrol., 27:3 - 27.
- MENDES, J.C.; Bigarella, J.J.; Salamuni, R. (1972), Estratigrafia e Sedimentologia, Geologia Estrutural, Aerofotogeologia. Ministério da Educação e Cultura. Instituto Nacional do Livro.
- Relatório do DNPM - CPRM (1976), Projeto Vale do Paraíba do Sul
- STRAHLER, A.N. (1957), Quantitative analysis of watershed geomorphology Trans. Am. Geophys. Union. V. 38, 913-920.



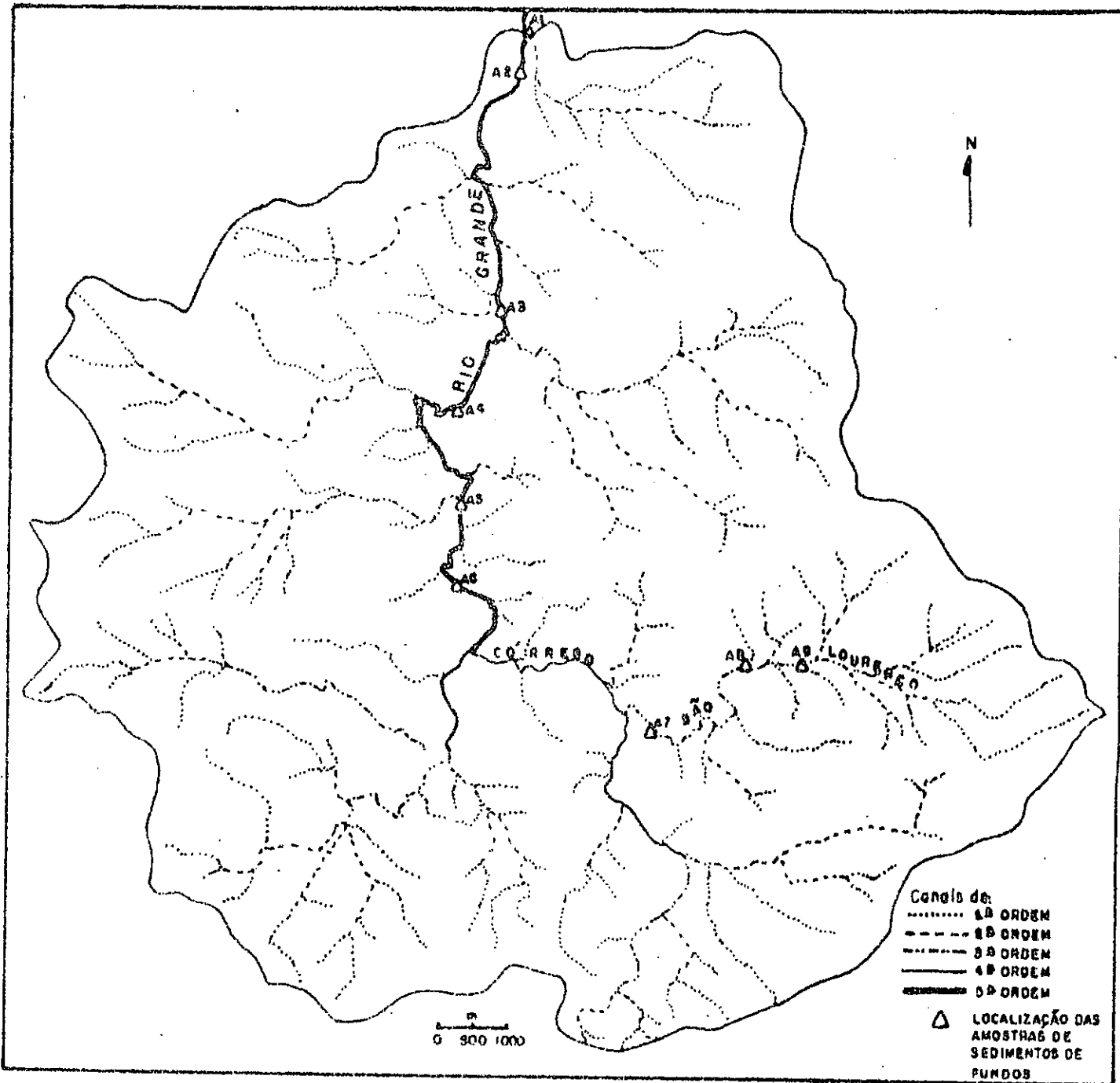
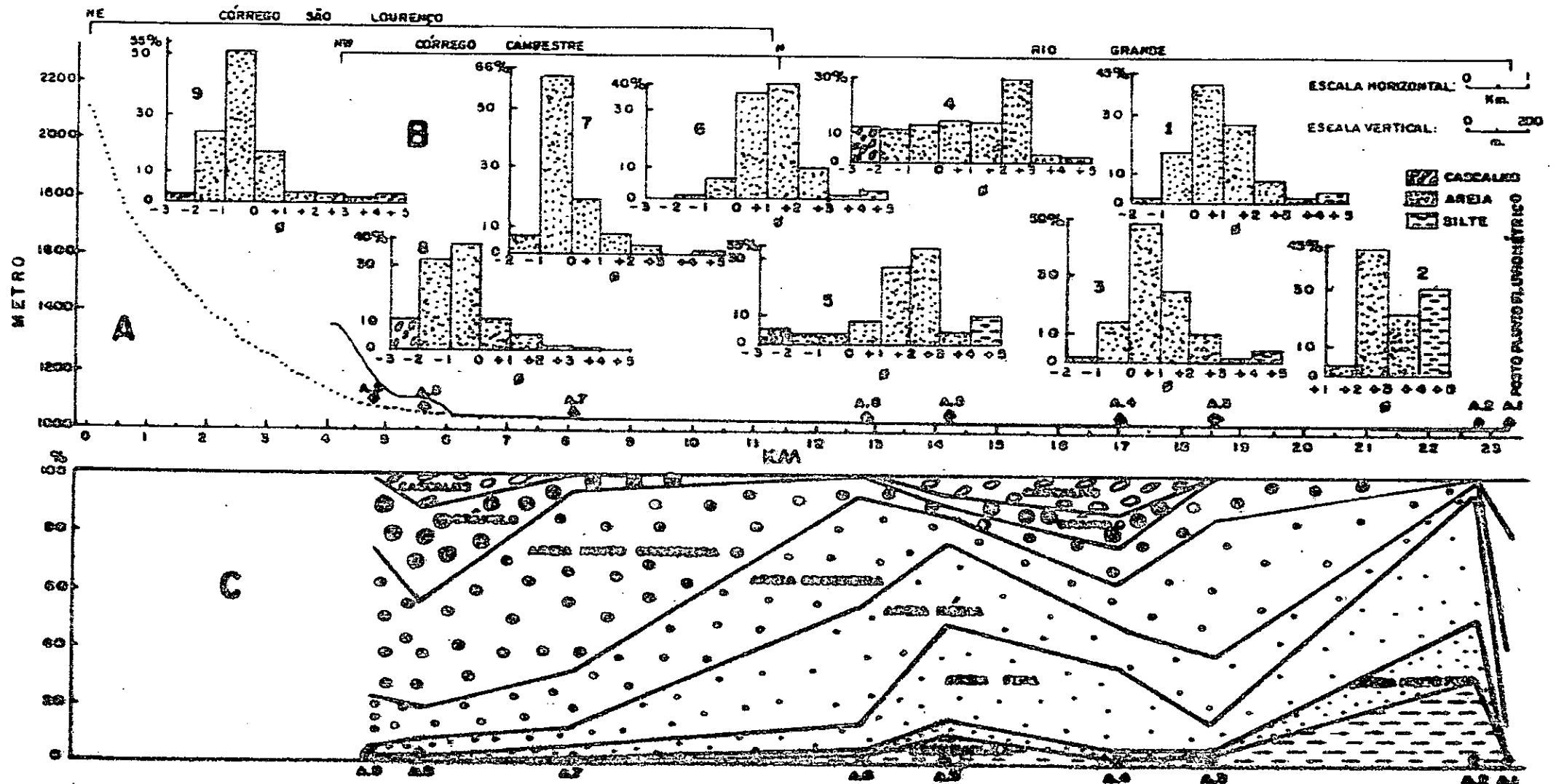


Figura 1 - BACIA DE DRENAGEM DO ALTO RIO GRANDE MOSTRANDO A LOCALIZAÇÃO DAS 9 AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE FUNDO ESTUDADA.

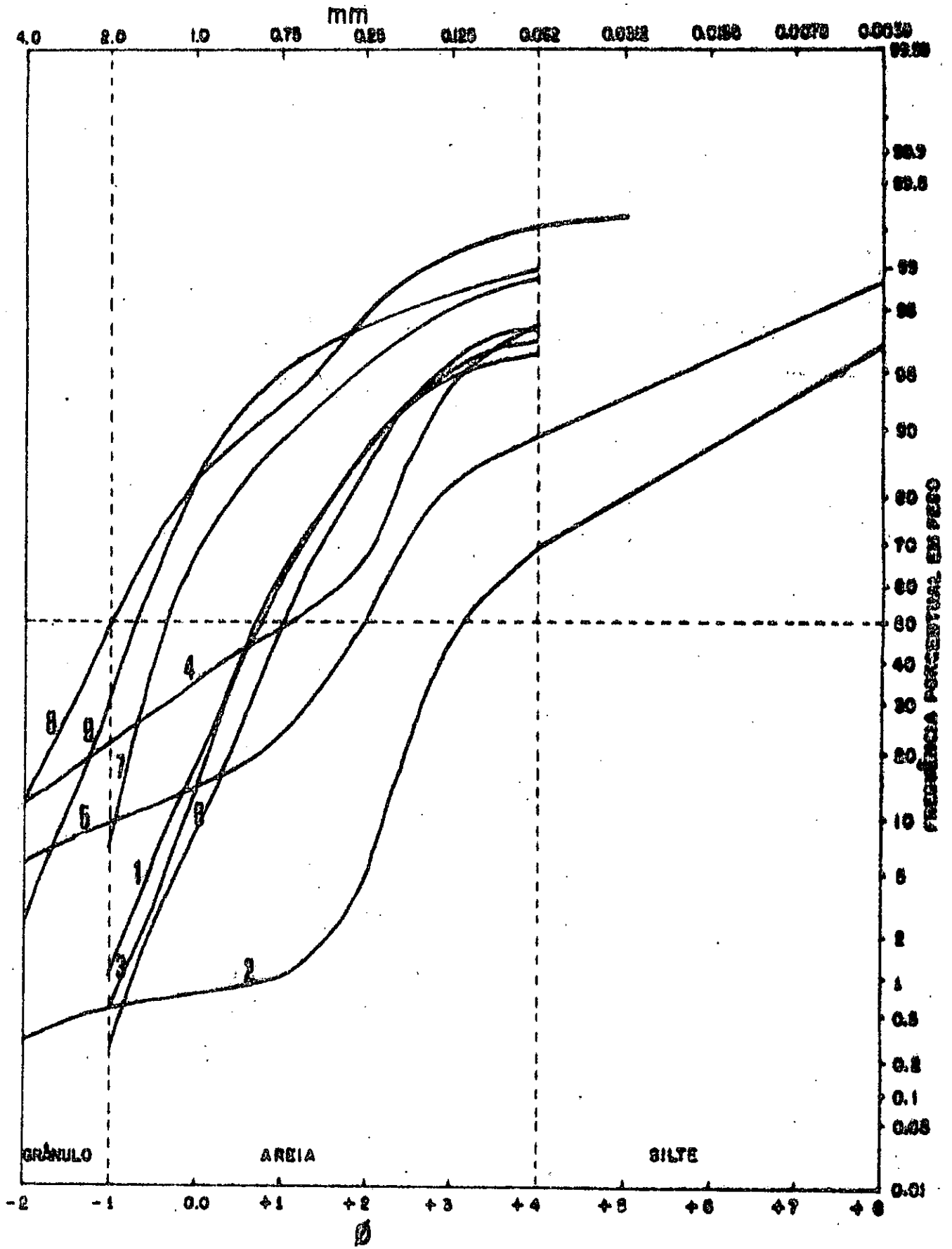


**FIGURA 2 - COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DO MATERIAL DE FUNDO DO ALTO RIOGRANDE**

(A) PERFIL LONGITUDINAL DO RIO COM LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS.

(B) HISTOGRAMAS DE COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA.

(C) HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA ACUMULADA AO LONGO DO PERFIL MENCIONADO.



**FIGURA 3 - CURVAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA RELATIVAS ÀS DISTRIBUIÇÕES GRANULOMÉTRICAS DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DO ALTO RIO GRANDE.**