Samir Felício Barcha

Sedimentos Recentes do Vale do Rio Grande

unesp

1910000174

SEDIMENTOS RECENTES DO VALE DO RIO GRANDE

SAMIR FELÍCIO BARCHA

Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto, para a obtenção do grau de Doutor.

São José do Rio Preto

1973

174/84

A meus pais, irmãos,
esposa e filhos.

6.4.1.- Tamanho Médio (Mz) 72
6.4.1.1.- Calha 72
6.4.1.2.- Zonas de Quedas D'água 72
6.4.1.3.- "Praias" de Enchente 73
6.4.1.4.- Margem 73
6.4.2.- Desvio Padrão (σ_I) 73
6.4.2.1.- Calha 73
6.4.2.2.- Zonas de Quedas D'água 75
6.4.2.3.- "Praias" de Enchente 75
6.4.2.4.- Margem 75
6.4.3.- Assimetria (Sk_I) 75
6.4.3.1.- Calha 77
6.4.3.2.- Zonas de Quedas D'água 77
6.4.3.3.- "Praias" de Enchente 77
6.4.3.4.- Margem 79
6.4.4.- Curtose (K_G) 79
6.4.4.1.- Calha 79
6.4.4.2.- Zonas de Quedas D'água 80
6.4.4.3.- "Praias" de Enchente 80
6.4.4.4.- Margem 80
7 - CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS 82
7.1.- Arredondamento 82
7.1.1.- Fração Arenosa 82
7.1.2.- Fração Rudácea 83
7.2.- Esfericidade 83
7.2.1.- Fração Arenosa 86
7.2.2.- Fração Rudácea 86
8 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO SEDIMENTO 88
8.1.- Fração Pesada 88
8.1.1.- Minerais Transparentes 88

8.1.1.1.- Frequência Relativa dos Minerais Transparentes 88
8.1.1.2.- Características dos Minerais Transparentes mais Frequentes .. 94
8.2.- Fração Leve 98
8.3.- Litologia da Fração Rudácea 98
9 - ESTRUTURAS SEDIMENTARES 100
9.1.- Estrutura Maciça 100
9.2.- Laminação Horizontal 100
9.3.- Estratificação Cruzada 101
9.3.1.-Estratificação Cruzada Tabular 102
9.3.2.-Estratificação Cruzada Festonada 103
9.3.3.-Estratificação Cruzada Por Migração de Marcas Ondulares 104
9.4.- Marcas Ondulares 104
9.5.- Gretas de Ressecamento 106
9.6.- Conglomerado de Seixos de Argilito 107
10 - ANÁLISE DOS RESULTADOS 109
10.1.- Sedimentação e Padrão de Canal 109
10.2.- Bimodalidade do Sedimento 112
10.3.- Diagrama de Curvas Cumuladas e o Estabelecimento de Sub-ambientes 115
10.4.- Parâmetros Granulométricos e Análise dos Sub-ambientes 116
10.4.1.-Tamanho Médio (Mz) 116
10.4.2.-Desvio Padrão ($\sqrt{I}$) 117
10.4.3.-Assimetria (S_{KI}) 119
10.4.4.-Curtose (K_G) 120
10.5.- Confronto dos Parâmetros 120
10.5.1.-Tamanho Médio x Desvio Padrão 121

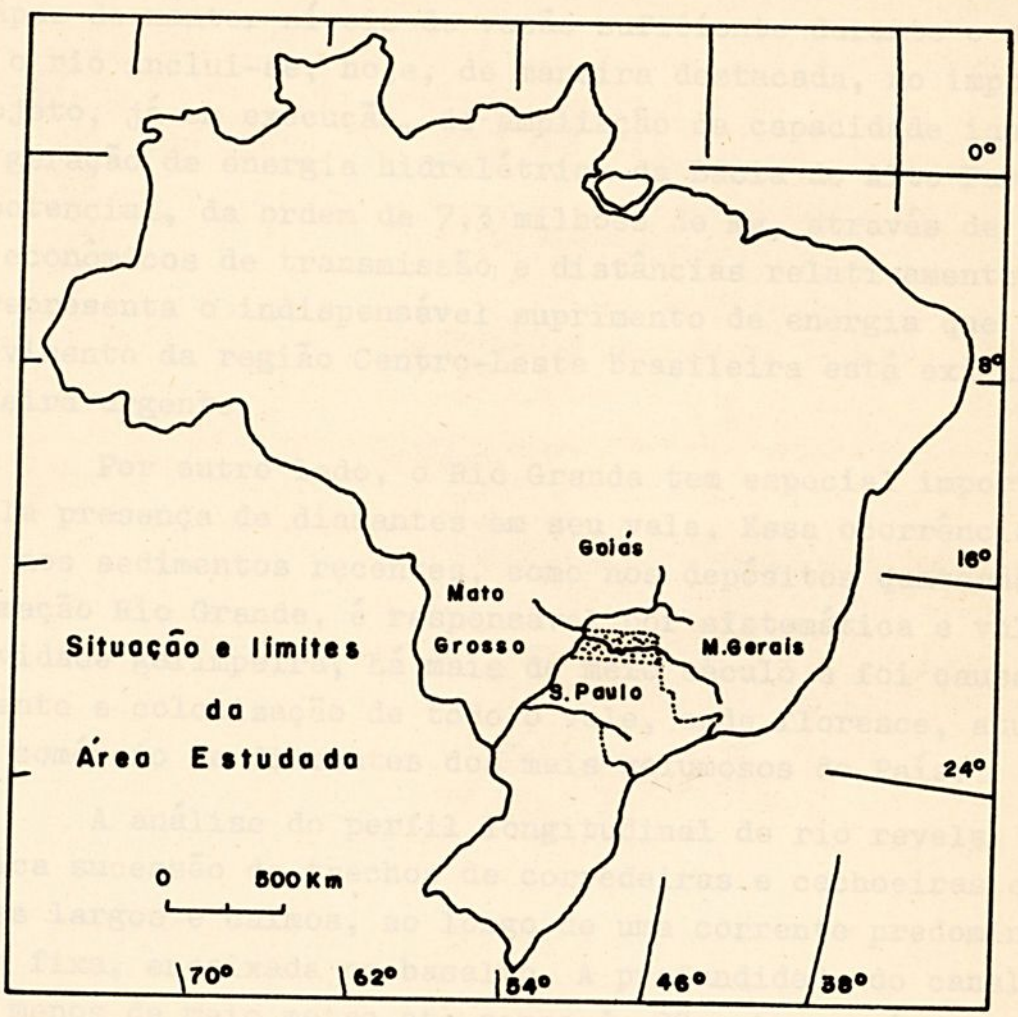
10.5.2.- Tamanho Médio x Assimetria 121
10.5.3.- Tamanho Médio x Curtose 123
10.5.4.- Desvio Padrão x Assimetria e Desvio Padrão x Curtose 124
10.5.5.- Assimetria x Curtose 124
10.5.6.- Teste de Sahu Aplicado ao Sedimento do Rio Grande 124
10.5.7.- Análise Geral 125
10.6.- Arredondamento e Esfericidade do Sedimento e Transporte 127
10.7.- Composição Mineralógica do Sedimento 129
10.7.1.- Fonte dos Sedimentos 129
11 - EVOLUÇÃO DA DRENAGEM 131
11.1.- Rupturas de Declive 131
11.2.- Controle Estrutural do Curso do Rio 133
11.3.- Fixação do Curso Atual 133
12 - CONCLUSÕES 137
12.1.- Características Sedimentológicas do Rio Grande 137
12.2.- Sub-Ambientação 138
12.3.- Evolução da Bacia 140
13 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 142

1- INTRODUÇÃO

A análise de parâmetros granulométricos de sedimentos recentes tem aberto, nos últimos tempos, amplas perspectivas= para a compreensão dos processos de transporte e deposição que operaram em ambientes antigos. A literatura geológica se avolu ma, rapidamente, com novas contribuições de estudos de sedimen tos recentes, demonstrando ser possível estabelecer as condi-- ções de deposição reinantes em paleoambientes a partir do co- nhecimento de fatores que interferem nos ambientes atuais, on- de os processos sedimentares estão se desenvolvendo e, por is- so, accessíveis à observação direta. Novos métodos de laborató rio e complicados modelos estatísticos têm permitido encontrar modernamente, uma linguagem mais detalhada e interpretação ca- da vez mais próxima da realidade do passado geológico. Não obs tante, muitos problemas permanecem em aberto.

O presente trabalho trata dos sedimentos recentes do Rio Grande e visa o estudo das condições de transporte e de de posição ao longo do rio e das variações que ocorrem dentro do seu próprio leito.

O trecho, do rio, escolhido divide os Estados de São Paulo de Minas Gerais, numa extensão de 600 km, situado entre os paralelos de 19º e 21º Lat. S. e meridianos de 47º30' e 51º Long. W. (Mapa 1). Esta limitação deveu-se aos próprios objeti- vos do trabalho uma vez que, em deccorrência do represamento = já executado no curso superior, as condições naturais do trans porte e de deposição dos sedimentos, naquele trecho, sofreram= profundas alterações. No trecho médio e inferior, contudo as condições naturais ainda persistem em que pese a pequena influ ência do represamento do alto Rio Grande.


0°
8°
16°
24°
Goiás
Mato
Grosso
M.Gerais
S.Paulo
Situação e limites
da
Área Estudada
0 500 Km
70°
62°
54°
46°
38°

Mapa I

O Rio Grande possui uma posição privilegiada, cortando uma região estratégica do ponto de vista geográfico e econômico, onde se localizam os maiores centros produtores e consumidores do País. Graças às suas dimensões extraordinárias e em decorrência de condições excepcionalmente favoráveis ao aproveitamento de enorme potencial hidrelétrico, tais como encaixamento no basalto, quebras abruptas do perfil, volume de água capaz de manter níveis de vasão suficiente durante o ano = todo, o rio inclui-se, hoje, de maneira destacada, no importante projeto, já em execução, de ampliação da capacidade instalada de geração de energia hidrelétrica da Bacia do Alto Paraná. Esse potencial, da ordem de 7,3 milhões de Kw, através de sistemas econômicos de transmissão e distâncias relativamente curtas, representa o indispensável suprimento de energia que o desenvolvimento da região Centro-Leste brasileira está exigindo, de maneira urgente.

Por outro lado, o Rio Grande tem especial importância pela presença de diamantes em seu vale. Essa ocorrência , tanto nos sedimentos recentes, como nos depósitos quaternários da Formação Rio Grande, é responsável por sistemática e vultosa atividade garimpeira, há mais de meio século e foi causa do povoamento e colonização de todo o vale, onde floresce, atualmente, comércio de diamantes dos mais volumosos do País.

A análise do perfil longitudinal do rio revela uma periódica sucessão de trechos de corredeiras e cachoeiras e de estirões largos e calmos, ao longo de uma corrente predominantemente fixa, encaixada no basalto. A profundidade do canal varia de menos de meio metro até cerca de 20 metros e é acompanhada pela variação da largura da secção transversal, que pode atingir 2 km, em seu limite máximo e 100 m ou menos, em seu limite mínimo. O encaixamento, bem como a litologia, condicionam um processo erosivo vertical mais acentuado que o lateral, criando um mecanismo de aprofundamento do leito de ano para ano . O escoamento da água, mesmo nos períodos mais chuvosos, é rápido, permitindo uma grande modificação da secção transversal= molhada, mantendo-se, porém, a posição do canal. A sedimentação se processa temporariamente, no leito, nas margens e nos= locais de quebra da velocidade da corrente, tais como nas == "praias" e nas áreas de cachoeiras e corredeiras, podendo o se

dimento ser remobilizado na fase de enchente seguinte. Desta= forma, as características morfológicas e fluviométricas do == rio variam, de maneira distintiva, de local para local, a cur tas distâncias, especialmente do canal para as margens e em= toda a extensão da corrente. Estas mudanças contínuas afetam, de modo decisivo, a natureza do fluxo, impondo-lhe um estado de turbulência responsável pela eficiência da erosão, do trans porte e da sedimentação.

Por essas razões o Rio Grande apresenta-se como um rio "sui generis", onde os fatores flúvio-morfológicos, nele= presentes, condicionam padrões específicos de erosão, do trans porte e de deposição. Desta forma, considerando-se as varia-- ções que ocorrem dentro do ambiente fluvial, especialmente == quanto à energia da corrente, foram selecionados, no presente trabalho, quatro tipos de locais diferentes, onde se proces-- sou a amostragem: a calha, zonas de quedas d'água, "praia" de enchente e barras e a margem. A amostragem obedeceu a um espa çamento de 20 em 20 km, sendo coletadas 87 amostras.

Deu-se destaque especial ao estudo das caracterís- ticas sedimentares utilizando-se metodologia de Folk e Ward (1957). Os parâmetros granulométricos, Tamanho Médio, Desvio = Padrão, Assimetria e Curtose, foram calculados para as amos-- tras dos quatro tipos de locais, analisados individualmente e confrontados dois a dois. Determinaram-se as características= granulométricas dos depósitos, válidas para o Rio Grande e = foi possível estabelecer as relações entre o sedimento e as = variações da morfologia do canal, a profundidade e energia da corrente.

Por outro lado, o confronto dos parâmetros granulo métricos entre si, denunciou as variações existentes nos dife rentes locais de coleta e levou-nos ao estabelecimento de sub ambientes dentro do ambiente fluvial, como a Calha, Zonas de Quedas D'água, "Praias" de enchente e Margem.

O estudo da geologia geral e da morfologia ao lon- go do vale do Rio Grande, a análise dos extensos sedimentos = quaternários situados na margem mineira e o estudo dos sedi-- mentos recentes permitiram estabelecer, ainda, o quadro paleo hidrográfico da Bacia e suas relações com o atual estágio de evolução do Rio Grande.

1.1.- Agradecimentos

A realização do presente trabalho foi possível graças à colaboração de ínúmeras pessoas às quais manifesto meus agradecimentos.

Entretanto, quero destacar, de maneira especial, minha gratidão ao Professor Doutor Fahad Moysés Arid, Titular do Departamento de Geociências e Química, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto, pela segura orientação, pelas sugestões e críticas, pela paciente leitura e revisão do texto, pelo apoio e dedicada assistência prestados durante a elaboração deste trabalho e, sobretudo, pelo meu encaminhamento nas Ciências Geológicas. Agradeço também ao Professor Doutor Paulo Miltom Barbosa Landim, Livre Docente do Departamento de Geologia e Mineralogia do Curso de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, pela leitura crítica e sugestões apresentadas; ao Professor Paulo Roberto Moura Castro, da Faculdade de Engenharia de Limeira, pela colaboração prestada referente à parte de computação; ao Professor Pedro Castro Martins Filho, do Departamento de Ciências, da Faculdade de Ciências e Letras de Votuporanga, por ter-me acompanhado em todo o levantamento de campo; aos colegas do Departamento de Geociências e Química desta Faculdade, pelo estímulo; aos funcionários Edson Pinceli e Edison Ferreira da Silva, pela colaboração oferecida na organização e confecção de tabelas, histogramas e mapas, bem como na impressão do trabalho.

Agradeço também ao Professor Doutor Celso Volpe, Diretor da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de São José do Rio Preto, pelo apoio dado e por ter proporcionado condições que tornaram possível a realização do presente trabalho.

2.- TRABALHOS ANTERIORES REALIZADOS NA ÁREA

As primeiras observações sobre o Rio Grande se devem a Pacheco (1913), ao tempo da antiga Commissão Geographica Geológica. O autor chamou a atenção para o papel desempenhado pelos sistemas de juntas (fraturas), no basalto, observadas nos rios Grande e Turvo, nas feições principais dos seus saltos e cachoeiras. Destacou também a presença de juntas inclinadas fortemente e até mesmo separando a rocha em massas lenticulares ou apenas curvas, realçadas pelas águas de infiltração.

Deve-se a Washburne (1930), a primeira tentativa de estabelecer as prováveis causas para as quedas da Bacia do Paraná incluindo a Cachoeira do Marimbondo, preconizando a interferência de estruturas de deformação do tipo monoclinal. Tais estruturas, segundo o autor, resultariam de uma deposição original da lava sobre irregularidades do solo, de irregularidades da superfície da lava, ou então, devido a subsequentes deformações. A essas estruturas foram atribuidos também os Saltos de Urubupungá e Guaíra.

Lamego (1935) apresenta valiosa contribuição à geologia do vale do Rio Grande, em seu curso superior, no Estado de Minas Gerais. Através de interpretação enganosa, chamou a atenção para as intercalações diabásicas no arenito Botucatu, as quais, segundo o autor, responderiam pelas grandes cachoeiras escalonadas do rio, especialmente a Cachoeira da Onça, Marimbondo e Água Vermelha.

Deve-se a Arid e Landim (1967) o estudo detalhado da área da Cachoeira do Marimbondo, no qual os autores chamam a atenção para as estruturas do basalto e sua influência na origem e evolução das quedas, bem como no controle da drenagem de toda a área.

Em relação às pesquisas pedológicas, é notável a contribuição oferecida pelo Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1962) referente à área de influência do reservatório de Furnas. A contribuição se refere à distribuição geográfica dos diferentes tipos de solos da área, ao estudo de

suas características morfológicas, físicas , químicas e mineralógicas, bem como suas relações com a geologia, o relevo e com o clima regional.

No campo da Geomorfologia, destacam-se as contribuições de Washburne (1930); Moraes Rego (1930, 1932 e 1935) de De Martonne (1943 e 1944); Almeida (1949, 1956 e 1964);King (1956) e Ab'Saber (1969a, 1969b e 1969c), como tentativas de concepções globais da Geomorfologia e da Geologia do território paulista e da Bacia do Paraná, nelas incluindo-se os problemas da evolução do relevo e da própria geologia de diferentes áreas da Bacia do Rio Grande.

As tentativas de estabelecimento do quadro paleogeográfico do Estado de São Paulo, a partir do fecho da sedimentação do Cretáceo superior, tem despertado particular interesse sobre depósitos clásticos que ocorrem em bacias sedimentares ao longo dos principais rios. Devem-se a Washburne (op. cit.) as primeiras referências sobre esses depósitos, no vale do Rio Paraná. Moraes Rego (1932 e 1935) e Setzer (1949) assinalam novas ocorrências, permitindo conhecer a extensão = desses sedimentos em áreas generalizadas do interior do Estado de São Paulo. Almeida (1964) refere-se à presença de terraços= fluviais, de cascalhos de quartzo e calcedonito, às vezes dezenas de metros acima do fundo do vale, em diversos trechos do = Rio Grande. Relacionou-os à ação de drenagem antiga, sem relações aparentes com a atual e de idade cenozóica. Hasui (1967)= aponta a presença de sedimentos cenozóicos em ampla faixa na margem direita do Rio Grande, resultantes da profunda dissecção sofrida pelo Grupo Bauru, no Triângulo Mineiro, dos basaltos e de formações sedimentares mais antigas. Arid e Barcha (1971) efetuaram detalhado estudo sedimentológico desses depósitos e, com base nas suas características, demonstraram pertencer a uma nova formação propondo designar Formação Rio Grande, atribuindo-lhe idade quaternária.

Finalmente, o plano de aproveitamento hidrelétrico do Rio Grande está permitindo um tratamento técnico-científico especial, de todo o trecho estudado, por parte das concessionárias, Furnas, CEMIG e CESP. A abordagem dos problemas= geológicos que envolvem a construção das hidrelétricas e os re

cursos especiais aí utilizados têm permitido a obtensão de grande volume de informações indispensáveis à solução dos problemas geológicos, de natureza também academica, que o rio suscita.

3. - FISIOGRAFIA

A Bacia do Rio Grande, em sua maior parte é representada por planaltos sujeitos a intensa erosão, processada em clima tropical que favorece, sobremaneira, a atuação dos processos geológicos responsáveis pela evidência das camadas mais resistentes aos seus efeitos de desgaste. Desta forma, condicionam a variabilidade do relevo que se registra ao longo da Bacia, influenciado ainda pelos processos isostáticos, bem como pelos sucessivos ciclos erosivos que nela vêm atuando há algum tempo. As diferenças estruturais entre a porção cristalina e o restante da Bacia explicam a diversidade de formas topográficas, embora todas suavizadas pela intensidade dos processos de denudação, peculiares ao clima aí dominante. O relevo e o traçado da drenagem se explicam pela posição geotectônica da Bacia que se estende desde parte do escudo cristalino pré-câmbrico, para o interior da bacia do Alto Paraná.

3.1. - Hidrografia

O Rio Grande drena uma área total de 140 mil km^2 (CIBPU, 1955) e representa o principal sistema hidrográfico do Alto Paraná. Destaca-se pelas suas dimensões continentais, com 1300 km de comprimento, pelo papel que desempenha no modelado de importantes unidades geomorfológicas e geológicas bem individualizadas e, sobretudo, pela privilegiada situação que ocupa no Brasil Meridional, cortando área de expressiva importância ecônomica. Sua bacia é de forma afunilada, a partir do curso superior, estreitando-se na direção dos cursos médio e inferior, rumo oeste, até a confluência do Rio Paranaíba. Todos os principais afluentes localizam-se na margem esquerda, não merecendo destaque especial nenhum tributário da margem mineira. Entre esses afluentes, observa-se também que, para oeste, os sistemas secundários vão tornando-se cada vez

menores até se transformarem em pequenos cursos de extensão e volume de água inexpressivos. O oposto se verifica no alto Rio Grande onde se fixaram os mais importantes sistemas hidrográficos secundários da Bacia. De todos estudados, o mais importante é o Rio Pardo, seguido do Sapucaí Paulista, do Turvo e do Sapucaí Mineiro, este último fora da área estudada. O estudo desses afluentes foi feito com base em informações de campo e no levantamento realizado pela Canambra Engineering = Consultants (1966).

O Rio Sapucaí Paulista nasce nas proximidades do Planalto de Franca, em território mineiro, na borda ocidental da Serra da Mantiqueira.

Possui o curso superior acidentado e relevo mais suave em direção ao Rio Grande. As altitudes variam de 1000m no curso superior, caindo a 400 m no curso inferior. Corta o Embasamento Cristalino representado por granitos, gnaisses e xistos, bem como os sedimentos das formações gondwânicas.

O Rio Pardo nasce nas proximidades de Stª Rita de Caldas, a sudoeste de Minas Gerais, nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, a uma altitude de 1300 metros. Percorre, inicialmente, um trecho acidentado, de relevo bastante movimentado, onde seu disnível é da ordem de 2,96 m/km. Desemboca no Rio Grande, na altura de Porto Colômbia, depois de percorrer= um trajeto de 529 km. No curso inferior o desnível é de apenas 0,36 m/km graças ao relevo, bem mais suave, de altitudes= de 600 a 400m, caindo em direção do Rio Grande.

O Rio Corta sedimentos gondwânicos do Grupo Tubarão, da Formação Botucatu e os basaltos da Formação Serra Geral. O curso superior atravessa o Pré-Cambriano cortando, especialmente os gnaisses.

Finalmente, o afluente mais importante do curso inferior do Rio Grande é o Rio Turvo. A topografia da área que drena é levemente ondulada, monótona e homogênea, com altitudes não superiores a 600 m. Contrasta, com os demais afluen-= tes do Rio Grande, já citados, não apenas pelo relevo da região drenada, como pela natureza geológica do seu substrato. Corta, praticamente, as rochas da Formação Bauru e, em alguns pontos os basaltos da Formação Serra Geral, nos quais se encaixou.

A direção geral de todos esses afluentes é a proximadamente N W. Tanto o Rio Pardo, como o Sapucaí Paulista, desenvolvem traçado cortando rochas cristalinas do Pré-Cambriano da Serra da Mantiqueira, bem como sedimentos das formações gondwânicas paulistas, enquanto que o Rio Turvo corta apenas os sedimentos da Formação Bauru. Graças à movimentação do relevo, o perfil dos rios Pardo e Sapucaí Paulista é bastante = irregular, notadamente o trecho superior, onde são comuns corredeiras e cachoeiras. O perfil do Rio Turvo, no entanto, é mais regular, ocorrendo corredeiras apenas em trechos onde o basalto foi exumado.

3.2. Clima e Vegetação

As condições climáticas são uniformes ao longo de toda a Bacia do Rio Grande. Estas condições são impostas por fases de variações da temperatura e da precipitação pluviométrica ao longo do ano, determinando o tipo de vegetação e a própria natureza dos solos, condicionando, desta forma, o comportamento específico do rio.

3.2.1. Fatores Climáticos

As variações de temperaturas se devem ao relevo, à distribuição quantitativa e espacial das chuvas (à circulação atmosférica).

Em se tratando de uma área restrita à faixa tropical a variação de latitude tem pouca influência na variação térmica na Bacia.

O estudo da temperatura foi feito com base em valores de máximas e mínimas mensais de Setzer (1946a, 1946b= e 1966), Magnanini (1956) para o alto e médio Rio Grande, e de Barcha e Arid (1971), para o curso inferior. De um modo geral, o alto Rio Grande possui temperaturas médias anuais inferiores a 22ºC; o curso médio, médias em torno de 22ºC, e o

curso inferior, a porção mais quente da Bacia, médias de 25ºC. Os meses mais quentes são janeiro e fevereiro, enquanto julho representa o mês mais frio.

Quanto à precipitação, verifica-se para toda a Bacia, uma variação de mais ou menos 1.100 mm a 2000mm anuais. As áreas mais úmidas são aquelas de maior altitude, na borda leste da Bacia, ao passo que os menores índices pluviométricos se registram no baixo Rio Grande. De acordo com Setzer (1966), Magnanini (op. cit), Eceplan (1969) e Barcha e Arid (op. cit), o traçado das isoietas permite estabelecer como áreas diferencialmente úmidas o alto Rio Grande, com valores médios anuais superiores a 1500mm, o médio Rio Grande, com valores entre 1300 a 1450 mm e o baixo Rio Grande com valores inferiores a 1200 mm.

Duas épocas distintas podem ser estabelecidas durante o ano: uma chuvosa e outra seca. A fase chuvosa é quente, abrangendo os meses de outubro a março e a seca e fria, prolongando-se de abril a setembro. Janeiro e fevereiro representam também os meses mais chuvosos, enquanto julho e agosto os mais secos. Com base nos valores médios de temperatura e de chuvas, o clima do alto Rio Grande, é do tipo tropical de altitude, Cwb, de acordo com Köppen. Trata-se de um clima temperado com verão brando e inverno bem mais frio que no restante da Bacia. A temperatura média do mês mais quente está abaixo de 22ºC e a do mês mais frio inferior a 18ºC. O total de chuvas do mês mais seco não ultrapassa 30 mm.

Nos cursos médio e inferior, no entanto, o clima pode ser classificado, de acordo com Köppen, como Aw. É um clima tropical com pronunciadas estações quente e úmida (verão) e fria e seca (inverno). A temperatura média do mês mais quente está sempre acima de 22ºC e a do mês mais frio acima de 18ºC. O total de chuvas do mês mais seco não atinge 30mm (Setzer, 1946; Barcha e Arid, 1971).

3.2.2. Vegetação

Dos levantamentos já realizados há algum tempo

(Gonzaga de Campos, 1943, 1944; Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas, 1962; Veloso, 1965) pôde-se chegar ao estabelecimento do quadro florístico da Bacia e à compartimentação a ele imposta pelo relevo, pela umidade e pelo solo, ainda hoje percebida ao longo de todo o rio.

De um modo geral, a vegetação é resultante sensível do equilíbrio de situações condicionadas pelas formas de relevo, pelas condições climáticas e pedológicas.

Exceção feita à área de Furnas, onde ocorrem zonas de campos e cerrados, a vegetação em toda a Bacia do Rio Grande, de um modo geral, é do tipo floresta tropical de caráter nitidamente latifoliado. Contudo, em decorrência do aproveitamento agrícola dos solos, grande parte da vegetação original já foi alterada, principalmente no médio e baixo Rio Grande, concentrando-se no alto curso os maiores núcleos ainda conservados.

A elevada pluviosidade condicionou a exuberante= vegetação do alto curso, enquadrada na Floresta Atlântica. No curso médio, embora menos úmida, mas de solos férteis, resultantes da decomposição de rochas basálticas, a vegetação original ainda possui aspecto vigoroso, com árvores de grande = porte e grandes frondes, abrigando uma submata higrófila sempre verde.

Finalmente, no curso inferior onde a umidade é mais baixa e os solos mais pobres, resultantes da alteração = de rochas da Formação Bauru, a vegetação sofre sensíveis mudanças. Reveste preferencialmente os espigões, mudando para cerradões e cerrados nas encostas e, às vezes, campos nas baixadas. Esta autêntica inversão, já assinalada por Gonzaga de Campos (op. cit.) deve-se à impermeabilidade dos solos nos espigões calcíferos que conservam mais umidade. Nas encostas, onde o escoamento da água é maior, os solos mais pobres condicionam cerradões e, nas baixadas, a areia, frequentemente livre de argila e calcáreo já lixiviado, desenvolve cerrados e campos.

3.3. Fluviometria

Restringindo-se aos objetivos do presente trabalho, o estudo das relações entre chuva e escoamento foi efetuado com os dados de descarga do Rio Grande, procurando-se interpretá-las à base do quadro climático da Bacia. Com isso, através do estudo das descargas mínima e máxima diárias, procuramos oferecer algumas inferências sobre o comportamento sazonal do rio, considerando-o necessário à compreensão dos aspectos relacionados ao transporte e à sedimentação que nele se processam atualmente.

Foram utilizados os valores de descargas médias diárias relativas aos anos de 1928 a 1963, medidos no posto fluviométrico de José Américo, situado na área da Cachoeira do Marimbondo (CIBPU, 1966) e a partir deles, foram calculados os valores médios mensais para as máximas médias, para as mínimas médias e para a média desses dois extremos.

Estes valores foram colocados em gráfico (Fig. 1A) e confrontados com a distribuição anual das chuvas na área de medição fluviométrica (Fig. 1B). O gráfico de distribuição das chuvas refere-se ao período de 1939 a 1962, tomando-se como ano de precipitação normal 1959-60 (C I B P U - 1966).

Desta forma pôde-se acompanhar as variações de descarga do rio ao longo de todo o ano, durante a estação chuvosa (outubro-março) e a estação seca (abril-setembro).

A curva referente às descargas máximas médias mensais mostra que o rio apresenta os mais elevados valores de descarga nos meses de janeiro e março, atingindo o volume de água maiores proporções no mês de fevereiro (4.362m3/seg). Os valores mais baixos de descarga máxima média ocorrem no período de agosto a outubro, atingindo o menor valor no mês de setembro (1947m3/seg).

Para a descarga mínima média a variação se processa da mesma forma. Os mais baixos valores registram-se no mês de outubro (668m3/seg), ao passo que fevereiro registra os mais elevados valores (2.452m3/seg).

Comparando-se as variações tanto da descarga máxima média, como da descarga mínima média, com as variações da precipitação pluviométrica anual, verifica-se nítida influência do regime das chuvas nas descargas mensais do rio. A grande pluviosidade registrada no período de outubro a março, corres

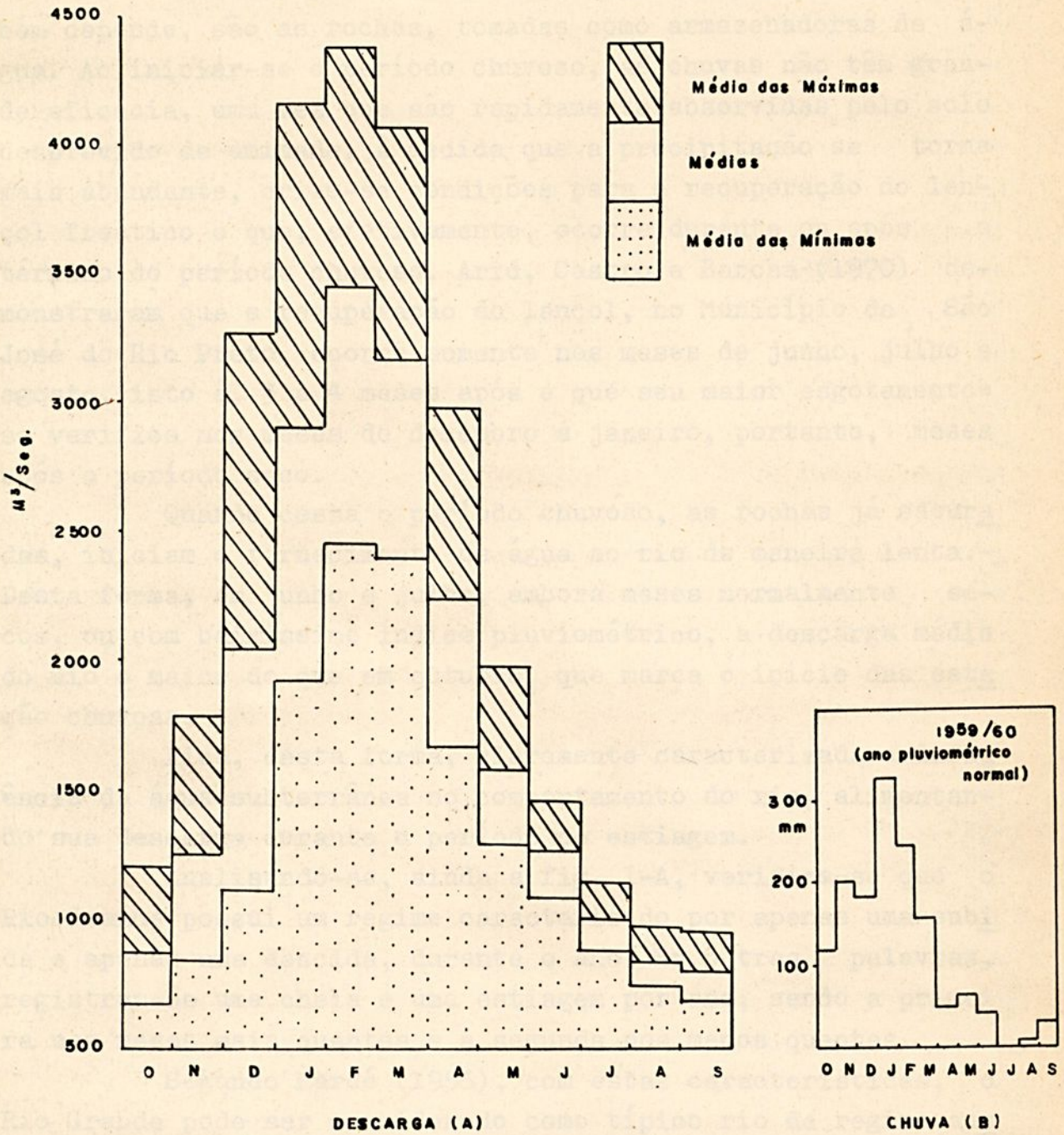


Fig.1 – Variações da descarga do Rio Grande durante o ano, no período de 1928 a 1963, e suas relações com o regime pluviométrico

pondente ao verão, e a baixa precipitação no inverno seco, que abrange os meses de abril a setembro, explicam, em parte, as feições do gráfico.

O outro fator, do qual o comportamento do rio também depende, são as rochas, tomadas como armazenadoras de água. Ao iniciar-se o período chuvoso, as chuvas não têm grande eficácia, uma vez que são rapidamente absorvidas pelo solo desprovido de umidade. À medida que a precipitação se torna mais abundante, criam-se condições para a recuperação do lençol freático o que, efetivamente, ocorre durante ou após o término do período chuvoso. Arid, Castro e Barcha (1970) demonstraram que a recuperação do lençol, no Município de São José do Rio Preto, ocorre somente nos meses de junho, julho e agosto, isto é, 3 a 4 meses após e que seu maior esgotamento se verifica nos meses de dezembro a janeiro, portanto, meses após o período seco.

Quando cessa o período chuvoso, as rochas já saturadas, iniciam o fornecimento de água ao rio de maneira lenta. Desta forma, em junho e julho, embora meses normalmente secos, ou com baixíssimo índice pluviométrico, a descarga média do rio é maior do que em outubro, que marca o início das estação chuvosa.

Fica, desta forma, claramente caracterizada a influência da água subterrânea no comportamento do rio, alimentando sua descarga durante o período de estiagem.

Analisando-se, ainda a fig. 1-A, verifica-se que o Rio Grande possui um regime caracterizado por apenas uma subida e apenas uma descida, durante o ano. Em outras palavras, registram-se uma cheia e uma estiagem por ano, sendo a primeira nos meses mais quentes e a segunda nos menos quentes.

Segundo Pardé (1956), com estas características, o Rio Grande pode ser considerado como típico rio de regime austral.

4. - TRAÇOS GEOMORFOLÓGICOS

Os aspectos geomorfológicos da Bacia do Rio Grande já estão mais ou menos bem estabelecidos, principal-= mente no alto e médio cursos do rio, devendo ser destacadas= as contribuições de Moraes Rêgo (1932), de Martonne (1943 e 1944), Almeida (1949 e 1964), Ab'saber (1955 e 1968), King (1956) e Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1962).

E segundo os referidos autores, a Bacia do Rio Grande compreende três compartimentos distintos: o setor do alto Rio Grande, que abrange o planalto do curso superior; o setor do médio Rio Grande, constituido pela província de "Cuestas" Basálticas e o setor do baixo Rio Grande, represen tado pela parte norte do Planalto Ocidental do Estado de São Paulo.

Nosso interesse, no presente estudo, ao consi derar estas áreas, se prende ao fato de se encontrarem em processo de profunda dissecação, cabendo-lhes importante papel no fornecimento dos sedimentos ao Rio Grande e a seus principais tributários.

Por outro lado, a tectônica sub-atual e atual, nessa área do alto Rio Grande, representa um dos fatores relevantes que devem ser considerados no processo de evolução= da drenagem comandada por esse rio, ainda hoje em pleno desenvolvimento.

No baixo Rio Grande, as observações de campo, apoiadas em mapas e cartas topográficas (IGG, 1965) e com base nos estudos de Almeida (1964) e Arid (1967) permitiram completar o esboço geomorfológico da Bacia.

De um planalto profundamente dissecado por uma erosão multicíclica, onde as altitudes variam de 700 a 1600 m, característico do Alto Rio Grande, passa-se, no ponto onde o rio abandona os terrenos cristalinos para ingres-= sar na área sedimentar, para uma nova unidade geomorfológica, a chamada Província de "Cuestas" Basálticas que se estende até a foz do Rio Pardo. Daí, para oeste da Bacia, situa-se o Planalto Ocidental, notável pela regularidade de suas formas

e altitudes, estas últimas sempre inferiores a 500m. Trata-se de uma área exclusivamente sedimentar, de formas tabulares e suaves que constituem os divisores dos pequenos cursos d'água. Os basaltos restringem-se apenas a trechos dos maiores rios cuja erosão vertical permitiu atingí-los. E é justamente nesses contactos exumados que ocorrem as corredeiras e quedas d'água, abundantes nesse área, algumas de grande potencial hidrelétrica.

A porção setentrional desse Planalto, cortada pelo Rio Grande e seus afluentes, mostra-se bastante dissecada, sendo rebaixada a altitudes de 400 m e não superiores a 500 m. Os divisores das pequenas bacias secundárias representam áreas cuja litologia oferece maior resistência à erosão., mostrando-se, no entanto, bastante recortados e de aspecto digitado. Os pequenos afluentes do Rio Grande, bem como dos rios Turvo e Marinheiro, desenvolvem ativo trabalho de desmantelamento desses espigões em razão do desnível existente em relação aos rios principais, situados várias dezenas de metros em nível inferior, porém, a curtas distâncias. É em função desse fato que se desenvolve, principalmente, o modelado dessa área da Bacia do Rio Grande. (mapa 2)

4.1. Perfil longitudinal do Rio Grande

O estudo do perfil longitudinal do Rio Grande foi feito com base nos dados de Furnas (1969) e objetiva fornecer elementos para a compreensão dos processos de transporte e deposição dos sedimentos, bem como da própria caracterização do estágio atual da evolução da Bacia.

Trata-se de um perfil bastante irregular, notável pelas rupturas de declive, principalmente no curso inferior , onde se localizam suas mais importantes quedas d'água e corredeiras, caracterizando um rio de planalto (fig. 2).

Além das quebras locais, o perfil mostra um desnível acentuado em toda a sua extensão, da ordem de 1000m, ou seja 1,3 m/km em média. Contudo, em muitos trechos, o rio desce de modo mais abrupto. Da barragem da Usina Mascarenhas de

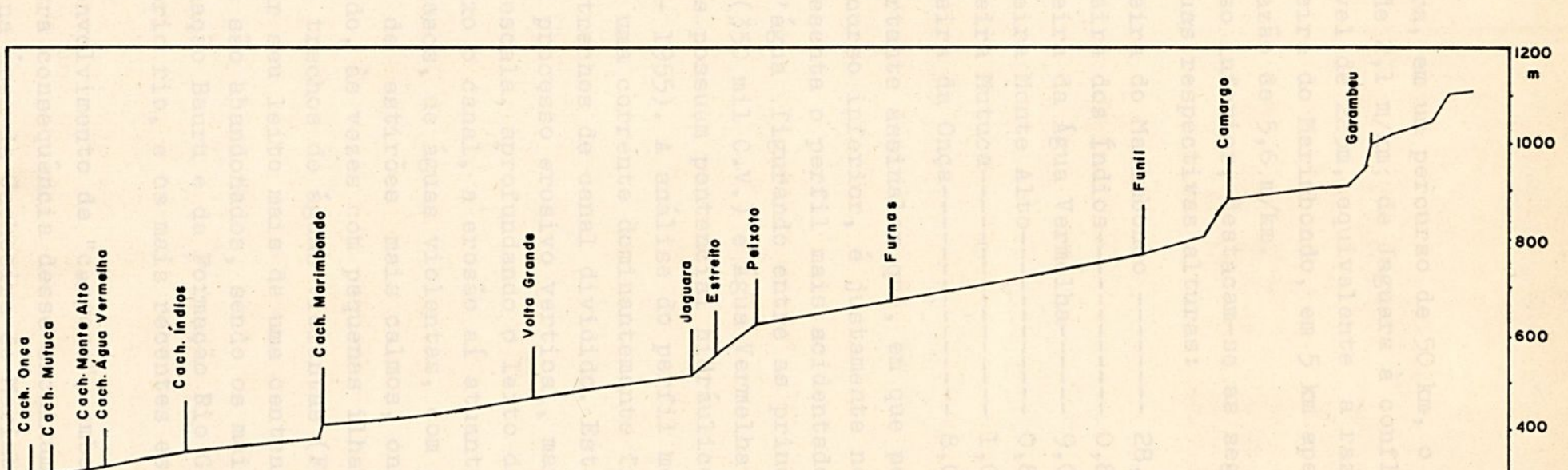


Fig. 2 – Perfil Longitudinal Simplificado do Rio Grande (Seg. Furnas), mostrando pronunciada declividade para W e as principais rupturas de declive

Moraes até Jaguara, em um percurso de 50 km, o desnível é de 105m, com razão de 2,1 m/km; de Jaguara à confluência do Paranaíba, com desnível de 225m, equivalente à razão de 2,5 m/km. Na área da Cachoeira do Marimbondo, em 5 km apenas, a descida é de 28 m, com razão de 5,6 m/km.

No curso inferior, destacam-se as seguintes quebras do perfil, com suas respectivas alturas:

- Cachoeira do Marimbondo -------- 28,0 m
- Cachoeira dos Índios---------- 0,80 m
- Cachoeira da Água Vermelha------ 9,00 m
- Cachoeira Monte Alto---------- 0,80 m
- Cachoeira Mutuca--------------- 1,00 m
- Cachoeira da Onça-------------- 8,00 m

É importante assinalar que, em que pese a maturidade do relevo no curso inferior, é justamente nesse trecho que o Rio Grande apresenta o perfil mais acidentado, com algumas de suas quedas d'água figurando entre as principais do Brasil: Marimbondo (350 mil C.V.) e Água Vermelha (130 mil C.V.). As demais citadas possuem pontencial hidráulico acima de 5 mil C.V. (CIBPU - 1955). A análise do perfil mostra ainda que o Rio Grande é uma corrente dominantemente fixa, ocorrendo, porém, pequenos trechos de canal dividido. Esta característica condiciona um processo erosivo vertical, maior que o lateral, e em larga escala, aprofundando o leito do rio de ano para ano. Sendo fixo o canal, a erosão aí atuante leva à formação de trechos rasos, de águas violentas, com estreitamento = do rio, seguidos de estirões mais calmos, onde o rio é mais largo e mais fundo, às vezes com pequenas ilhas dividindo a corrente. Nesses trechos de águas violentas (Foto 1) o rio chegou a encaixar seu leito mais de uma centena de metros. Terraços sucessivos são abandonados, sendo os mais antigos em sedimentos da Formação Bauru e da Formação Rio Grande, retrabalhados pelo próprio rio, e os mais recentes esculpidos no basalto.

O desenvolvimento de "canyons", embora pequenos, mas profundos, é outra consequência desse encaixamento. Exemplos= típicos ocorrem na área da Cachoeira do Marimbondo e da Água Vermelha (Fotos 2 e 3)

Durante os períodos sucessivos de enchente e seca,

Foto 1 - Corredeira Junqueira, nas imediações de Miguelópolis, feição comum ao longo do Rio Grande

Foto 2 - Canal do Ferrador , Cachoeira do Marimbondo. Vista do "canyon", à juzante do Salto dos Patos, onde o rio se estreita até 20 m, com profundidade total = de 50 m , mostrando sucessão de terraços esculpidos no basalto.

Foto: 3 - Vista Geral do Canal do Ferrador, após o desvio do Rio Grande para a construção da Hidrelétrica de Marimbondo, mostrando dois derrames distintos.

a secção transversal molhada modifica-se bastante, embora mantenha-se a posição do canal, ou então, se se modifica, o faz lentamente. Isto se deve, provavelmente, ao fato da variação de descarga ser mais rápida do que os processos de remodelação morfológica do canal e à resistência das rochas do substrato basáltico.

As cheias não são catastróficas, mesma nos anos mais chuvosos, uma vez que, graças ao encaixamento que se verifica em todo o trecho estudado, e ao desnível total do perfil relativamente elevado, o escoamento é rápido e o excesso de água não chega a atingir grandes distâncias laterais cobrindo apenas os terraços mais próximos e mais baixos. Consequentemente, as planícies de inundação restringem-se a faixas laterais de reduzida expressão e, mesmo assim, perdem, praticamente, toda a água extravasada do leito logo após os períodos chuvosos, originando lagoas intermitentes ao longo do vale,no

curso inferior.

O processo de sedimentação, relacionado à descarga do rio, se faz, temporariamente, no leito, em ambas as margens ou, às vezes, em apenas uma. Formam-se desta maneira, = "praias" nos lugares de quebra da velocidade da corrente,ora junto às margens, ora nas bordas das ilhas, após a linha de quedas, assumindo, por vezes, a forma de lente ou forma de crescente.

A presença de numerosas e importantes quedas d'água, o encaixamento seguido de um terraceamento com gargan-= tas estreitas e profundas conferem ao Rio Grande notáveis perspectivas de aproveitamento de energia elétrica, notada-= mente no curso inferior. Além desses fatores morfológicos a precipitação relativamente alta assegura ao rio volume de água capaz de manter níveis mínimos de vasão, suficiente durante todo o ano.

5. - ASPECTOS GEOLÓGICOS

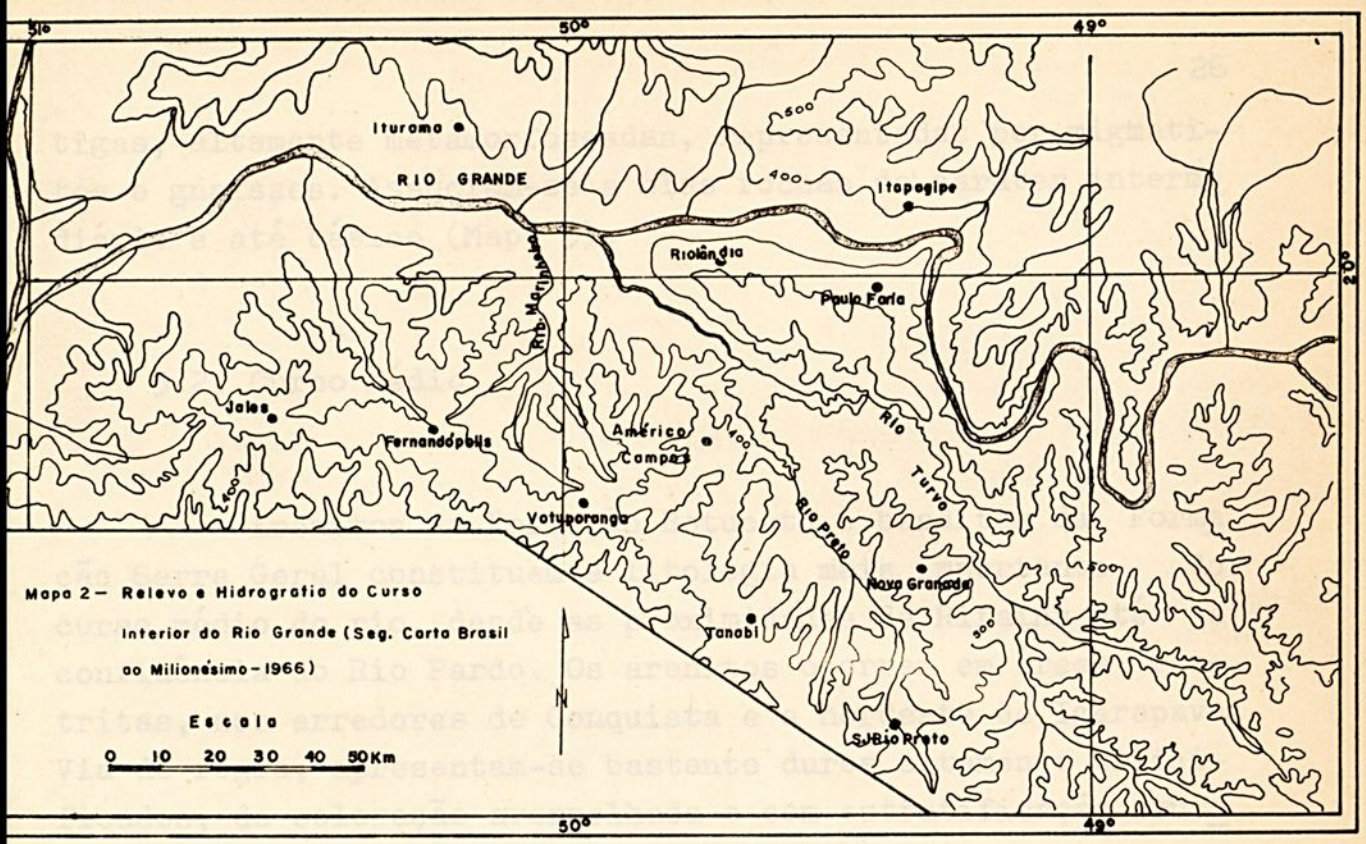
O traçado da geologia geral do vale prende-se à necessidade de caracterizar-se a natureza das rochas aí existentes, suas estruturas, sua distribuição espacial, seu comportamento tectônico e de mostrar as relações que mantêm com os sedimentos fornecidos ao rio (Mapa 3)

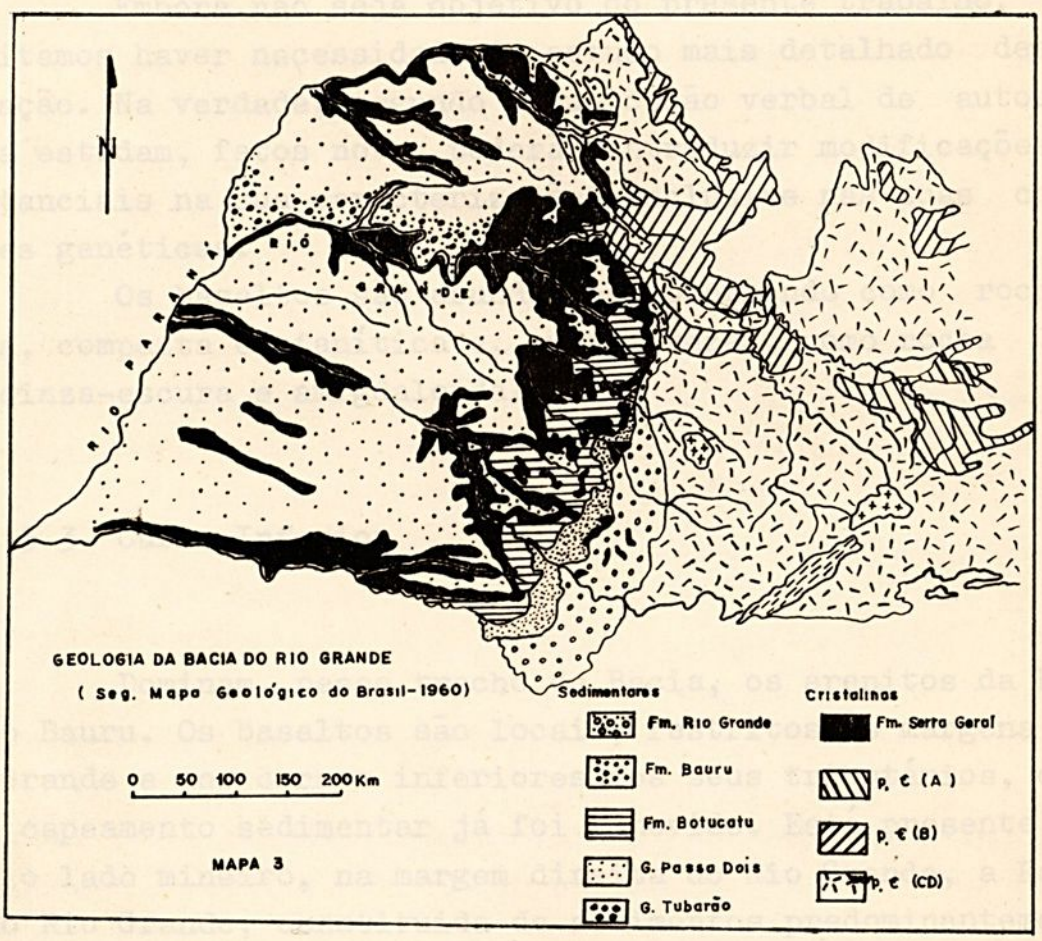
Por outro lado, a riqueza de quedas d'água e corredeiras contribui para a existência de ambientes de águas turbulentas, cuja energia é capaz de imprimir aos sedimentos notáveis feições granulométricas e texturais.

5.1. Curso Superior

Em face de uma natural setorização existente na Bacia do Rio Grande, a geologia também resulta distinta nos cursos superior, médio e inferior. Embora situado fora da área do presente estudo, o alto Rio Grande representa importante fonte de sedimentos e, por esta razão, seus aspectos litológicos são aqui discutidos de acordo com o Mapa Geológico do Brasil (1960) e com base nas contribuições de Lamego (1935), Ebert (1955 e 1956) e Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1962). Trata-se de uma área constituida de rochas Pré-$\mathcal{C}$, predominantemente metamórficas e ígneas e, secundariamente, por filonitos associados a quartzo - filitos; quartzitos associados a sericitaxistos com inclusões de turmalina, granada e cianita; sericitaxistos com cianita, estaurolita e turmalina que ocorrem na região de Andrelândia, S. J. Del Rei, Sul de Lavras e oeste de Juiz de Fora. Constituem, de acordo com o Mapa Geológico do Brasil (1960), o chamado Pré-Cambriano A. Nas proximidades de Conquista e na barra do Sapucaí Mineiro, é constituido por xistos e quartzitos, predominantemente, pertencentes ao Pré- $\mathcal{C}$ B.

A maior área, no entanto, em todo o curso superior, é constituida por rochas do Pré-Cambriano CD. São as mais an


51°
50°
49°
20°
Iturama
RIO GRANDE
Itapagipe
Riolândia
Paulo Faria
Rib. Marinheiro
Jales
Fernandópolis
América
Campos
Votuporanga
Rio Preto
Rio Turvo
Nova Granada
Tanabi
S.J.Rio Preto
500
400
300
Mapa 2— Relevo e Hidrografia do Curso
Interior do Rio Grande (Seg. Carta Brasil
ao Milionésimo - 1966)
Escala
0 10 20 30 40 50Km
N


N
RIO PARANÁ
RIO GRANDE
GEOLOGIA DA BACIA DO RIO GRANDE
(Seg. Mapa Geológico do Brasil - 1960)
0 50 100 150 200Km
MAPA 3
Sedimentares
Fm. Rio Grande
Fm. Bauru
Fm. Botucatu
G. Passa Dois
G. Tubarão
Cristalinos
Fm. Serra Geral
p. € (A)
p. € (B)
p. € (CD)

tigas, altamente metamorfoseadas, representadas por migmatitos e gnaisses. Associam-se a elas rochas de carater intermediário e até básico (Mapa 3).

5.2. Curso Médio

Arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral constituem a litologia mais importante do curso médio do rio, desde as proximidades de Rifaina até a confluência do Rio Pardo. Os arenitos ocorrem em áreas restritas, nos arredores de Conquista e a nordeste de Igarapava. Via de regra, apresentam-se bastante duros altamente silicificados, de coloração avermelhada e com estratificação cruzada.

Embora não seja objetivo do presente trabalho, acreditamos haver necessidade de estudo mais detalhado dessa Formação. Na verdade, segundo comunicação verbal de autores que a estudam, fatos novos poderão introduzir modificações substanciais na sua caracterização, inclusive nas suas condições genéticas.

Os basaltos são abundantes, ocorrendo como rochas negra, compacta e afanítica e, outras vezes, como rocha de cor cinza-escura e amigdaloidal.

5.3. Curso Inferior

Dominam, nesse trecho da Bacia, os arenitos da Formação Bauru. Os basaltos são locais, restritos às margens do Rio Grande e aos cursos inferiores dos seus tributários, onde o capeamento sedimentar já foi removido. Está presente em todo o lado mineiro, na margem direita do Rio Grande, a Formação Rio Grande, constituida de sedimentos predominantemente arenosos, com leitos de argilito, e cascalhos intercalados, de idade neocenozóica, quaternária (Arid e Barcha-1971).

5.3.1. Formação Serra Geral (Ke)

Os basaltos ocorrem na forma de derrame.(Foto - 4). A porção microcristalina é de cor preta, granulação fina e intensamente fraturada. A porção amigdalóide mostra-se com cores cinzenta ou avermelhada e, quase sempre, está mais alterada que a anterior. Suas vesículas são preenchidas por cristais de quartzo, calcita ou zeólitas.

Em todo o curso inferior do rio, onde aparecem os basaltos, a presença da fase amigdalóide, associada a lentes de arenito intratrapiano ou brecha de basalto, acima da fase compacta, microcristalina, representa um critério útil para o reconhecimento e distinsão dos derrames. A primeira = corresponde ao topo e, a segunda, à base de cada derrame. As lentes de arenito intratrapiano, são de extensão lateral que não ultrapassa algumas dezenas de metros, nos locais observados, e com espessura regular de 50 cm em média. São bem evidentes na Cachoeira do Marimbondo (Arid e Landin, 1967), nas proximidades de Paulo de Faria e na Cachoeira dos Índios. Sondagens realizadas na Cachoeira do Marimbondo, por Furnas,mostraram que existem várias lentes desse tipo situadas em níveis diferentes. Ocorrem também brechas de basalto com fragmentos de basalto amigdalóide, associadas ou não às lentes de arenito. Sua espessura, porém, pode atingir mais de um metro. Podem ser observadas no Canal do Ferrador (Arid e Landim - 1967), e no "Braço Morto" (Cachoeira do Marimbondo) a 390 m de altitude; em Paulo de Faria, a 380 m, na Cachoeira dos Índios, a 350 m. (Foto 5)

Dada a grande extensão da área recoberta pelos basaltos na Bacia do Paraná, e considerando ainda que o conhecimento dos seus aspectos geológicos e petrográficos não reflete a importância do episódio vulcânico que presidiu sua formação, torna-se indispensável um estudo mais exaustivo do problema. A construção de hidrelétricas ao longo do Rio Grande e no Rio Paraná, através de grandes cortes nessas rochas , bem como a perfuração de poços profundos para a exploração da água subterrânea, estão abrindo novas perspectivas para exame mais detalhado do problema e em toda a sua extensão.

Foto 4 - Basalto, na Rod. da Laranja, saída de Paulo de Faria, mostrando estruturas de acomodação da = lava.

Foto 5 - Brecha de Basalto, Cachoeira do Marimbondo , constituida de fragmentos de basalto amigdalóide em matriz arenosa.

5.3.2. Formação Bauru (Kn)

Dominando todo o vale, na margem esquerda ou paulista, ocorrem as rochas da Formação Bauru, representando o mais expressivo conjunto de rochas desta parte da Bacia. Suas características fundamentais já são conhecidas graças às contribuições de Freitas (1955 e 1964) e Arid (1967) e Arid et al. (1970), que definiram sua sequência vertical, demonstrando a existência de termos clásticos de texturas diferentes, superpostos, embora de modo não cíclico. Nesta sequência, são frequentes lentes de conglomerados de seixos de argilito, arenitos conglomeráticos até arenitos finos, siltitos e argilitos, às vezes separados por descontinuidades do tipo diástema. Ocorre também uma repetição de estruturas, especialmente a maciça, laminação horizontal e cruzada. Em superfície, os sedimentos variam também em textura, sendo sempre de pequena extensão lateral e de pequena espessura. Os arenitos possuem granulação fina e muito fina, de arredondamento mediano é razoavelmente bem selecionados. A fração pesada mostra uma predominância acentuada dos componentes estáveis, tais como turmalina, granada, rutilo, cianita, hornblenda, estaurolita, zircão (Freitas, 1955; Arid, 1967).

A espessura desta formação ao longo do baixo-Rio Grande não ultrapassa 150 m.

5.3.3. Formação Rio Grande (Q)

No lado mineiro, no entanto, ocorre apenas uma longa faixa de sedimentos neocenozóicos, estendendo-se desde Porto Colômbia até a confluência do Rio Paranaíba, constituindo a Formação Rio Grande e recobrindo a Formação Bauru e a Formação Serra Geral (Mapa 3).

Esta Formação foi proposta inicialmente por Arid e Barcha (1971) para o conjunto de sedimentos dominantemente arenosos e intercalados por lentes de cascalho e argila, situados no vale do Rio Grande, na área da Cachoeira do

Marimbondo, onde o rio descreve o trajeto da letra alfabética "W". Estudos e observações em poço semi-artesiano em Iturama e em cisternas d'água ao longo do rio, mostraram que esta Formação se estende por todo o curso inferior do Rio Grande, com as mesmas características litológicas, a mesma variação vertical e idêntica posição espacial. Em Fronteira, junto ao rio, atinge 50 m de espessura e em Iturama, 16 km da margem direita, 35 m de espessura e uma largura média de 20 km. Os estudos de Arid e Barcha (1971) mostraram que na fase arenosa predominam grãos de quartzo. A fração pesada é constituida principalmente por rutilo, zircão turmalina, silimanita e apatita sendo a magnetita o componente opaco mais abundante. Todos os minerais pesados apresentam-se arredondados.

Entre os componentes rudáceos, predominam seixos de quartzito - 80%. Os de quartzo, embora menos abundantes, ocorrem sempre com porcentagens superiores aos demais componentes, isto é, ágatas e geodos. O tamanho dos seixos é variável podendo atingir até 20 cm de diâmetro. Os maiores são sempre os de quartzito, seguidos pelas ágatas e geodos.Os seixos de quartzo são menores que os demais, incluindo-se na classe de 16 a 32mm (Foto 6). O arredondamento é alto; Arid e Barcha (1971) encontraram valores de 0,7 a 0,9 para os seixos na área da Cachoeira do Marimbondo os quais podem ser estendidos para toda a fase rudácea da Formação Rio Grande, no baixo Rio Grande.

Análises de perfis de poços semi-artesianos = mostraram que a Formação Rio Grande é dominantemente arenosa= e as intercalações de argilitos e cascalhos repetem-se na sequência vertical, porém, sem obedecer a nenhuma variação cíclica.

Nas proximidades do rio, esse pacote de sedi-= mento se assenta diretamente sobre os basaltos, transgredindo sobre os arenitos Bauru nas partes mais elevadas do vale, na margem direita onde se torna muito difícil estabelecer a contacto entre eles (Fig. 3 A B C)

A fase rudácea é constituida por um conglomerado às vezes muito consistente, graças à sílica ou à limonita= que agem como cimento. Nestas condições, forma verdadeiros = terraços, com inclinação suave para o rio, situados, às vezes, dezenas de metros acima do nível atual das águas.

Foto 6 - Mancha de cascalho limonitizado da Formação Rio Grande, nas proximidades de Paulo de Faria.

Atualmente o rio está cortando esses depósitos de tal maneira que a Formação Rio Grande representa uma das principais fornecedoras do material sedimentar do Rio Grande.

5.3.4.- Aspectos Geológicos das Quedas D'Água

As quedas d'água representam um dos aspectos geológicos mais característicos do trecho estudado, principalmente da porção final do rio. Completam o quadro da Bacia do Alto Paraná cujas perspectivas de aproveitamento do potencial hidrelétrico o tornam o mais importante do Brasil.

Devem-se a Pacheco (1913) as primeiras referências sobre as quedas do Rio Grande, completadas pelas contribuições de Washburne (1930). Dentro de um contexto mais amplo, os estudos de Florence (1905), Lamego (1935), Leinz(1949), Gutmans (1949), Putzer (1954), Ab'Saber (1955), Almeida (1956) Ruiz (1963) e Loczy (1966) representam importantes contribuições para a compreensão da gênese e evolução dessas quedas d'água. Deve-se a Arid e Landim (1967) o estudo mais detalhado da

Cachoeira do Marimbondo.

O presente trabalho mostrou que as principais características morfo-geológicas são comuns a todas as quedas situadas no Rio Grande, chamando a atenção para uma gênese através de processos semelhantes que atuaram e que ainda estão operando dentro do complexo mecanismo da evolução da Bacia. Os esboços geológicos apresentados (Fig. 4 ABCD) foram construidos com base em estudos de campo e apoiados por fotografia aérea na escala aproximada de 1:25.000 e em cartas topográficas de 1:50,000 (IGG,1965).

5.3.4.1.- Morfologia

Em geral, em todas as quedas d'água estudadas, o rio é bastante largo, calmo e razo, à montante, com profundidades não superiores a 3 metros. À juzante formam se dois ou mais canais imediatamente após a linha de quedas, os quais, por sua vez, se unem posteriormente para formar um único apenas, bem mais estreito, mais profundo e encaixado, com terraços esculpidos nos basaltos laterais. Formam-se, consequentemente, duas ou mais ilhas, sendo as menores recobertas pelas águas na época de maior precipitação. Às vezes, pouco antes da linha de quedas, destaca-se um pequeno canal, de águas calmas e sem desníveis acentuados que, contornando a cachoeira, vai se unir, algumas centenas de metros abaixo, ao canal principal. Apenas nesse trecho de confluência do canal secundário é que ocorrem pequenas quedas. Este fato é bem evidente na Cachoeira da Onça, nas proximidades de Santa Fé do Sul, e na Cachoeira Mutuca, em Santa Albertina. Na Cachoeira do Marimbondo e na Cachoeira da Água Vermelha, o canal secundário tem origem na base da linha de quedas, à juzante. Contudo, continua sendo um canal através do qual flui um volume de água bem menor que o oposto, e onde se concentram cerca de 30% das águas do rio. Nestes dois casos, como nos anteriores, o canal secundário está sempre em plano mais elevado que o principal. Este fato explica a violenta erosão vertical que se processa no canal principal e a concomitante formação de "canyons" profundos e bastante estreitos, como acontece na Ca

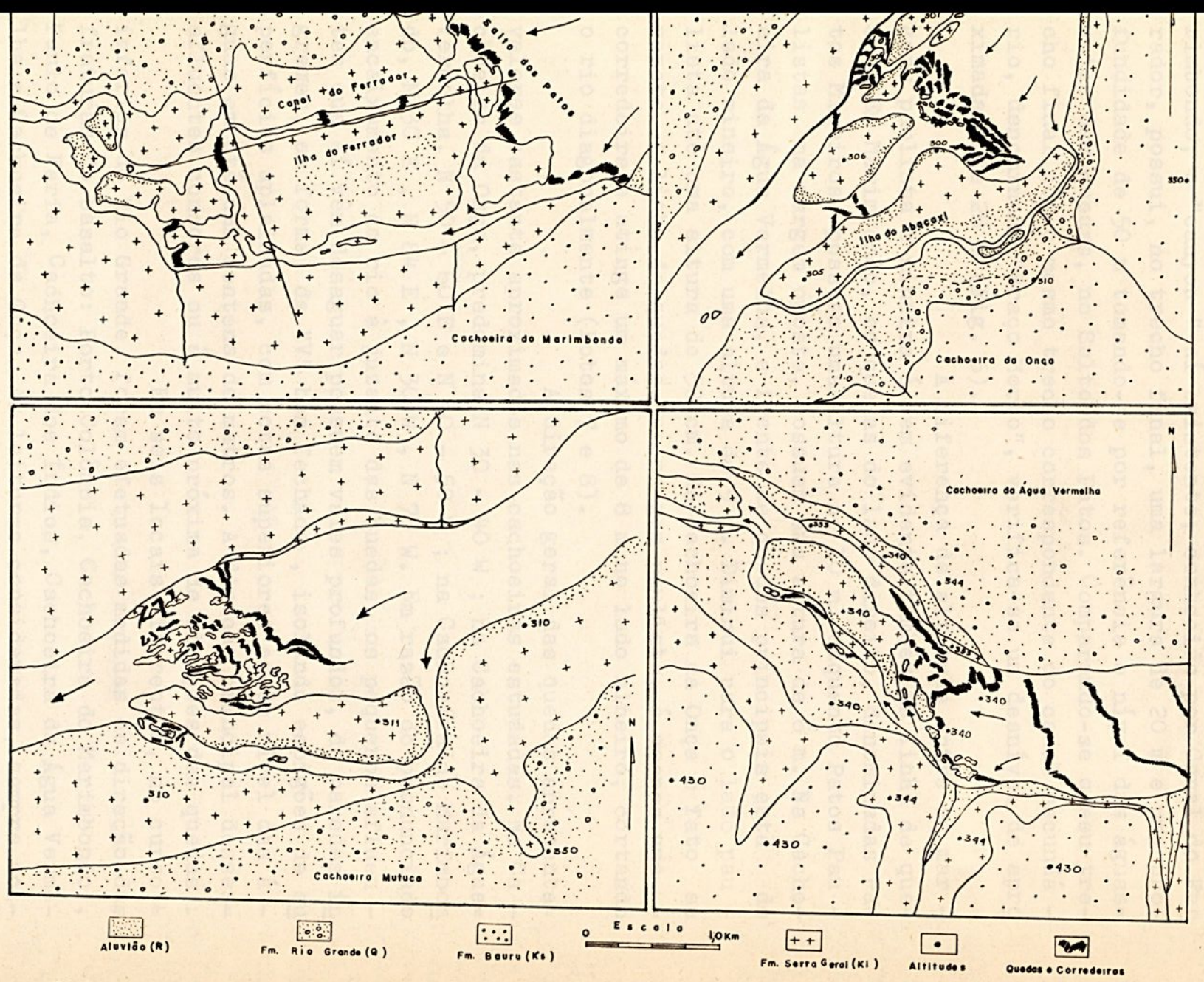


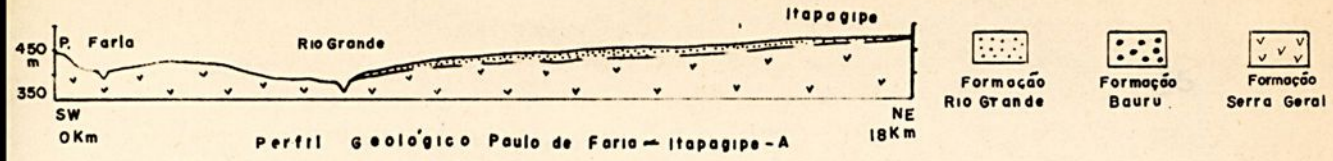
Fig. 4 — Geologia e morfologia comparadas das principais quedas dágua do Rio Grande

choeira do Marimbondo e da Água Vermelha. Na Cachoeira do Marimbondo, o "canyon " aí existente, conhecido por Canal do Ferrador, possui, no trecho final, uma largura de 20 m e uma profundidade de 50 m tomando-se por referência o nível das águas= antes das quedas, no Salto dos Patos. Comparando-se o seu trecho final com o mesmo trecho correspondente do canal secundário, denominado "Braço Morto", verifica-se um desnível de aproximadamente 28 m (Fig. 6).

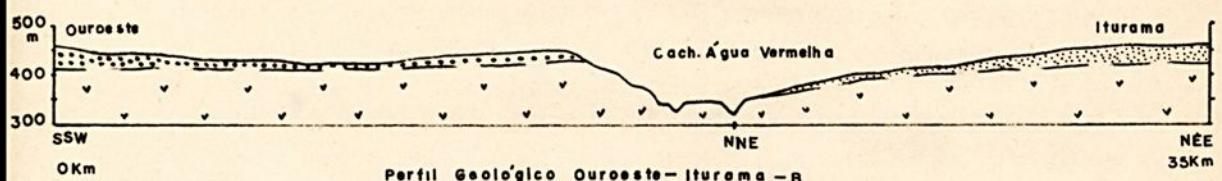
A diferença de altitude entre as margens paulista e mineira é bem evidente também na linha de quedas. Em Marimbondo, as quedas do lado direito, denominadas Patos Mineiros, possuem uma altura de 10 m, enquanto Patos Paulistas, na margem oposta, possuem uma altura de 6 m. Na Cachoeira da Água Vermelha, a frente de quedas principais está do lado mineiro, com uma altura de 9 m. Diminui para o lado paulista até uma altura de 50 cm. Na Cachoeira da Onça o fato se repete. A linha de quedas, na margem paulista, é apenas uma = corredeira e atinge um máximo de 8 m no lado mineiro, cortando o rio diagonalmente (Fotos 7 e 8).

A direção geral das quedas apresenta= valores bastante aproximados nas cachoeiras estudadas. Na Cachoeira da Onça, predomina N 30 - 40 W ; na Cachoeira da Água= Vermelha, N 50 - 60 E e N 40 - 50 W ; na Cachoeira do Marimbondo, N 30 E , N 84 E , N 30 W , N 76 W. Em razão do pronunciado encaixamento do rio à juzante das quedas, os pequenos afluentes que aí vêm desaguar possuem vales profundos, de paredes íngremes, em forma de "V" bem fechado , isolando espigões de superfícies aplainadas, com cotas superiores ao do nível das águas em até uma centena de metros. A direção principal desses= afluentes concorda ou é muito próxima de direções das quedas .

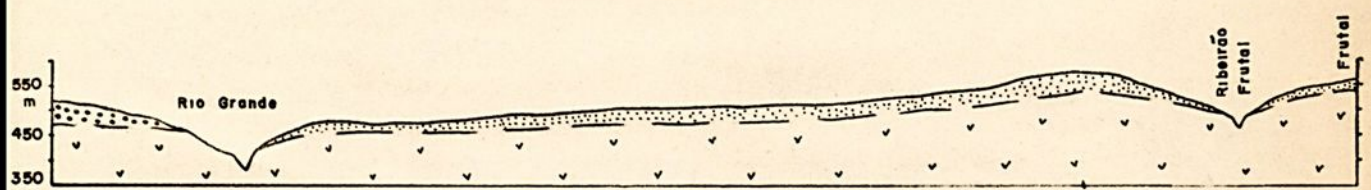
Em seis locais diferentes, no curso = inferior do Rio Grande, foram efetuadas medidas de direção das fraturas do basalto: Porto Colômbia, Cachoeira do Marimbondo , Paulo de Faria, Cachoeira dos Índios, Cachoeira da Água Vermelha e Cachoeira da Onça. As leituras consideradas, sempre acima de 50 e até 150, foram reunidas em classes de 10º e lançadas em gráfico (Fig. 7). Desta forma, foi possível estabelecer nestes pontos, os sistemas preferenciais de fraturas do basalto:



Perfil Geológico Paulo de Faria – Itapagipe – A



Perfil Geológico Ouroeste – Iturama – B



Perfil Geológico Rio Grande – Frutal – C

Fig. 3

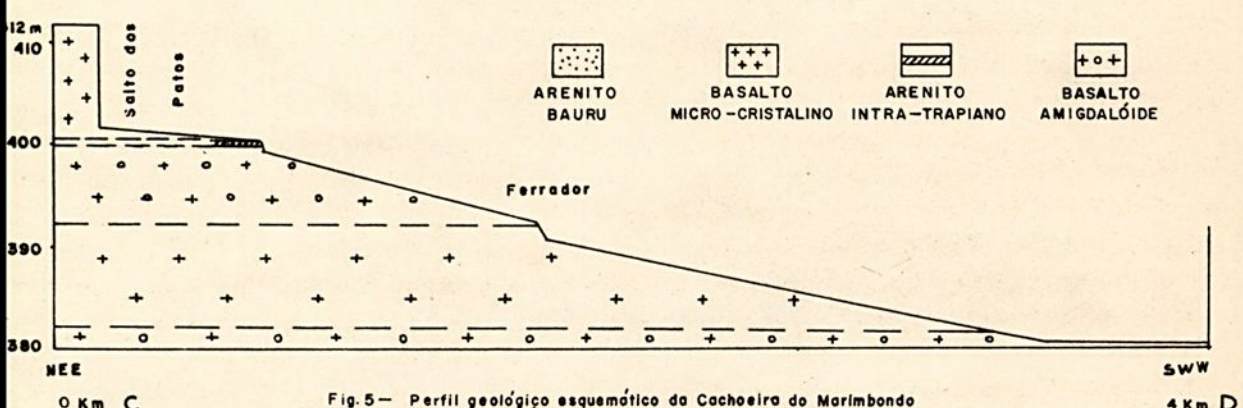


Fig. 5 – Perfil geológico esquemático da Cachoeira do Marimbondo

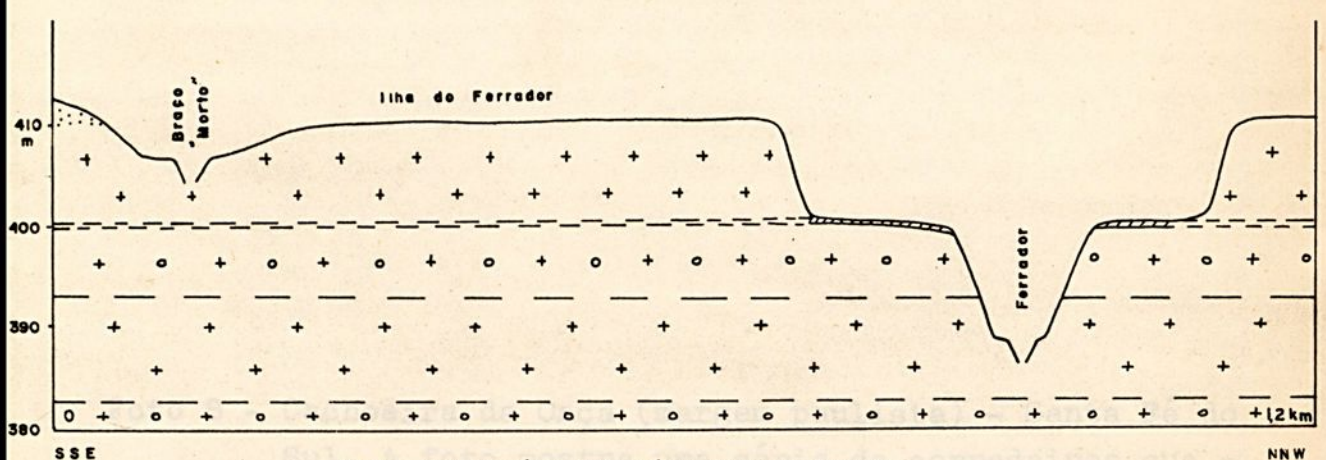


Fig. 6 – Perfil geológico esquemático da Ilha do Ferrador

Foto 7 - Cachoeira da Onça - Santa Fé do Sul. Frente de quedas em degraus controlados por fraturas do basalto.

Foto 8 - Cachoeira da Onça (margem paulista) - Santa Fé do Sul. A foto mostra uma série de corredeiras que = constituem a extensão esquerda da linha de quedas.

Porto Colômbia

N 10 - 20 E e N 50 - 60 E
N 20 - 30 W e N 40 - 50 W
N S

Cachoeira do Marimbondo

N 30 - 40 E
N 60 - 70 E
N 50 - 60 W
N S

Paulo de Faria

N 30 - 40 W
N 70 - 80 W
N 20 - 30 E
E W

Cachoeira dos Índios

N 30 - 40 E
N 70 - 80 E
N 30 - 40 W
N 70 - 80 W

Cachoeira da Água Vermelha

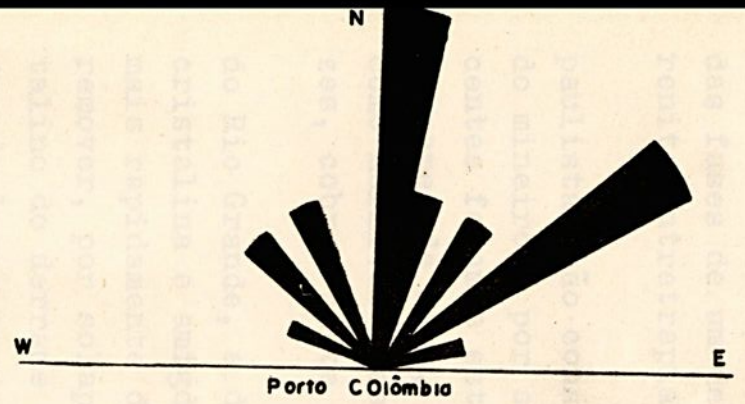
N 10 - 20 E
N 50 - 60 E
N 40 - 50 W

Cachoeira da Onça

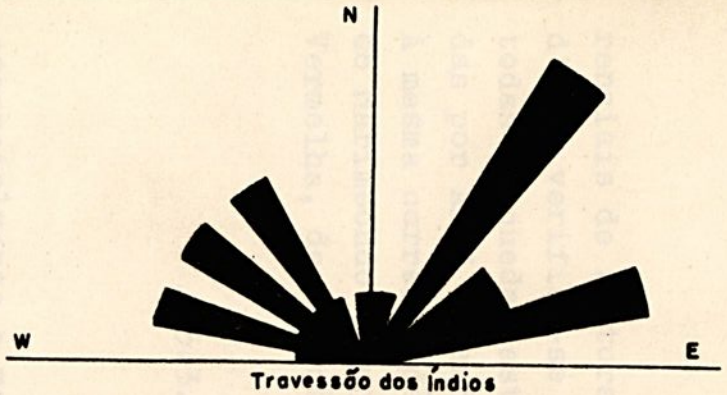
N 10 - 20 E
N 50 - 60 E
N 40 - 50 W
N 70 - 80 W
N S

Os sistemas de fraturas que predominam nos pontos considerados são :

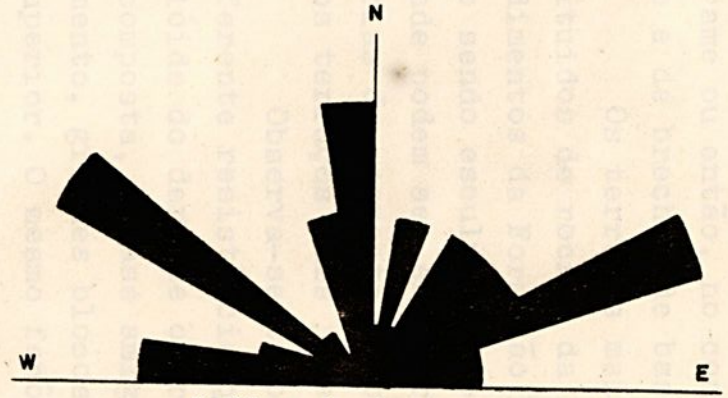
N 20 - 40 E e N 50 - 70 E



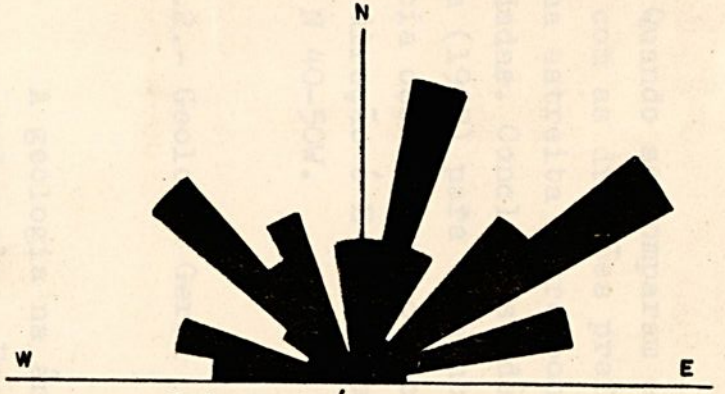
Porto Colômbia



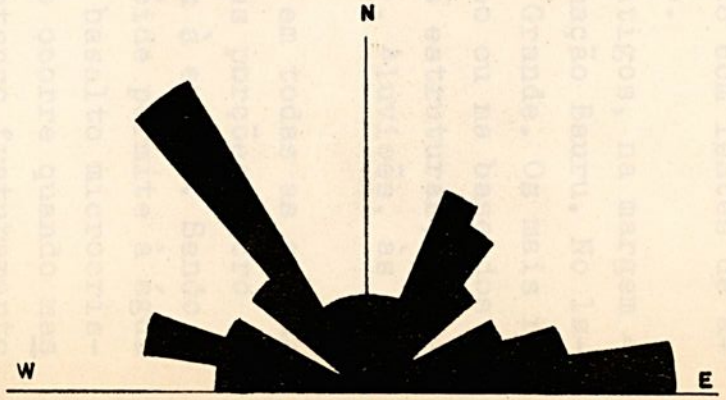
Travessão dos Índios



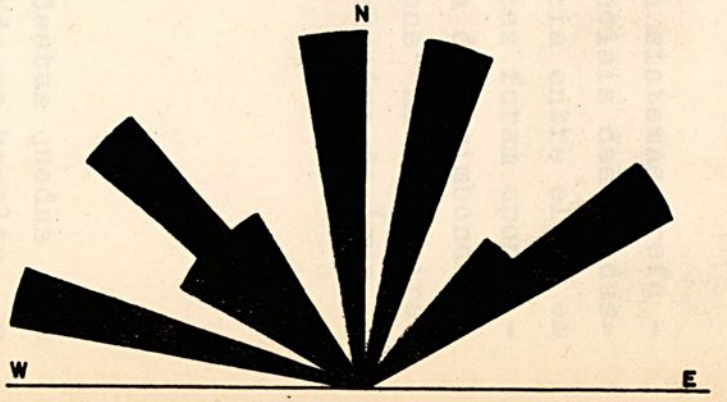
Cachoeira do Marimbondo



Cachoeira da Água Vermelha



Paulo de Faria



Cachoeira da Onça

Fig. 7 – Sistemas Preferenciais de Fraturas do Basalto ao Longo do Rio Grande

N 30 - 50 W e N 70 - 80 W
E W e N S

Quando se comparam estes sistemas preferenciais de fraturas com as direções preferenciais das quedas d'água verifica-se uma estreita correspondência entre eles, em todas as quedas estudadas. Conclusões idênticas foram apontadas por Arid e Landim (1967) para a Cachoeira do Marimbondo . A mesma correspondência ocorre para os "canyons" na Cachoeira do Marimbondo , cuja direção é E W , e na Cachoeira da Água Vermelha, de direção N 40-50W.

5.3.4.2.- Geologia Geral

A geologia na área destas quedas é essencialmente a mesma em todas elas. Encaixado no basalto, o rio desenvolve suas quedas no próprio basalto ou no contacto das fases de um derrame ou então, no contacto com lentes de arenito intratrapiano e de brechas de basalto.

Os terraços mais antigos, na margem paulista, são constituidos de rochas da Formação Bauru. No lado mineiro, por sedimentos da Formação Rio Grande. Os mais recentes foram e estão sendo esculpidos no topo ou na base dos derrames de lava, onde podem ser encontradas estruturas, tais como marmitas e estrias de corrente (Foto 9). Aluvioẽs, às vezes, cobrem parte dos terraços mais jovens.

Observa-se também, em todas as quedas do Rio Grande, a diferente resistência que as porções micro - cristalina e amigdalóide do derrame oferecem à erosão. Sendo mais rapidamente decomposta, a fase amigdalóide permite à água remover, por solapamento, grandes blocos de basalto microcristalino do derrame superior. O mesmo fenômeno ocorre quando massas de lavas consolidadas possuem na base intenso fraturamento horizontal. Na base das quedas, na Cachoeira da Onça, intenso fraturamento horizontal, mais intemperizado, permite às águas fácil remoção de blocos de basalto com fraturas verticais, situados no topo (Foto 10). Na Cachoeira do Marimbondo (Foto 11) a rapidez da decomposição do basalto amigdalóide e, ainda, a

Foto 9 - Cachoeira do Marimbondo - Canal do Ferrador. Estrias de corrente em terraço basáltico lateral

Foto 10 - Cachoeira da Onça - Sta. Fé do Rul . Pronunciado fraturamento horizontal do basalto mostrando antiga ação erosiva diferencial na evolução da linha de quedas.

Foto 11 - Cachoeira do Marimbondo - Patos Mineiros. Nota-se os efeitos da ação erosiva diferencial, um dos mecanismos responsáveis pela evolução das quedas.

a presença do arenito intratrapiano, determinam a mesma consequência.

A existência de sistemas de fraturas no basalto faz com que a frente de quedas seja constituida por uma sucessão de pequenos degraus salientes, resultantes da ação das águas que desalojam blocos de basalto, atuando poderosamente em suas fraturas(Foto 7).

Enormes diáclases recurvadas , separando grandes massas de rochas, foram descritas pela primeira vez por Pacheco (1913) na Cachoeira da Água Vermelha. Ocorrem também no Salto das Andorinhas, Cachoeira do Marimbondo e, sob a ação das águas, condicionam a formação de verdadeiros degraus de até 4 metros de altura. Toda a frente de quedas, na Água Vermelha, é constituida por esses degraus (Fotos 12 e 13).

Foto 12 - Cach. Água Vermelha - Indiaporã . Frente princi - pal de quedas controlada por grandes diáclases recurvadas.

Foto 13 - Cach. Água Vermelha - Margem direita. Aspecto = parcial mostrando diáclases recurvadas e bastante acentuadas pela ação das águas.

6.- SEDIMENTOLOGIA

A caracterização granulométrica do sedimento do Rio Grande, nos cursos médio e inferior, bem como as relações= que o sedimento mantém com as características fluviométricas e a natureza morfológica e geológica das áreas cortadas pelo = rio constituem o objetivo fundamental do presente estudo. Em função das mudanças locais e ocasionais da morfologia do canal e das características fluviométricas do rio, os fatores hidrodinâmicos não atuam da mesma forma dentro do ambiente fluvial, mas variam de maneira distintiva de local para local, especialmente do canal para as margens. Na verdade, o ambiente fluvial não se comporta da mesma maneira, em toda a sua extensão , mas pode ser dividido em locais vinculados às relações entre energia e a morfologia do canal, e onde os processos sedimentares= assumem características diferentes e distintivas. Essas variações permitem distinguir, dentro do ambiente fluvial, a calha, as zonas de quedas d'água, as margens calmas e rasas atingidas pelo movimento de oscilação das ondas, pelas correntes trans - versais e oblíquas, e as "praias" de enchente e barras.

O conhecimento destas variações hidrodinâmicas ao longo do Rio Grande pode, eventualmente, ser útil à compreensão dos problemas ligados ao assoreamento dos lagos de barragem que se constroem dentro do plano de aproveitamento integral do rio.

6.1.- Amostragem

A progressiva execução do plano de aproveitamento = do potencial hidrelétrico do Rio Grande através da construção= de barragens e represamento, introduziu profundas modificações nas características de transporte e deposição no seu curso superior. O assoreamento que se registra nesse trecho está alterando as condições naturais ligadas à dinâmica fluvial e, provavelmente, ainda não tenham atingido o equilíbrio. Nos cursos médio e inferior, essas condições naturais ainda persistem de-

terminando um quadro diverso do que se verifica no alto Rio = Grande e, por esta razão, preferimos escolher o trecho do rio ainda não retificado pelos lagos de barragem, onde efetuamos = nossos estudos (Fig. 8).

A amostragem foi realizada ao longo de todo o canal nos cursos médio e inferior, com espaçamento previsto de 20 em 20 km, tendo-se, por outro lado, levado em consideração as diferenças existentes nas características fluviométricas, especialmente quanto à energia da corrente, ao longo do trecho examinado. Sob esse aspecto, quatro tipos de locais foram selecionados: Calha, Zonas de Quedas D'água, "Praias" de Enchente e Margem Rasas e Calmas (Tab.1). Na Calha foram coletadas amostras em diferentes profundidades, desde 30 cm até 6 m, distanciadas das margens desde alguns metros até 400 a 500 metros, no interior do = rio, nos trechos de maior largura,e de fundo predominantemente= arenoso, às vezes recoberto por cascalho. Levou-se em consideração, na calha, a variação da largura, da velocidade e da profundidade do canal, sendo as amostras coletadas tanto em locais da mais alta competência e profundidade grande, como também em locais de baixa profundidade, porém de alta competência, embora = não a mais alta. Objetivou-se, com isso, estudar as variações = da competência dentro da calha propriamente dita e dos locais a ela relacionados, mas distintos das margens e "praias" de enchente. Nas Zonas de Quedas D'água, a coleta foi feita considerando-se a variação granulométrica do material aí depositado.Esses depósitos permanecem a maior parte do tempo descobertos,sendo atuados pelas águas apenas nas épocas chuvosas. Distribuem-- se pelas margens, logo após a linha de quedas, onde a competência sofre bruscas e profundas modificações. Como o rio corre , nessas áreas, encaixado no basalto, o aumento do volume de água não chega a inundar grandes trechos. Consequentemente, o rápido escoamento permite uma brusca flutuação da competência, em toda a área, imprimindo aos sedimentos áí depositados, feições granulométricas e texturais distintas. As Margens Rasas e Calmas situam-se ao longo dos estirões e onde a velocidade das águas é sempre baixa. São áreas baixas, de pequenas profundidades, até 30 cm , que aumentam gradativamente para o interior do rio, recobertas pelas águas ou atingidas pelas flutuações das ondas e correntes oblíquas ou transversais que produzem nos sedimentos= aí depositados, estruturas do tipo marcas de onda. O fundo é =

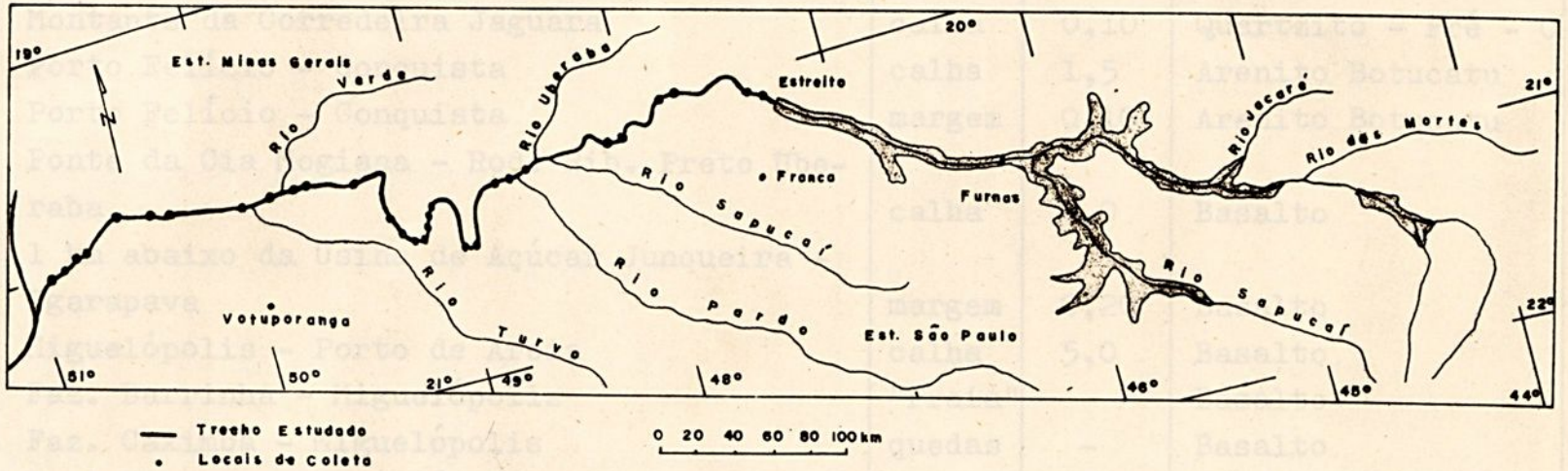


Fig. 8 — Posição geográfica do trecho estudado e localização dos pontos amostrados

Tabela - 1

Nº	Procedência	Local	Prof. no rio(m)	Geologia da Área
1	Montante da barragem de Estreito	calha	2,0	Quartzito - Pré - C
2	Montante da barragem de Estreito	calha	1,5	Quartzito - Pré - C
3	Montante da Corredeira Jaguara	calha	1,5	Quartzito - Pré - C
4	Montante da Corredeira Jaguara	calha	0,10	Quartzito - Pré - C
5	Porto Felício - Conquista	calha	1,5	Arenito Botucatu
6	Porto Felício - Conquista	margem	0,10	Arenito Botucatu
7	Ponte da Cia Mogiana - Rod. Rib. Preto Uberaba	calha	2,0	Basalto
8	1 km abaixo da Usina de Açúcar Junqueira - Igarapava	margem	0,20	Basalto
9	Miguelópolis - Porto de Areia	calha	5,0	Basalto
10	Faz. Barrinha - Miguelópolis	"Praia"	-	Basalto
11	Faz. Caximba - Miguelópolis	quedas	-	Basalto
12	Faz. Caximba - Miguelópolis	"Praia"	-	Basalto
13	Ilha do Rebôjo - Miguelópolis	quedas	-	Basalto
14	Ilha do Rebôjo - Miguelópolis	"Praia"	-	Basalto
15	Usina Hidrel. Porto Colômbia	calha	3,0	Sed.Neocenozóico e Basalto
16	Usina Hidrel. Porto Colômbia	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Basalto.

Tabela - 1

nº	Procedência	Local	Prof. no Rio (m)	Geologia da Área
17	Porto Colômbia - Ilha do Cemitério	calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
18	Confluência do Rio Pardo	calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
19	Confluência do Rio Pardo	calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
20	Ilha do Cemitério - Porto Colômbia	calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
21	Ilha do Cemitério - Porto Colômbia	calha	2,5	Sed. Neocenozóico e Basalto
22	Porto Colômbia - Rod. Barretos - Frutal	calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
23	Porto Colômbia - Rod. Barretos - Frutal	calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Basalto
24	Porto Colômbia - Rod. Barretos - Frutal	"praia"	-	Sed. Neocenozóico e Basalto
25	Guaracy - Porto de Areia	calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	Local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
26	Guaracy - Porto de Areia	calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
27	Guaracy -Porto	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
28	Guaracy - Porto de Areia	calha	1,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
29	Guaracy - Porto de Areia	calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
30	Guaracy - Porto de Areia	calha	2,5	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
31	Ilha dos Periquitos	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
32	Ilha dos Periquitos	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
33	Ilha dos Periquitos	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
34	Ilha dos Periquitos	calha	0,50	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

nº	Procedência	Local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
35	Ilha Pálida - 5 km Montante do Salto dos Patos	calha	1,5	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
36	Ilha Pálida - 5 km Montante do Salto dos Patos	calha	1,5	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
37	Ilha Pálida - 5 km Montante do Salto dos Patos	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
38	Salto dos Patos	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
39	Cachoeira Marimbondo - "Braço Morto"	calha	6,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
40	Cachoeira Marimbondo "Braço Morto"	calha	6,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
41	Cachoeira Marimbondo - Término do Ferrador	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
42	Cachoeira Marimbondo - "Braço Morto"	calha	6,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	Local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
43	Cachoeira do Marimbondo - "Braço Morto"	calha	6,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
44	Cachoeira do Marimbondo - "Braço Morto"	calha	6,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Baru
45	Juzante da Cachoeira do Marimbondo	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
46	Juzante da Cachoeira do Marimbondo	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
47	Canal do Ferrador - Cachoeira do Marimbondo	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
48	Canal do Ferrador - Cach. do Marimbondo	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
49	Canal do Ferrador - Cach. do Marimbondo	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
50	Início do Canal do Ferrador	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
51	500 m abaixo da Pte. Medonça Lima - Cach. do Marimbondo	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
52	1000 m abaixo da Pte. Mendonça Lima	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
53	Porto da Mandioca	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
54	Porta da Mandioca	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
55	Porto do Capim	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
56	Porto São Luiz - Paulo de Faria	Calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
57	Porto São Luiz - Paulo de Faria	Calha	3,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
58	Porto São Luiz - Paulo de Faria	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
59	Porto da Água Amarela - Riolândia	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
60	Porto da Água Amarela - Riolândia	Calha	0,30	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
61	Porto da Água Amarela - Riolândia	Calha	0,50	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
62	Porto da Água Amarela - Riolândia	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
63	Porto da Água Amarela - Riolândia	Calha	0,50	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
64	Porto Brasil - Riolândia	Maregm	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
65	Travessão dos Índios	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
66	Porto Militão - Cardoso	Calha	0,30	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
67	Porto Militão - Cardoso	Calha	0,30	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
68	Porto Santa Rosa - Iturama	Calha	1,50	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
69	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
70	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
71	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
72	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
73	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
74	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
75	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
76	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
77	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
78	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
79	Cachoeira da Água Vermelha	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
80	Porto Anísio José Moreira - Populina	Calha	2,0	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
81	Porto Mal. Rondon - Sta. Albertina	Calha	1,5	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

Tabela - 1

Nº	Procedência	local	Prof. no Rio(m)	Geologia da Área
82	Porto Mal. Rondon - Santa Albertina	Calha	1,5	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
83	Cachoeira Mutuca	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
84	Cachoeira da Onça - Sta. Fé do Sul	"Praia"	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
85	Porto Santa Fé - Santa Fé do Sul	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
86	Cachoeira da Onça - Santa Fé do Sul	Quedas	-	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru
87	Porto Santa Fé - Santa Fé do Sul	Margem	0,10	Sed. Neocenozóico e Arenito Bauru

constituido de areia muito fina misturada a material silte-argiloso e resto de vegetais. Finalmente, o último local considerado é constituido pelas Barras e "Praias" de Enchente que representam locais de maior competência que o anterior, e acima dele, periodicamente atingidos pelas águas nas fases de maior pluviosidade.

A coleta foi feita com barco e barcaças de portos de areia, utilizando-se sempre amostrador metálico, de 30 cm de comprimento, de secção retangular, terminado em bizel e dotado de longa haste articulada. Foram coletadas 87 amostras, das quais 39 de calha, 15 de zonas de quedas d'água, 18 de "praia" de enchente e barra e 15 de margem.

6.2.- Preparação das Amostras

No laboratório, cada amostra foi submetida à análise mecânica, compreendendo a pipetagem, peneiramento e pesagem. As classes rudáceas, acima de -3Ø (8mm), foram determinadas com paquímetro e, as menores, juntamente com a fração arenosa, peneiradas em separador tipo Ro-Tap.

Para a separação da fração areia utilizou-se de bateria com 21 peneiras de malha compreendida entre -1Ø a 4Ø, com espaçamento de 1/4 de Ø, que atende a necessidade de estudo mais acurado, com dados mais precisos fornecidos pela curva cumulativa e que podem refletir, mais fielmente, as variações em cada local de coleta considerado. O estudo baseou-se na fração areia por ser ela a que melhor traduz as condições de transporte e deposição do sedimento.

As frações silte e argila foram reunidas em uma única classe, 5Ø, e consideradas apenas no estudo da expansão textural do sedimento.

Com os resultados do peneiramento (Tab.2), foram construidos histogramas simples para cada amostra e as curvas cumulativas foram construidas em papel de probabilidade normal, apenas para a fração areia, de -1Ø a 4Ø. Os parâmetros granulométricos (Tab.3) foram calculados de acordo com as fórmulas propostas por Folk e Ward (1957). Os intervalos de classe dos histogramas obedeceram à classificação de Wentworth (in Petti

AMOSTRA	GRANULOMETRIA																								SILTE+ ARGILA
	CASCALHO (%)					AREIA (%)																			
Nº	-6 Ø	-5 Ø	-4 Ø	-3 Ø	-2 Ø	-1,00 Ø	-0,75 Ø	-0,50 Ø	-0,25 Ø	0,00 Ø	0,25 Ø	0,50 Ø	0,75 Ø	1,00 Ø	1,25 Ø	1,50 Ø	1,75 Ø	2,00 Ø	2,25 Ø	2,50 Ø	2,75 Ø	3,00 Ø	3,25 Ø	3,50 Ø	3,75 Ø	4,00 Ø	5,00 Ø
1				0,78	5,79	17,45	6,28	10,05	7,33	5,42	8,45	8,05	6,12	5,48	2,97	3,21	1,37	2,28	2,38	0,89	1,33	1,51	1,06	0,38		0,23	0,10
2					3,96	12,60	7,89	12,30	9,63	7,29	11,01	11,15	9,15	7,20	3,94	1,79	0,37	0,52	0,35	0,11	0,16	0,17	0,14	0,07	0,09		
3					0,46	6,67	3,86	9,75	7,88	7,05	12,89	13,84	14,54	12,74	7,20	2,48	0,28	0,10	0,03	0,04							
4						3,89	2,22	4,71	4,36	4,26	7,37	8,63	8,40	9,16	6,83	6,10	1,19	1,79	2,09	2,44	5,86	4,04	6,45	3,97	1,92	2,21	1,86
5					0,50	1,97	2,38	5,46	6,57	4,57	12,57	16,21	19,56	16,78	8,40	3,26	0,54	0,49	0,27	0,07	0,06	0,07					
6														0,03	0,03	0,07	0,08	0,50	3,50	5,13	17,77	22,74	23,46	11,29	4,32	4,95	3,78
7					0,58	1,11	1,08	2,29	2,35	2,80	5,43	6,64	10,25	12,36	15,40	19,12	6,96	8,53	3,33	0,54	0,35	0,23					
8																		0,05	0,22	3,03	6,54	21,60	18,96	28,49	11,66	5,72	3,68
9						1,12	0,79	1,73	1,46	1,58	3,71	5,08	7,74	11,76	15,11	22,87	9,24	11,47	5,50	0,59	0,24	0,03					
10														2,62	2,29	4,96	5,47	27,52	34,50	9,38	6,71	3,84	1,69	0,62	0,04	0,03	
11				16,21	30,28	20,85	3,85	3,59	1,77	1,07	1,10	0,75	0,68	0,61	0,74	2,52	1,75	4,74	5,02	1,95	1,09	0,89	0,76	0,30	0,11	0,18	
12													0,36	0,33	0,06	0,16	0,11	0,48	2,56	3,61	10,02	18,05	25,86	17,84	5,23	8,65	4,78
13						1,64	0,98	2,12	2,04	2,41	5,16	7,67	11,23	14,69	11,96	10,17	4,57	7,29	10,38	2,84	2,49	1,46	0,88	0,24	0,06	0,02	1,22
14											0,93	0,48	0,91	1,47	3,11	6,64	4,00	15,95	26,12	12,21	8,72	6,45	5,19	2,35	0,32	2,14	1,12
15		9,14	26,06	15,04	8,30	5,77	1,24	1,76	1,65	1,50	2,63	3,14	3,24	4,30	3,67	4,49	1,40	2,42	1,97	0,86	0,49	0,45	0,24	0,09	0,05	0,05	
16												1,00	1,25	2,75	8,88	23,72	11,37	20,14	16,59	6,05	4,90	2,10	0,87	0,15		0,14	
17					0,83	1,19	1,08	1,87	1,45	1,57	2,74	3,58	6,92	9,58	14,58	24,24	8,21	11,75	6,59	1,64	0,77	0,27	0,23	0,06	0,05	0,02	0,16
18		40,71	14,68	13,51	8,93	5,38	1,25	1,12	0,67	0,51	0,94	0,92	1,01	1,30	1,30	1,98	0,66	1,44	1,60	0,82	0,54	0,42	0,23	0,08	0,02	0,02	
19				30,00	27,42	18,86	4,22	3,73	1,60	1,11	1,77	1,49	1,47	1,42	1,34	1,44	0,57	1,01	1,18	0,46	0,40	0,18	0,09	0,05	0,01	0,02	
20		15,11	15,49	14,65	15,69	14,80	4,03	3,78	1,83	1,37	1,99	1,81	1,59	1,65	1,47	1,57	0,51	0,85	0,82	0,33	0,25	0,13	0,06	0,01	0,01	0,01	
21				24,38	27,70	22,08	5,25	4,14	2,11	1,55	2,44	1,88	1,72	1,31	0,97	1,24	0,46	0,67	0,87	0,28	0,28	0,18	0,11	0,03	0,00	0,02	0,06
22					0,80	7,95	5,34	9,81	7,76	7,00	11,29	13,55	12,63	11,66	6,06	4,26	0,84	0,65	0,22	0,00							

Tab. 2 – Análise Granulométrica

AMOSTRA	GRANULOMETRIA																							SILTE+ ARGILA
	CASCALHO (%)					AREIA (%)																		
Nº	-6 ø	-5 ø	-4 ø	-3 ø	-2 ø	-1,00 ø	-0,75 ø	-0,50 ø	-0,25 ø	0,00 ø	0,25 ø	0,50 ø	0,75 ø	1,00 ø	1,25 ø	1,50 ø	1,75 ø	2,00 ø	2,25 ø	2,50 ø	2,75 ø	3,00 ø	3,25 ø	3,50 ø	3,75 ø	4,00 ø	5,00 ø
23					1,09	15,36	4,92	8,92	6,60	6,27	11,13	9,30	9,82	10,42	8,76	6,59	1,36	0,76	0,17	0,02	0,02						
24								0,77	0,37	0,50	0,92	1,47	2,14	3,64	6,18	18,25	10,13	19,70	20,03	8,05	4,25	1,76	1,17	0,36	0,09	0,06	0,03
25			11,61	5,75	5,00	26,54	7,22	8,53	4,91	3,50	5,80	5,55	4,90	4,89	2,98	1,99	0,30	0,24	0,69	0,53							
26					4,26	24,60	7,63	11,22	8,55	6,55	8,59	7,41	7,84	7,08	4,40	3,61	0,53	0,46	0,15	0,02	0,02	0,03					
27																		0,86	9,63	12,76	33,81	21,15	10,53	3,90	1,79	1,54	3,53
28						1,11	1,04	1,39	1,18	1,49	2,49	3,79	6,06	8,87	12,72	17,94	8,74	14,86	10,84	2,95	2,15	1,05	0,49	0,14	—	0,07	
29					0,33	1,99	1,52	2,52	2,44	2,89	4,31	6,66	9,33	15,03	13,22	17,91	4,81	9,33	5,38	0,97	0,64	0,30	0,13	0,02	0,05	—	
30					8,99	53,25	11,59	10,51	4,51	2,36	3,32	2,20	1,64	1,10	0,43	0,07	0,03										
31													0,08	0,24	0,80	4,87	5,72	26,63	31,74	13,00	7,56	4,05	3,15	1,16	0,50	0,36	0,41
32														0,28	0,65	3,77	4,78	26,59	32,61	12,66	7,97	4,50	3,58	1,55	—	1,00	—
33																	0,13	1,13	8,67	26,64	19,17	15,91	10,42	5,99	2,99	2,07	4,03
34			38,11	14,83	11,51	10,64	1,76	1,71	1,08	0,73	1,32	1,48	1,56	1,83	1,54	2,66	1,03	2,04	2,27	1,04	1,00	0,67	0,57	0,26	0,09	0,11	—
35						0,48	0,46	1,05	1,09	1,21	2,53	3,74	5,13	8,55	9,41	15,55	6,94	15,60	19,02	5,48	2,41	1,01	0,51	0,17	0,06	0,04	0,05
36					0,94	10,41	8,33	11,35	6,80	5,46	7,84	8,09	8,14	8,15	5,63	6,38	2,51	3,35	3,04	0,54	0,30	0,10	0,04	0,02			
37												0,26	0,13	0,18	0,14	0,22	0,07	0,17	0,55	1,75	20,96	19,85	27,02	12,97	4,87	6,87	4,04
38															0,44	1,60	1,30	4,09	8,99	9,83	17,35	16,24	17,46	9,95	1,83	8,00	2,67
39						2,07	1,66	3,24	2,77	2,84	5,56	6,73	8,41	7,87	7,67	13,19	6,78	13,39	11,58	3,28	1,81	0,99	0,43	0,24	0,08	0,08	0,10
40						33,19	10,88	11,74	5,43	4,91	6,77	6,18	4,93	3,79	3,63	3,19	1,17	2,09	1,28	0,25	0,14	0,09					
41														0,17	0,12	0,30	0,36	2,21	14,93	19,41	26,02	15,40	11,26	4,23	1,90	1,38	2,25
42		17,08	5,43	1,42	0,88	1,00	0,39	0,69	0,70	0,24	2,42	4,14	8,15	12,46	10,02	9,58	2,67	8,99	8,81	2,41	1,20	0,75	0,31	0,09	0,02	0,02	
43		20,60	10,37	1,28	0,62	1,02	0,26	0,52	0,64	0,85	2,67	4,81	8,17	11,49	8,49	8,29	2,37	6,38	7,24	1,58	0,93	0,47	0,21	0,05	0,02		
44				9,48	12,41	41,22	15,64	12,67	4,37	1,71	1,64	0,50	0,19														

Tab. 2 — Análise Granulométrica

AMOSTRA	GRANULOMETRIA																										
	CASCALHO (%)					AREIA (%)																				SILTE + ARGILA	
Nº	-6 ø	-5 ø	-4 ø	-3 ø	-2 ø	-1,00 ø	-0,75 ø	-0,50 ø	-0,25 ø	0,00 ø	0,25 ø	0,50 ø	0,75 ø	1,00 ø	1,25 ø	1,50 ø	1,75 ø	2,00 ø	2,25 ø	2,50 ø	2,75 ø	3,00 ø	3,25 ø	3,50 ø	3,75 ø	4,00 ø	5,00 ø
45							0,36	0,35	0,51	0,52	1,73	3,73	6,88	11,97	12,45	22,97	10,17	9,59	8,81	2,96	2,52	1,26	0,96	0,32	0,03	0,42	0,54
46								0,07	0,08	0,08	0,64	0,89	2,86	7,21	11,10	20,71	8,25	16,87	15,19	6,95	3,89	2,39	1,21	0,33	0,13	0,18	0,50
47														1,09	1,47	1,83	2,05	12,00	37,40	21,48	16,20	5,07	1,22	0,14			
48						4,36	6,54	15,98	11,87	9,49	10,51	8,75	7,20	4,92	3,26	4,30	2,25	4,84	4,27	1,23	0,50	0,14	0,06	0,04			
49														0,31	0,60	4,83	4,27	19,82	31,38	18,96	10,33	5,46	2,65	0,84	0,16	0,24	
50										0,46	0,31	0,56	1,00	2,28	3,37	7,18	3,21	11,89	21,43	17,54	16,49	6,20	4,53	1,77	0,73	0,95	0,91
51														0,13	0,41	3,24	2,86	13,47	28,34	19,33	14,64	8,17	4,69	1,60	0,56	0,79	0,70
52													0,05	0,17	0,41	2,25	2,21	10,54	25,28	17,02	16,54	9,86	7,84	3,10	1,37	1,43	1,33
53															0,02	0,09	0,09	0,50	2,61	5,41	21,22	25,03	25,04	9,91	0,66	6,05	2,70
54																	0,09	0,30	2,16	4,06	18,04	27,80	26,62	10,24	3,94	4,25	2,30
55																		0,47	2,67	3,01	11,95	21,68	23,81	15,46	7,09	7,52	6,44
56					0,12	3,38	2,71	5,28	4,60	4,08	8,16	8,93	10,50	11,50	8,88	11,97	4,31	7,58	4,27	1,54	0,90	0,42	0,27	0,14	0,04	0,14	0,20
57					5,53	16,93	6,99	7,54	4,40	3,26	4,24	4,19	4,34	5,44	5,24	9,64	4,44	5,42	6,61	1,99	1,50	0,50	0,33	0,15	0,06	0,07	
58																				1,00	3,82	10,13	20,77	15,18	9,55	9,93	29,65
59												0,62	0,59	1,29	2,26	5,26	2,85	9,68	23,98	18,72	12,91	9,20	6,67	2,67	0,62	1,08	0,95
60						0,83	0,38	0,78	0,61	0,58	1,41	1,83	3,75	6,17	8,63	14,84	8,31	19,76	22,02	6,01	2,66	0,80	0,33	0,07	0,03	0,06	
61						0,56	0,45	0,84	0,72	0,77	1,53	2,38	3,68	6,11	9,66	15,32	7,99	18,46	22,26	5,37	2,41	0,77	0,28	0,07			
62							0,68	0,29	0,17	0,22	0,29	0,48	0,93	1,95	3,24	7,33	4,25	15,97	31,76	16,06	8,11	3,85	2,56	0,66	0,19	0,14	0,17
63						1,53	1,10	2,36	2,39	2,13	5,00	7,10	10,40	12,62	12,04	12,45	4,08	7,57	10,94	4,78	2,78	0,85	0,39	0,09	0,04		
64																		0,49	2,12	3,73	16,37	21,37	26,70	12,58	5,54	7,15	3,37
65												1,04	0,41	1,87	5,04	16,37	5,87	17,25	21,44	9,90	9,04	5,81	3,16	1,02	0,37	0,43	0,64
66					1,06	3,47	2,51	4,20	3,38	3,59	7,09	8,02	9,75	9,32	7,33	5,54	2,49	3,65	9,40	6,42	6,02	1,93	1,50	0,59	0,25	0,29	0,29

Tab. 2 — Análise Granulométrica

AMOSTRA	GRANULOMETRIA																							SILTE-ARGILA
	CASCALHO (%)					AREIA (%)																		
Nº	-6 Ø	-5 Ø	-4 Ø	-3 Ø	-2 Ø	-1,00 Ø	-0,75 Ø	-0,50 Ø	-0,25 Ø	0,00 Ø	0,25 Ø	0,50 Ø	0,75 Ø	1,00 Ø	1,25 Ø	1,50 Ø	1,75 Ø	2,00 Ø	2,25 Ø	2,50 Ø	2,75 Ø	3,00 Ø	3,25 Ø	3,50 Ø	3,75 Ø	4,00 Ø	5,00 Ø
67						2,65	1,77	4,04	4,38	5,67	9,38	13,31	14,70	10,04	6,00	4,57	1,93	3,94	6,96	4,90	2,49	1,34	1,07	0,37	0,16	0,14	0,13
68					1,01	2,02	1,49	5,96	4,29	3,51	9,11	12,17	13,82	16,51	12,93	10,64	2,41	2,33	1,24	0,21	0,14	0,07	0,02	0,01			
69				3,90	3,22	5,00	3,15	7,22	5,64	5,52	6,84	7,65	4,55	4,60	4,73	5,28	2,38	4,85	8,25	3,93	5,29	3,19	2,22	0,73	0,31	0,49	0,95
70		7,33	20,57	35,85	12,19	13,08	3,15	4,03	2,02	0,61	0,51	0,30	0,16	0,10	0,03	0,02	0,01	0,01									
71			30,70	22,26	9,45	10,64	3,11	3,27	1,67	1,18	1,92	1,62	1,56	1,74	1,62	2,33	0,73	1,59	1,91	0,98	0,55	0,55	0,29	0,07	0,03	0,03	
72					5,01	26,45	6,28	6,79	5,12	2,55	6,78	5,99	6,81	6,49	5,35	5,24	1,71	2,37	2,61	0,79	1,02	0,62	0,41	0,08	0,01	0,02	0,06
73															0,03	0,44	0,81	5,33	23,64	26,13	21,37	11,75	7,45	1,80	0,12	1,06	
74										0,22	0,37	0,94	2,69	7,79	9,95	15,53	5,15	14,40	16,91	10,17	6,43	3,99	2,53	0,84	0,18	0,40	0,29
75				13,06	23,11	34,46	5,84	6,13	2,90	1,76	2,64	1,75	1,80	1,54	1,18	1,01	0,30	0,44	0,68	0,28	0,32	0,29	0,20	0,09	0,03	0,05	0,02
76				1,22	2,30	5,32	7,10	6,32	5,74	11,15	11,87	12,96	11,50	9,31	7,43	1,86	2,56	1,28	0,36	0,41	0,33	0,37	0,14	0,04	0,18		0,18
77					3,75	10,35	4,29	7,38	5,57	4,37	7,63	8,65	7,68	8,85	6,73	8,29	1,89	3,56	3,33	1,34	1,44	1,17	0,66	0,25	0,11	0,16	0,25
78						0,86	0,64	1,48	1,49	1,74	3,65	5,30	7,59	8,95	10,12	15,16	5,65	11,61	11,20	5,00	4,81	2,71	1,34	0,30	0,13	0,15	0,23
79					1,67	5,33	4,07	7,07	6,12	4,64	6,43	6,30	5,49	5,07	5,00	5,82	2,32	5,44	8,17	4,62	6,63	3,22	2,14	0,58	0,15	0,36	0,50
80					0,85	8,90	5,99	12,19	10,84	8,75	15,49	12,02	9,04	5,06	2,65	1,91	0,53	0,92	1,18	0,55	0,82	0,65	0,69	0,32	0,15	0,18	0,22
81						1,49	0,82	1,72	1,59	1,55	3,60	4,77	8,17	11,11	13,13	14,71	4,45	9,24	11,95	5,22	3,67	1,69	0,71	0,14		0,11	0,07
82						1,61	1,30	2,98	2,83	3,38	5,72	7,10	11,02	13,92	12,32	12,54	3,63	5,65	8,00	4,79	1,92	0,91	0,33	0,16	0,08	0,05	0,10
83																0,12	0,06	0,33	5,73	19,42	33,15	25,06	10,82	2,25	0,79	0,91	1,13
84																0,26	0,32	2,32	16,52	22,10	28,62	16,99	8,18	2,32	0,89	0,70	0,73
85																	0,28	0,81	2,94	5,10	15,69	18,82	23,81	11,19	4,30	6,47	10,23
86			9,02	27,50	16,00	16,15	3,28	3,77	2,32	1,80	2,49	2,16	1,85	1,48	1,08	1,14	0,64	1,67	3,11	1,51	1,19	0,74	0,55	0,16	0,02	0,13	0,21
87															0,04	0,31	0,57	3,86	21,25	27,60	18,60	10,55	8,63	3,17	0,40	2,65	2,05

Tab. 2 — Análise Granulométrica



Tab. 3- Parâmetros Granulométricos de Amostras de Areia do Rio Grande.

-Calha-

Amostra	Mz (Ø)	σ_I	Sk_I	KG
1	-0,07	1,387	0,099	1,174
2	-0,13	0,891	-0,079	0,977
3	0,17	0,740	-0,167	0,924
4	1,24	1,406	0,259	0,743
5	0,39	0,610	-0,259	1,050
7	0,99	0,736	-0,232	1,215
9	1,17	0,668	-0,238	1,208
15	0,65	0,945	-0,035	1,057
17	1,26	0,681	-0,188	1,255
18	0,94	1,147	-0,185	0,843
19	0,31	1,125	0,214	0,794
20	0,21	1,015	0,218	0,854
21	-0,30	1,116	0,389	1,028
22	0,15	0,786	-0,181	0,885
23	0,21	0,851	-0,129	0,838
25	0,06	0,734	0,044	0,765
26	-0,14	0,928	-0,003	0,885
28	1,37	0,739	-0,096	1,180
29	1,04	0,791	-0,102	1,229
30	-0,88	0,661	0,176	1,267
34	0,97	1,248	-0,121	0,841
35	1,48	0,709	-0,169	0,969
36	0,22	1,022	0,063	0,845
39	1,17	0,917	-0,221	0,908
40	-0,27	1,026	0,247	0,894
42	1,35	0,683	-0,078	0,871
43	1,21	0,697	0,151	0,843
44	-0,93	0,417	0,053	1,182
56	0,69	0,916	-0,065	0,982
57	0,61	1,275	-0,111	0,731
60	1,64	0,612	-0,327	1,091
61	1,62	0,630	-0,354	1,051
63	1,19	0,854	0,019	0,949
66	1,06	1,117	0,102	0,801
67	0,89	1,022	0,240	1,091



Tab. 3 - (Cont.) - Calha

Amostra	Mz (Ø)	σ_I	Sk_I	K_G
68	0,64	0,689	-0,170	1,102
80	0,05	0,819	0,109	1,237
81	1,32	0,848	0,019	1,010
82	1,06	0,902	0,028	1,181
		Zonas de Quedas D'água		
11	1,05	1,325	-0,402	0,644
13	1,14	0,876	0,083	1,015
48	0,25	0,951	0,321	0,932
69	0,91	1,320	0,090	0,730
70	-0,56	0,320	-0,010	0,390
71	0,65	1,210	0,070	0,740
72	0,18	1,160	-0,020	0,880
73	2,48	0,369	0,156	0,964
74	1,81	0,669	-0,047	0,912
75	-0,51	1,100	0,300	0,870
76	0,15	0,922	-0,163	1,199
77	0,48	1,060	-0,120	0,990
78	1,37	1,120	-0,030	1,010
79	0,93	1,311	0,010	0,706
86	0,83	1,220	-0,080	0,600
		"Praias" de Enchente		
10	2,08	0,395	0,027	1,639
12	3,09	0,415	-0,061	1,157
14	2,19	0,603	0,070	1,241
16	1,76	0,487	0,017	0,952
24	1,77	0,553	-0,165	1,078
31	2,15	0,410	0,217	1,434
32	2,17	0,424	0,281	1,524
45	1,38	0,654	0,067	1,106
46	1,67	0,584	0,040	1,004
47	2,76	0,341	0,027	1,229
49	2,19	0,397	0,124	1,238
50	2,17	0,614	-0,153	1,290

unesp

Tab. 3 - (Cont.) - "Praias" de Enchente

Amostra	Mz (Ø)	$\sqrt{I}$	S_{KI}	K_G
51	2,23	0,496	0,050	1,161
52	2,77	0,487	0,222	1,040
62	2,04	0,547	-0,173	1,664
65	2,00	0,597	-0,014	0,909
83	2,68	0,299	0,083	1,045
84	2,58	0,344	0,062	1,002
		Margem		
6	2,99	0,394	0,085	1,479
8	2,96	0,393	-0,018	1,071
27	2,69	0,357	0,110	1,190
33	2,69	0,417	0,259	1,020
37	3,04	0,370	0,117	1,016
38	2,80	0,566	-0,048	1,087
41	2,63	0,409	0,089	0,991
53	2,93	0,385	0,090	1,255
54	2,98	0,357	0,089	1,210
55	3,09	0,401	0,051	1,048
58	3,30	0,409	0,032	1,131
59	2,33	0,563	0,037	1,301
64	3,04	0,399	0,073	1,084
85	3,00	0,427	-0,005	1,182
87	2,53	0,413	0,298	1,074

john,1957). Para cada local de coleta foi construido diagrama= da faixa de limites de variação de curvas cumuladas, tomando-- se os valores máximos e mínimos (em Ø) dos percentis considera dos (Diagrama 1).

O arredondamento e a esfericidade foram determina dos tanto na areia como nos cascalhos, tendo-se utilizado as classes de 0,1,2 e 3Ø e -2,-3,-4,-5 e -6Ø , considerando-se = que as características texturais praticamente não se modificam no transporte fluvial, em classes de intervalos menores que 3Ø.

Com bromofórmio foram separados os minerais pesa- dos nas classes de 2, 3 e 4Ø, pelo fato de ocorrerem em todas= as amostras e resultarem classes predominantes. Levou-se em = consideração ainda, as variações produzidas pela quebra mecâni ca dos minerais e o fato de muitos minerais pesados, como o zircão e rutilo, se encontrar apenas nessas classes. Os mine - rais pesados, especialmente os transparentes, foram identifica dos microscopicamente, determinando-se sua frequência relativa. Determinou-se também a litologia dos rudáceos, utilizando-se = os seixos de cada amostra, num total de 1300 seixos.

6.3.- Composição Granulométrica do Sedimento

De um modo geral, o sedimento do Rio Grande assume expansão textural muito desenvolvida, ligada a locais de alta= energia, enquanto que nos locais mais calmos, poucas classes = de tamanho comparecem. A variação do teor de cascalho e areia, principalmente, determina ora uma distribuição unimodal, ora = bimodal.

6.3.1.- Análise dos Histogramas

A análise dos histogramas das amostras de = "Praias" de Enchente (Fig. 9) revela que o sedimento sempre a- presenta porcentagens diminutas de silte, estando ausente a = fração argila, predominando areia fina. O sedimento é unimodal localizando-se a moda no intervalo de 2 a 3Ø. Na maioria das

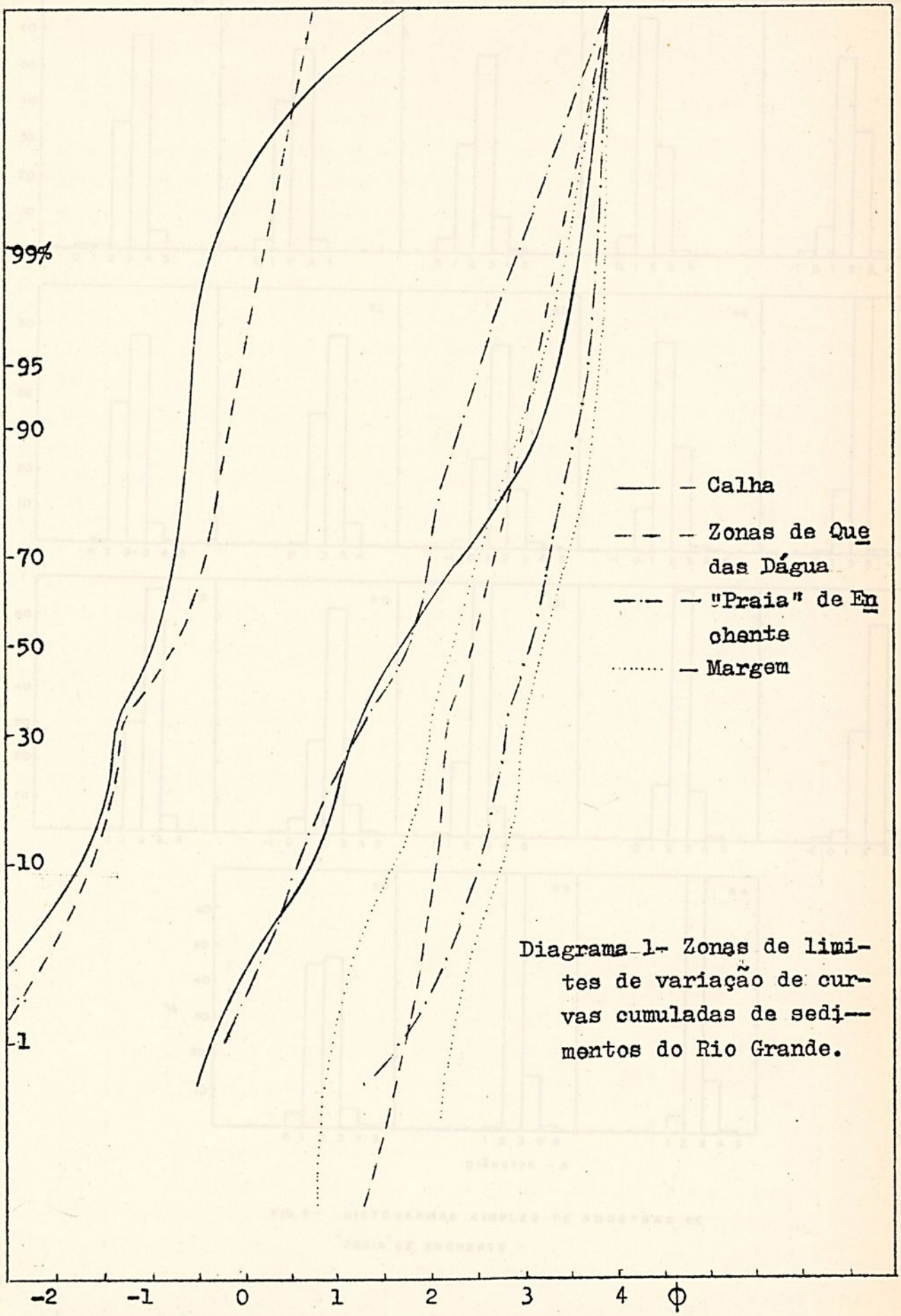


Diagrama 1- Zonas de limites de variação de curvas cumuladas de sedimentos do Rio Grande.

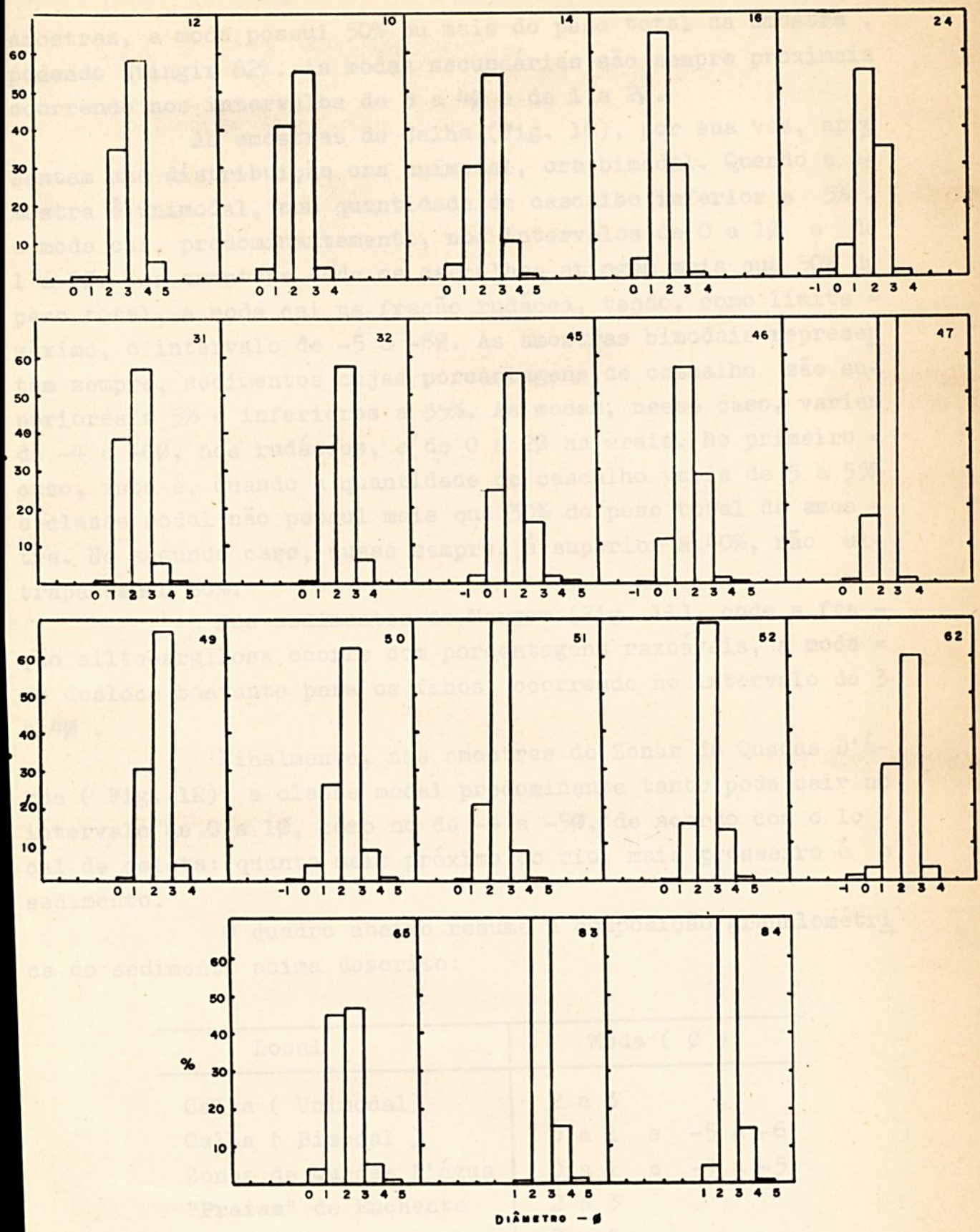


FIG. 9 — HISTOGRAMAS SIMPLES DE AMOSTRAS DE "PRAIA" DE ENCHENTE

amostras, a moda possui 50% ou mais do peso total da amostra , podendo atingir 82%. As modas secundárias são sempre proximais ocorrendo nos intervalos de 3 a 4Ø e de 1 a 2Ø.

As amostras de Calha (Fig. 10), por sua vez, apresentam uma distribuição ora unimodal, ora bimodal. Quando a amostra é unimodal, com quantidade de cascalho inferior a 5% , a moda cai, predominantemente, nos intervalos de 0 a 1Ø e de 1 a 2Ø. Nas amostras onde os cascalhos atingem mais que 50% do peso total, a moda cai na fração rudácea, tendo, como limite máximo, o intervalo de -5 a -6Ø. As amostras bimodais representam sempre, sedimentos cujas porcentagens de cascalho são superiores a 5% e inferiores a 55%. As modas, nesse caso, variam de -4 a -6Ø, nos rudáceos, e de 0 a 2Ø na areia. No primeiro caso, isto é, quando a quantidade de cascalho varia de 5 a 55% a classe modal não possui mais que 30% do peso total da amostra. No segundo caso, quase sempre, é superior a 40%, não ultrapassando 60%.

Nos sedimentos de Margem (Fig. 11), onde a fração silte-argilosa ocorre com porcentagens razoáveis, a moda se desloca bastante para os finos, ocorrendo no intervalo de 3 a 4Ø .

Finalmente, nas amostras de Zonas de Quedas D'água (Fig. 12), a classe modal predominante tanto pode cair no intervalo de 0 a 1Ø, como no de -4 a -5Ø, de acordo com o local de coleta: quanto mais próximo do rio, mais grosseiro é o sedimento.

O quadro abaixo resume a composição granulométrica do sedimento acima descrito:

Local	Moda (Ø)
Calha (Unimodal)	2 a 3
Calha (Bimodal)	0 a 1 e -5 a -6
Zonas de Quedas D'água	0 a 1 e -4 a -5
"Praias" de Enchente	2 a 3
Margem	3 a 4

De acordo com os histogramas, as amostras do sedimento estudado podem ser reunidas em grandes grupos. O pri -

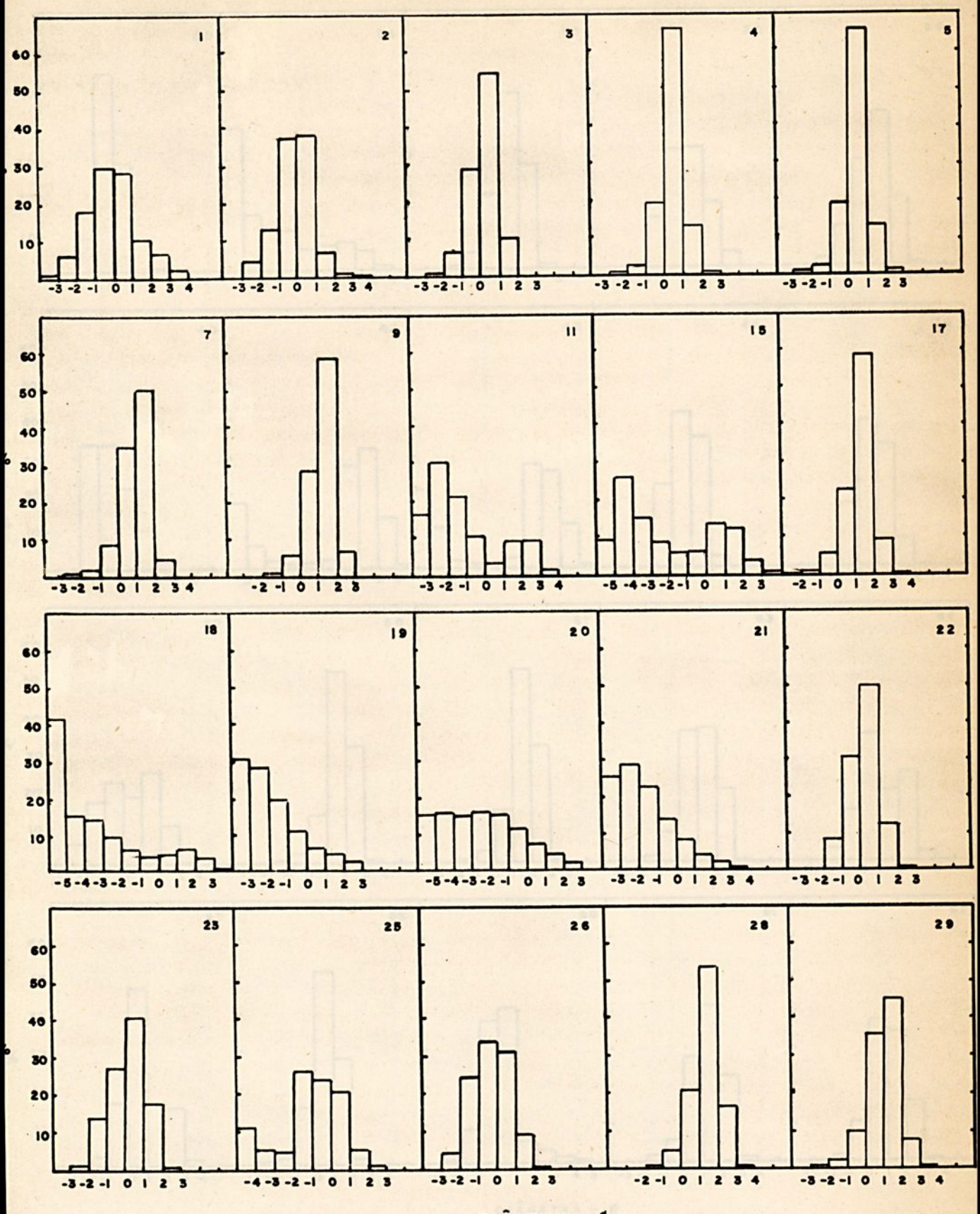


FIG. 10 – HISTOGRAMAS SIMPLES DE AMOSTRAS DE CALHA

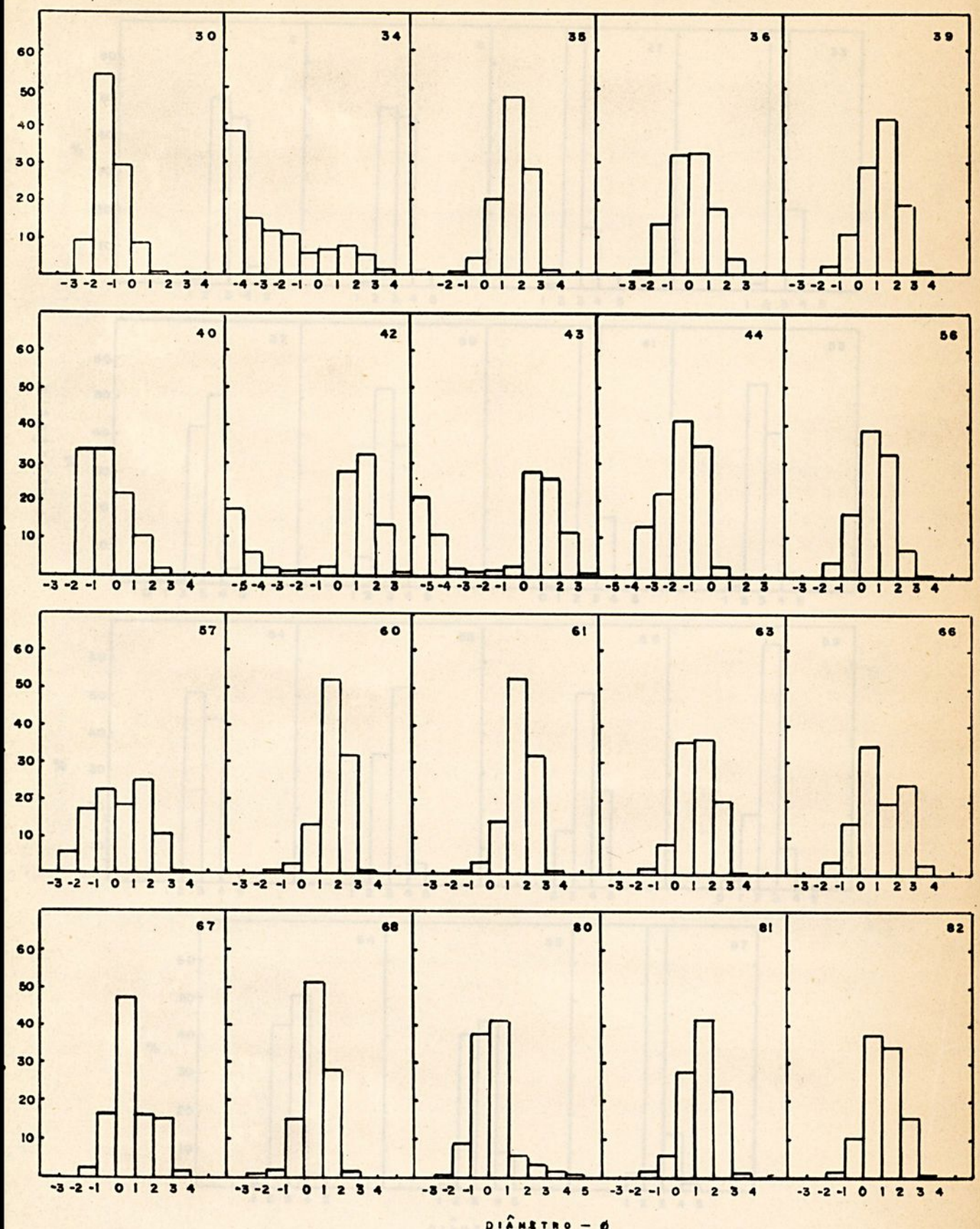


FIG. 10 — HISTOGRAMAS SIMPLES DE AMOSTRAS DE CALHA

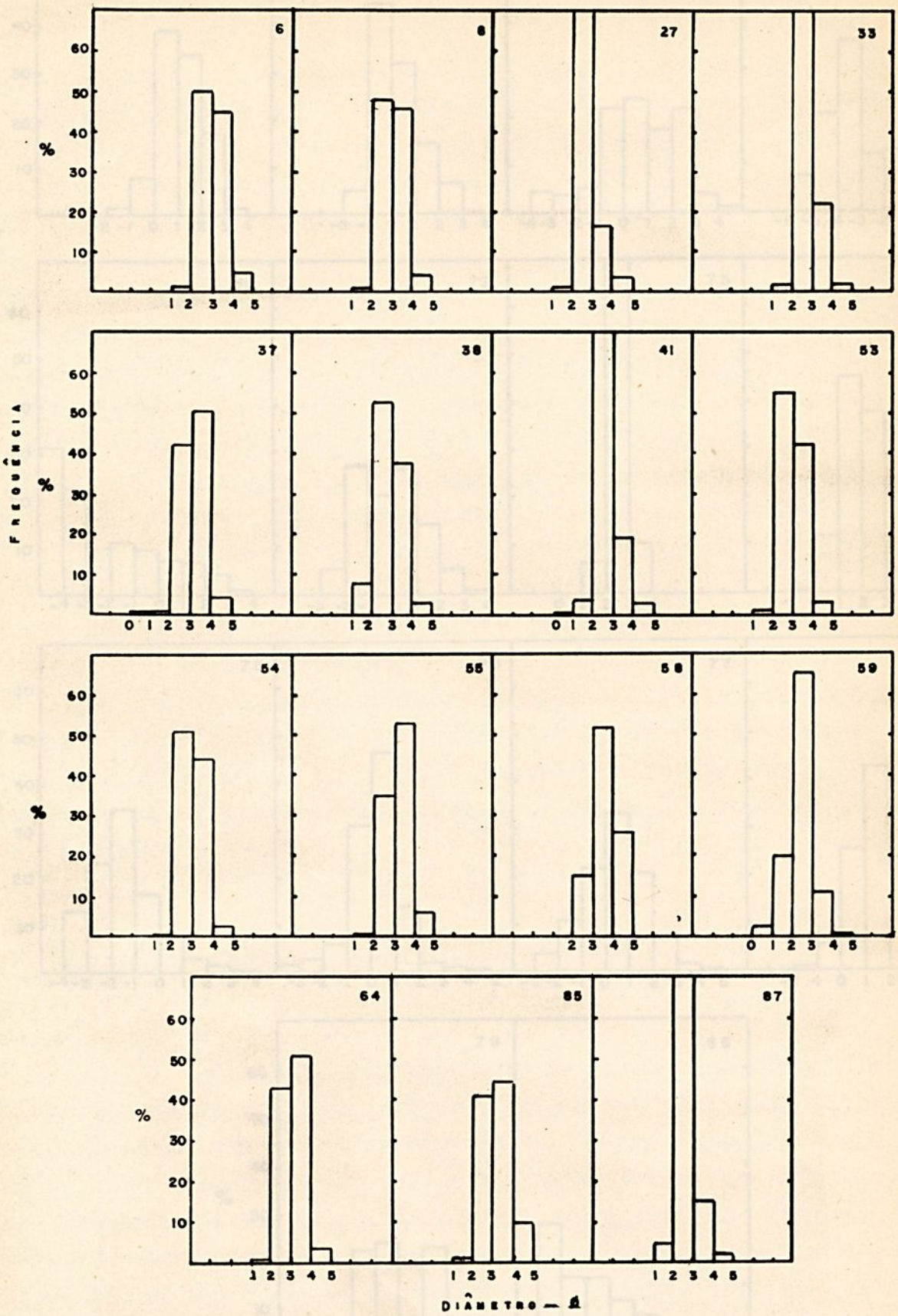


FIG. 11 – HISTOGRAMAS SIMPLES DE AMOSTRAS DE MARGEM

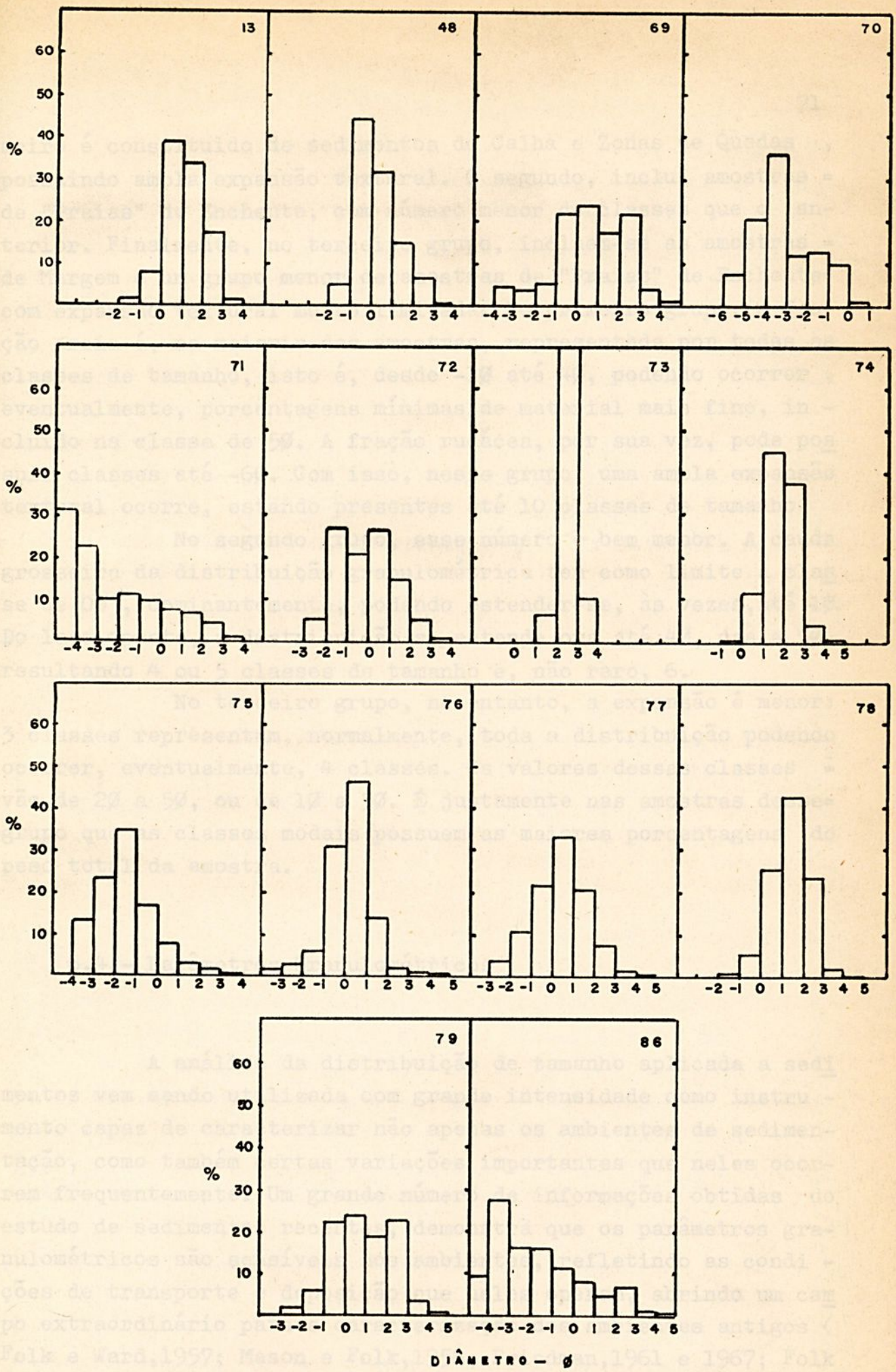


Fig. 12 — HISTOGRAMAS SIMPLES DE AMOSTRAS DE ZONAS DE QUEDAS DÁGUA

meiro é constituido de sedimentos de Calha e Zonas de Quedas , possuindo ampla expansão textural. O segundo, inclui amostras = de "Praias" de Enchente, com número menor de classes que o anterior. Finalmente, no terceiro grupo, incluem-se as amostras = de Margem e um grupo menor de amostras de "Praias" de Enchente= com expansão textural muito limitada. No primeiro grupo, a fração areia é, na maioria das amostras, representada por todas as classes de tamanho, isto é, desde -1Ø até 4Ø, podendo ocorrer , eventualmente, porcentagens mínimas de material mais fino, incluido na classe de 5Ø. A fração rudácea, por sua vez, pode possuir classes até -6Ø. Com isso, nesse grupo, uma ampla expansão textural ocorre, estando presentes até 10 classes de tamanho.

No segundo grupo, esse número é bem menor. A cauda grosseira da distribuição granulométrica tem como limite a classe de 0Ø , dominantemente, podendo estender-se, às vezes,até -1Ø. Do lado oposto, a distribuição se estende ora até 4Ø, ora a 5Ø, resultando 4 ou 5 classes de tamanho e, não raro, 6.

No terceiro grupo, no entanto, a expansão é menor: 3 classes representam, normalmente, toda a distribuição podendo ocorrer, eventualmente, 4 classes. Os valores dessas classes = vão de 2Ø a 5Ø, ou de 1Ø a 5Ø. É justamente nas amostras desse= grupo que as classes modais possuem as maiores porcentagens do peso total da amostra.

6.4.- Parâmetros Granulométricos

A análise da distribuição de tamanho aplicada a sedimentos vem sendo utilizada com grande intensidade como instrumento capaz de caracterizar não apenas os ambientes de sedimentação, como também certas variações importantes que neles ocorrem frequentemente. Um grande número de informações obtidas do estudo de sedimentos recentes, demonstra que os parâmetros granulométricos são sensíveis aos ambientes, refletindo as condições de transporte e deposição que neles operam, abrindo um campo extraordinário para a caracterização dos ambientes antigos (Folk e Ward,1957; Mason e Folk,1958; Friedman,1961 e 1967; Folk 1964; Duane,1964; Martins,1965 e 1966; Martins et Al.,1970 ;Moiola e Weiser,1968).

Nosso objetivo , no presente trabalho, através do= método de Folk e Ward (1957), é caracterizar os sedimentos recentes do Rio Grande e, pelo estudo dos seus parâmetros granulométricos, estabelecer as variações que ocorrem dentro do = próprio rio de acordo com seu regime, sua competência e a = morfologia do canal. De acordo com o regime do rio, que acompanha as variações sazonais, o aumento do volume de água produz uma flutuação da competência, especialmente nas zonas de quedas d'água e nas "praias" de enchente, de sorte que os sedimentos aí depositados refletem condições diferentes daquelas que ocorrem na calha e nas margens submersas e rasas.E os parâmetros derivados desses sedimentos podem não só caracterizar cada um desses locais, como evidenciá-los nos seus confrontos.

6.4.1.- Tamanho Médio (Mz)

Os valores de Mz foram reunidos em quatro = grupos, correspondentes à calha, zonas de quedas d'água,"praias" de enchente e margem.

6.4.1.1.-Calha

O Tamanho Médio das amostras de calha= (Tab.3) varia de -0,93Ø a 1,64Ø. De acordo com a escala de Wentworth, o sedimento pode ser classificado como areia muito grossa a média. Colocados em gráfico linear (Fig. 13A), os valores de Mz mostram-se muito aproximados e com um valor médio de 0,63Ø, correspondente a areia grossa. As variações que se= observam podem ser explicadas pelas variações hidrodinâmicas= locais, uma vez que a amostragem foi feita em diversas profundidades e águas de velocidades diferentes.

6.4.1.2.- Zonas de Quedas D'água

Os valores de Mz,neste caso (Tab. 3), variam de -0,56Ø a 2,48Ø podendo o sedimento ser classificado como areia muito grossa a areia fina. A média é igual a 0,78Ø, corresponde a areia grossa. A variação aí observada (Fig.13B),

considerando-se os valores extremos e o valor médio, é maior= em relação à calha, estando de acordo com a própria variação= de energia que se processa nesse local.

6.4.1.3.- "Praias" de Enchente

Os valores de Mz do sedimento de "praia" de enchente (Tab.3) variam de 1,38Ø a 3,09Ø, podendo ser classificado como areia média a muito fina. Colocados em gráfico= linear (Fig. 13C), nota-se uma pequena variação em relação ao valor médio que é de 2,10Ø e correspondente a areia fina. A variação que se observa é, contudo, sensivelmente menor do = que a registrada na calha e nas zonas de quedas d'água.

6.4.1.4.- Margem

O sedimento de margem possui valores de = Mz (Tab. 3) compreendidos entre 2,33Ø e 3,30Ø, podendo ser classificado como areia fina a muito fina. O valor médio é de 2,95Ø, correspondente a areia muito fina. Esses valores não apresentam, praticamente, variação alguma (Fig. 13D), refle - tindo local de baixa competência e de pequena flutuação da competência.

6.4.2.- Desvio Padrão ($\sqrt{I}$)

Os valores de $\sqrt{I}$, determinados para cada um dos locais, mostram-se distintivos, variando a partir de lo - cais de maior turbulência para os de menor energia.

6.4.2.1.- Calha

Os valores de $\sqrt{I}$, nesse caso (Tab.3), variam de 1,406 a 0,417, correpondente a sedimento desde pobremente selecionado a bem selecionado. O valor médio é igual a 0,88, podendo ser classificado, de acordo com Folk e Ward (1957) como moderadamente selecionado.

Lançados em gráfico linear (Fig.14A) os

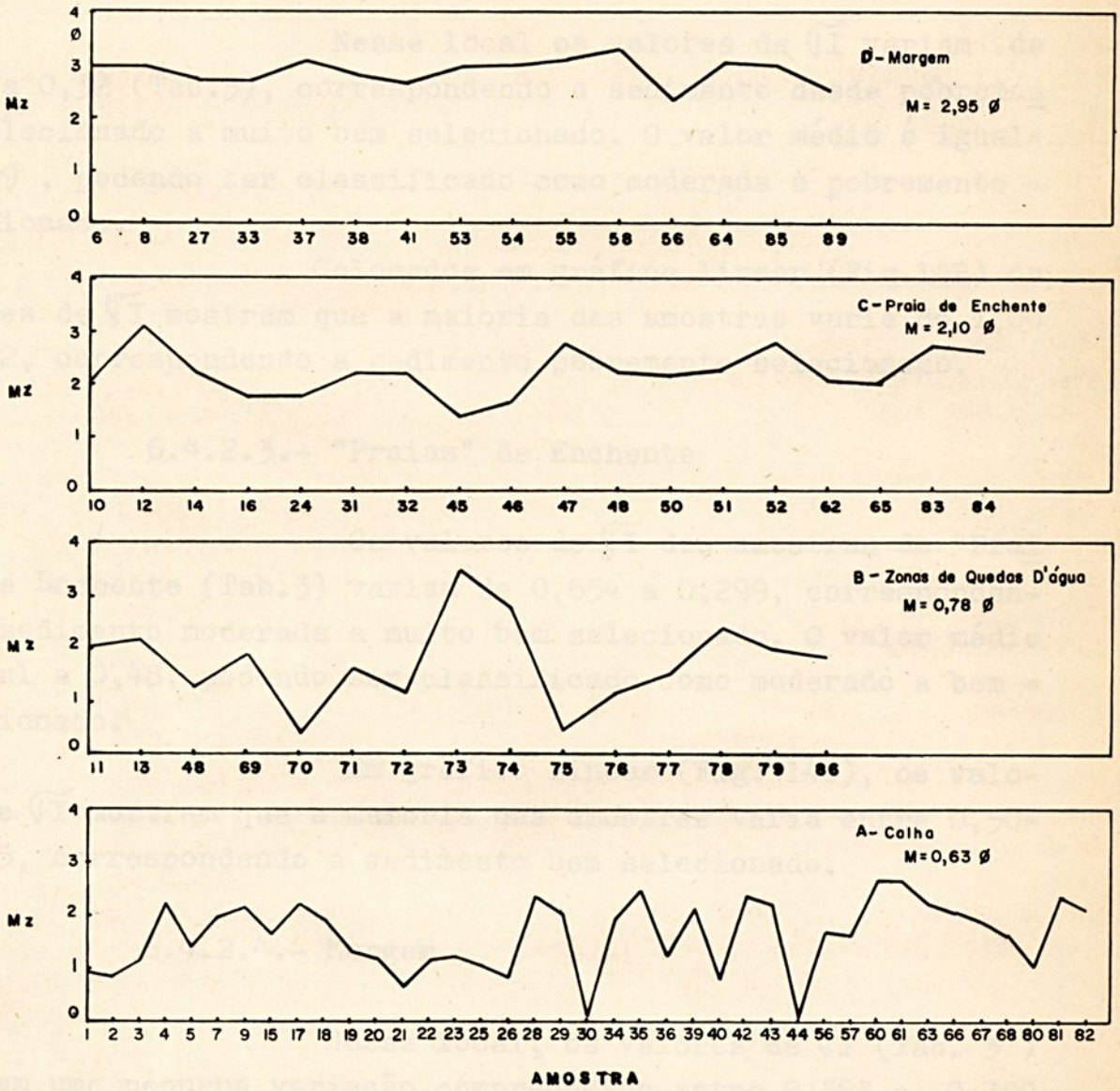


Fig. 13 — Distribuição linear de Mz ao longo do Rio Grande mostrando limites mais amplos de variação para as zonas de quedas dágua e mais baixos para a margem

valores de $\sqrt{I}$ mostram que a maioria das amostras, nesse local, varia de 0,60 a 1,00, correspondendo a sedimento moderadamente selecionado.

6.4.2.2.- Zonas de Quedas D'água

Nesse local os valores de $\sqrt{I}$ variam de 1,32 a 0,32 (Tab.3), correspondendo a sedimento desde pobremente selecionado a muito bem selecionado. O valor médio é igual a 0,99 , podendo ser classificado como moderada a pobremente selecionado.

Colocados em gráfico linear (Fig.14B) os valores de $\sqrt{I}$ mostram que a maioria das amostras varia de 1,00 a 1,32, correspondendo a sedimento pobremente selecionado.

6.4.2.3.- "Praias" de Enchente

Os valores de $\sqrt{I}$ das amostras de "Praias" de Enchente (Tab.3) variam de 0,654 a 0,299, correspondendo a sedimento moderada a muito bem selecionado. O valor médio é igual a 0,48, podendo ser classificado como moderado a bem selecionado.

Em gráfico linear (Fig. 14C), os valores de $\sqrt{I}$ mostram que a maioria das amostras varia entre 0,50 a 0,35, correspondendo a sedimento bem selecionado.

6.4.2.4.- Margem

Nesse local, os valores de $\sqrt{I}$ (Tab. 3) possuem uma pequena variação compreendida entre 0,563 a 0,357, correspondendo a sedimento moderadamente selecionado e bem selecionado. O valor médio é igual a 0,41. Contudo, quando colocados em gráfico linear (Fig. 14D) os valores de $\sqrt{I}$ mostram que a maioria absoluta das amostras varia em torno do valor de 0,40, correspondendo a sedimento bem selecionado.

Verifica-se, dessa forma que, onde a flutuação da competência é maior, mais altos são os valores médios do Desvio Padrão, indicando baixo grau de seleção.

6.4.3.- Assimetria (S_{KI})

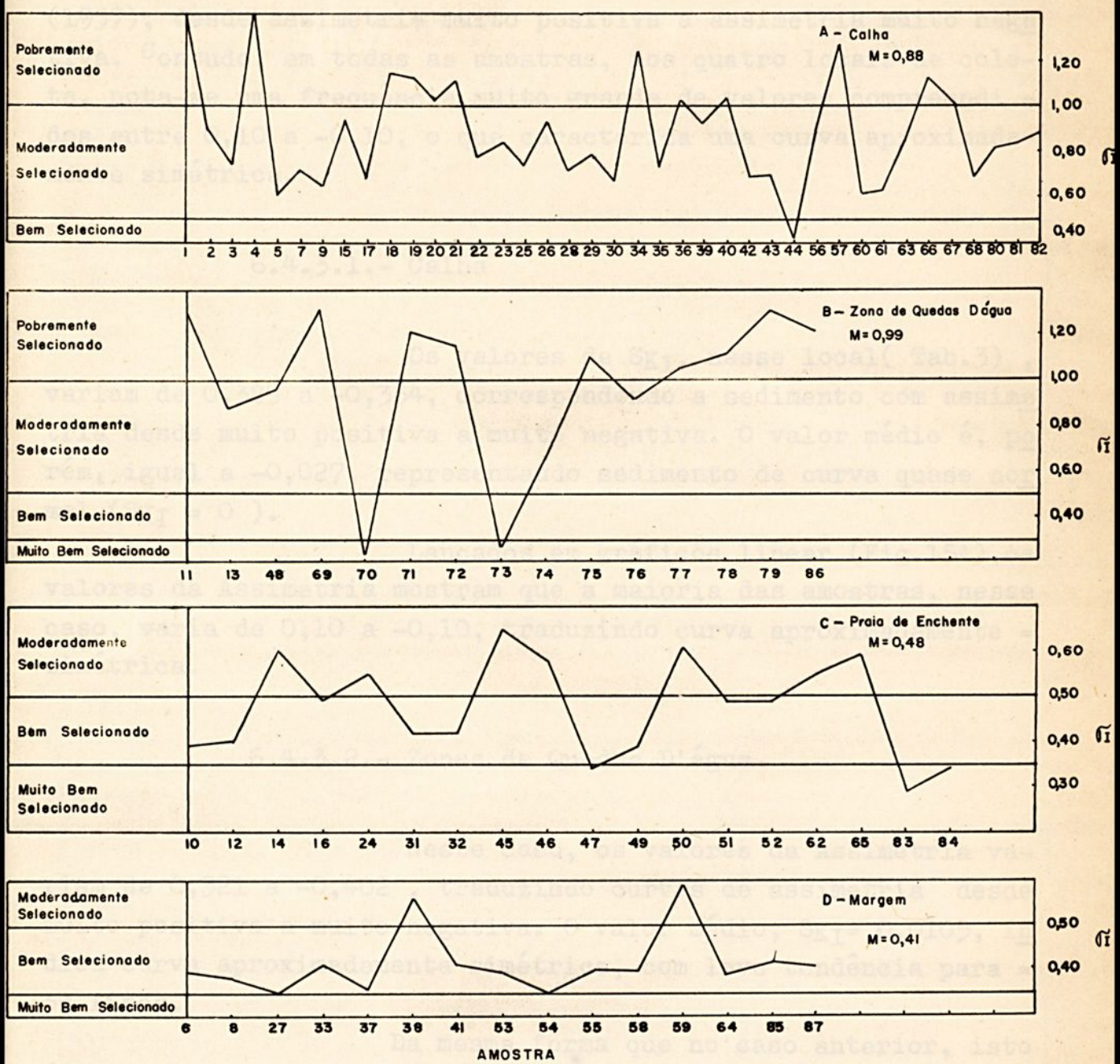


Fig. 14 – Distribuição linear de σ_I ao longo do Rio Grande mostrando limites de variação mais amplos para as zonas de quedas e mais baixos para a margem

Os valores da Assimetria, em geral, variam de um máximo de 0,40 para um mínimo de -0,40, isto é, segundo Folk e Ward (1957), desde assimetria muito positiva a assimetria muito negativa. Contudo, em todas as amostras, nos quatro locais de coleta, nota-se uma frequência muito grande de valores compreendidos entre 0,10 a -0,10, o que caracteriza uma curva aproximadamente simétrica.

6.4.3.1.- Calha

Os valores de S_{K_I}, nesse local(Tab.3) , variam de 0,389 a -0,354, correspondendo a sedimento com assimetria desde muito positiva a muito negativa. O valor médio é, porém, igual a -0,027, representando sedimento de curva quase normal ($S_{K_I} = 0$).

Lançados em gráficos linear (Fig.15A),os valores da Assimetria mostram que a maioria das amostras, nesse caso, varia de 0,10 a -0,10, traduzindo curva aproximadamente = simétrica.

6.4.3.2.- Zonas de Quedas D'água

Neste caso, os valores da Assimetria variam de 0,321 a -0,402 , traduzindo curvas de assimetria desde muito positiva a muito negativa. O valor médio, S_{K_I}= 0,0105, indica curva aproximadamente simétrica, com leve tendência para = os finos.

Da mesma forma que no caso anterior, isto é , na calha, a maior parte das amostras de Zonas de Quedas possui curvas aproximadamente simétricas (Fig. 15B).

6.4.3.3.- "Praias" de Enchente

Nas "praias" de enchente, a Assimetria= pode ser tanto positiva, quanto negativa. Seus valores variam = desde 0,281 a-0,165 (Tab.3), traduzindo curvas com assimetria = desde positiva a negativa. O valor médio é 0,048, correspondendo a sedimento com curva aproximadamente simértica.

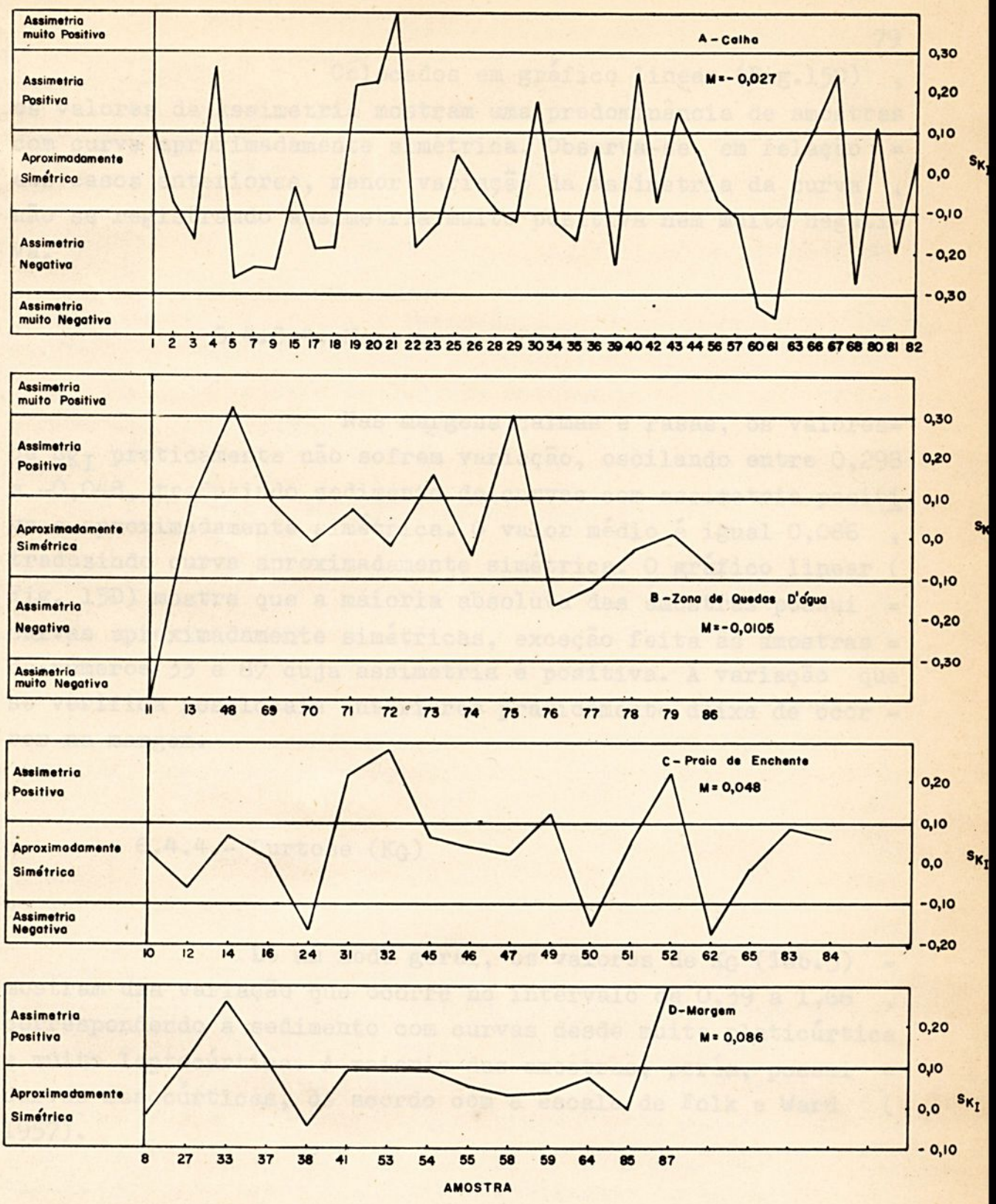


Fig. 15 — Distribuição linear de S_{KI} ao longo do Rio Grande mostrando limites mais amplos de variação para a calha e mais baixos para a margem

Colocados em gráfico linear (Fig.15C) , os valores da Assimetria mostram uma predominância de amostras com curva aproximadamente simétrica. Observa-se, em relação = aos casos anteriores, menor variação da assimetria da curva , não se registrando assimetria muito positiva nem muito negativa.

6.4.3.4.-Margem

Nas margens calmas e rasas, os valores= de S_{K_I} praticamente não sofrem variação, oscilando entre 0,298 a -0,048, traduzindo sedimento de curvas com assimetria positiva e aproximadamente simétrica. O valor médio é igual 0,086 , traduzindo curva aproximadamente simétrica. O gráfico linear (Fig. 15D) mostra que a maioria absoluta das amostras possui = curvas aproximadamente simétricas, exceção feita às amostras = de números 33 e 87 cuja assimetria é positiva. A variação que se verifica nos locais anteriores praticamente deixa de ocorrer na margem.

6.4.4.- Curtose (K_G)

De um modo geral, os valores de K_G (Tab.3) = mostram uma variação que ocorre no intervalo de 0,39 a 1,66 , correspondendo a sedimento com curvas desde muito platicúrtica a muito leptocúrtica. A maioria das amostras, porém, possui = curvas mesocúrticas, de acordo com a escala de Folk e Ward (1957).

6.4.4.1.- Calha

As amostras de calha possuem valores de Curtose desde 0,743 a 1,267, com curvas desde muito platicúrticas a leptocúrticas. O valor médio é K_G= 0,98, correspondendo= a curva mesocúrtica. Colocados em gráfico linear (Fig. 16A) , mostram predominância de amostras com curvas platicúrticas e ,

secundariamente, mesocúrticas.

6.4.4.2.- Zonas de Quedas D'água

Neste local, as variações da Curtose= abrangem o intervalo de 1,199 a 0,390, caracterizando curvas= desde muito platicúrtica a leptocúrtica. O valor médio é igual a 0,83, traduzindo curva platicúrtica. Em gráfico linear (Fig. 16B), os valores da Curtose mostram predominância de = curvas platicúrticas e mesocúrticas.

6.4.4.3.- "Praias" de Enchente

A variação neste local é de 1,664 a 0,909, traduzindo curvas desde muito leptocúrtica a mesocúrtica. O valor médio é igual a 1,19, caracterizando curva leptocúrtica. Em gráfico linear (Fig. 16C), as amostras revelam uma predominância de curvas mesocúrtica a leptocúrtica, não ocorrendo, como nos casos anteriores, curvas platicúrticas.

6.4.4.4.- Margem

A Curtose não apresenta, neste caso , valores muito variáveis, oscilando entre 1,479 a 0,991, indicando curvas leptocúrtica e mesocúrtica apenas. O valor médio é igual a 1,11, traduzindo curva mesocúrtica a levemente leptocúrtica. Em gráfico linear (Fig. 16D), verifica-se que a maioria das amostras possui curva mesocúrtica, não se registrando curvas platicúrticas ou mesmo muito leptocúrticas . A tendência da variação é inversa à registrada na calha e zonas de quedas d'água onde as curvas podem apresentar um achatamento muito acentuado.

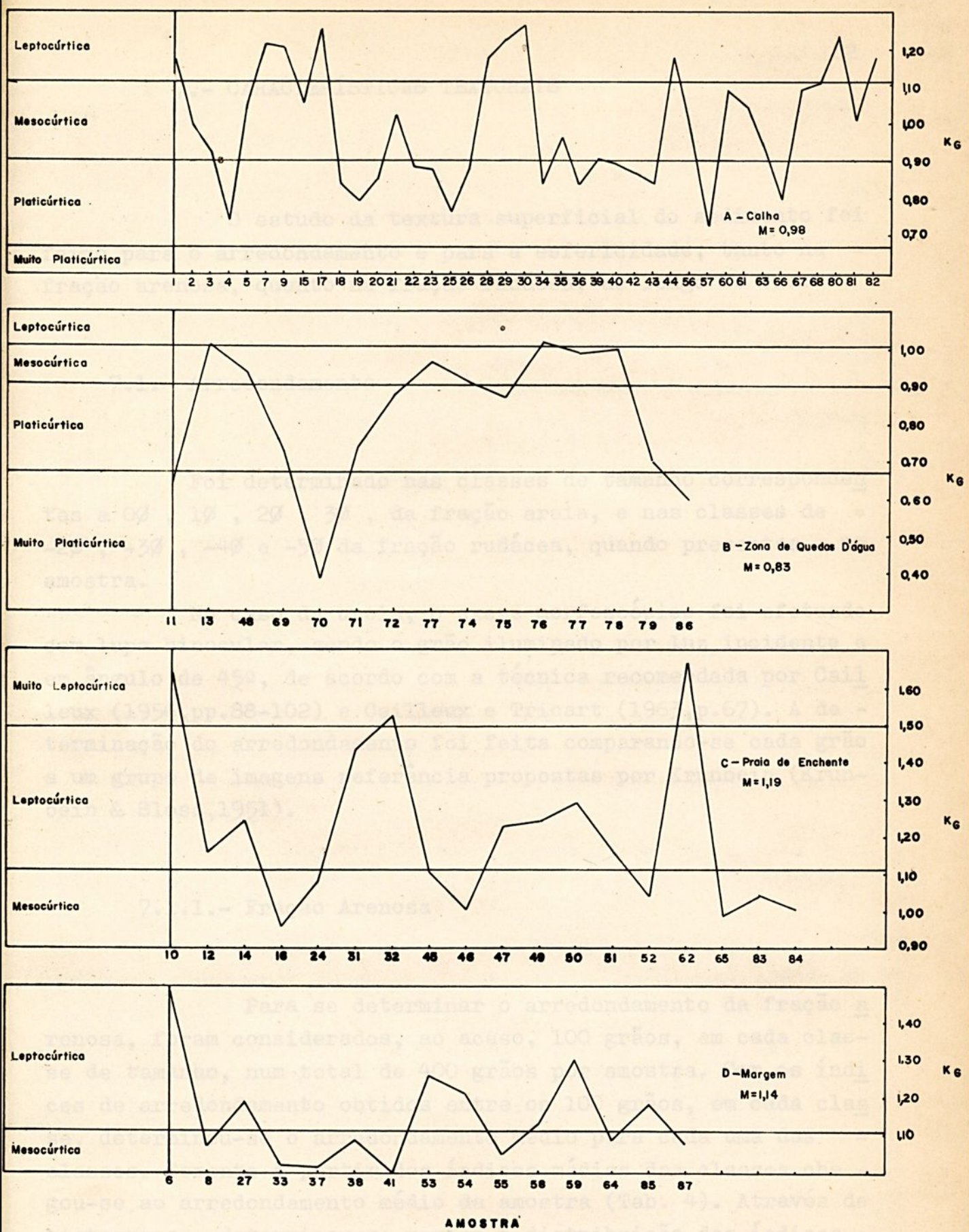


Fig. 16 – Distribuição linear de Ke ao longo do Rio Grande mostrando limites mais amplos de variação para as zonas de quedas dágua e mais baixos para a margem

7.- CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS

O estudo da textura superficial do sedimento foi feito para o arredondamento e para a esfericidade, tanto na fração arenosa, quanto na fração rudácea, ao longo do rio.

7.1.- Arredondamento

Foi determinado nas classes de tamanho correspondentes a 0Ø , 1Ø , 2Ø , 3Ø , da fração areia, e nas classes de -2Ø , -3Ø , -4Ø e -5Ø da fração rudácea, quando presentes na amostra.

No caso da areia, o exame morfoscópico foi efetuado com lupa binocular, sendo o grão iluminado por luz incidente e em ângulo de 45º, de acordo com a técnica recomendada por Cailleux (1956,pp.88-102) e Cailleux e Tricart (1963,p.67). A determinação do arredondamento foi feita comparando-se cada grão a um grupo de imagens referência propostas por Krunbein (Krunbein & Sloss,1951).

7.1.1.- Fração Arenosa

Para se determinar o arredondamento da fração arenosa, foram considerados, ao acaso, 100 grãos, em cada classe de tamanho, num total de 400 grãos por amostra. Com os índices de arredondamento obtidos entre os 100 grãos, em cada classe, determinou-se o arredondamento médio para cada uma das classes. Somente a partir dos índices médios das classes chegou-se ao arredondamento médio da amostra (Tab. 4). Através de histogramas, determinou-se também a distribuição dos índices de arredondamento, nas quatro classes, bem como as respectivas curvas cumuladas (Fig. 17).

A análise dos histogramas e das curvas cumulativas mostra que o arredondamento é maior quanto maior o tamanho

da partícula. Os valores medianos, das classes de tamanho consi deradas são os seguintes:

Classe de 0Ø - Arredondamento igual a 0,45
Classe de 1Ø - Arredondamento igual a 0,41
Classe de 2Ø - Arredondamento igual a 0,36
Classe de 3Ø - Arredondamento igual a 0,38

Os histogramas revelam também um aumento relativo do arredondamento nas classes de tamanho de 2Ø e 3Ø, referente= aos índices 0,7 , 0,8 , 0,9. Este fato se deve à presença, nestas classes de tamanho, de grãos bem arredondados, de brilho = fosco e alveolados, possuindo uma película de óxido de ferro re vestindo os alvéolos maiores.

7.1.2.- Fração Rudácea

O arredondamento da fração rudácea foi medido = tomando-se um total de 1300 seixos. Separando-se os seixos de cada uma das classes de tamanho, determinou-se as porcenta - gens dos diferentes índices de arredondamento. Com esses índices foram construidas curvas cumulativas e determinado o índice médio de arredondamento dessas classes. A partir desses índices extraidos das curvas cumulativas, chegou-se ao arredonda mento médio de cada amostra (Tab.5).

Comparando-se esses índices médios entre si, ve rifica-se que quanto maior é a classe de tamanho, maior é o ar redondamento. Em outras palavras, como acentuaram Krunbein (1942) e Pettijohn (1957,p.63), quanto maior é o seixo, melhor= é o seu arredondamento.Conclusões idênticas são apontadas por Arid e Barcha (1971) para a fase rudácea da Formação Rio Grande.

7.2.- Esfericidade

Foi feita para as classes de 0Ø , 1Ø , 2Ø e 3Ø da fração areia, comparando-se cada grão a um grupo de imagens re ferências (Krunbein & Sloss,1951).

Tab. 4- Arredondamento médio das classes de tamanho através do qual se obteve o arredondamento médio de cada amostra da fração areia.

Amostra	0 Ø	1 Ø	2 Ø	3 Ø	Média
1	0,50	0,40	0,40	0,50	0,40
2	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50
3	0,50	0,50	0,30	-	0,40
4	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40
5	0,60	0,50	0,70	0,50	0,60
6	0,50	0,40	0,30	--	0,40
7	0,50	0,40	0,30	-	0,40
8	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40
9	0,50	0,50	0,30	0,40	0,40
10	0,50	0,40	0,40	0,40	0,40
11	0,50	0,50	0,50	0,40	0,50
13	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40
14	-	0,40	0,40	0,40	0,40
15	0,50	0,40	0,30	0,40	0,40
16	-	0,40	0,30	0,40	0,40
17	0,50	0,50	0,40	-	0,40
22	0,50	0,40	0,30	-	0,40
38	-	-	0,40	0,40	0,40
39	0,50	0,40	0,30	-	0,40
40	0,50	0,40	0,30	-	0,40
41	-	-	-	0,40	0,40
45	-	0,40	0,40	0,50	0,40
46	-	0,40	0,40	0,50	0,40
47	-	0,50	0,50	0,50	0,50
48	0,50	0,40	0,50	0,40	0,40
49	0,50	0,40	0,30	0,40	0,40
50	-	0,50	-	0,40	0,40
51	-	-	0,40	0,50	0,40
56	0,40	0,50	0,40	0,50	0,40
58	0,50	0,40	0,30	0,50	0,40
73	-	-	0,40	0,40	0,40
76	0,50	0,50	0,40	-	0,40

Tab. 4 - (Cont.)

Amostra	0 Ø	1 Ø	2 Ø	3 Ø	Média
80	0,50	0,50	0,30	-	0,40
81	0,60	0,50	0,30	-	0,40
82	0,60	0,40	0,30	0,40	0,40
84	-	-	0,30	0,30	0,30
85	-	-	-	0,40	0,40
87	-	-	-	0,30	0,30
Média Geral					0,40

Tab. 5 - Arredondamento médio das classes de tamanho com o qual se obteve o arredondamento médio das amostras da fração rudácea.

Amostra	Classe de Tamanho (mm)					Média
	2-4	4-8	8-16	16-32	32-64	
Cach. Junqueira	0,55	0,57	0,63	-	-	0,583
Usina Colômbia	0,56	0,66	0,67	0,83	0,85	0,710
Porto Colômbia	0,63	0,57	0,65	0,83	0,76	0,688
Ilha Periquitos	0,55	0,67	0,67	0,65	-	0,635
Ilha Pálida	0,43	0,62	0,74	0,73	0,77	0,658
Cach.Marimbondo	0,52	0,60	0,62	0,69	0,77	0,640
Porto S. Luis	0,51	0,57	0,63	0,79	-	0,625
Cach. A.Vermelha	0,62	0,58	0,72	0,72	-	0,660
Cach. A.Vermelha	0,56	0,65	0,86	0,66	0,88	0,722
Cach. da Onça	0,65	0,57	0,62	-	-	0,610
Média	0,558	0,559	0,681	0,737	0,786	0,664

7.2.1.- Fração Arenosa

De cada classe de tamanho foram tomados 100 = grãos ao acaso, num total de 400 por amostra. Com os índices= de esfericidade, para cada classe, foram construidos histogra mas e curvas cumulativas (Fig. 18).

Nos histogramas, o número de índices de esfe- ricidade varia, havendo maior variação nas classes de menor = tamanho. A moda, situada entre 0,80 e 0,90, pode representar= até 84% do total. A mediana, determinada graficamente, mostra uma esfericidade média alta para o Rio Grande, sendo da ordem de 0,70 a 0,80.

Em cada uma das classes de tamanho, onde a es fericidade foi determinada, nota-se que existe uma relação en tre arredondamento e esfericidade: quanto mais arredondado, = mais esférico é o grão. De um modo geral a esfericidade aumen ta com o diâmetro do grão, sendo maior nas classes de 0Ø e 1Ø onde a moda representa mais que 80% do total.

7.2.2. Fração Rudácea

Nos rudáceos, embora a esfericidade não tenha= merecido tratamento especial, em razão dos objetivos do pró - prio trabalho, pôde-se, porém, observar que também os seixos= mais esféricos são, justamente, os mais arredondados.

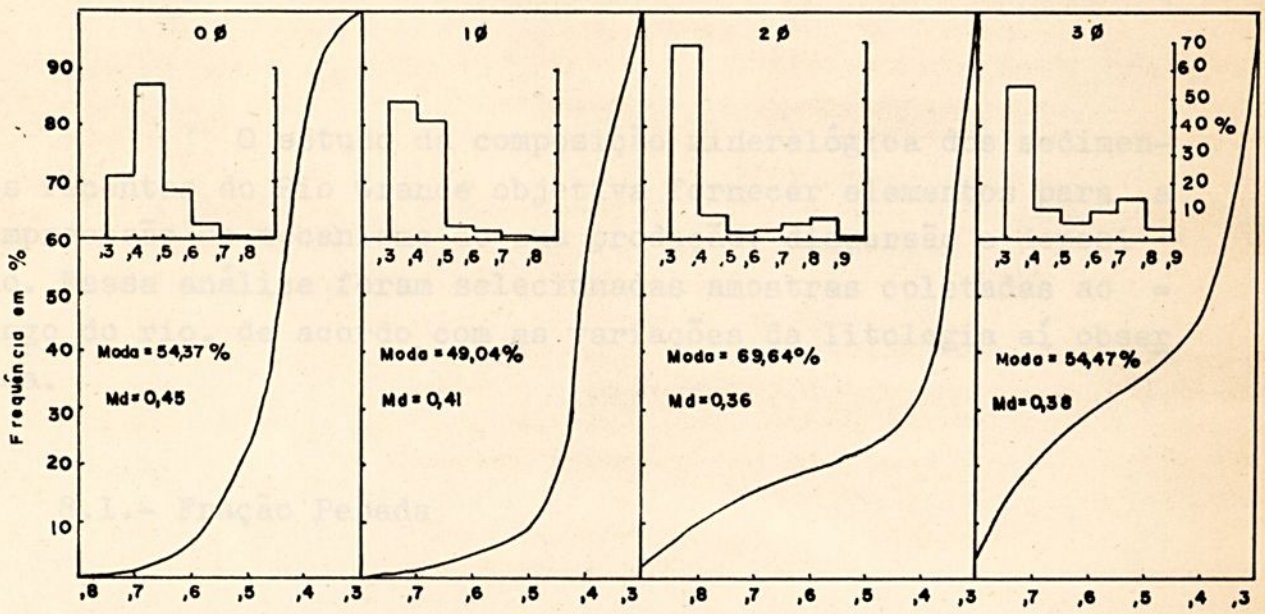


Fig. 17 — Curvas cumulativas e histogramas simples do arredondamento da fração areia do Rio Grande

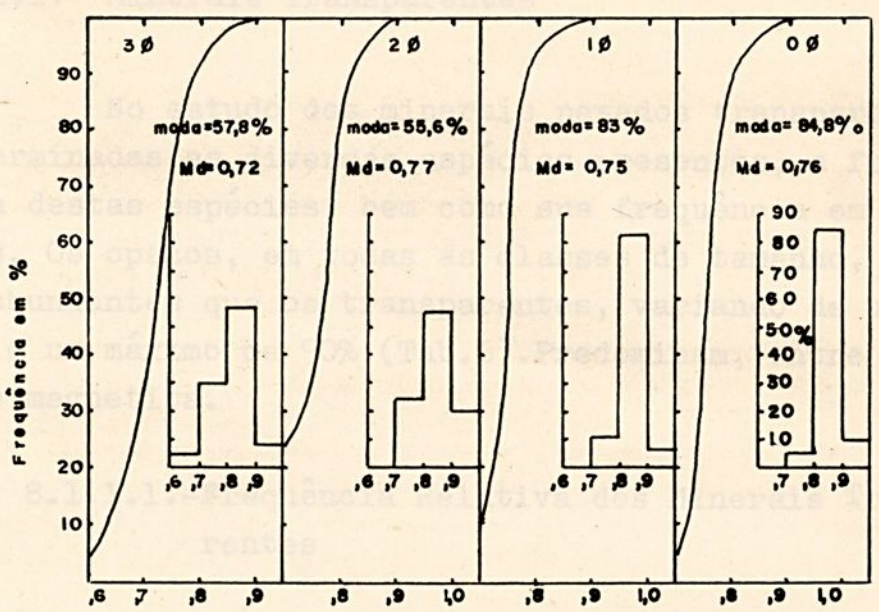


Fig. 18 — Curvas cumulativas e histogramas simples de esfericidade da fração areia do Rio Grande

8.-COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA DO SEDIMENTO

O estudo da composição mineralógica dos sedimentos recentes do Rio Grande objetiva fornecer elementos para a compreensão do mecanismo de sua produção, dispersão e deposição. Nessa análise foram selecionadas amostras coletadas ao longo do rio, de acordo com as variações da litologia aí observada.

8.1.- Fração Pesada

Com bromofórmio foram separadas as frações leve e pesada nas classes de 2Ø, 3Ø e 4Ø, em cada amostra e montadas em lâminas para o exame microscópico.

8.1.1.- Minerais Transparentes

No estudo dos minerais pesados transparentes, foram determinadas as diversas espécies presentes, a frequência relativa destas espécies, bem como sua frequência em relação aos opacos. Os opacos, em todas as classes de tamanho, são sempre mais abundantes que os transparentes, variando de um mínimo de 50% a um máximo de 90% (Tab.6).Predominam, entre eles, a limonita e magnetita.

8.1.1.1.-Frequência Relativa dos Minerais Transparentes

Entre os transparentes, comparecem, em ordem decrescente, nas classes de 2Ø, 3Ø e 4Ø, a cianita, silimanita, estaurolita, hornblenda, granada, turmalina, zircão epidoto, rutilo e titanita. O zircão e o rutilo estão ausentes ou ocorrem com baixa porcentagem nas classes de 2Ø e 3Ø. Contudo, na classe de 4Ø, verifica-se uma predominância do zircão entre os demais transparentes e o rutilo, embora com porcentagem menor, ocorre com expressiva abundância (Tab.7).

Ta.6- Frequência dos Minerais Pesados por Classe de Tamanho

Amostra	1			3			5			7		
Mineral	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø
Granada	7,1	1,3	0,3	7,9	4,1	-	12,7	1,4	0,8	4,8	3,1	0,8
Turmalina	3,2	0,4	0,3	3,9	2,1	-	0,6	0,8	0,4	3,6	4,7	1,3
Cianita	2,6	3,4	1,5	3,9	4,3	-	9,7	2,0	1,0	9,1	10,6	2,0
Estaurolita	6,0	3,0	1,8	7,0	7,4	-	7,2	2,6	1,0	5,1	5,2	3,0
Silimanita	18,0	4,7	0,1	29,6	8,2	-	12,7	4,0	0,4	5,1	3,6	0,8
Hornblenda	2,6	2,4	1,1	3,1	3,4	-	1,2	1,1	0,8	2,0	2,6	2,3
Epidoto	-	0,8	0,6	-	0,5	-	-	-	0,9	-	1,5	2,0
Rutilo	1,3	0,6	1,0	-	1,0	-	-	2,0	0,4	-	1,0	2,0
Zircão	1,3	-	2,5	-	0,8	-	-	0,5	3,0	-	1,0	4,5
Titanita	0,6	0,2	-	-	0,1	-	-	-	-	-	0,5	1,0
Enstatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-
Augita	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	1,5	-
Hiperstênio	-	0,4	-	-	0,6	-	-	-	-	-	0,2	-
Picotita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Topázio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-
Opacos	57,3	82,8	80,0	48,8	67,2	-	55,9	85,6	88,0	70,3	64,0	80,0

Tab. 6 (Cont.)

Amostra	9			11			13			14		
Mineral	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø
Granada	2,1	1,3	1,2	5,0	1,0	0,77	1,9	1,1	1,0	5,3	3,2	1,3
Turmalina	2,5	3,0	0,6	2,8	1,5	3,0	1,3	3,6	0,3	5,8	0,7	2,0
Cianita	8,0	13,4	4,0	10,0	10,9	7,5	9,0	4,2	2,5	7,2	5,0	1,6
Estaurolita	2,5	4,5	4,6	8,9	4,3	5,0	0,6	3,6	0,7	13,4	3,6	2,0
Silimanita	11,8	3,5	0,6	12,9	2,5	2,7	2,6	4,1	1,3	9,6	3,6	2,0
Hornblenda	5,9	4,5	0,9	1,7	1,2	3,6	0,6	2,8	1,0	3,8	5,0	0,72
Epidoto	1,2	2,5	3,7	-	1,2	3,6	-	1,8	1,2	0,9	3,2	1,6
Rutilo	0,4	0,8	2,7	1,7	0,2	1,5	0,6	0,4	1,2	0,9	1,0	2,4
Zircão	-	-	3,7	-	0,2	1,5	-	0,3	5,0	-	0,7	0,87
Titanita	-	-	1,2	0,5	1,7	1,3	-	-	0,4	-	0,3	-
Enstatita	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
Augita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hiperstênio	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
Picotita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Topázio	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opacos	65,6	-	80,0	56,5	74,6	70,0	83,4	79,1	85,0	65,1	73,4	85,0

Tab. 6 (Cont.)

Amostra	22			23			39			45		
Mineral	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø
Granada	4,7	0,9	1,0	4,7	2,3	0,93	3,0	1,5	0,92	7,1	1,2	0,1
Turmalina	3,7	1,8	1,1	4,0	0,5	1,59	1,3	2,7	0,97	1,2	0,4	0,5
Cianita	13,8	6,6	1,7	8,4	3,7	1,8	1,7	6,8	0,97	7,5	3,1	0,4
Estaurolita	0,5	0,9	2,0	6,2	2,5	0,80	4,7	4,0	1,6	7,5	1,4	0,1
Silimanita	11,1	0,9	0,46	7,5	5,0	0,77	11,3	2,1	-	5,0	0,3	0,2
Hornblenda	3,7	6,1	0,54	3,7	2,7	0,6	8,2	1,8	0,92	1,6	0,4	0,2
Epidoto	-	1,4	2,1	0,3	1,3	0,65	1,3	2,0	0,92	1,6	0,1	0,2
Rutilo	-	0,0	2,0	0,3	0,5	1,12	0,4	0,5	2,2	1,6	1,4	2,7
Zircão	-	0,4	3,4	0,3	-	2,3	-	0,1	11,1	-	0,8	8,7
Titanita	1,0	0,4	0,46	-	0,2	0,1	-	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1
Enstatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hiperstênio	-	-	-	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-
Picotita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Topázio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Opacos	53,0	80,6	85,0	64,3	81,1	90,0	65,1	80	80	66,5	90,6	84

Tab. 6 (Cont.)

Amostra	47			56			57			76		
Mineral	2ø	3ø (%)	4ø	2ø	3ø (%)	4ø	2ø	3ø (%)	4ø	2ø	3ø (%)	4ø
Granada	6,3	0,4	2,5	2,6	2,0	3,0	6,6	6,0	0,7	4,4	6,0	0,5
Turmalina	1,2	1,0	3,0	2,2	3,5	2,7	2,2	1,8	0,6	1,7	1,8	1,3
Cianita	5,7	3,4	8,0	2,6	4,8	3,3	21,1	10,4	3,3	8,9	6,0	2,6
Estaurolita	10,8	3,6	4,8	4,9	4,2	2,0	3,3	6,4	0,5	2,3	0,4	2,2
Silimanita	20,0	3,0	4,4	7,8	3,7	0,8	9,4	1,6	0,5	21,4	4,2	0,5
Hornblenda	2,5	2,3	1,5	2,1	6,0	2,9	2,2	2,6	1,3	-	3,7	1,2
Epidoto	1,2	2,1	1,3	1,1	2,9	0,9	1,6	2,4	0,4	1,7	2,8	1,2
Rutilo	0,3	1,4	1,7	0,5	0,8	1,4	-	2,0	1,3	-	0,4	2,3
Zircão	-	-	1,7	-	0,6	1,7	2,2	0,2	3,2	-	1,4	2,8
Titanita	-	-	0,9	-	-	0,9	-	0,8	0,8	-	0,4	-
Enstatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hiperstênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Picotita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Topázio	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Opacos	52	82,2	-	76,2	-	80	50,9	65,8	87	59,6	71,9	85

Tab. 6 (Cont.)

Amostra	80			82			83			87		
Mineral	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø	2Ø	3Ø (%)	4Ø
Granada	2,2	-	-	5,0	2,5	0,4	-	-	0,45	-	0,3	1,0
Turmalina	3,7	-	-	1,2	0,7	2,7	-	-	4,2	-	1,5	1,0
Cianita	8,9	16,2	-	7,0	8,3	6,6	-	-	2,2	-	3,0	3,0
Estaurolita	2,9	4,0	-	2,9	2,9	2,7	-	-	1,8	-	-	1,0
Silimanita	14,4	8,0	-	14,2	1,4	0,4	-	-	0,8	-	-	1,6
Hornblenda	2,9	-	-	3,3	4,7	4,8	-	-	7,1	-	5,3	3,1
Epidoto	-	-	-	0,8	2,1	1,6	-	-	1,2	-	1,0	2,0
Rutilo	-	1,3	-	-	0,3	2,2	-	-	0,58	-	0,3	2,0
Zircão	-	-	-	-	-	2,8	-	-	0,90	-	0,3	3,9
Titanita	-	-	-	-	0,3	1,1	-	-	0,45	-	-	0,9
Enstatita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Augita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hiperstênio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Picotita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Topázio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1
Opacos	65	70,5	-	65,6	76,8	74	-	-	80	-	89,3	80

Observa-se também, nessa classe, uma sensível diminuição na = porcentagem de granada, estaurolita, silimanita e cianita, consideradas entre os minerais mais frequentes nas classes de 2Ø e 3Ø.

Outro fato importante é a alta porcentagem com que granada, cianita, silimanita e estaurolita ocorrem nas mesmas frações, nas mesmas amostras, constituindo uma associação presente em todo o curso do rio. A Tab. 8 ilustra a abundância relativa desses minerais transparentes. Pela análise verifica-se que:

1º) Existe uma associação definida que comparece ao longo do rio;

2º A abundância relativa não está condicionada= a província geológica, podendo modificar-se= dentro da mesma província e, às vezes, até = na mesma amostra, em classes de tamanho diferentes;

3º Entre os opacos, a abundância de magnetita = está relacionada a província geológica.

8.1.1.2.- Características dos Minerais Transparentes Mais Frequentes

Tendo em vista que alguns atributos dos minerais pesados constituem importantes guias da origem e dispersão do sedimento, cada mineral transparente foi analisado, considerando-se a cor, a forma e o grau de arredondamento, de acordo com a técnica recomendada por Krunbein e Pettijohn(1938) e Milner (1962).

Cianita: É sempre incolor, representada por formas prismáticas, às vezes extremamente longas. A presença de fraturas transversais ao eixo maior do mineral origina= bordas e cantos acentuados, razão pela qual o melhor índice de arredondamento não vai além de sub-arredondado. São muito frequentes os grãos sub-angulosos e mesmo angulosos. Sua frequência é de 21,1%.

Tab. 7 - Frequência dos Minerais Transparentes por Classe de Tamanho

Mineral	Classe de Tamanho		
	2Ø (%)	3Ø (%)	4Ø (%)
Granada	8,6	13,1	5,2
Turmalina	8,1	6,8	8,7
Cianita	26,7	20,2	16,9
Estaurolita	15,9	16,6	10,4
Silimanita	13,7	31,2	5,1
Hornblenda	13,7	8,2	12,9
Epidoto	6,9	1,8	6,5
Rutilo	3,7	1,4	9,5
Zircão	1,6	0,4	21,5
Titanita	1,1	0,3	3,3

Tab.8- Frequência Relativa dos Minerais Transparentes

Mineral	Frequência (%)
Cianita	21,1
Silimanita	16,46
Estaurolita	14,20
Hornblenda	11,60
Granada	8,96
Turmalina	7,86
Zircão	7,83
Epidoto	5,06
Rutilo	4,86
Titanita	1,56
Outros	0,50

Silimanita : É também incolor, prismática, com alongamento = bastante acentuado do eixo maior. Seu arredondamento varia entre anguloso, sub-anguloso e sub - arredondado. Sua frequência é de 16,46%.

Estaurolita: É um dos minerais mais frequentes do sedimento = estudado. A cor é amarelo-ouro, com acentuado = pleocroismo. De formas irregulares e superfície= coberta por fraturas conchoidais, os grãos são sempre angulosos ou sub-angulosos. Sua frequência é de 14,2%.

Hornblenda: Este mineral ocorre através das variedades castanha, verde e azulada, ora como grãos alongados , terminados em dentes, ora como placas de pequena espessura. O melhor arredondamento ocorre nas formas placóides podendo ser consideradas até como arredondadas. As formas alongadas, via de regra, são angulosas. Ocorre com uma frequência de 11,60%.

Granada : É um mineral bastante comum, notável pelas fraturas do tipo conchoidal o que lhe dá aspecto superficial alveolado. Predomina a variedade rosa e raramente ocorre a incolor. Quanto ao arredondamento, mostra-se predominantemente angulosa e sub-angulosa. Formas sub-arredondadas são raras= e raríssimas as formas arredondadas. Ocorre com= uma frequência de 8,9%.

Turmalina: Ocorre através das variedades alaranjada e castanha, embora a variedade esverdeada tenha sido = também registrada. Quanto à forma, ora é prismática, ora ovóide. Frequentemente, as formas prismáticas aparecem quebradas. A indicolita é raríssima. O arredondamento também varia, sendo, via de regra, mais elevado nas formas esféricas e ovóides. Os grãos prismáticos se mostram sub-arredondados e sub- angulosos, quando quebrados . Sua frequência é de 7,86%.

Rutilo: A cor dominante é a vermelha, embora a variedade castanha e castanho-escura pode ser considerada=

como abundante. Entre estas, a forma é irregular, o mesmo não ocorrendo com a variedade vermelha , onde se registram abundantes formas prismáticas. O arredondamento varia desde grãos angulosos a sub-angulosos, até sub-arredondados e arredondados. Predominam as formas sub-arredondadas. Destaca-se também a frequência elevada de grãos quebrados. Sua frequência é da ordem de 4,86%.

Zircão: Ocorre sempre a variedade incolor, transparente. Formas prismáticas características, biterminadas são encontradas ao lado de formas arredondadas , ovóides, constituindo as formas mais frequentes desse mineral no sedimento. É considerável,no entanto, a frequência das formas quebradas.Sua frequência é de 7,83%.

O Quadro I resume todas as características dos minerais transparentes analisados.

Quadro I - Características dos Minerais Pesados

Mineral	Cor	Forma	Arredondamento
Granada	Róseo Incolor	Irregular	Anguloso Sub-anguloso Sub-arredondado
Turmalina	Castanha	Prismática Ovóide Quebrada	Sub-anguloso Sub-arredondado
	Alaranjada	Prismática Ovóide Quebrada	Sub-anguloso Sub-arredondado Arredondado
Cianita	Incolor	Prismática Quebrada	Anguloso Sub-anguloso Sub-Arredondado
Silimanita	Incolor	Prismatica	Anguloso Sub-anguloso

Quadro I - (Cont.)

Mineral	Cor	Forma	Arredondamento
Estaurolita	Amarelo-Ouro	Irregular	Anguloso Sub-anguloso
Hornblenda	Azul Verde	Placas Alongadas	Anguloso Sub-anguloso Arredondado
	Castanha	Placas Alongadas	Anguloso Sub-arredondado Arredondado
Epidoto	Verde Limão	Irregular	Sub-arredondado Arredondado
Zircão	Incolor	Prismático Ovóide Quebrado	Sub-arredondado Arredondado
Rutilo	Castanha Vermelha	Irregular Prismático	Anguloso Sub-arredondado Arredondado
Topázio	Incolor	Alongado	Sub-arredondado
Titanita	Amarela	Prismático	Anguloso Sub-anguloso

8.2.- Fração Leve

Na fração leve, em todas as classes de tamanho, predominam, absolutamente, grãos de quartzo, com 99% do total. Nas amostras de "praias" de enchente e de margens rasas, a quantidade de mica, Muscovita, é considerável. Os feldspatos estão = ausentes.

8.3.- Litologia da Fração Rudácea

A litologia dos seixos não apresenta grande variedade. Predominam seixos de quartzito, entre os de maior tamanho,

e de quartzo, entre os menores. A frequência de ágatas e calcedônia é, às vezes, muito elevada, possuindo também tamanho avantajado, o mesmo acontecendo com seixos de arenito Botucatu.

É importante assinalar ainda a ocorrência, na fração rudácea, de satélites de diamante, tais como rutilo, topázio, turmalina, hematita, principalmente. Tratam-se de seixos pequenos, associados a sedimentos de calha, constituindo excelentes guias para grande número de garimpeiros existentes ao longo do rio. São explorados diamantes detríticos, além da calha, nos "monchões" secos, que constituem a fase rudácea da Formação Rio Grande. Esses depósitos constituem o sedimento onde a exploração de diamantes se faz, atualmente, com maior intensidade . Por estar sendo cortados pelo rio, deles provem a maior parte dos diamantes explorados nos sedimentos recentes , na calha.

9.- ESTRUTURAS SEDIMENTARES

E estudo das estruturas sedimentares de sedimentos recentes tem oferecido valiosas contribuições para a interpretação de ambientes sedimentares do passado, permitindo o estabelecimento das relações entre os sedimentos e as condições= hidrodinâmicas do meio em que se depositaram. Em vista da crescente importância que esse estudo vem merecendo, o autor procurou, embora não constituisse objetivo primordial do trabalho , levantar, preliminarmente, dados sobre a ocorrência dessas estruturas, sua localização e variabilidade ao longo do trecho examinado. Nesse sentido são oferecidos dados sobre estrutura = maciça, laminação horizontal, estratificação cruzada, estratificação cruzada tabular, estratificação cruzada festonada, marcas ondulares, gretas de ressecamento, não obstante ser o Rio Grande um rio de difícil preservação dos depósitos, dadas as = suas características fluviométricas. A terminologia utilizada= no presente trabalho é baseada nos conceitos de McKee e Weir (1953) e Pettijohn e Potter (1964).

9.1.- Estrtura Maciça

Representa um tipo pouco frequente ao longo do trajeto estudado. A estratificação não é visível, muito embora,estudos com Raio-X, efetuados por outros autores, nas mesmas condições, tenham revelado estratificação de pequena escala. Ocorre às margens do rio, em zonas calmas, de pouca movimentação , em depósitos constituidos predominantemente de areia fina e areia muito fina, com porcentagem razoável de silte-argila, destacando-se a presença de fragmentos de muscovita e relativa abundância de minerais opacos. A mica se concentra especialmente nas classes de tamanho de 1Ø a 2Ø (Foto 14).

9.2.- Laminação Horizontal

BIBLIOTECA

Foto 14 - Laminação horizontal (no topo) em sedimentos finos, de margens, associada a estrutura maciça, na base.

São estruturas que ocorrem associadas a sedimentos finos, especialmente em areia muito fina, mostrando uma alternância de material de granulação e composição diferentes, mas sempre de textura fina. As lâminas são sempre milimétricas , constituindo depósitos de pequena espessura e de curta extensão lateral, estando associados a ambientes de baixa velocidade de deposição (Foto 14).

9.3.- Estratificação Cruzada

A importância da estratificação cruzada está vinculada, sobretudo, ao estudo de sedimentos antigos, especialmente na reconstrução da paleogeografia. O estudo de paleocorrentes tem-se baseado na análise da escala e na variabilidade das unidades cruzadas, onde o rumo e o ângulo de mergulho têm oferecido excelentes guias para a interpretação de sedimentos fluviais do passado.

9.3.1.- Estratificação Cruzada Tabular

É constituida, essencialmente, por estratos inclinados, de superfície plana não curva, cortados por estratos horizontais ou inclinados, sempre planos não curvos (Foto 15). Os estratos inclinados são constituidos por areia grossa a fina e possuem um ângulo de inclinação de aproximadamente 20º , com rumo no mesmo sentido da corrente, mostrando estreitas vinculações com ela. São truncados no topo por estratos horizontais, onde a estratificação não é tão nítida. Predomina areia grossa a média, ocorrendo também seixos de argilito de até 8 cm de diâmetro.

Essas estruturas se registram especialmente nos depósitos de "praias" de enchente, ao longo de todo o rio. Salienta-se a grande abundância de minerais pesados e opacos situados geralmente nos estratos da base, distinguindo bem a estratificação. Associados também às unidades cruzadas inclinadas, ocorrem, com frequência, em quase todas as exposições, seixos de argilito de cor avermelhada, às vezes inclinados em relação à estratificação ou às vezes acompanhando a estratificação

Foto 15 - Estratificação cruzada tabular, mais pronunciada nos estratos inclinados.

9.3.2.- Estratificação Cruzada Festonada

Compreende um conjunto de unidades curvas, geralmente côncavas para cima, medindo de 40 a 50 cm de comprimento, por 10 a 15 cm de espessura. Predominam sedimentos = grosseiros, com areia grossa na base do pacote, havendo diminuição do tamanho do grão para o topo. Verifica-se também que os estratos diminuem de comprimento e espessura, acompanhando a diminuição do tamanho do grão, da base para o topo do pacote. Percebe-se ainda que um estrato curvo confina-se no centro do lobo do outro estrato e todo o pacote possui uma inclinação suave na direção do fluxo da corrente. Seixos esparços= de argilito aí ocorrem associadamente, formando um conglomerado ou um arenito conglomerático.

Esse tipo de estratificação é comum e bem distinto nos depósitos que se formam durante as inundações. Observa-se que estas estruturas se devem à deposição de sedimentos devido às correntes marginais originadas especialmente na época das grandes enchentes (Foto 16)

Foto 16 - Estratificação cruzada festonada, constituida por unidades curvas, devido a correntes marginais, formadas especialmente na época de enchente.

9.3.3.- Estratificação Cruzada por Migração de Marcas Ondulares (Ripple-Marks Cross Lamination)

É uma estrtura não muito frequente. Ocorre associada a areia fina, com estrutura laminada ondulada de pequena escala. Mostra feição geral intercruzada, em virtude da migração de marcas ondulares, estando as lâminas onduladas truncadas no topo (Foto 17).

Foto 17 - Estratificação cruzada por migração de marcas ondulares de pequena escala.

9.4.- Marcas Ondulares

São estrturas muito frequentes, com eixos aproximadamente perpendiculares às correntes marginais e a elas diretamente vinculadas. Apresentam-se leve a acentuadamente assimétricas, de cristas levemente arredondadas, de amplitude não superior a 2 cm e de comprimento de onda variável entre 8 a 10 = cm. Os índices aproximados variam em torno de 4 a 5. Estas marcas ondulares estão associadas ora a areia fina, ora a areia = muito fina, em margens de pequena profundidade e de baixa energia (Fotos 18 e 19).

Foto 18 - Marcas ondulares (vista de cima) em sedimentos finos de margem, cobertas por fina camada e água.

Foto 19 - Marcas ondulares assimétricas, de pequena escala, em depósitos de "Praia" de enchente.

9.5.- Gretas de Ressecamento

São marcas de pequena expressão, ocorrendo ligadas= apenas a sedimentos finos de planícies de inundação. Geralmente de forma poligonal bem definida, de diâmetro maior não superior a 20 cm e espessura não superior a 3 cm, sendo porém,mais finas. As mais finas mostram acentuado enrolamento dos seus = bordos. Sua origem está ligada aos períodos de inundação, quando as águas do rio aumentando seu volume, alcançam as planícies e com o recuo seguido da evaporação, no período da vazante, permitem a deposição do sedimento fino e seu consequente ressecamento e fraturamento. Sua pequena espessura pode ser explicada pela pequena profundidade dos corpos de água e pela pequena espessura do sedimento depositado nas planícies. Petri e Fúlfaro (1965,p.20) e Neal et al.(1968,pp. 70-71), chamam a atenção para esta relação entre espessura destas marcas, profundidade= do corpo de água e a espessura do sedimento depositado mostrando que, quanto mais espessa é a camada sedimentar, formada nestas condições, mais profundas são as gretas (Foto 20).

Foto 20 - Gretas de ressecamento, de pequena espessura, de = forma poligonal, ligadas a siltitos-argilitos de planície de inundação.

9.6.- Conglomerado de Seixos de Argilito

Embora compareçam em alguns locais ao longo do rio, observou-se, especialmente na área da Cachoeira do Marimbondo, depósitos arenosos, com estratificação cruzada contendo seixos de argilito. Nos pontos onde a frequência desses seixos é maior, o depósito assume aspecto de um verdadeiro conglomerado de seixos de argilito, do tipo já descrito por Arid (1967). Essas estruturas foram denunciadas por vários autores como conglomerado de pelotas de argila(McKee, 1954,p.45); conglomerado de seixos de argila, bolas ou inclusões de argila (Pettijohn, 1957 , p. 281; Twenhofel,1950,p. 593). Preferimos optar por conglomerado de seixos de argilito,como Arid (op. cit.), em virtude da origem dos seixos estar ligada a material argiloso, endurecido anteriormente, formando leitos argilíticos, cujos fragmentos são destacados, transportados a maior ou menor distâncias. Desta forma, os seixos podem ser bem arredondados e acompanhar ou não a estratificação cruzada. Esses seixos ocorrem em matriz arenosa muito grosseira sendo, às vezes, sub-arredondados,com diâmetro até 8 cm (Foto 21). Sua origem, como acentuaram Williams (1966,pp.576-577) e Arid (1967), está relacionada a processos erosivos em leitos argilíticos que ocorrem a pequenas distâncias rio acima, durante épocas de inundação. Os fragmentos erodidos são, posteriormente, carregados rio abaixo, incorporando-se à areia e com ela depositando-se (foto 22).

Foto 21 - Conglomerado de seixos de argilito, destacando-se a presença de grandes seixos, sub-arredondados.

Foto 22 - Camada de argilito formada pelo rio, em épocas de enchente. Os fragmentos vão constituir, mais abaixo, conglomerado de seixos de argilito.

Considerando a análise granulométrica, procurou-se estabelecer as condições de sedimentação, bem como a bimodalidade do sedimento e a variação dos parâmetros granulométricos através dos locais considerados. Foi feito também estudo dos confrontos desses parâmetros e a determinação dos mais sensíveis às variações das características fluviométricas ao longo do rio; da variação textural do grão durante o transporte e sobre a origem do sedimento fornecido ao rio.

10.1.- Sedimentação e Padrão de Canal

De acordo com as caractrísticas climáticas, predomina em toda a Bacia do Rio Grande um clima tropical quente e com chuvas abundantes. Isoietas de 1000 a 2000 mm anuais caracterizam a área, possibilitando ao rio um suprimento de umidade muito maior do que o fornecido na maior porção das áreas mundiais de mesma latitude(Strahler, 1968).

O fato de nascer numa região de mais de 1000 m de altitude, no que é acompanhado pelos seus principais tributários, o Rio Grande desenvolve um curso com uma declividade de mil metros, entalhando seu leito em rochas duras, de natureza cristalina. Isto lhe permite uma drenagem relativamente rápida de toda a água que cai na Bacia, mesmo nas épocas de intensa pluviosidade. Pouca água chega a abandonar o canal e estender-se pelas margens. Na verdade, apenas nos estirões calmos onde o rio constrói pequenas planícies de enchente isso acontece . Nos demais trechos, mesmo nos períodos chuvosos, as águas não abandonam o leito, embora a secção transversal molhada se modifique bastante, em função do encaixamento do rio, aumentando sua vazão e atuando mais poderosamente no próprio leito, ajustando seu padrão de canal.

O padrão de canal do Rio Grande se aproxima muito do reto-irregular (Schumm, 1963), não obstante sua corrente as

sumir aspecto anastomosado nas regiões de cachoeiras e corredeiras. Mesmo sendo considerado como reto-irregular, este padrão exibe certos aspectos relacionados ao padrão meandrante: trechos em corredeira, seguidos de trechos calmos e mais profundos, repetem-se, ao longo do rio, de maneira quase que periódica. Seu leito pode ser visualizado como ondulado, alternando-se locais mais profundos e locais mais rasos, ao longo do seu percurso . Considerando que os locais mais rasos e os mais profundos estão associados também com as curvas de um meandro, onde existe uma tendência natural de erodir o lado côncavo, é possível, como acentuaram Leopold et Al.(1964,p.203), que o mecanismo que cria a meandração esteja presente também no padrão de canal reto. Em relação ao Rio Grande, nota-se que seu talvegue migra, constantemente, deslocando-se de uma para outra margem, provavelmente= em resposta ao mecanismo acima referido (Fig.19).

Estudos realizados pela Comissão do Rio Mississippi no Rio Mississippi (Fisk,1947 e Mississippi River Commition , 1952), mostraram que o padrão de canal está diretamente relacionado à natureza geológica do canal. Em material arenoso ou mais fino, uma corrente reta tende a desenvolver um padrão meandrante à medida que evolui. Por outro lado, de acordo com Leopold et Al. (Op.Cit.), leitos rochosos, constituidos por material duro e carga heterogênea, são condições propícias ao desenvolvi - mento de um padrão reto, com secção transversal assumindo ora aspecto parabólico, ora uma configuração trapezoidal.

Muito embora a heterogeneidade da carga seja um fator importante na determinação do padrão de canal, o padrão reto-irregular do Rio Grande deve ter sido condicionado, de maneira preponderante, pelo seu leito rochoso, constituido de basalto bastante fraturado. Nele, os fatores responsáveis pela formação de meandros atuariam apenas nas margens, ora erodindo mais uma, ora a outra, permitindo a migração do talvegue e a própria configuração da secção transversal do canal.

Ao encaixamento do leito do rio no basalto se devem o padrão de canal e toda a sedimentação e remobilização dos sedimentos que nele operam. Sendo restritos a uns poucos locais e não atingindo grandes proporções, os depósitos ao longo do Rio Grande, como em rios com suas características, são temporários e sem possibilidades de preservação, sendo remobilizados ,

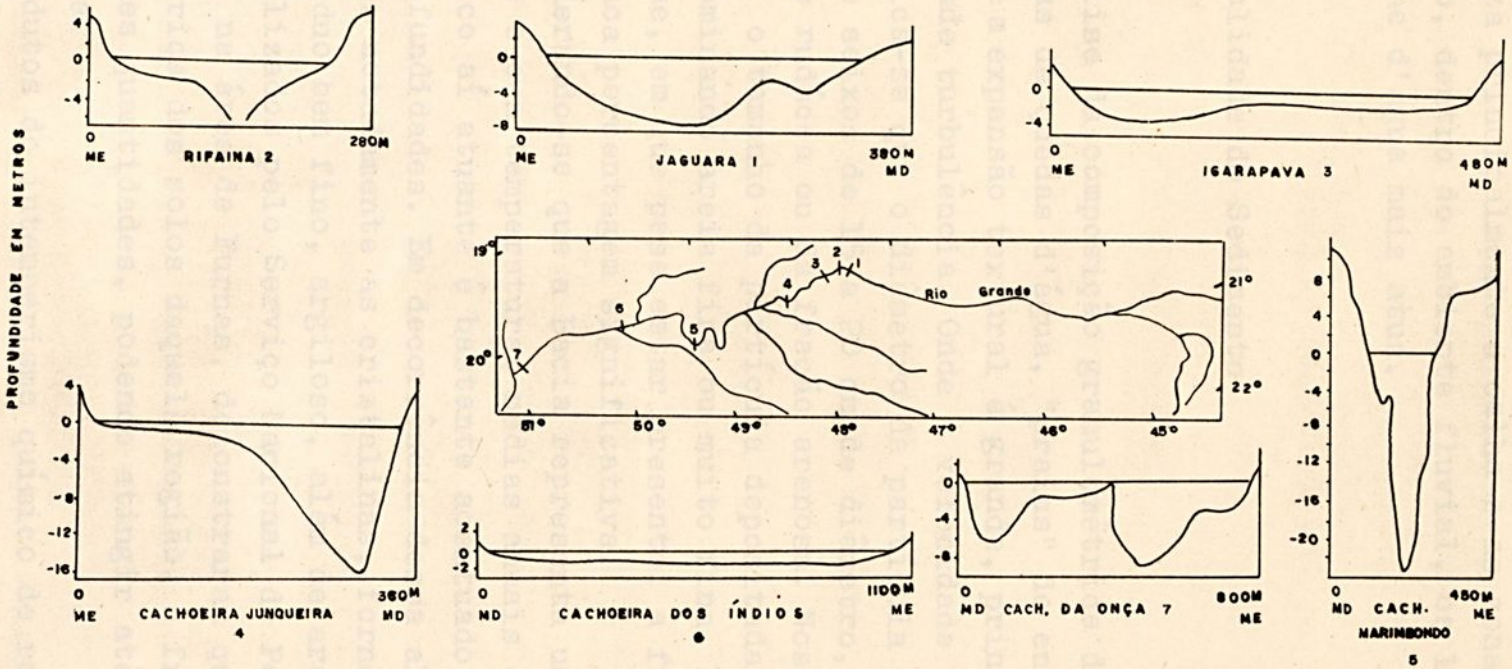


Fig.19 — Secção transversal de diferentes pontos ao longo do Rio Grande (Seg. Comm. Geogr. Geol. — 1913)

pelo próprio rio, nas fases da enchente seguinte. Conclusões idênticas são apontadas por Twenhofel (1950,p.73). Essa remobilização caracteriza principalmente a calha e as zonas de quedas d'água que são, dentro do ambiente fluvial, os locais onde o aumento do volume d'água mais atua.

10.2.- Bimodalidade do Sedimento

A análise da composição granulométrica dos sedimetos de calha, zonas de quedas d'água, "praias" de enchente e margem mostrou que a expansão textural é grande, principalmente nos locais de grande turbulência. Onde a velocidade da corrente te é maior, verifica-se que o diâmetro da partícula depositada= aumenta, ocorrendo seixos de 15 a 20 cm de diâmetro, com predominância da fração rudácea ou da fração arenosa. Nos locais de baixa competência, o tamanho da partícula depositada é sensivelmente menor, predominando areia fina ou muito fina. É interes - sante verificar que, em que pese estar presente, a fração silte não representa nunca porcentagem significativa.

Considerando-se que a Bacia representa uma área bem suprida de umidade e com temperaturas médias anuais elevadas, o intemperismo químico aí atuante é bastante acentuado, podendo atingir grandes profundidades. Em decorrência dessa alteração = química, as rochas, notadamente as cristalinas, fornecem grande quantidade de resíduo bem fino, argiloso, além de areia e cascalho. Estudos realizados pelo Serviço Nacional de Pesquisas Agronômicas (1962), na área de Furnas, demonstraram que na composição granulométrica dos solos daquela região, a fração argila ocorre em grandes quantidades, podendo atingir até 90% do peso total da amostra.

Os produtos do intemperismo químico de rochas cristalinas, nestas condições, como acentuaram Pettijohn (1957) , Baker e Muller (1957, in Mabesoone, 1966) e Mabesoone (1967) são comumente bifásicos, isto é, possuem uma distribuição granulométrica com uma certa carência de classes sílticas e dominando as frações arenosa, rudácea ou argilosa. O quartzo se concen

tra principalmente na areia, enquanto a argila representa o produto final da decomposição dos feldspatos que, nestas condições, é bastante rápida. Por outro lado, o rio corre, principalmente, em seu trecho médio e inferior, sobre um conjunto de sedimentos onde aparecem também sedimentos finos, de natureza argilosa e sedimentos grosseiros, rudáceos, que participam do material amostrado. Em consequência, pois, a bimodalidade verificada, de maneira geral, para o sedimento do Rio Grande, é mais uma questão de transporte e das características do ambiente de deposição do que do fornecimento pela fonte. Já em relação ao tamanho da partícula depositada, o problema parece ser inverso, isto é, é mais uma função da fonte.

A bimodalidade só é observada quando a fração rudácea varia de 5 a 55% , verificando-se que abaixo e acima desses limites, as amostras são unimodais, ou para areia (abaixo de 5%) ou para o cascalho (acima de 55%) .

Não obstante o estudo realizado por Plumley (1948), Potter (1955) e Dyer (1970) a respeito de deposição concomitante ou de infiltração de areia no cascalho, através de determinações de limites de porcentagens da areia, na amostra, os estudos que realizamos no Rio Grande não permitem estabelecer, com segurança, essas relações.

De acordo com Folk (1954) e Folk e Ward (1957) as amostras coletadas foram agrupadas em :

a- areia - com 0% de cascalho
b- areia levemente cascalhosa - com até 5% de cascalho
c- areia cascalhosa - até 30% de cascalho
d- cascalho arenoso - até 80% de cascalho

Considerando o diâmetro da classe modal e a porcentagem de cascalho, em cada amostra, nesses quatro grupos, verifica-se que não há relações entre a moda e a quantidade de seixos da amostra (Fig. 20). Mesmo em amostras bimodais, a moda de areia ou rudácea não sofre variações com a variação da frequência de cascalho.

Desta forma, o grupo areia possui classes modais concentradas no intervalo de 2 Ø a 3 Ø , dominantemente

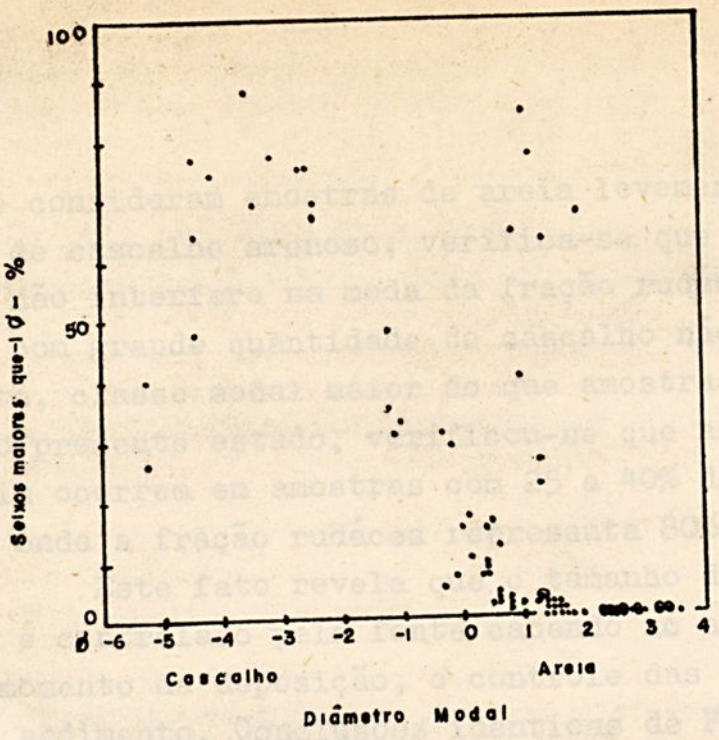


Fig. 20 – Confronto entre diâmetro modal e porcentagem de cascalho em cada amostra

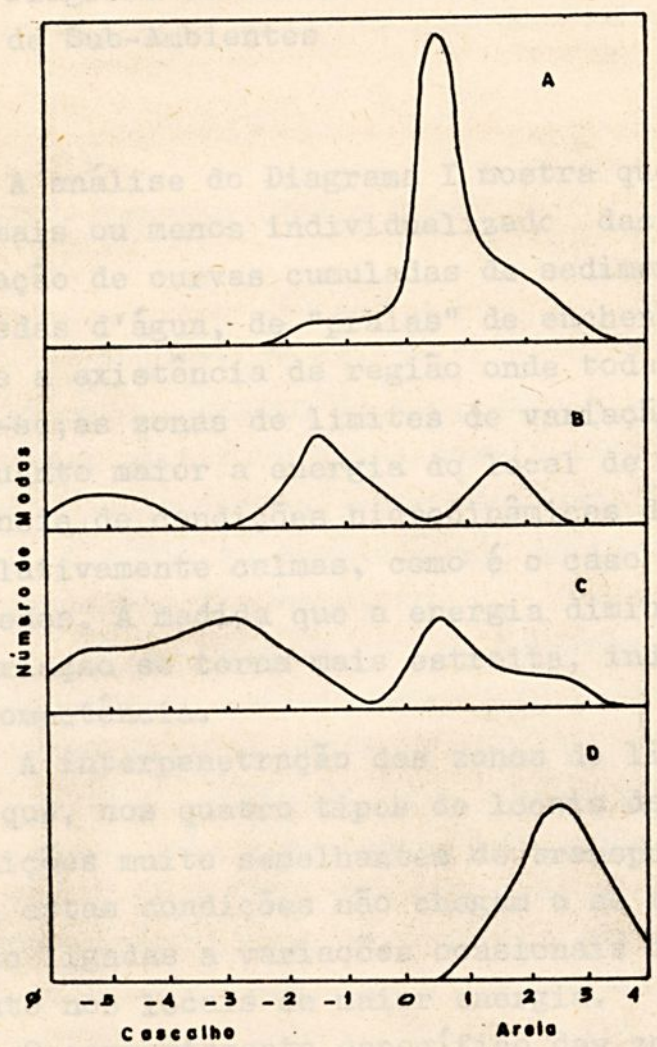


Fig. 21 – Curvas de frequência modal: A- amostras com até 5% de cascalho; B- até 30% ; C- até 80% e D- sem cascalho

Quando se consideram amostras de areia levemente cascalhosa a amostras de cascalho arenoso, verifica-se que a quantidade de cascalho não interfere na moda da fração rudácea ou de areia. Amostras com grande quantidade de cascalho não possuem, necessariamente, classe modal maior do que amostras com quantidade menor. No presente estudo, verificou-se que as maiores classes modais ocorrem em amostras com 25 a 40% de cascalho e não naquelas onde a fração rudácea representa 80% do total.

Este fato revela que o tamanho da partícula considerada é controlado pela fonte cabendo ao agente transportador, no momento da deposição, o controle das proporções relativas do sedimento. Conclusões idênticas de Folk e Ward (1957) são apontadas para sedimentos de Brazos River Bar.

10.3.- Diagrama de Curvas Cumuladas e o Estabelecimento de Sub-Ambientes

A análise do Diagrama I mostra que: existe um comportamento mais ou menos individualizadc das zonas de limites de variação de curvas cumuladas de sedimentos de calha, de zonas de quedas d'água, de "praias" de enchente e de margem, não obstante a existência de região onde todas as faixas interpenetram-se; as zonas de limites de variação são tanto mais alargadas quanto maior a energia do local de coleta, indicando a existência de condições hidrodinâmicas desde muito turbulentas a relativamente calmas, como é o caso da calha e das zonas de quedas. À medida que a energia diminui, a zona de limites de variação se torna mais estreita, indicando menor flutuação da competência.

A interpenetração das zonas de limites de variação indica que, nos quatro tipos de locais de coleta, podem ocorrer condições muito semelhantes de transporte e de deposição. Porém, estas condições não chegam a se tornar permanentes, estando ligadas a variações ocasionais da competência, especialmente nos locais de maior energia.

O comportamento específico das zonas de limites de variação de curvas cumuladas mostra que é possível, no pre

sente estudo, estabelecer uma separação dos quatro tipos de locais de coleta podendo, cada um ser considerado como verdadeiro sub-ambiente, dentro do ambiente fluvial.

10.4.- Parâmetros granulométricos e análise dos sub-ambientes

A análise individual dos parâmetros granulométricos e dos seus confrontos foi feita com intenção de definir as características distintivas das condições que envolvem a sedimentação no ambiente fluvial do Rio Grande e das variações dessas características nos locais considerados ao longo do rio. Estes locais, em razão de suas peculiaridades, refletidas pelos parâmetros granulométricos das amostras neles coletadas, podem ser interpretados como sub-ambientes.

10.4.1.- **Tamanho** Médio (Mz)

A média de Mz obtida para os sedimentos dos quatro sub-ambientes, dentro do rio, revela uma diminuição do tamanho do grão a partir da calha para a margem. Sendo indicativo do tamanho do sedimento, esse parâmetro traduz também a energia cinética média ou a velocidade média do agente de transporte no momento da deposição.

Para cada um desses sub-ambientes estudados, o Tamanho Médio obtido reflete uma certa flutuação da competência, especialmente nas zonas de quedas d'água. Em se tratando do sub-ambiente atingido mais intensamente pelas enchentes, essa flutuação não é apenas grande, como brusca, devido ao encaixamento do rio à juzante das quedas. Essas variações sazonais acabam impondo suas características aos sedimentos aí depositados: o mais grosseiro é logo depositado e, à medida que a velocidade da corrente diminui, depositam-se os mais finos. A variação rápida da competência, nesse sítio deposi -

cional se deve à morfologia do canal onde as águas praticamente não abandonam o leito, sendo imediatamente escoadas.Por outro lado, a menor variação da competência ocorre nas margens= onde a velocidade da corrente, na maior parte do ano, mantém-se em níveis relativamente baixos.

A análise do gráfico obtido, para as amostras de calha, com os valores de Mz colocados contra a distância (Fig. 22), mostra que o trecho médio do rio possui, para Mz, um valor médio de 0,54 Ø e o curso inferior, 0,73 Ø . Essa tendência de diminuição do tamanho do grão que se registra ao longo do Rio Grande foi assinalada também por outros = autores, em diferentes rios (Pettijohn, 1957,p.525; Gandolfi 1968).

10.4.2.- Desvio Padrão (σ_I)

Os valores do Desvio Padrão tornam-se menores à medida que a velocidade da corrente diminui, da calha = para a margem. Geologicamente, o Desvio Padrão mede o grau de seleção de um sedimento e indica as flutuações nas condições= de energia cinética (velocidade) do agente de transporte em relação à sua velocidade média.

Desta forma, os resultados obtidos, nos quatro sub-ambientes, são considerados perfeitamente normais. Os piores valores de seleção ocorrem justamente no sub-ambiente= onde a flutuação da competência assume maiores proporções ,como é o caso das zonas de quedas d'água. Em compensação, nas = margens rasas, onde a velocidade do agente transportador é = muito menor, registra-se o melhor grau de seleção.

Enquanto nas zonas de quedas d'água o sedimento possui uma variação muito grande de tamanho, sendo porém , pouco selecionado, nas margens o tamanho é mais ou menos uniforme posuindo o sedimento uma seleção muito melhor . Com isso, torna-se claro que se a velocidade de sedimentação= é baixa, em águas relativamente calmas, o agente de transporte tem mais tempo para selecionar o material mecanicamente e distribui-lo mais ou menos uniformemente pelo sítio deposicional. Assim se explicam os valores baixos do Desvio Padrão pa

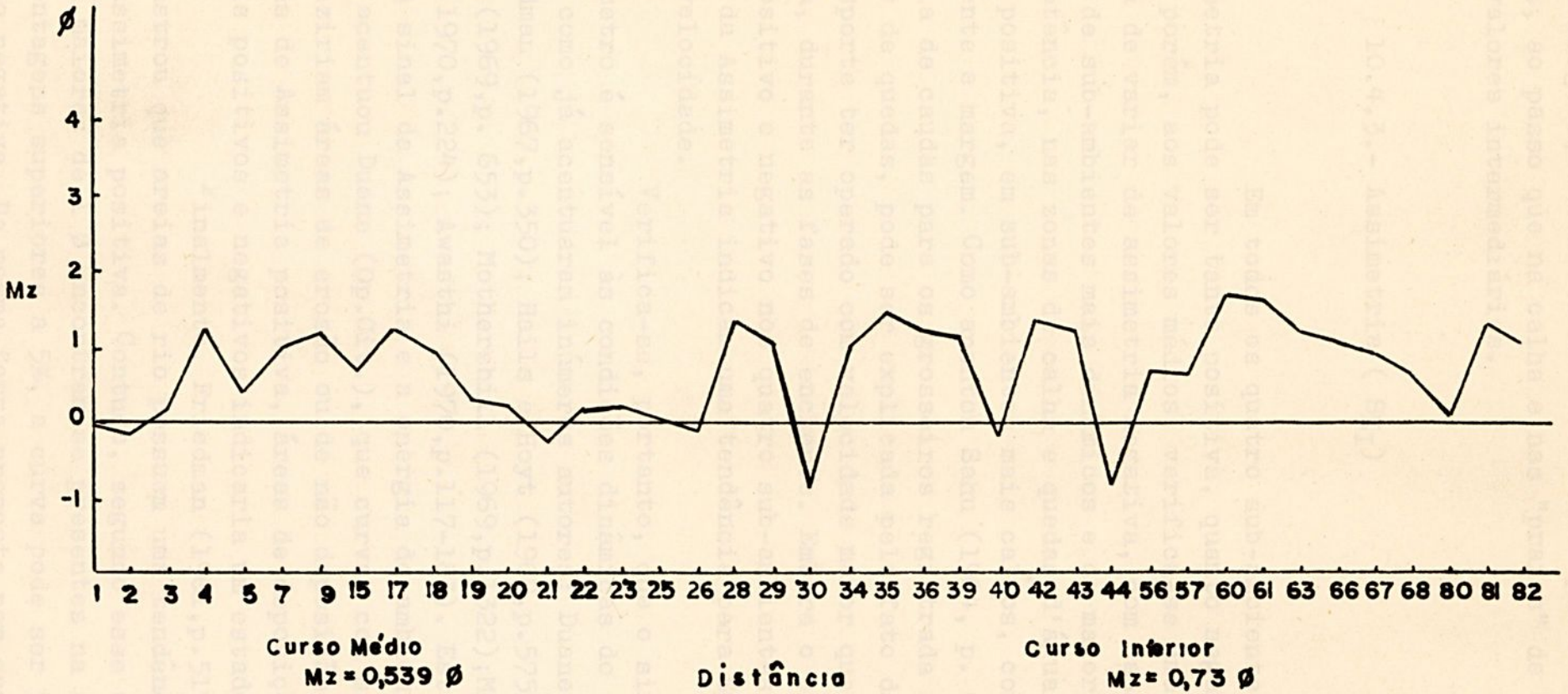


FIG.22 – Variação do Tamanho Médio com a distância em amostras de Calha

ra as margens, e valores muito elevados para as áreas de cachoeiras, ao passo que na calha e nas "praias" de enchente, ocorrem valores intermediários.

10.4.3.- Assimetria (Sk_I)

Em todos os quatro sub-ambientes estudados a Assimetria pode ser tanto positiva, quanto negativa. Com relação, porém, aos valores médios, verifica-se uma tendência da curva de variar de assimetria negativa, com cauda nos grosseiros, de sub-ambientes mais dinâmicos e de maior flutuação da competência, nas zonas de calha e quedas d'água, para assimetria positiva, em sub-ambientes mais calmos, como "praias" de enchente e margem. Como apontou Sahu (1964, p. 68), esta tendência de caudas para os grosseiros registrada na calha e nas zonas de quedas, pode ser explicada pelo fato de o agente de transporte ter operado com velocidade maior que a velocidade média, durante as fases de enchente. Embora o sinal de Sk_I seja positivo e negativo nos quatro sub-ambientes, os valores médios da Assimetria indicam uma tendência para Sk_I+ nos de menor velocidade.

Verifica-se, portanto, que o sinal desse parâmetro é sensível às condições dinâmicas do sítio de deposição, como já acentuaram inúmeros autores: Duane (1964,p. 871); Friedman (1967,p.350); Hails e Hoyt (1969,p.575); Williams e Rust (1969,p. 653); Mothershill (1969,p.1322);McKinney e Frieman (1970,p.224); Awasthi (1970,p.117-183). Estas relações entre o sinal da Assimetria e a energia do ambiente indicariam , como acentuou Duane (Op.Cit.), que curvas com sinal negativo traduziriam áreas de erosão ou de não deposição, enquanto as curvas de Assimetria positiva, áreas de deposição. Mistura de sinais positivos e negativos indicaria um estado transitório.

Finalmente, Friedman (1961,p.517 ; 1967,p.345) demonstrou que areias de rio possuem uma tendência para curvas com Assimetria positiva. Contudo, segundo esse autor, quando grãos maiores de 1 Ø encontram-se presentes na amostra, com porcentagens superiores a 5%, a curva pode ser tanto positiva, quanto negativa. Da mesma forma proposta por esse autor, compa

rando-se a Fig. 13A e B com os histogramas das Figs. 10 e 12, verifica-se que a quase totalidade das amostras com grãos acima de 1Ø e com porcentagens maiores que 5%, ocorre justamente nos sub-ambientes de calha e de zonas de quedas d'água.

10.4.4.- Curtose (K_G)

À medida que a energia do agente de transporte diminui, o Tamanho Médio decresce, a seleção tende a ser = mais perfeita, enquanto a cauda da curva tende para o lado fino da distribuição. O estudo da Curtose, nos quatro sub-ambientes revela também uma variação progressiva a partir dos sub ambientes mais energéticos para os mais calmos. Em outras palavras, a curva, muito platicúrtica nas zonas de quedas tende para uma agudeza, sendo cada vez mais leptocúrtica, em direção das "praias" de enchente e das margens rasas. Esse achatamento ou agudeza da curva reflete as condições energéticas= do meio, sendo a curva tanto mais achatada quanto maiores forem as flutuações da competência.

Assim sendo, em decorrência do fator energético, os valores de K_G variam de conformidade com as variações de Mz, de $\sqrt{I}$ e de S_{K_I}. Nos sub-ambientes onde as flutuações da competência são menores, como "praias" de enchente e margens rasas, os histogramas possuem modas bem desenvolvidas, maiores do que nas amostras de calha e zonas de quedas, e o sedimento apresenta melhor grau de seleção. Dada a baixa competência, o diâmetro do grão praticamente não varia, ou varia dentro de limites restritos, determinando uma seleção na parte central da distribuição e, consequentemente, uma concentração em torno de uma ou duas classes de tamanho, produzindo = curvas leptocúrticas a muito leptocúrticas.

10.5.- Confronto dos Parâmetros Granulométricos

Do exposto acima, verifica-se que o sedimento, em cada sub-ambiente, possui valores mais ou menos característi-

cos para os parâmetros granulométricos, embora valores iguais possam ocorrer, simultaneamente em ambientes distintos. Contudo, como acentuaram Folk e Ward (1957), Mason e Folk (1958), Friedman(1961 e 1967), Duane (1964), Folk (1964), Martins (1965 e 1966), Martins et Al.(1970), o confronto entre esses = parâmetros, tomados dois a dois, pode ser sensível e até mesmo diagnóstico de ambiente, permitindo distinguir ambientes = diferentes.

No presente trabalho foram estudados os confrontos: Mz x $\sqrt{I}$, Mz x S_{K_I} , Mz x K_G , $\sqrt{I}$ x S_{K_I} , $\sqrt{I}$ x K_G e S_{K_I} x K_G (Fig. 23 A-F).

10.5.1.-Tamanho Médio x Desvio Padrão

Os valores de Mz e de $\sqrt{I}$, como já ficou estabelecido, estão relacionados às condições dinâmicas do ambiente de deposição. Essas relações entre flutuação de energia do agente e o Tamanho Médio, assim como a velocidade do agente e o grau de seleção do sedimento, podem ser deduzidas da análise da Fig. 23A; à medida que o Tamanho Médio diminui, a seleção vai sendo cada vez maior.

Quatro grupos podem ser separados, indicando= que esse confronto é uma combinação sensível aos sub-ambientes e até mesmo diagnóstica. Observa-se que as amostras de = margem, muito finas e bem selecionadas, destacam-se das demais, principalmente das de calha e zonas de quedas d'água . Estas são mais grosseiras e pouco selecionadas. Não há, contudo, separação nítida dos grupos de amostras, não se podendo = traçar limites bem distintos e definidos entre eles. Separam-se principalmente pelo número predominante de amostras , para cada caso. Observa-se também, que há superposição de amostras nas zonas de contacto entre os grupos, indicando mudança transicional de sub-ambiente para sub-ambiente, naquela ordem ,como aliás, se registra no diagrama das zonas de limites de variação de curvas cumuladas (Diagrama 1).

10.5.2.- Tamanho Médio x Assimetria

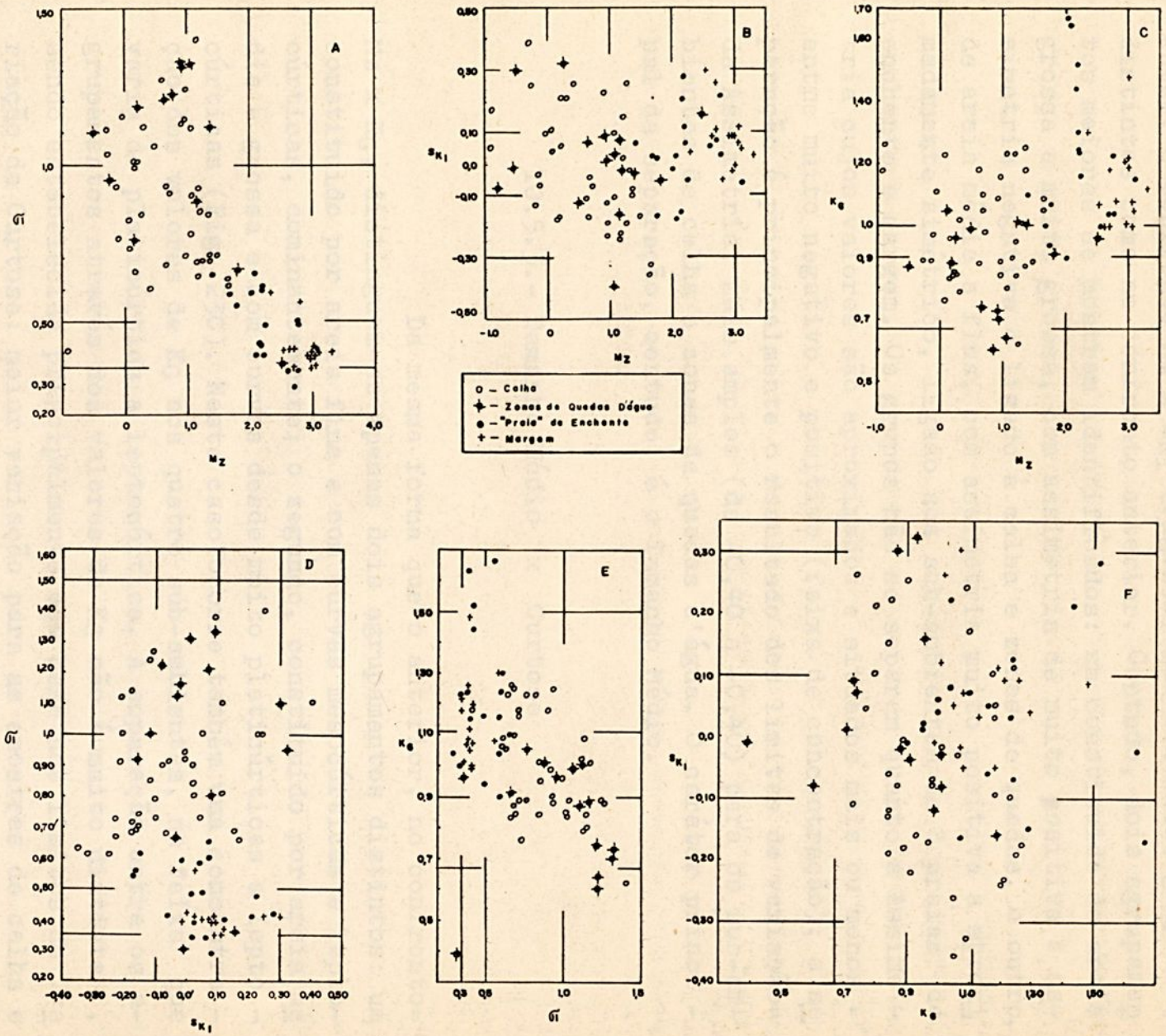


Fig. 23– Confronto de parâmetros granulométricos de amostras de sedimentos do Rio Grande tomados dois a dois. Observa-se que as amostras, de um modo geral, distribuem-se em grupos de acordo com seus respectivos locais de coleta

Em decorrência da presença de valores de Sk_I muito próximos para amostras de calha, zonas de quedas d'água e "praias" de enchente, bem como da presença de sinais positivos e negativos entre as amostras dos dois primeiros sub-ambientes, o confronto Mz x Sk_I (Fig.23B) não evidencia grupos distintos como no confronto anterior. Contudo, dois agrupamentos maiores se mostram identificados: um constituido de areia grossa e muito grossa, com assimetria de muito positiva a assimetria negativa e ligado à calha e zonas de quedas, o outro, de areia média a fina, com assimetria muito positiva a aproximadamente simétrico, ligado aos sub-ambientes de " praias" de enchente e margem. Os grupos não se separam quanto a Assimetria cujos valores são aproximados e situados mais ou menos entre muito negativo e positivo (faixa de concentração); a separação é principalmente o resultado dos limites de variação da Assimetria, mais amplos (de -0,40 a +0,40) para os sub-ambientes de calha e zonas de quedas d'água. O caráter principal da separação, contudo, é o Tamanho Médio.

10.5.3.- Tamanho Médio x Curtose

Da mesma forma que o anterior, no confronto Mz x K_G, distinguem-se apenas dois agrupamentos distintos: um constituido por areia fina e com curvas mesocúrticas e leptocúrticas, dominantemente; o segundo, constituido por areia média e grossa e com curvas desde muito platicúrticas a leptocúrticas (Fig. 23C). Neste caso ocorre também uma concentração dos valores de K_G nos quatro sub-ambientes, na faixa que varia de platicúrtica a leptocúrtica. A separação entre os agrupamentos através dos valores de K_G não é muito distinta, sendo estabelecida principalmente com base nos limites de variação da Curtose: maior variação para as amostras de calha e zonas de quedas d'água (muito platicúrticas a leptocúrticas) e variação menor para "praias" de enchente e margem (mesocúrticas a leptocúrticas). A principal separação entre os dois agrupamentos se deve ao Tamanho Médio.

10.5.4.- Desvio Padrão x Assimetria e Desvio Padrão x Curtose

Os valores de $\sqrt{I}$ são distintos e bem individualizados nos quatro sub-ambientes considerados. Traduzem = baixo grau de seleção nas zonas de quedas e na calha, e refletindo um grau de seleção cada vez melhor para as "praias" de enchente e margens.

Os valores de SK_I e de K_G, contudo, não mostram diferenças significativas em cada sub-ambiente, mas a = faixa de concentração é praticamente a mesma nos quatro sub-ambientes. Consequentemente, do confronto entre Desvio Padrão e Assimetria e Desvio Padrão e Curtose, a separação das amostras em agrupamentos se deve principalmente ao Desvio Padrão. Com relação a SK_I e K_G, a separação é estabelecida com base apenas nos limites de variação, maiores para a calha e zonas= de quedas e bem menores para as "praias" de enchente e margem (Fig. 23 D-E).

10.5.5.- Assimetria x Curtose

O confronto entre esses dois parâmetros não permite nenhuma separação das amostras, havendo uma completa= superposição. Não resulta nenhuma tendência definida (Fig. 23 F).

10.5.6.- Teste de Sahu Aplicado aos Sedimentos do Rio Grande

Com os valores de Mz, $\sqrt{I}$ e K_G, foi construido o diagrama dos sub-ambientes estudados de acordo com a fórmula proposta por Sahu (1964) e segundo o programa GE002 de computação desenvolvido por Paraguassu et Al. (1971). Nesse = diagrama as amostras dos quatro sub-ambientes foram perfeitamente separadas, de acordo com a energia e fluidez do meio (

Fig. 24). As amostras de calha e de zonas de quedas d'água mostram um comportamento idêntico quanto a fluidez, diferindo, no entanto, umas das outras, pela energia.

Com relação às amostras de "praias" de enchente e de margem verifica-se a mesma variação. Contudo, esses dois sub-ambientes se comportam de maneira diferente da calha e das zonas de quedas, quer pela maior fluidez , quer pela maior energia que apresentam.

10.5.7.- Análise Geral

A análise dos confrontos entre os parâmetros mostra que a combinação mais sensível aos sub-ambientes é Mz x $\sqrt{I}$, uma vez que tanto o Tamanho Médio, como o Desvio Padrão são sempre bem distintos nos quatro sub-ambientes considerados. Verifica-se ainda que S_{K_I} e K_G, ao contrário, não distinguem bem os sub-ambientes, variando dentro de faixas que não permitem uma separação nítida das amostras. Consequentemente,os confrontos dos quais participam são muito pouco distintivos; quando confrontados entre si não denunciam nenhuma tendência segura.

Face a grande sensibilidade de $\sqrt{I}$, os confrontos , dos quais participa, permitem separação mais ou menos definida.

Friedman (1967,p. 336) demonstrou que o confronto $\sqrt{I}$ x S_{K_I}, de Folk e Ward (1957) é diagnóstico, separando areia de praias e areia de rios, o mesmo não acontecendo com o confronto S_{K_I} x K_G, onde houve completa superposição.Moiola e Weiser(1968,p.51) verificaram, contudo, que a combinação mais efetiva é Mz x $\sqrt{I}$, trabalhando com areia de praia e de rio. Da mesma forma concluiram que S_{K_I} x K_G não fornece indicações ambientais mais seguras. Mason e Folk (1958), por outro lado, verificaram, para areia eólica e de praia, da Ilha Mustang, que a combinação Assimetria x Curtose mostrou-se mais sensível aos ambientes, uma vez que as diferenças entre aqueles ambientes estudados eram refletidas apenas nas caudas da curva de distribuição de tamanho do sedimento.

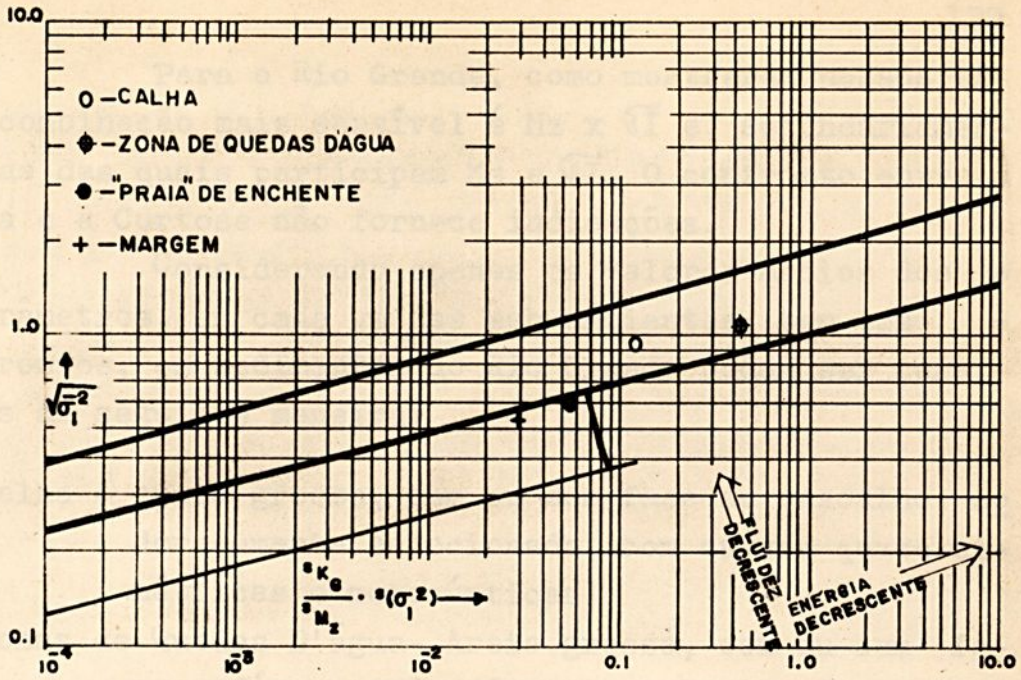


Fig. 24 – Diagrama de Sahu (1964) aplicado aos sedimentos do Rio Grande

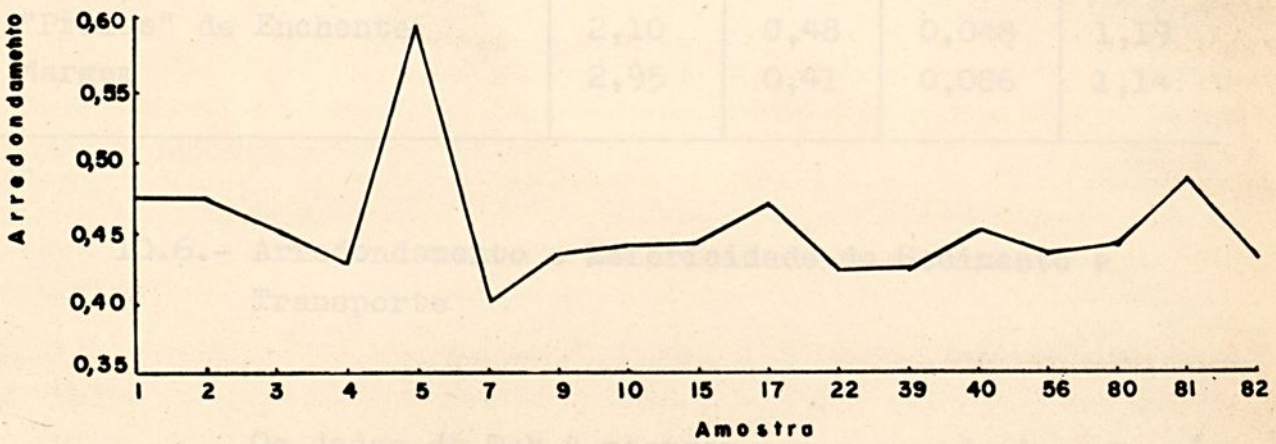


FIG. 25 – Variação do Arredondamento com a distância, na Calha

Para o Rio Grande, como mostraram nossos estudos, a combinação mais sensível é Mz x $\sqrt{I}$ e, secundariamente, aquelas das quais participam Mz e $\sqrt{I}$. O confronto entre a Assimetria e a Curtose não fornece indicações.

Considerando apenas os valores médios dos quatro parâmetros, em cada um dos sub-ambientes, bem como seus confrontos, os sedimentos do Rio Grande podem ser caracterizados da seguinte maneira:

a- Calha - Areia grossa, com ou sem fase de cascalho, moderadamente selecionada, com curvas quase simétricas e mesocúrticas.

b- Zonas de Quedas D'água- Areia grossa, com ou sem fase rudácea, moderadamente selecionada, com curvas quase simétricas e platicúrticas.

c- "Praias" de Enchente-Areia fina a média, de moderada a bem selecionada, com curvas quase simétricas a leptocúrticas.

d- Margem- Areia fina, bem selecionada, com curvas quase simétricas e mesocúrticas (quase normais).

Tab. 8- Valores médios dos parâmetros granulométricos nos quatro sub-ambientes estudados.

Sub-ambiente	Mz (Ø)	$\sqrt{I}$(Ø)	S_{K_I}(Ø)	S_K
Calha	0,63	0,88	-0,027	0,98
Zonas de Quedas D'água	0,78	0,99	0,0105	0,83
"Praias" de Enchente	2,10	0,48	0,048	1,19
Margem	2,95	0,41	0,086	1,14

10.6.- Arredondamento e Esfericidade do Sedimento e Transporte

Os dados da Tab.4 mostram que o arredondamento médio do sedimento do Rio Grande aumenta com o aumento do tamanho do grão, estando de acordo com observações realizadas por

outros autores, nas mesmas circunstâncias (Pettijohn,1957,p. 64). Contudo, como se observa na Fig. 15, o arredondamento médio na classe de 3 Ø é ligeiramente superior ao da classe de 2 Ø. O fato se deve à presença abundante, nesta última classe, de grãos bem arredondados com características de retrabalhamento. Contrastam, pelo brilho fosco, pelo alto arredondamento e pelo aspecto superficial alveolado, com os demais grãos presentes na classe, que são polidos, angulosos e não alveolados. Por se tratarem de grãos pequenos, o arredondamento pelo transporte fluvial já não mais se processa ou se faz muito lentamente a ponto de tornar-se muito difícil explicar seu índice elevado de arredondamento em um único ciclo sedimentar apenas.

Os valores médios de arredondamento de cada amostra de calha foram colocados em gráfico linear contra a distância (Fig. 25). A curva obtida é bastante irregular, cheia de picos e depressões, não evidenciando nenhuma tendência definida senão uma variação em torno de um valor médio. O pico mais acentuado da curva corresponde à amostra número 5, coletada nas proximidades de Conquista, no trecho que o rio corta as rochas da Formação Botucatu. Nessa amostra são abundantes grãos de características de retrabalhamento eólico.

É opinião entre os autores que o arredondamento aumenta com a distância (Pettijohn,1957,pp. 544-545). Russel e Taylor (1937) verificaram, no entanto, em areias do Mississipi que o arredondamento diminuia na direção da corrente, concluindo que o fenômeno se devia à quebra mecânica progressiva dos grãos.

No Rio Grande, os estudos aqui efetuados, demonstram que não ocorre aumento do arredondamento rio abaixo. A curvarepresentativa (Fig. 25) mostra nítida flutuação dos valores do arredondamento em torno de um valor médio, evidenciando muito bem a ação da corrente no fraturamento do grão e, portanto, diminuição do arredondamento. Deve-se considerar que o Rio Grande, sendo uma corrente fixa encaixada e correndo em rochas basálticas e, ainda, o considerável gradiente, bem como a sucessão de trechos em corredeiras e estirões calmos, os grãos são submetidos a vigoroso transporte capaz de fraturá-los, como acontece, ao longo de todo o trajeto. Desta forma, a tendência para maior arredondamento, na direção da corrente, é com-

pensada pelo fraturamento do grão .

10.7.- Composição Mineralógica do Sedimento

O sedimento arenoso ou a fração areia do sedimento rudáceo do Rio Grande é predominantemente constituido por grãos de quartzo. A ausência de feldspato e a presença exclusiva de minerais pesados estáveis e de muscovita, sugerem ou um forte intemperismo químico na área fonte capaz de eliminar os componentes quimicamente instáveis, ou uma fonte sedimentar secundária oriunda de um ciclo sedimentar anterior,com componentes mineralógicos já estáveis. Os componentes estáveis preservados possuem também uma resistência mecânica razoável capaz de resistir à dinâmica do transporte.

10.7.1.- Fonte dos Sedimentos

Em todo o seu trajeto o Rio Grande atravessa províncias geológicas distintas, com litologia variável , desde rochas cristalinas antigas até sedimentos modernos quaternários (Mapa 3).

Em vista disso, torna-se difícil estabelecer a procedência do sedimento a partir da composição mineralógica apenas, uma vez que todas as formações por onde o rio passa têm possibilidade de fornecer esse material. A presença de granada, turmalina, cianita, zircão e hornblenda, principalmente, nos sedimentos do rio, tanto pode representar uma contribuição do cristalino, como também da Formação Bauru (Freitas, 1955; Arid, 1967) e da Formação Rio Grande (Arid e Barcha, 1971). Fato idêntico ocorre com a titanita, epidoto e rutilo.

Quando se analise a fração leve nota-se uma porcentagem relativamente grande de grãos de quartzo de brilho fosco, de arredondamento entre 0,6 a 0,8 e de superfície =

alveolada, com pequenas manchas de óxido de ferro vermelho no fundo das cavidades maiores. Esses grãos se concentram, sobretudo, na classe de 3Ø a 4Ø, estando praticamente ausentes nas classes acima de 1Ø. Em razão do pequeno tamanho desses graõs torna-se difícil explicar o grande arredondamento que neles = ocorre durante um ciclo sedimentar apenas.O vigoroso transporte ao longo do rio, no entanto, pode fraturá-los, modificar - lhes a textura, dificultando o estabelecimento de sua proce - dência. Desta forma, o bom senso geológico leva à impossibilidade de indicar esta ou aquela fonte para o sedimento, a partir da composição mineralógica, uma vez que o arredondamento= não indica, seguramente, a procedência e não há nenhum mine - ral absolutamente distintivo. Entre os opacos, a magnetita está associada aos basaltos.

Observando-se as amostras ao longo do curso do rio, verifica-se que a associação presente não varia de maneira significativa. Por outro lado, há uma variação de frequência relativa, porém não obedecendo a nenhuma tendência = significativa. Esta associação mineralógica que ocorre ao longo do rio pode indicar que as condições de intemperismo químico na fonte primária não diferiam muito das atuais e que essas mesmas condições, na fonte secundária, são as mesmas do ambiente atual de deposição.

11.- EVOLUÇÃO DA DRENAGEM

A origem e a evolução da Bacia do Rio Grande podem ser consideradas como uma fase de um episódio mais amplo, de natureza quase continental, que levou à fixação da drenagem do Rio Paraná, da qual faz parte integrante.

Nossos estudos permitiram recompor o quadro paleohidrográfico que precedeu, imediatamente, à fixação da drenagem comandada pelo Rio Grande, à luz do seu perfil longitudinal, das rupturas de declive ao longo do seu perfil, do seu encaixamento e da presença de sedimentos neogênicos ao longo do trajeto estudado, na margem mineira.

11.1.- Rupturas de Declive

O estudo do perfil longitudinal do Rio Grande evidencia a existência de numerosas e importantes quebras, representadas por simples corredeiras a belas cachoeiras. Ocorrem sempre no basalto, não ultrapassando dez metros de altura. As principais frentes de quedas têm as mesmas direções dos sistemas de fraturas do basalto, medidas nesses locais, sugerindo uma íntima relação entre elas. Associam-se também, a esse fato, a presença ou de lentes de arenito intratrapiano entre dois derrames distintos, ou de erosão diferencial nas diferentes fases do mesmo derrame. Às vezes as duas coisas ocorrem associadamente.

Em vista disso, todas elas evoluem da mesma forma. Blocos de basalto compacto, microcristalino, separados por diáclases, são removidos pela corrente quando a erosão, mais acentuada na base, destrói ou o basalto amigdalóide, ou a lente de sedimento, ou atuando mais rapidamente no basalto fraturado horizontalmente. Desta forma, ao regredir, a linha de quedas mantém a mesma altura (foto 12).

A presença constante desses fatores sugere a mesma

origem para todas as quedas do Rio Grande. Pacheco(1913,p.34) chamou a atenção, pela primeira vez, para as principais feições dos saltos e das cachoeiras dos rios Grande e Turvo, atribuindo-as aos sistemas de juntas; Washburne (1930,pp.112-113) relacionou as quedas da Bacia do Paraná a estruturas monoclinais no basalto.

Não obstante não termos encontrado, no campo, evidências de falhamentos, a origem dessas quedas tem sido atribuida a essas estruturas (Moraes Rego,1932; Gutmans,1949 ; Loczy, 1966).

Estudos realizados por Ruiz (1963), com base em sondagens na área de Jupiá, no Rio Paraná, em Barra Bonita , no Tietê e na Cachoeira Dourada, no Rio Paranaíba, não indicaram presença de falha. Da mesma forma, analisando perfis de sondagens realizadas pela CEMIG, na área da Cachoeira do Marimbondo, Arid e Landim (1967) não constataram a presença de falhamento, porém vincularam sua origem ao vigoroso sistema = de fraturas presente no leito basáltico e à ação erosiva das águas do rio. Estudos efetuados por Bjornberg et Al.(1972) sobre a tectônica moderna no Estado de São Paulo e sobre estruturas basálticas, mostraram a possibilidade da influência de falhamentos de pequena escala na origem dessas quedas.

Os estudos de campo parecem mostrar que, em todas, o Rio Grande, ao atingir o basalto, encontrou uma superfície= irregular e graças aos fatores acima apontados pôde construir essas feições morfológicas do seu perfil, no trecho considerado.

A origem e a evolução das quedas estão ligadas , como apontaram Arid e Landim (Op.Cit.), seguramente, ao sistema de fraturas presente no leito basáltico, rompido pela retomada de erosão que ainda se processa atualmente. O reajustamento isostático que se verifica na região dos cursos médio e inferior poderia, contudo, provocar pequenos deslocamentos de fraturas dando origem a falhamentos que, eventualmente, estariam ligados a essas quedas. As quedas, "canyons" estreitos e profundos, a sucessão de terraços , o encaixamento do rio no substrato basáltico e o retrabalhamento dos depósitos quaternários indicam que o processo ainda está em pleno desenvolvimento.

11.2.- Controle Estrutural do Curso do Rio

A partir do momento que abandona o maciço cristalino para correr definitivamente encaixado no basalto, o rio apresenta um rumo geral quase EW.

Com base nas cotas do topo do basalto, tomadas em afloramentos e em poços semi-artesianos (Fig. 26), verifica-se que a calha do Rio Grande parece seguir uma pendente para W, não obstante o mergulho regional do substrato basáltico orientar-se para SW, como concluiu Frangipani (1962).

A direção, contudo, perece estar controlada diretamente pelas estruturas do basalto. O levantamento dos sistemas preferenciais de fraturas em diversos pontos ao longo do rio (Fig. 7) mostrou serem predominantes os seguintes:

N20-40 E	N30-50 W
N50-70 E	N70-80 W

ocorrendo também dois outros, NS e EW. Por outro lado, quando se consideram a direção geral do rio, bem como as quebras locais de direção (Fig. 27), verifica-se que seus valores de direção concordam perfeitamente com a direção dos principais sistemas de fraturas determinados nessas áreas. Idêntica conformação ocorre em relação aos tributários do Rio Grande, nesses locais, levando-se em conta os trechos finais, igualmente encaixados no basalto.

Arid e Landim (1967) e Arid e Barcha (1971) apontaram a influência dessas fraturas no controle da área da Cachoeira do Marimbondo.

Tendo em vista os estudos realizados por outros autores e as observações e estudos efetuados ao longo de todo o trajeto, não encontramos alternativa se não admitirmos a vigorosa influência do sistema de fraturas no controle de todo o curso médio e inferior, resultando disso não apenas as mudanças locais de direção mas talvez a própria direção geral do rio.

11.3.- Fixação do Curso Atual

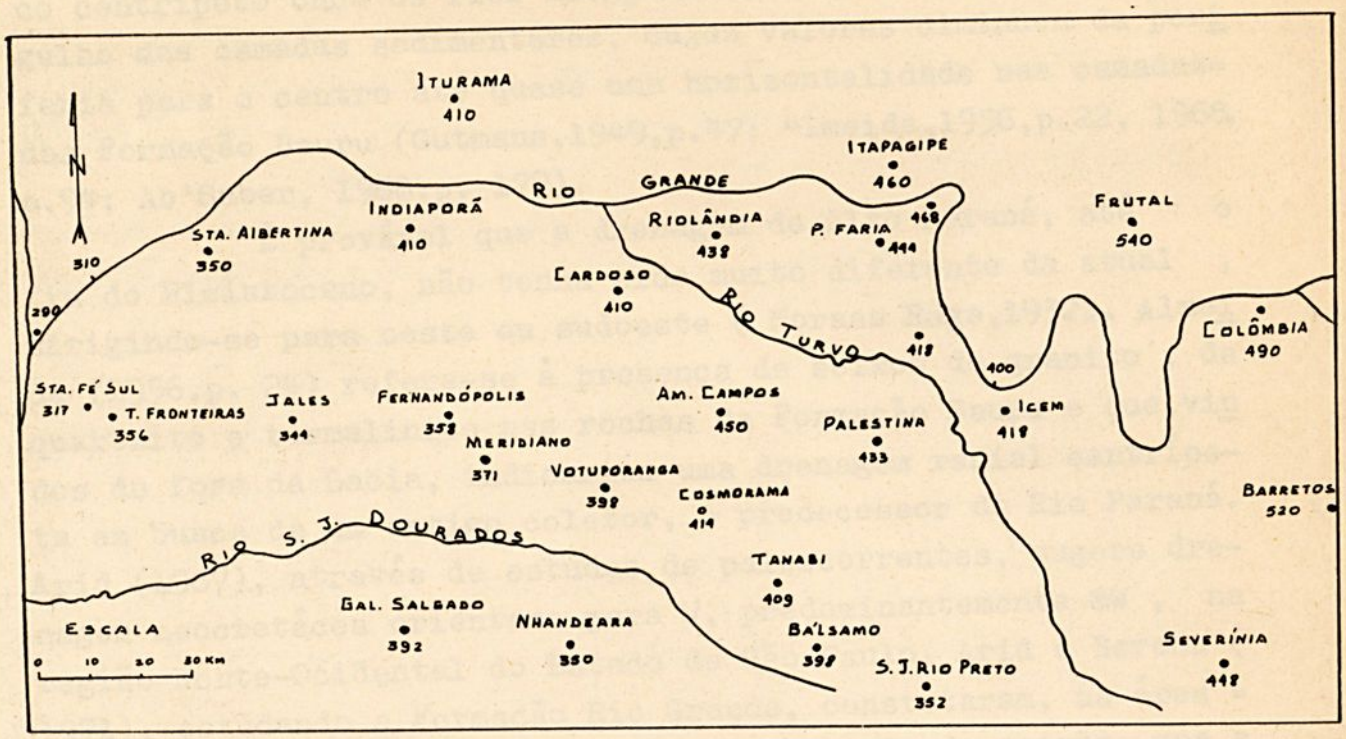


Fig. 26— Cotas do basalto ao longo do baixo Rio Grande mostrando pendente para W, porém com mergulho regional para SW

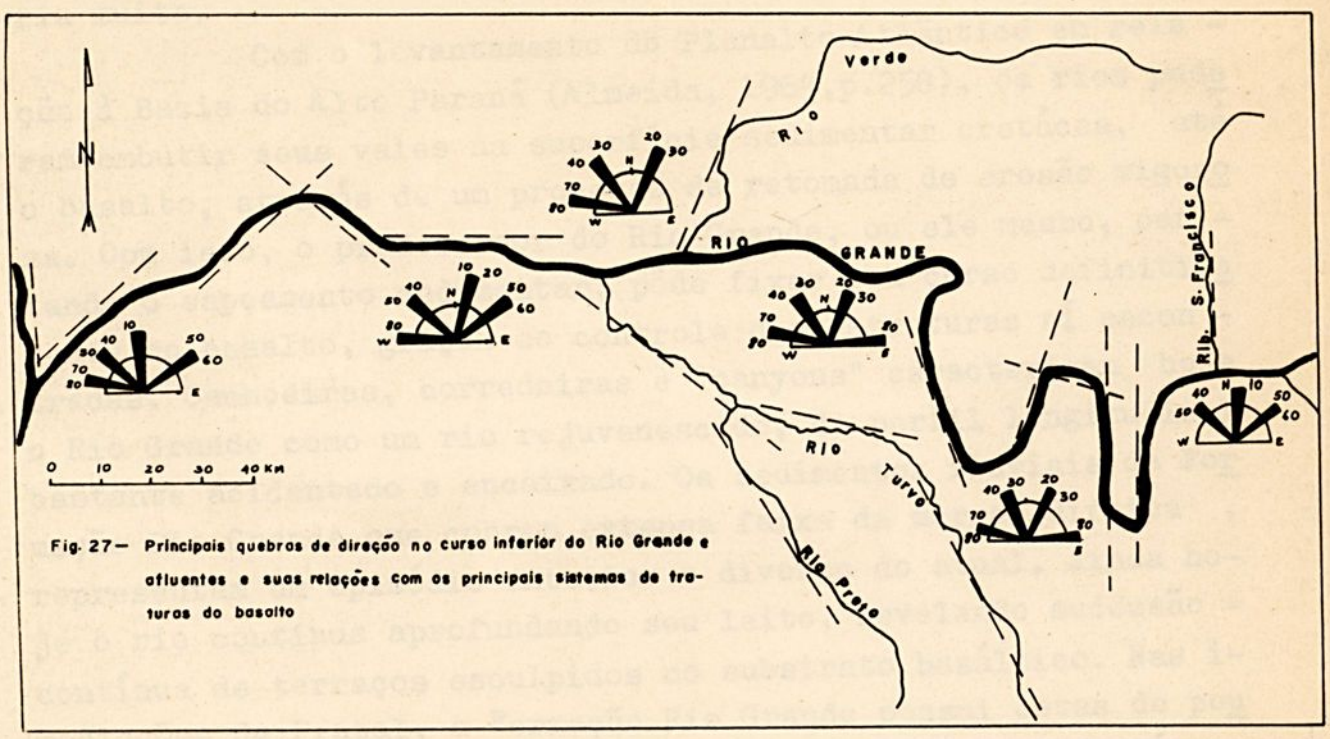


Fig. 27— Principais quebras de direção no curso inferior do Rio Grande e afluentes e suas relações com os principais sistemas de fraturas do basalto

O Rio Grande é hoje parte de um sistema hidrográfico centrípeto onde os rios acompanham, em geral, o pequeno mergulho das camadas sedimentares, cujos valores diminuem da periferia para o centro até quase uma horizontalidade nas camadas das Formação Bauru (Gutmans,1949,p.47; Almeida,1956,p.22, 1968, p.94; Ab'Saber, 1968,p. 177).

É provável que a drenagem do Alto Paraná, até o fim do Pleistoceno, não tenha sido muito diferente da atual, dirigindo-se para oeste ou sudoeste (Moraes Rego,1932). Almeida (1956,p. 24) refere-se à presença de seixos de granito , de quartzito e turmalinito nas rochas da Formação Bauru e que,vindos de fora da Bacia, indicariam uma drenagem radial centrípeta em busca de um antigo coletor, o predecessor do Rio Paraná. Arid (1967), através de estudos de paleocorrentes, sugere drenagem neocretácea orientada para W, predominantemente SW , na região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo. Arid e Barcha (1971), estudando a Formação Rio Grande, constataram, na área da Cachoeira do Marimbondo, pelo embricamento de seixos, que a direção da paleocorrente imediatamente à atual, dela não diferia muito.

Com o levantamento do Planalto Atlântico em relação à Bacia do Alto Paraná (Almeida, 1964,p.258), os rios puderam embutir seus vales na superfície sedimentar cretácea, até o basalto, através de um processo de retomada de erosão vigorosa. Com isso, o predecessor do Rio Grande, ou ele mesmo, cortando o capeamento sedimentar, pôde fixar seu curso definitivamente no basalto, graças ao controle das estruturas aí encontradas. Cachoeiras, corredeiras e "canyons" caracterizam hoje o Rio Grande como um rio rejuvenescido, de perfil longitudinal bastante acidentado e encaixado. Os sedimentos fluviais da Formação Rio Grande que cobrem extensa faixa da margem direita , representam um episódio anterior e diverso do atual. Ainda hoje o rio continua aprofundando seu leito, revelando sucessão contínua de terraços esculpidos no substrato basáltico. Nas imediações de Frutal, a Formação Rio Grande possui cotas de pouco mais de 500 m as quais, comparadas ao nível atual das águas do rio, traduzem um desnível de 120 m.

A idade dessa Formação foi atribuida ao fecho do Pleistoceno, podendo alcançar até o Holoceno inferior(Arid e

Barcha, op. cit.). Segundo Washburne (1930,p. 115), a rapidez da erosão e a velocidade das águas nas áreas de quedas d'água demonstram um rejuvenescimento recente e, de acordo com Ab' Saber (1969a), a partir do Quaternário.

Consequentemente, a fixação definitiva da atual= drenagem comandada pelo Rio Grande e, provávelmente, do Alto Paraná, não vão além do Pleistoceno Superior.

12- CONCLUSÕES

12.1- Características Sedimentares do Rio Grande

A análise das características morfológicas e fluviométricas revela que o Rio Grande se comporta como um rio "sui-generis", com padrão específico de erosão, de transporte e de deposição, tornando-se obrigatório seu estudo detalhado. Essa análise revelou que:

a- O sedimento do rio, de um modo geral, possui um arredondamento médio entre 0,40 e 0,45, podendo ser considerado como sub-anguloso a sub-arredondado. A variação que ocorre depende da classe de tamanho do grão, de tal forma que quanto maior o grão, melhor é o seu arredondamento;

b- A tendência de aumento do arredondamento é, em parte, anulada pela quebra mecânica do grão durante o transporte. Desta forma, os valores do arredondamento flutuam em torno de um valor médio, ao longo de todo o rio;

c- Na fase rudácea existe sempre uma relação entre arredondamento, esfericidade e tamanho do seixo. Os seixos maiores não só se apresentam mais arredondados, como também mais esféricos;

d- A variação da composição granulométrica do sedimento, ao longo do rio, está intimamente ligada às condições energéticas do meio de deposição. Onde a corrente é maior, o fundo do rio é constituido por cascalhos e areia grossa. Os locais onde a areia fina e clásticos mais finos ocorrem associadamente são sempre de baixa competência;

e- O sedimento se comporta, de um modo geral, ora unimodal, ora bimodal. A bimodalidade sempre ocorre na calha ou em zonas de quedas d'água, em sedimentos onde a fração rudácea varia entre 5 e 55%;

f- Em todas as amostras bimodais, a quantidade de cascalho não

interfere na moda da areia ou dos rudáceos, na mesma amostra;

g- O tamanho do seixo , na fração rudácea, não está vinculado à quantidade de cascalho da amostra. Amostras com 45%= de cascalho podem ter seixos maiores que os seixos de amostras com 80% de rudáceos;

h- A bimodalidade do sedimento está condicionada às características do agente transportador, no momento da deposição e não à fonte. Esta controlaria apenas o tamanho da partícula transportada;

i- O quartzo é o componente mineralógico mais abundante do = sedimento, seguido da muscovita. Entre os pesados, ocorrem apenas os quimicamente estáveis e mecanicamente resistentes, capazes de resistir ao forte intemperismo químico e vigoroso transporte;

j- A presença de pesados estáveis e bem arredondados indica= retrabalhamento. Além das rochas cristalinas, outras fontes devem ser consideradas no fornecimento dos sedimentos transportados pelo rio, especialmente as Formações Rio == Grande, Bauru e Botucatu;

k- A presença de pequenas planícies de enchente aliadas ao encaixamento do rio e, ainda, a pobreza de depósitos sedimentares e sua constante remobilização, especialmente os das áreas de cachoeiras, indicam uma fase de grande atividade erosiva do rio.

12.2- Sub-ambientação

Em função das mudanças locais e ocasionais da morfologia do canal e das características fluviométricas, os fatores hidrodinâmicos não operam da mesma forma, com a mesma intensidade, dentro do rio. Variam de local para local, do canal para as margens e ao longo da corrente. Desta forma, os = tipos de locais de coleta, estabelecidos a partir das rela---

ções entre a energia e a morfologia do canal, são evidenciados também pela análise de cada parâmetro granulométrico e dos seus confrontos, permitindo estabelecer uma verdadeira sub-ambientação dentro do ambiente fluvial. Essa sub-ambientação é representada, no Rio Grande, pela Calha, Zonas de Quedas D'água, "Praias" de Enchente e Margem, onde os fatores hidrodinâmicos determinam padrões específicos de comportamento, quer em relação ao transporte, quer em relação à sedimentação. Este fato é comprovado por:

a- O diagrama das zonas de limites de variação de curvas cumulativas de amostras de cada tipo de local considerado, distingue quatro sub-ambientes;

b- A análise de Mz e de $\sqrt{I}$, especialmente, mostrou que esses parâmetros são bem distintos em cada um dos sub-ambientes considerados, embora S_{K_I} e K_G sejam menos distintivos, não permitindo uma completa separação;

c- Os valores do Tamanho Médio e Desvio Padrão são específicos, para cada sub-ambiente, com variações decrescentes a partir da Calha até a Margem, refletindo as condições de energia de cada sub-ambiente considerado;

d- O Desvio Padrão demonstra que o sedimento é cada vez menos selecionado à medida que a energia do agente de transporte aumenta. Os melhores valores de seleção ocorrem na Margem, enquanto que o sedimento mais pobremente selecionado é depositado nas Zonas de Quedas D'água. A tendência da seleção é aumentar com a diminuição do tamanho do grão;

e- Os valores da Assimetria são muito próximos para todos os sub-ambientes. Valores negativos e positivos ocorrem indistintamente na Calha e nas Zonas de Quedas. Nas "Praias" de Enchente e na Margem, os valores são dominantemente positivos. Esta variação traduz as condições dinâmicas em cada sub-ambiente, de tal forma que na Margem e nas "Praias" de Enchente predominam condições de deposição; a Calha e Zonas de Quedas D'água podem ser consideradas como sub-ambientes transitórios;

f- As curvas platicútica e muito platicúrtica dos sub-ambientes mais dinâmicos indicam que o agente operou com maior =

intensidade e em tempo maior que o normal, na cauda grosseira da distribuição, fato que está perfeitamente de acordo = com os valores da Assimetria, do Desvio Padrão e do Tamanho Médio. Por outro lado, as curvas leptocúrtica e muito leptocúrtica indicam que o agente operou normalmente na cauda fina da distribuição.

g- A sensibilidade dos parâmetros granulométricos, em relação= aos quatro sub-ambientes é, sobremaneira, realçada pelos = confrontos desses mesmos parâmetros entre si. O confronto = Tamanho Médio x Desvio Padrão foi o que mais distinguiu os sub-ambientes, podendo ser tomado como diagnóstico. Desvio Padrão x Assimetria e Desvio Padrão x Curtose são, porém , consideradas combinações menos sensíveis. O confronto entre Assimetria e Curtose não revelou nenhuma tendência definida havendo uma completa superposição;

Mesmo no confronto entre o Tamanho Médio e o Desvio Padrão, os quatro sub-ambientes não podem ser separados por limites distintos, havendo uma mudança gradual a partir das faixas de concentração, de um sub-ambiente para outro.

h- A baixa fluidez e o caráter transitório da Calha e Zonas de Quedas D'água, como sub-ambientes de deposição, bem como sua separação dos sub-ambientes de "Praias" de Enchente e Margem, são também demonstrados no diagrama de Sahu.

12.3.- Evolução da Bacia

O estudo da geologia geral e da morfologia ao longo= do vale do rio, a análise dos sedimentos quaternários localizados na margem mineira e o estudo dos sedimentos recentes permitiram estabelecer o quadro paleohidrográfico da Bacia e suas relações com o atual estágio de evolução do Rio Grande. Verifica-se que:

a- Todas as quedas d'água, ao longo do trajeto estudado , foram condicionadas pelos mesmos fatores geológicos e têm sua origem e evolução vinculadas a vigoroso sistemas de fra

turas;

b- O traçado da drenagem que se fixou no basalto reflete uma grande influência das estruturas basálticas. A direção geral do Rio Grande, bem como as mudanças locais e a própria direção dos seus afluentes, nos trechos que correm sobre o basalto, estão fortemente controladas por sistemas preferenciais de fraturas desse basalto;

c- A drenagem atual, comandada pelo Rio Grande, parece ter-se fixado muito recentemente, talvez fim do Pleistoceno e início do Holoceno.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER,A.N.(1955)- Geomorfologia Aplicada; in Condições Geográficas e Aspectos Geoeconômicos da Bacia Paraná-Uruguai. CIBPU, Vol. I ,S.P.

- (1968)- O relevo brasileiro e seus problemas; in = Brasil a Terra e o Homem, Vol. I, As Bases Físicas pp. 135-217, S.P.

- (1969a)- Ritmo da epirogênese pós-cretácica e setores das superfícies neogênicas em São Paulo. Geomorfologia, nº 13, Inst. Geogr. USP.

= (1969b)- Formações Quaternárias em áreas de reverso de cuestas em São Paulo. Geomorfologia, nº 16 , Inst. Geogr., UDP.

- (1969c)- Os baixos chapadões do Oeste Paulista.Geomorfologia, nº 17, Inst. Geogr., USP.

ALMEIDA,F.F.M.(1949)- Relevo de Cuestas na Bacia Sedimentar = do Rio Paraná.Bol. Paul. Geogr., nº 3,pp.21-33.

- (1956)- O Planalto basáltico da Bacia do Paraná . Bol. Paul. Geogr., nº 24, pp.3-34. S.P.

- (1964)- Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. Bol. nº 41, Geologia do Estado de São Paulo, IGG , pp. 169-263.

- (1968)- Os Fundamentos Geológicos, in Brasil a Terra e o Homem. Vol. I, As Bases Físicas, pp. 55-120

ARID,F.M. (1967)- A Formação Bauru na Região Norte-Ocidental= do Estado de São Paulo. Tese apresentada à Fac. == Fil. Ciênc. Letr., S.J.R. Preto, S.P.

ARID,F.M. e LANDIM,P.M.B. (1967)- Contribuição ao Estudo da = Geologia da Cachoeira do Marimbondo (Rio Grande) . Bol. Soc. Bras. Geol., Vol. 16, nº 2, pp.39-59.

ARID,F.M.,CASTRO,P.R.M. e BARCHA,S.F. (1970)- Estudos hidrogeológicos no Município de São José do Rio Preto ,

S.P. Bol. Soc. Bras. Geol., Vol. 19, nº 1, pp. 43-69, S.P.

ARID,F.M. e VIZOTTO,L.D.(1970)- Traços Paleogeográficos e Paleobiológicos do Cretáceo superior da Região Norte Ocidental do Estado de S. Paulo. Ciênc. e Cult. == Vol. 23, nº 3, pp. 229-236.

AWASTHI, A.K.(1970)- Skewness as un environmental indicator = in the Solani River System, Roorkee (India). Sed. Geol., Vol. 4. nº 2, pp. 177-183.

BARCHA,S.F. e ARID,F.M. (1971)- Estudo da Evapotranspiração = na Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo . Rev. Ciênc. nº 1, F.C.L. Votuporanga, S.P.

BJORNBERG,A.J.S.;GANDOLFI,N. e PARAGUASSU,A.B. (1972)- Investigações sobre tensões residuais em magmatitos básicos. Ciênc. Cult. Resumos, XXIV Reunião Anual,S. B.P.C., pp. 141-142.

CAILLEUX,A.(1956)- La Era Cuaternaria. Problemas y Métodos de Estudo. Memorias y Comunicaciones del Inst. Geol.= XV, Barcelona.

CAILLEUX,A. e TRICART,J. (1963)- Initiation a L'Étude des Sables et des Galets. Vol. I, Centre Doc. Univ.Paris

CAMPOS,G. (1943)- Mapa Florestal do Brasil. Bol. Geogr. nº 9, Ano I.

- (1944)- Mapa Florestal do Brasil. Bol. Geogr. nº 16 Ano II.

CANAMBRA ENGINEERING CONSULTANTS LIMITED (1966)- Estudos Energéticos da Região Centro-Sul, Grupo S. Paulo. Apêndice nº 8, Relat. Hidrometeorológico, Vol. I e II.

CIBPU. (1955)- Condições Geográficas e Aspectos Geoeconômicos da Bacia do Paraná-Uruguai. Vol. II. S.P.

- (1966)- Hidrologia da Bacia do Alto Paraná. Depto . Est. Proj.,S.P.

DE MARTONNE,E.(1943)- Problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (1ª parte). Rev. Bras. Geogr.,nº 4, = Ano V.

DE MARTONNE,E.(1944)- Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico (2ª parte).Rev. Bras. Geogr.,nº 2 Ano VI.

DUANE,D.B. (1964)- Significance of skewness in recent sedi--- ments, Western Pamlico Sound, North Caroline , Jour.Sed. Petr., Vol. 34, nº 4,pp. 864-874.

DYER,K.R. (1970)- Grain size parameters for sandy-gravels . = Jour. Sed. Petr., Vol. 40, nº 2,pp. 616-620.

EBERT,H. (1955)- Relatório Anual do Diretor. DNPM, DGM, pp.= 62-81, R.J.

- (1956)- Relatório Anual do Diretor .DNPM, DGM . pp. 97-107,R.J.

ECEPLAN. (1969)- Atlas Climatológico do Brasil (Reedição de Mapas Selecionados). Escrit. Central Planej. == Contr.- Escrit. Meteorologia, Min. Agric., R.J.

FISK, H.N. (1947)- Fine-grained alluvial deposits and their= effects on Mississippi River activity. War Dep Corps Eng. Mississippi River Comm. Waterways == Exp. Station, Vol. One, Vicksburg.

FLORENCE,G. (1905)- Exploração do Rio Tietê (Barra do Rio Jacaré-Guassu ao Rio Paraná) Comm. Geogr. Geol. , S.P.

FOLK,R.L. (1954)- The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. Jour. Sed. Petr., Vol. 62, pp. 341-359.

- (1964)- A review of grain size parameters. Sedimentology. Elsevier Publ. Co., Amsterdan.

FOLK,R.L. e WARD,W.G. (1957)- Brazos River bar: a study in == the significance of grain size parameters. Jour Sed. Petr., Vol. 27.,nº 1, pp.3-26

FRANGIPANI,A. (1961-1962)- Mapa da superfície superior do basalto subjacente aos arenitos cretáceos do Estado de São Paulo. Rev. IGG., Anos XVIII e XIX , nº Único, pp. 67-72. S.P.

FREITAS,R.O. (1955)- Sedimentação, Estratigrafia e Tectônica da Série Bauru (Estado de São Paulo). Fac. Fil.

Ciênc.Letr., USP, Geol. nº14,Bol. nº 194, S.P.

FREITAS,R.O. (1964)- Grupu Bauru. Bol. nº 41, IGG, Geologia do Estado de São Paulo, pp. 126-147.

FRIEDMAN, G.M. (1961)- Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics . Jour. Sed. Petr., Vol. 31,pp.514-529.

- (1967)- Dynamic processes and statistical parame-- ters compared for size frequency distribution of beach and river sands. Jour. Sed. Petr., Vol. 37 , nº 2, pp. 327-354.

GANDOLFI,N. (1968)- Bacia do Mogi-Guaçu: morfometria da drenagem, sedimentologia e investigações físico-químicas. Tese apresentada à Escola de Engenharia de S. Carlos, USP.

GUTMANS, M. (1949)- Tectônica da Bacia do Paraná. Rev. Min . Met. XIV (80), pp. 47-50.

HAILS, J.R. e HOYT, J.H. (1969)- The significance and limitations of statistical parameters for distinguishing ancient and modern sedimentary environments of the lower Georgia Coastal Plain. Jour. Sed. Petr.,Vol. 39, nº 2, pp. 559-580.

HASUI, Y. (1967)- Geologia das Formações Cretáceas do Oeste= de Minas Gerais. Tese apresentada à Escola Poli--- técnica, USP.

IGG. (1965)- Cartas Topográficas, Esc. 1:50.000

IBGE.(1966)- Carta do Brasil ao Milionésimo.

KING,L.C. (1956)- A Geomorfologia do Brasil Oriental. Rev. = Bras. Geogr., nº 2, Ano XVIII, pp. 147-265.

KRUNBEIN,W.C. (1942)- Flood deposits of Arroyo Seco. Los Angeles Country, California. Bul. Geol. Soc. Am.,Vol 53, pp. 1355-1402.

KRUNBEIN,W.C. e PETTIJOHN,F.J. (1938)- Manual of Sedimentary Petrology. Appleton - Century- Crofts, N.Y. 549 pp

KRUNBEIN,W.C. e SLOSS, L.L. (1951)- Stratigraphy and Sedimen

tation. W.H. Freeman & Co. S. Francisco.

LAMEGO,A.R. (1935)- Contribuição à Geologia do Valle do Rio = Grande, Minas Gerais. Min. Agr., Ser. Geol. Min ., Bol. 70.

LEOPOLD,L.B., WOLMAM,M.G. e MILLER,J.P. (1964)- Fluvial === Processes in Geomorphology. W.H. Freeman & Co. S. Francisco.

LEINZ, V. (1949)- Contribuição à Geologia dos Derrames Basálticos do Sul do Brasil. Bol. Fac. Fil. Ciênc.Letr. USP. Geol.(5).

LOCZY,L. (1966)- Evolução Paleogeográfica e Geotectônica da Bacia Gondwânica do Paraná e do seu Embasamento . DNPM,DGM. Bol. nº 234, R.J.

MABESOONE,J.M. (1966)- Relief of northeastern Brazil and its correlated sediments. Annals of Geomorphology, == Berlim.

- (1967)- Sedimentos correlativos do clima tropical. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica, Vol. I , (Geociências), pp. 327-337.

MCKEE, E.D. (1954)- Stratigraphy and History of the Moenkopi= Formation of Triassic Age. Geol. Soc. Am. Mem. 61, 133 pp.

MCKEE,E.D. e Weir,G.W. (1953)- Terminology for stratification and cross stratification in sedimentary rocks. == Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 64, pp. 381-389.

MCKINNEY,T.F. e FRIEDMAN, G.M. (1970)- Continental shelf sedi ments of Long Island, N. York. Jour. Sed. Petr., = Vol. 40, nº 1, pp. 213-248.

MAGNANINI, R.I.C. (1956)- Condições climáticas das regiões ca feeiras do Brasil. Rev. Bras. Geogr., nº 3, Ano == XVIII, pp. 422-438.

MAPA GEOLÓGICO DO BRASIL (1960)- DNPM. Esc. 1:5.000.000

MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (1964)- IGG, Esc. === 1:1.000.000.

MARTINS,L.R. (1965)- Significance of skewness and kurtosis in

environmental interpretation. Jour. Sed. Petr. , = Vol. 35, nº 3.

MARTINS,L.R. (1966)- Contribuição à Sedimentologia da Lagoa = dos Patos. II- Sacos de Ombu, Arraial e Mangueira. Notas e Estudos, Vol. I, nº 1, pp. 27-44, Esc.Geol Porto Alegre.

MARTINS,L.R.S;GAMERMANN,N.;SCHEIBE,L.F. e TEIXEIRA,V.H.(1970) Sedimentologia da Ilha de Santa Catarina. I- Areias Praiais. Esc. Geol., Publicação Especial nº 18, Porto Alegre.

MASON,C.C. e FOLK,R.L. (1958)- Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis, == Mustang Island, Texas. Jour. Sed. Petr., Vol. 28 , nº 2, pp. 211-226.

MILNER,H.B. (1962)- Sedimentary Petrography. Vol. II. Gorge= Allen & Unvin Ltd.

MISSISSIPPI RIVER COMMITION (1952)- Geological Investigation= of the Atchafalaya Basin and the Problem of === Mississippi River Divertion. Corps of Engineers ,= Vol. I, US Army, Waterways. Exp. Station, Vicksburg

MOIOLA , R. J. e WEISER ,D. (1968)- Textural parameters: an= avaluation. Jour. Sed. Petr., Vol. 38, nº 1.

MOTHERSHILL,J.S. (1969)- A grain size analysis of Langshore - bars and troughs, Lake Superior, Ontario. Jour . = Sed. Petr., Vol. 39, nº 4, pp. 1317-1324.

NORMAIS CLIMATOLÓGICAS(São Paulo - Paraná- Santa Catarina - Rio Grande do Sul). Vol. IV, Min. Agr. , Escrit. = Meteorologia, 1969, R.J.

NEAL,J.T.; LANGER,A.M. e KERR,P.F. (1968)- Giant desiccation= polygons of Great Basin Playas. Geol. Soc. Am. == Bull., Vol. 79,nº 1, pp. 69-90.

PACHECO,J.A.A. (1913)- Notas sobre a Geologia do Vale do Rio Grande a partir da foz do rio Pardo até a confluência com o rio Paranayba - Exploração do Rio Grande e seus afluentes. Comm. Geogr. Geol.,pp.33-39, S.P

PARAGUASSU,A.B., GANDOLFI,N. e LANDIM,P.M.B. (1971)- Computação de Parâmetros Para a Determinação Gráfica de Ambientes de Sedimentação. Estudos Sedimentológicos , Vol. I, nº 1, pp. 35-44, Natal, R.G.N.

PARDÉ,M. (1956)- Alguns Aspectos da Hidrologia Brasileira. Bol Geogr., nº 143, Ano XVI, R.J.

PETRI,S. e FÚLFARO,V.J. (1965)- Aspectos da sedimentação e estruturas sedimentares dos depósitos da Represa == Billings, São Paulo. Soc. Bras. Geol., Vol. 14, nº1 e 2, pp. 5-28.

PETTIJOHN,F.J. (1957)- Rocas Sedimentares. Eudeba,pp. 731.

PETTIJOHN,F.J. e POTTER,P.E. (1964)- Atlas and Glossary of Primary Sedimentary Structures. Springer- Verlag,Berlin.Göttinger. Heidelberg. New York.

PLUMLEY, W.J. (1948)- Black Hills Terrace Gravels: a study in sediment transport. Jour. Geol., Vol. 56, pp. 526 - 577.

POTTER, P.E. (1955)- The petrology and origin of the Lafayette gravels. Part I, Mineralogy and Petrology. Jour. = Geol., Vol. 63, pp. 1-38.

PUTZER, H. (1954)- Die Wasserfalle des Rio Iguaçu (Brasilien) und ihre tektomischen Uroachen - Natur und Volk 84. pp. 388-395.

REGO,L.F.M.(1930)- A Geologia do Petróleo no Estado de São Paulo. Bol. Serv. Geol. Min. Bras., nº 46, R.J.

- (1932)- Notas sobre a geomorfologia de São Paulo e sua genesis. Inst. Astron. Geogr., S. Paulo.

- (1935)- Camadas cretáceas do Sul do Brasil. An. Esc. Politécnica de S. Paulo.

RUIZ,M.D. (1963)- Geologia aplicada à barragem de Jupiá (Sistema Urubupungá). Inst. Pesq. Tecnol. USP.,Celusa.

RUSSEL,R.D. e TAYLOR,R.E. (1937)- Roundness and shape of ==== Mississippi River sands. Jour. Geol., Vol. 45, pp. 225-267.

SAHU,B.K. (1964)- Depositional mechanism from the size analysis of clastic sediments. Jour. Sed. Petr., Vol. 34

nº 1, pp. 73-83.

SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRÕNÔMICAS (1962)- Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região Sob Influência do Reservatório de Furnas (Contribuição à Carta de Solos). Comissão de Solos. Bol. nº 13, R.J.

SCHUMM,S.A. (1963)- Sinuosity of alluvial rivers on the Great Plains. Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 74, nº 9,p.1091.

SETZER,J. (1946 a)- A Distribuição Normal das Chuvas no Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geogr., nº 1, Ano VIII.

- (1946b)- Contribuição para o Clima do Estado de São Paulo. Bol. Escolas Profissionais Salesianas, S.P.

- (1949)- Os Solos do Estado de São Paulo (Relatório Técnico com considerações práticas).Bibl. Geogr. Bras., nº 6, IBGE.

- (1966)- Atlas Climático e Ecológico do Estado de S. Paulo. Com. Int. Bacia Paraná-Uruguai, S.P.

STRAHLER, A.N. (1968)- Physical Geography. Third Ed. John Willey and Sons, Inc. N. York, pp. 733.

TWENHOFEL,W.H. (1950)- Principles of Sedimentation. McGrew -- Hill Book Co, Inc. New York.

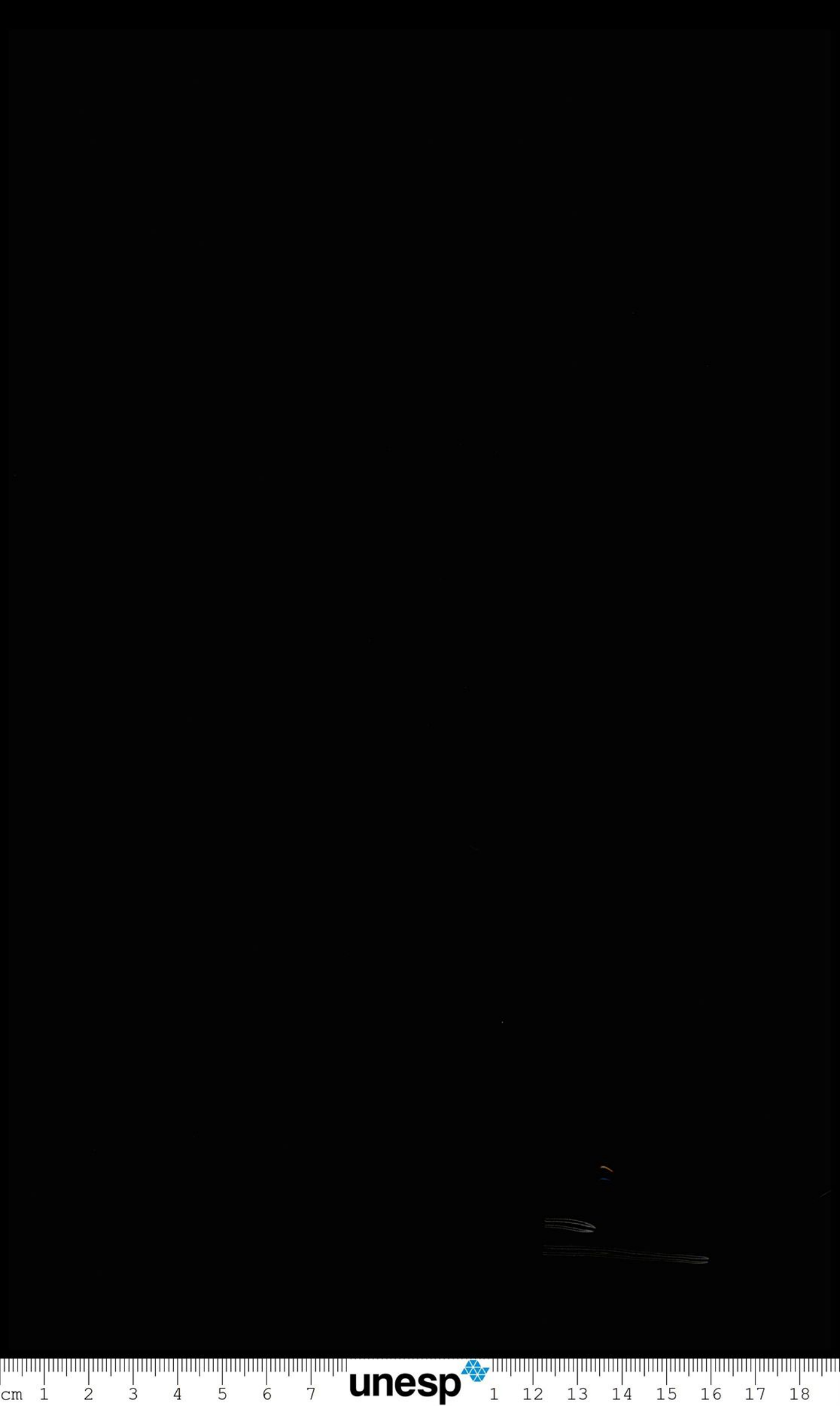
VELOSO,H.P. (1965)- Os grandes clímaces do Brasil. Bol. Geogr. nº 185, Ano XXIV, R.J.

- (1966)- Os grandes clímaces do Brasil. Bol. Geogr . nº 194, Ano XXIV, R.J.

WASHBURNE,C.W. (1930)- Petroleum Geology of the State of São Paulo. Comm. Geogr. Geol., Bol. 22, S.P.

WILLIAMS,G.D. (1966)- Origin of shale pebble conglomerate.Bull Am. Ass. Petrol. Geol., Vol. 50, nº 3, pp. 573-577

WILLIAMS,P.F. e RUST, B.R. (1969)- The Sedimentology of a Braided River. Jour. Sed. Petr., Vol 39, nº 2 , pp. 649-679.


cm 1 2 3 4 5 6 7
unesp
1 12 13 14 15 16 17 18