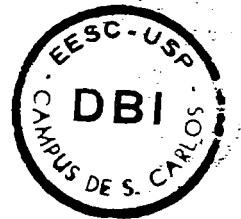


UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

GEOLOGIA N.º 15



**INVESTIGAÇÕES SEDIMENTOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E
FÍSICO-QUÍMICAS NAS BACIAS DO MOJI-GUAÇU, DO
RIBEIRA DE IGUAPE E DO PEIXE**

NILSON GANDOLFI

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
EESC - USP
AVENIDA DR. CARLOS BOTELHO, 1465
CEP 13.560 — SÃO CARLOS — SP

Seção de Publicações EESC - USP

1971

INVESTIGAÇÕES SEDIMENTOLÓGICAS, MORFOMETRICALS E FÍSICO-QUÍMICAS NAS BACIAS DO MOJIGUAÇU, DO RIBEIRA DE IGUAPE E DO PEIXE

INDICE

	pág.
1 - INTRODUÇÃO	
1.1 Localização	2
1.2 Objetivos e Trabalhos Anteriores	6
1.3 Agradecimentos	7
2 - GEOMORFOLOGIA, GEOLOGIA REGIONAL E CLIMA	
2.1 Geomorfologia	7
2.2 Geologia Regional	9
2.3 Clima	12
3 - MORFOMETRIA DAS DRENAGENS	
3.1 Considerações Gerais	13
3.2 Método Utilizado	14
3.3 Resultados	18
3.4 Interpretação dos Resultados	19
3.5 Conclusões	26
4 - SEDIMENTOLOGIA	
4.1 Considerações Gerais	28
4.2 Análises granulométrica, textural e mineralógica	29
4.3 Resultados e Interpretação	39
4.4 Conclusões	75
5 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS	
5.1 Introdução	77
5.2 Procedimento de Campo	78
5.3 Métodos Analíticos Utilizados	78
5.4 Resultados das Análises	80
5.5 Interpretação dos Resultados	80
5.6 Conclusões	103
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
7 - BIBLIOGRAFIA	105

INVESTIGAÇÕES SEDIMENTOLÓGICAS, MORFOMÉTRICAS E FÍSICO-QUÍMICAS NAS BACIAS DO MOJI-GUAÇU, DO RIBEIRA DE IGUAPE E DO PEIXE

RESUMO

Realizamos o presente trabalho nas bacias dos rios Moji-Guaçu, Ribeira de Iguape e Peixe, as quais se estendem quase na totalidade pelo Estado de São Paulo e parcialmente pelos Estados de Minas Gerais e do Paraná.

Investigamos algumas das características dos sedimentos transportados por êsses rios, tais como: diâmetro das partículas, seleção, assimetria, curtose, arredondamento e composição mineralógica.

Examinamos, também, uma série de propriedades físicas, químicas e físico-químicas das águas dêsses rios.

Testamos estatisticamente as variações de cada uma das características e propriedades examinadas, de montante à jusante, em cada rio; essas variações foram comparadas também entre os rios diferentes. Assim, procuramos relacioná-las às características geológicas e geomorfológicas das áreas cortadas pelos três rios estudados.

A partir do exame conjunto de parâmetros morfométricos da drenagem, procuramos caracterizar as bacias, assim como diferenciá-las entre si.

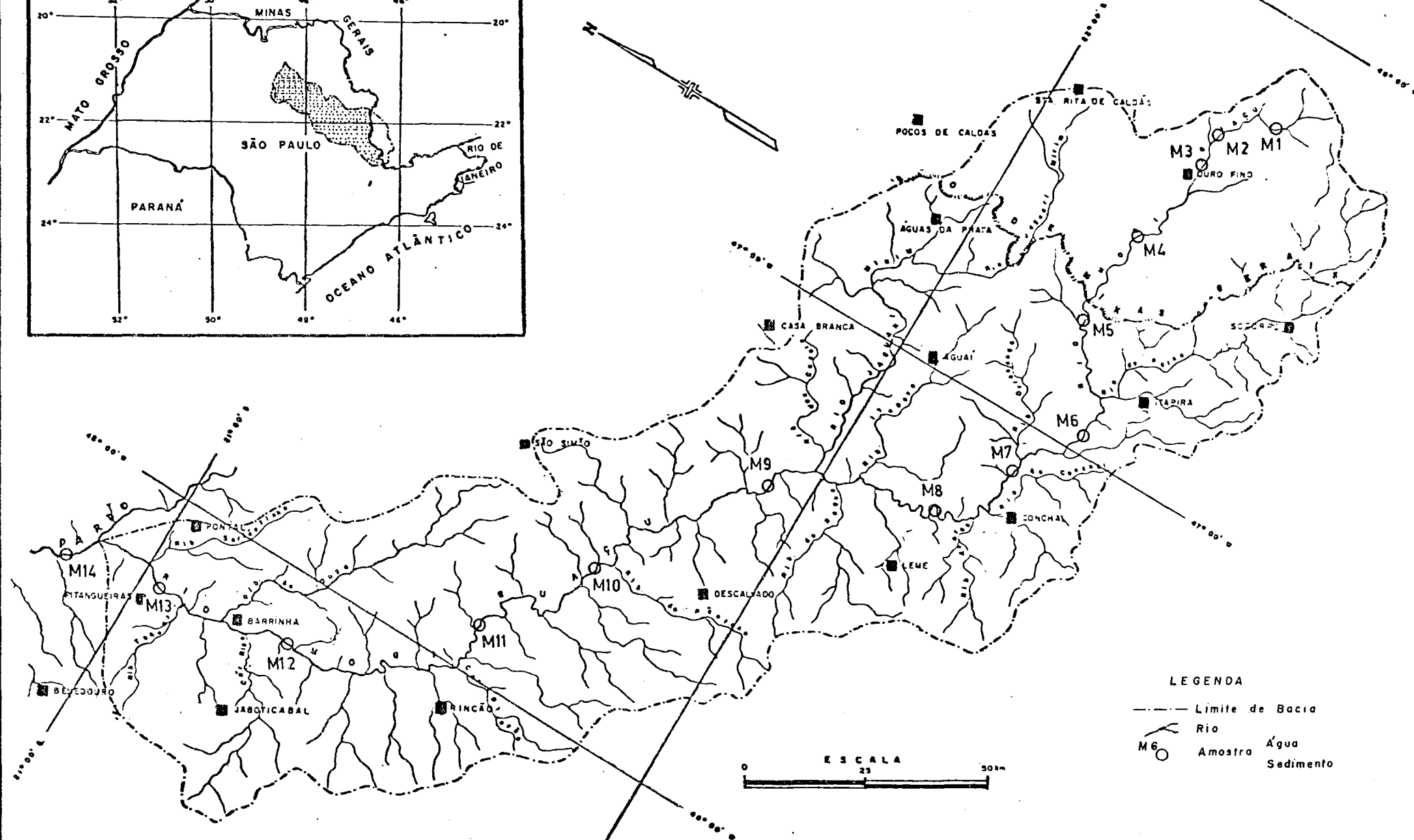
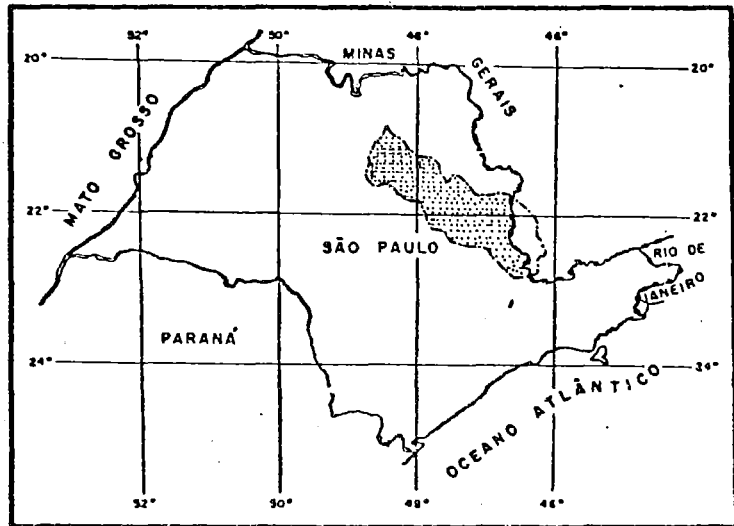
1 - INTRODUÇÃO

1.1.- LOCALIZAÇÃO

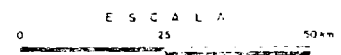
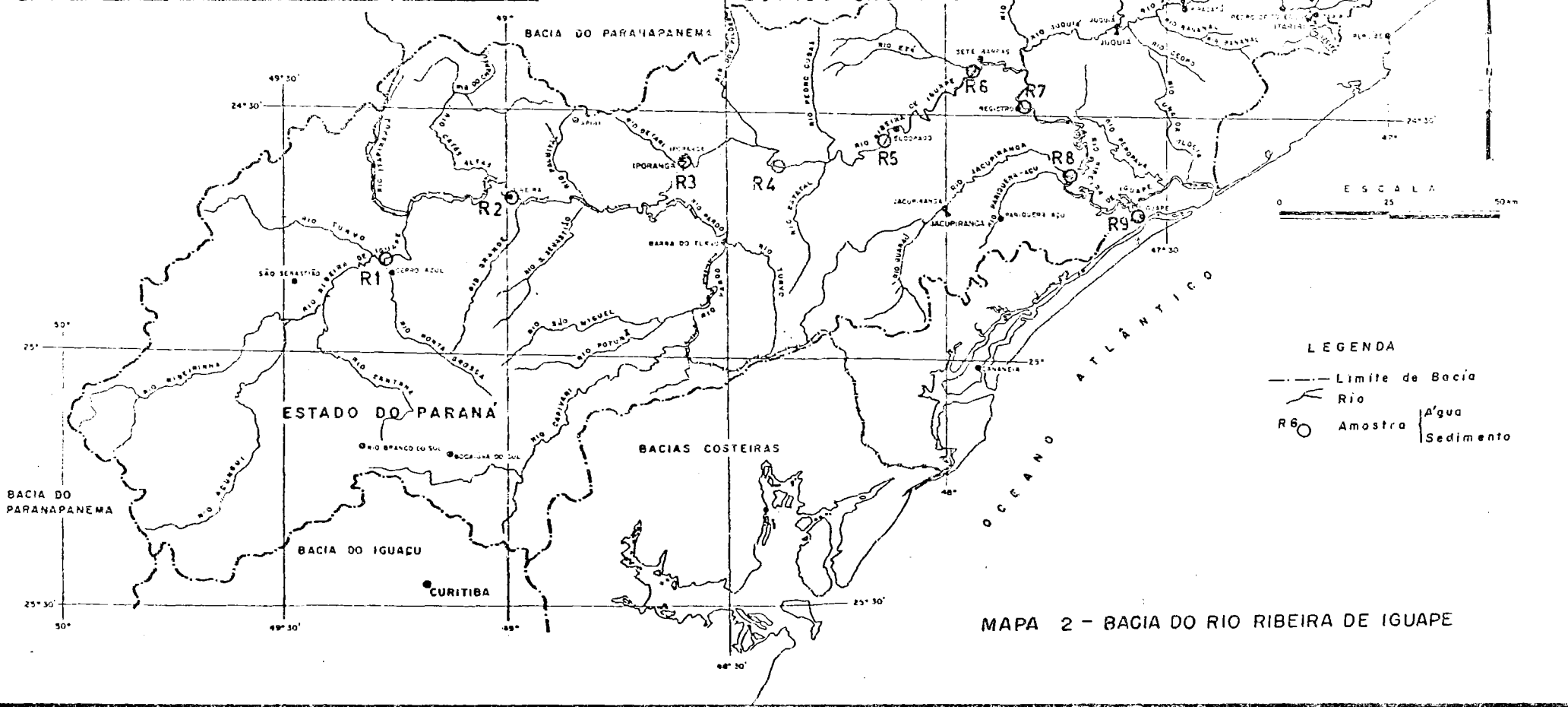
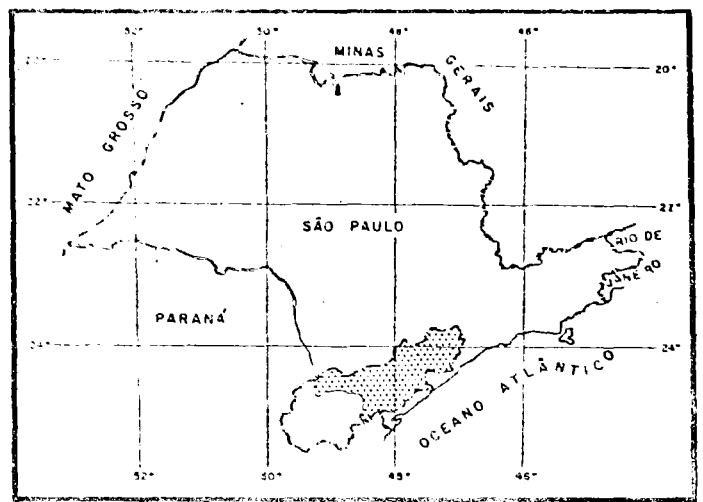
O Rio Moji-Guaçu é o maior e mais importante afluente do Rio Pardo, com o qual conflue na altura do Município de Viradouro (SP), após um curso de cerca de 529 Km. Nasce no Morro do Curvado, Município de Cambuí (MG), em altitude aproximada de 1600m. A maior parte de seu curso se encontra no Estado de São Paulo, sendo a sua bacia hidrográfica total de 17460 Km² (Mapa 1), curiosamente maior que a do próprio Rio Pardo ao recebê-lo. Dentre o grande número de afluentes que possui, tem-se a destacar o Eleutério e o dos Peixes, pela margem esquerda e o Jaguarí-Mirim e o Ribeirão da Onça, pela direita.

O Rio Ribeira nasce próximo à cidade de Cerro Azul, no Estado do Paraná, a uma altitude aproximada de 350m; tem cerca de 500 Km de extensão e, parte desse curso serve de limite entre aquele Estado e o de São Paulo. Apresenta uma extensa bacia hidrográfica, com cerca de 23930 Km² e de forma trapezoidal (Mapa 2). Como afluentes a se destacar, temos: na margem direita os rios Pardo e Jacupiranga e, na esquerda, o Juquiá, o Itapirapuã e o Catas Altas. Caracteristicamente, corre para o mar, encontrando-o no Município de Iguape, através de duas desembocaduras: natural, após divagar longamente na planície costeira e outra, artificial, conhecida como Valo Grande. Esta última, com mais de 230 m de largura, resulta de um violento processo de erosão fluvial que se instalou num canal artificial ligando o Ribeira ao Mar Pequeno, construído na metade do século passado e com largura inicial de 4,4 m. Hoje, mais de dois terços das águas do Ribeira fluem para o Atlântico pelo Valo Grande.

O Rio do Peixe é formado pela junção de vários ri-beirões na Serra dos Agudos, numa altitude de 600 m, na al



MAPA I - BACIA DO RIO MOJI-GUAÇU



- LEGENDA
- Limite de Bacia
 - Rio
 - R6 (circle) Amostra { Água / Sedimento

MAPA 2 - BACIA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE

tura dos Municípios de Garça e Vera Cruz. Tõda a sua bacia está instalada no Estado de São Paulo (Mapa 3), apresentando uma área aproximada de 10130 Km². Apõs longo curso retilíneo de cêrca de 373 Km, sem receber afluentes de maior importância, lança-se perpendicularmente no Rio Paranã, próximo à Panorama.

1.2 - OBJETIVOS E TRABALHOS ANTERIORES

Nas três bacias estudadas nesta pesquisa, procuramos caracterizar: a distribuição e natureza da drenagem; a análise dos sedimentos recentes ao longo das calhas dos rios principais, sob vários aspectos; a análise físico-química dessas águas; finalmente, tentamos uma comparação global das três bacias entre si.

O presente trabalho acha-se enquadrado numa linha de pesquisa iniciada com o estudo de parte da bacia do Moji-Guaçu (Gandolfi, 1968) e que se prolongará no sentido de uma caracterização geral das bacias hidrográficas instaladas no Estado de São Paulo.

Com relação a geomorfologia quantitativa, ao estudo dos sedimentos atualmente transportados por processo fluvial e às análises físico-químicas das águas de rios, pouco se tem feito no Estado de São Paulo. No que diz respeito aos rios agora examinados, absolutamente nada há a se registrar, além de um trabalho executado pelo Serviço do Vale do Ribeira (1966), com a finalidade exclusiva de equacionar os problemas relacionados ao Vale Grande, no Município de Iguape.

Ainda sôbre a falta de trabalhos nêsse campo, é significativa a afirmação de que as investigações de sedimentos transportados por rios, entre nós, têm sido praticamente descuidadas, contida em um relatório sôbre as possibilidades de aproveitamentos hidroelétricos no Centro Sul do Brasil, financiado pelas Nações Unidas (Canambra, 1966).

1.3 - AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Prof. Dr. Antenor Braga Paraguassu, que tanto nos acompanhou em serviços de campo, como nos ofereceu sugestões valiosas; aos professores Dr. Alfredo José Simon Bjornberg e Dr. Paulo Milton Barbosa Landim, pelas críticas e sugestões.

Apresentamos nossa gratidão aos técnicos de laboratório Flávio Mattiello e Luiz Marino, que nos auxiliaram nas análises do material estudado.

Somos gratos, também, à Senhorita Thereza Giacomo, pelos serviços de datilografia e, aos funcionários da Seção de Publicações, pela cortezia e eficiência.

2 - CONSIDERAÇÕES SOBRE A GEOMORFOLOGIA, A GEOLOGIA REGIONAL E O CLIMA

2.1 - GEOMORFOLOGIA

Bacia do Moji-Guaçu

A bacia do Moji-Guaçu se estende por três províncias geomorfológicas, segundo Almeida (1964). A sua parte alta, nas proximidades da região limítrofe entre São Paulo e Minas Gerais, encontra-se na província do Atlântico Norte e, mais particularmente, nas zonas Cristalinas do Norte e Planalto de Poços de Caldas, onde predominam altitudes entre 1500-1600m. A sua porção média acha-se na zona do Moji-Guaçu, uma das três que compõem a Província da Depressão Periférica; o relevo oscila entre 500m-750m de altitude, havendo predominância de campos bastante uniformes, com vales amplos e pouco profundos. A drenagem manifesta a constituição geológica pois, que o Moji-Guaçu, após atravessar indiferentemente a área sedimentar, é desviado ao atingir as estruturas dos magmatitos básicos, adaptando-se a elas.

O Rio Moji-Guaçu penetra na província das "Cuestas Basálticas", através da "percêe" consequente de Piraçununga quando, então, se superimpõe às estruturas do magmatito básico. Tõda sua bacia, na parte baixa, se localiza nessa província geomorfológica. O relêvo é movimentado, talvez em consequência da proximidade de dois grandes rios, o Pardo e o Moji-Guaçu, com seus afluentes recortando intensamente a região.

Bacia do Ribeira de Iguape

As partes alta e média da bacia do Ribeira se localizam na sub-zona da Serra de Paranapiacaba, da zona de Serrania Costeira, da Província Costeira. Apresenta relêvo complexo, em virtude das estruturas geológicas diversas, recuando as escarpas até uma centena de quilômetros da orla marítima. Em consequência, temos um relêvo intensamente movimentado, com altitudes de 1200m-1300m e amplitudes locais de várias centenas de metros.

A drenagem acha-se fortemente condicionada pelas estruturas geológicas, apesar de haver trechos de adiantada evolução geomórfica. É comum a existência de rios encachoeirados, com acentuada declividade.

A região baixa dessa bacia se estende pela zona das Baixadas Litorâneas, também da Província Costeira, com seus aspectos geomórficos detalhadamente traçados por Silveira (1950), quando caracterizou a existência de vários níveis de terraços marinhos e fluviais ao longo de tõda essa região litorânea. Como resultado do grande abaixamento do nível do mar durante os períodos glaciais, houve uma reativação da erosão fluvial até níveis inferiores ao atual; nos períodos interglaciais, o mar subindo, inundou as zonas baixas. Essas zonas foram, então, colmatadas por sedimentos continentais e marinhos, com dezenas de metros de espessura, como comprovam as sondagens realizadas nas proximidades do

Valo Grande, em Iguape (Serviço do Vale do Ribeira, 1966). Assim, nessa faixa, o traçado da drenagem é sinuoso, face às características geológicas e a declividade bastante baixa, propiciando inundações frequentes em grandes áreas.

Bacia do Peixe

Acha-se totalmente localizada na Província do Planalto Ocidental, sendo que as maiores altitudes não ultrapassam os 750m. O relevo se apresenta extremamente suavizado, predominando uma sequência significativa de morros ondulados, fator inegavelmente propício ao desenvolvimento econômico local, pois facilitou sobremaneira não só a instalação de uma intensa atividade agrícola, como também um eficiente traçado de vias de comunicação. Raramente os desníveis locais ultrapassam uma centena de metros.

A elevação das camadas do Grupo Bauru para a borda sul-oriental da província geomorfológica, atinge altitudes próximas a 700m, vindo a formar o planalto de Garça, onde tem suas nascentes o Rio do Peixe.

O traçado do Rio do Peixe é, caracteristicamente, conseqüente, pois que acompanha a declividade do Grupo Bauru, no sentido da calha do Rio Paraná.

2.2 - GEOLOGIA REGIONAL

Bacia do Moji-Guaçu

A parte alta dessa bacia, no Estado de Minas Gerais e parte no de São Paulo, está instalada em uma litologia variada com predominância de gnaisses, micaxistos, e quartzitos e subsidiariamente, granitos; são tôdas rochas antigas, do Prê-Cambriano, pertencentes ao Complexo Cristalino Brasileiro.

A seguir encontramos o Grupo Tubarão (P-C), com se-

dimentitos arenosos e argilo-arenosos, de coloração acinzentada, bem estratificados. Ocorrem, também, seixos glaciais bem como lentes conglomeráticas, tilitos e varvitos.

A Formação Corumbataí ocorre em uma pequena área, apenas ao longo da calha do Rio Moji-Guaçu. Apresenta-se predominantemente como siltitos laminados de coloração cinza escura e, quando na calha do rio, mostram-se bastante alterados.

Sobre a Formação Corumbataí e em contacto erosivo, encontramos a Formação Botucatu (Eocretáceo), representada por arenitos associados aos magmatitos básicos. Os arenitos da Formação Botucatu podem ser tanto eólicos, com estratificações cruzadas típicas de dunas e textura fina, quanto aquosos, com estratificação cruzada acanalada, intercalações de leitos argilosos e textura grossa. Cumpre notar a freqüente ocorrência de extensos depósitos de megaclastos, principalmente de quartzitos, nos sedimentitos aquosos dessa Formação.

Ainda na Formação Botucatu é que vamos encontrar as rochas que cobrem uma grande parte da área da bacia, representadas pelos magmatitos básicos. Parecem estar mais comumente associados ao processo de derrame e, seguidos por intrusões na forma de extensos "sills"; secundariamente se observam ocorrências de diques.

A Formação Bauru (Neocretáceo) se sobrepõe em discordância erosiva sobre a Formação Botucatu, cobrindo duas pequenas áreas próximas ao limite SE da região estudada.

Esses sedimentitos se apresentam constituídos por materiais arenosos e argilosos em proporções variáveis; é freqüente, também, a ocorrência de ruditos contendo quantidade apreciável de seixos de magmatitos básicos decompostos.

Com grande extensão lateral, porém, apresentando sempre espessuras diminutas, menores que 30m, aparecem em

tôda a região sedimentos pós-cretácicos (Bjornberg, 1965) e denominados posteriormente como Formação Rio Claro (Bjornberg e Landim, 1966). São sedimentitos ainda num estágio de litificação incipiente ou nulo, predominantemente arenosos, passando a areno-argilosos ou marcadamente argilosos, conforme as características do material que lhe servem de fonte de suprimento (Gandolfi, 1968).

Bacia do Ribeira de Iguape

A maior área dessa bacia acha-se localizada em rochas que compõem o Grupo São Roque. As rochas parametamórficas predominam praticamente em toda a bacia, excetuando-se as áreas em que estão recobertas por sedimentos cenozóicos.

O Grupo São Roque, que no Estado de São Paulo é uma sequência do Grupo Açungui do Paraná, compõe-se principalmente de metassiltitos, metarenitos, micaxistos, gnaisses, calcários e dolomitos; secundariamente, são encontrados quartzitos.

Na área da bacia afloram também corpos ígneos intrusivos, tanto ácidos, básicos como alcalinos; são os primeiros representados por rochas que variam do granito ao granodiorito, sendo mais importantes e maiores os formadores da Serra de Paranapiacaba. Os diabásios, comumente na forma de diques verticais e orientação geral N45W (Melfi e outros, 1965), representam as intrusões básicas. As alcalinas, cuja principal ocorrência se dá em Jacupiranga (Melcher, 1954), devem ser assinaladas, pois ao lado delas ocorre o carbonatito, de enorme valor econômico graças às jazidas de apatita que lhe são associadas; são do tipo nefelina-sienito, piroxenitos e peridotitos.

Na região leste e próximo a orla litorânea encontramos sedimentos cenozóicos, tanto de natureza marinha como fluvial. Os marinhos formam extensa planície e os flu

viais se localizam ao longo dos vales dos grandes rios.

Bacia do Peixe

A geologia ao longo dessa bacia é consideravelmente simples, uma vez que está representada, na sua quase totalidade, pelos sedimentos do Grupo Bauru. Encontramos uma sucessão de camadas detríticas, quase sempre arenosas, com espessura máxima de 300m. Ocorre a Formação Itaqueri, apresentando alternância de arenitos com cimento argiloso, arcósios, siltitos, folhelhos e conglomerados fluviais. A silicificação de camadas ou a ocorrência de hidróxidos férricos fazem com que aumente a resistência à erosão. Temos a notar, também, o afloramento da Formação Marília, com seus arenitos frequentemente cimentados por carbonato de cálcio.

Secundariamente, ocorrem pequenas manchas de magmatitos básicos, exclusivamente ao longo da calha do rio do Peixe, sendo responsáveis por algumas quedas e cachoeiras que nêles aparecem (Almeida, 1954, pg. 255)

2.3 - CLIMA

Moji-Guaçu

O vale do Moji-Guaçu abrange, praticamente, três tipos de climas, segundo Koeppen (1948): na região alta, predomina o Cwb, "Temperado"; na região média e maior parte da baixa, temos o Cwa, "Quente" e, finalmente, nas proximidades da confluência com o Pardo, aparece o Aw, "Tropical"; todos apresentam inverno sêco, com pequena diferença entre as temperaturas médias dos meses mais quentes e mais frios. As precipitações médias anuais estão entre 1200mm-1400mm, sendo que a pluviometria cresce tanto em função da altimetria quanto das direções das massas de ar. Há duas estações mais ou menos nítidas: uma úmida, nos meses mais quentes (novembro à março, com máxima em janeiro), caracterizada por chu-

vas torrenciais; outra sêca e mais fina (com mínima pluviosidade em julho).

Ribeira de Iguape

A porção maior desta bacia se localiza na zona climática "Quente", Cfa de Koeppen (1948), com inverno menos sêco; a região baixa, da planície litorânea, está na zona climática Af, "Tropical úmido". As precipitações médias anuais estão entre 1100mm-1500mm, com temperatura média anual de 21°C e umidade relativa do ar superior a 70%. Nota-se, praticamente, a existência de duas estações: uma mais quente e mais úmida, de dezembro à março e, outra mais fria e menos úmida, nos meses de inverno.

Peixe

Acha-se localizada quase totalmente na zona Cwa, "Quente", com excessão de pequeníssima área na desembocadura, onde ocorre a zona climática Aw, "Tropical", segundo Koeppen. Assim, a maior parte das bacias do Moji-Guaçu e do Peixe apresentam características climáticas semelhantes, pois nelas predomina a zona Cwa. Na bacia do Peixe também ocorrem duas estações distintas durante o ano: uma, úmida e quente, que vai de fins de setembro a princípios de março, com uma precipitação máxima principal em outubro/novembro e uma máxima secundária em janeiro/fevereiro; a outra estação é sêca e mais fria, com um mínimo de precipitação em julho/agosto. As precipitações médias anuais variam num intervalo compreendido, aproximadamente, entre 800mm-1200mm.

3 - MORFOMETRIA DAS DRENAGENS

3.1 - INTRODUÇÃO

Utilizando índices, relações e valores numéricos que definem um sistema natural de drenagem, procuramos caracterizar as bacias dos rios Moji-Guaçu, Peixe e parte da ba-

cia do Ribeira, bem como compará-las entre si.

De uma forma geral, seguimos a metodologia exposta em trabalho anterior, (Gandolfi, 1971), quando estudamos as partes média e baixa da bacia do Moji-Guaçu. No presente trabalho, estendemos as observações ao restante dessa bacia, para que pudéssemos analisá-la no conjunto.

Interessamo-nos pelo estudo do rio do Peixe, face às peculiaridades geológicas, uma vez que se localiza quase exclusivamente sobre o Grupo Bauru.

Fizemos observações na bacia do Ribeira, não só por se estender em área geologicamente diversa, como por ser tipicamente exorêica.

Os dados necessários à realização desse trabalho, como distribuição das rês de drenagem, extensão dos canais, área, perímetro, etc., foram extraídos de fôlhas topográficas do Instituto Geográfico e Geológico, na escala de 1:100000; dados complementares foram retirados de Boletins Fluviométricos, da Divisão de Águas, do Ministério das Minas e Energia.

Em relação aos mapas utilizados, os que cobrem a maior parte da bacia do rio do Peixe, bem como a totalidade dos referentes a do Ribeira, no Estado de São Paulo, foram compilados a partir de mapas municipais, de qualidade discutível. Por outro lado, a parte paranaense da bacia do Ribeira acha-se mapeada detalhadamente, porém nas escalas - 1:50000 e 1:70000, a partir de fotos aéreas. Em vista dessas diferenças, na bacia do Ribeira achamos conveniente uma análise morfométrica apenas em dois de seus afluentes, o Catas Altas e o Pilões, no Estado de São Paulo.

3.2 - MÉTODO UTILIZADO

Muito embora já termos utilizado e descrito essa

metodologia anteriormente, para facilidade de entendimento, e por não ser de uso corrente, vamos descrevê-la suscintamente.

3.2.1 - FORMA DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

a. Índice de forma - K

É uma relação entre o perímetro da bacia e a área que possui, sendo calculada pela expressão:

$$K = \frac{P}{2 \sqrt{\pi A}}$$

Sendo: K = índice de forma

P = perímetro da bacia

A = área da bacia

O menor valor possível para o índice de forma seria $K = 1,0$, que corresponderia a uma bacia circular. Esse valor calculado depende apenas da forma, independentemente da área considerada.

b. Relação de alongação - Re

É uma relação entre o diâmetro de um círculo com a mesma área que a bacia considerada e o maior comprimento dessa bacia, medido paralelamente à linha principal de drenagem. O valor máximo possível é $Re = 1,0$, correspondendo a uma bacia circular, (Schumm, 1956, pp. 612).

Calcula-se com: $Re = \frac{d}{\ell}$

d = diâmetro do círculo de área A

ℓ = maior comprimento

c. Densidade hidrográfica - Dh

Relaciona o número de rios ou canais com a área da bacia hidrográfica (Freitas, 1952).

$$\text{Assim, } Dh = \frac{n}{A}$$

n = número de canais

A = área da bacia

d. Densidade de drenagem - Dd

Trata-se de uma relação entre o comprimento total dos canais com a área da bacia de drenagem. (Horton, 1945 e Freitas, 1952).

3.2.2 - COMPONENTES DA REDE HIDROGRÁFICA

a. Coeficiente de manutenção - Cm

Segundo Schumm(1956), seria uma medida da textura, semelhante à densidade de drenagem. Para calculá-lo, multiplicamos por 1000 a recíproca do valor de densidade de drenagem (Dd), a fim de que os resultados sejam expressos em m²/m.

Assim, este índice nos dá a área mínima necessária para a manutenção de um canal permanente.

Calculado por:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$$

onde: Cm é expresso em m²/m

Dd = densidade de drenagem

b. Extensão do percurso superficial - E_{ps}

Essa medida nos dá uma indicação da distância média percorrida pelas enxurradas antes de encontrar um canal permanente. É obtida tomando-se o recíproco do dobro do valor da densidade de drenagem calculada segundo proposto por Horton (1945).

$$E_{ps} = \frac{1}{2 \cdot Dd} \quad (\text{expresso em metros})$$

Dd = densidade de drenagem

É também um dado para caracterização da textura.

c. Gradiente dos Canais - G_c

É uma relação entre a diferença máxima de altitude com a extensão do canal principal, sendo expressa em porcentagem.

3.2.3 - TEXTURA DA TOPOGRAFIA - T_t

Calculada segundo proposição de Smith (1950), modificada por Freitas (1952), fornece uma indicação do estágio erosivo de uma região.

Calculada pela expressão:

$$\log T_t = 0,219649 + 1,115 \log D_d$$

T_t = textura da topografia

D_d = densidade da drenagem

3.2.4 - ORDEM DOS CANAIS

A fim de obtermos as ordens dos canais, seguimos a orientação de Horton (1945) modificada por Strahler (1952, pp. 1120). Assim, ordem de canal é um número atribuído aos cursos de água, a partir das nascentes, sendo que a todo canal sem afluentes é dado número de ordem um ou primeira ordem. A junção de dois canais de uma mesma ordem forma um canal de ordem imediatamente superior.

a. Relação de bifurcação - R_b

É uma relação entre o número total de canais de

uma certa ordem e o número total dos de ordem imediatamente superior (Horton, 1945).

$$R_b = \frac{\sum n}{\sum (n+1)}$$

n = canal de ordem n

b. Relação ponderada de bifurcação

É um valor médio encontrado para a bacia hidrográfica, através de uma relação ponderada dos valores R_b obtidos e o número de canais envolvidos em cada cálculo.

3.3 - RESULTADOS

Os dados preliminares, referentes à área, ao perímetro, à maior extensão, ao número de canais e a extensão dos canais, necessários ao cálculo dos diversos índices, parâmetros e relações para caracterização das bacias, estão apresentados na Tab. 3.1.

	Moji	Peixe	Pilões	C.Altas
Perímetro - Km	913	621	117	126
Área - Km ²	17532,1	10127,9	514,5	818,9
Maior dimensão - Km	330	260	40	42
Número de canais	20193	6362	604	336
Comprimento total dos canais - Km	17797	6780	605	550
Diferença de altitude no canal principal- Km	330		-	-

Tab. 3.1

Através dos dados constantes da Tab. 3.1, calculamos os índices morfométricos descritos no ítem 3.2; apresentamos os resultados na Tab. 3.2. Os elementos referentes às características dos canais encontram-se na Tab. 3.3.

3.4 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Utilizando os dados constantes das Tabelas 3.2 e 3.3, pudemos formular algumas considerações sobre as regiões estudadas.

3.4.1 - BACIA DO MOJI-GUAÇU

É uma bacia de oitava ordem, que apresenta um total de 20193 canais, com uma extensão global de 17797 Km, resultando daí uma extensão média de 0,881 Km/canal.

Tanto o índice de forma, $K = 1,94$, como a relação de alongação, $R_e = 0,45$, indicam para a bacia um aspecto alongado sendo, inclusive, a que mais se afasta de uma forma circular.

O coeficiente de manutenção nos dá uma estimativa da área necessária para a existência de um metro de canal permanente de drenagem; no caso, o valor obtido foi de $990,1 \text{ m}^2/\text{m}$. O parâmetro em questão se relaciona à densidade de drenagem, cujo valor é $1,01 \text{ Km de canais por Km}^2$, em média; relaciona-se, inclusive, à densidade hidrográfica, para a qual calculamos o valor de $1,15 \text{ canais/Km}^2$.

O valor encontrado para a extensão do percurso superficial, indica serem necessários 495,0m de percurso, antes que as águas superficiais atinjam um canal permanente de drenagem. Para a relação ponderada de bifurcação o valor calculado foi 3,90, superior apenas a do rio do Peixe.

Gandolfi (1971), trabalhando nas regiões média e baixa do Moji-Guaçu, obteve valores diversos dos agora apre

Parâmetros	Moji-Guaçu	Peixe	Pilões	Catas Altas
a. Forma da Bacia de Drenagem				
Índice de forma - K	1,94	1,74	1,45	1,24
Relação de Elongação - R_e	0,45	0,44	0,64	0,77
Densidade de drenagem - D_d	1,01 Km/km ²	0,66 Km/Km ²	1,17 Km/Km ²	0,67 Km/Km ²
Densidade hidrográfica - D_h	1,15 canais/Km ²	0,62	1,17/canais/Km ²	0,41 canais/Km ²
b. Componentes da rede de drenagem				
Coefficiente de manutenção - C_m	990,1 m ² /m	1515,1 m ² /m	854,4 m ² /m	1492,5 m ² /m
Extensão do percurso superficial - E_{ps}	495,0 m	757,5 m	427,3 m	746,3 m
Gradiente dos canais - G_c	0,06	0,04	-	-
Relação ponderada de bifurcação - R_{pb}	3,90	3,71	3,93	3,97
c. Textura da topografia				
Valor calculado - T_t	1,68	1,04	1,97	1,06

Tab. 3.2- Parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas

	Ordem	Frequência	Extensão Total (Km)	Extensão média (KM)	Relação de bifurcação	Relação ponderada de bifurcação
Moji-Guaçu	1	14985	8168	0,54	3,67	3,90
	2	4079	4370	1,07	4,75	
	3	859	2340	2,72	4,19	
	4	205	1326	6,46	4,27	
	5	48	722	15,04	3,43	
	6	14	416	29,71	7,00	
	7	2	98	49,00	2,00	
	8	1	357	357,00	-	
	Total	20193	17797	0,88	-	
Peixe	1	4575	3074	0,67	3,17	3,71
	2	1445	1780	1,23	5,43	
	3	266	914	3,43	4,67	
	4	57	492	8,63	3,56	
	5	16	184	11,50	8,00	
	6	2	201	100,50	2,00	
	7	1	135	135,00	-	
	Total	6362	6780	1,06	-	
Pilões	1	450	295	0,65	3,85	3,93
	2	117	147	1,25	4,18	
	3	28	80	2,85	4,67	
	4	6	40	6,66	3,00	
	5	2	9	4,50	2,00	
	6	1	34	34,00	-	
	Total	604	605	1,00	-	
Catas Altas	1	250	267	1,06	3,62	3,97
	2	69	169	2,44	5,31	
	3	13	34	2,61	4,33	
	4	3	29	9,66	3,00	
	5	1	51	51,00	-	
	Total	336	550	1,63	-	

Tab. 3.3 - Características dos canais

sentados para a bacia tãda. Acreditamos que isso se deva ao fato de a regiãõ alta ser intensamente drenada, com altos valores de densidade de drenagem e densidade hidrogrãfica. Convãem ressaltar que nessa parte alta predominam rochas do Complexo Cristalino Brasileiro, com feições morfolãgicas de relãvo sumamente acidentado, portanto, situações bastante diversas das encontradas no restante da bacia.

3.4.2 - BACIA DO PEIXE

Trata-se de uma bacia de sãtima ordem, com 6362 canais, perfazendo uma extensãõ global de 6780Km, que se distribuem numa área de 10127,9 Km²; disso resulta que a extensãõ mãdia ã de 1,06 Km, a densidade de drenagem ã de 0,66 Km/Km² e, finalmente, a densidade hidrogrãfica ã de 0,62 canais/Km².

Os valores obtidos para o ãndice de forma, $K = 1,74$, e para a relaãõ de alongaãõ, $R_e = 0,44$, indicam ser a bacia essencialmente alongada, como tambãem ocorre com a do Moji-Guaçu. Pudemos estimar em 1515,1 m² a área necessãria, nessa regiãõ, para a existãncia de um metro de canal permanente de drenagem; conseqüentemente, o valor da extensãõ do percurso superficial ã o mais elevado de todos os encontrados. Aquã sentimos, tambãem, uma diferenciaãõ significativa para com os resultados obtidos para o Moji-Guaçu, semelhantemente ao observado em relaãõ a outros parãmetros, como por exemplo densidade de drenagem e densidade hidrogrãfica. A nosso ver, as feições geolãgicas diferentes, principalmente com respeito ã zona alta do Moji-Guaçu, sãõ as responsãveis diretas pelas diferenciações.

Com respeito ã textura da topografia, ã a bacia que apresenta o menor valor, $T_t = 1,04$, fato ãsse que pode estar perfeitamente relacionado ãs suas caracterãsticas geolãgicas uniformes, o que nãõ acontece com a do Moji-Guaçu.

3.4.3 - BACIAS DO PILÕES E DO CATAS ALTAS

As bacias dos Pilões e do Catas Altas constituem uma amostragem da bacia do Ribeira, no Estado de São Paulo, onde o mapeamento existente está na escala 1:100000, semelhante às do Moji-Guaçu e do Peixe.

A bacia do Pilões apresenta $K = 1,45$, indicando forma não circular, porém menos alongada que as bacias do Peixe e do Moji-Guaçu, fato que se confirma pelo valor da relação de alongação, $R_e = 0,64$, o maior entre os três considerados. Com relação à do Catas Altas, é dentre todas, a que apresenta os índices mais próximos aos de uma bacia circular, ou seja: $K = 1,24$ e $R_e = 0,77$.

A densidade da drenagem da bacia do Pilões apresenta o maior valor entre todas, porém próximo a do Moji-Guaçu, enquanto a da bacia do Pilões tem valor quase idêntico a do Peixe. Quanto à densidade hidrográfica, a bacia do Catas Altas apresenta valor bem menor que as outras bacias; a do Pilões têm valor quase igual a do Moji.

O coeficiente de manutenção, indicando uma área de $854,7 \text{ m}^2$ para um metro de canal permanente na bacia do Pilões, é bem diverso do encontrado na do Catas Altas, onde $C_m = 1492,5 \text{ m}^2/\text{m}$. Para a primeira, a extensão do percurso superficial apresenta o menor valor encontrado; já $E_{ps} = 746,3 \text{ m}$ do Catas Altas, está bem próximo ao da bacia do Peixe. Os valores das relações ponderadas de bifurcação destas duas bacias são os mais altos dentre as bacias estudadas.

A textura da topografia da bacia do Pilões apresenta o maior valor encontrado, enquanto a do Catas Altas é semelhante a do Peixe e menor que a do Moji-Guaçu.

3.4.4 - NATUREZA DA DRENAGEM

Aplicamos uma análise de regressão linear entre a

ordem dos canais e o logaritmo de suas frequências, conforme as leis de Horton (1945, pp. 286), para os dados de todas as bacias consideradas.

Os valores dos coeficientes de correlação se mostraram altamente significantes, caracterizando a natureza dendrítica das drenagens nas bacias estudadas. Apresentamos os gráficos dessas regressões na Fig. 3.1; as equações e os respectivos coeficientes de correlação são os seguintes:

Bacia do Moji-Guaçu

$$y = 4,79 - 0,62 x$$

$$r = 0,9982$$

Bacia do Peixe

$$y = 4,35 - 0,64 x$$

$$r = 0,9967$$

Bacia do Pilões

$$y = 3,13 - 0,55 x$$

$$r = 0,9938$$

Bacia do Catas Altas

$$y = 3,01 - 0,62 x$$

$$r = 0,9979$$

3.4.5 - COMPARAÇÃO ENTRE AS BACIAS

A fim de conhecer as relações estatísticas entre as bacias, utilizamos coeficientes de correlação linear, calculados a partir dos parâmetros morfométricos das Tabelas 3.2 e 3.3. Para o cálculo desses coeficientes, seguimos o procedimento utilizado por Gandolfi, Paraguassu e Landim (1970). Assim, os nove parâmetros para cada uma das quatro

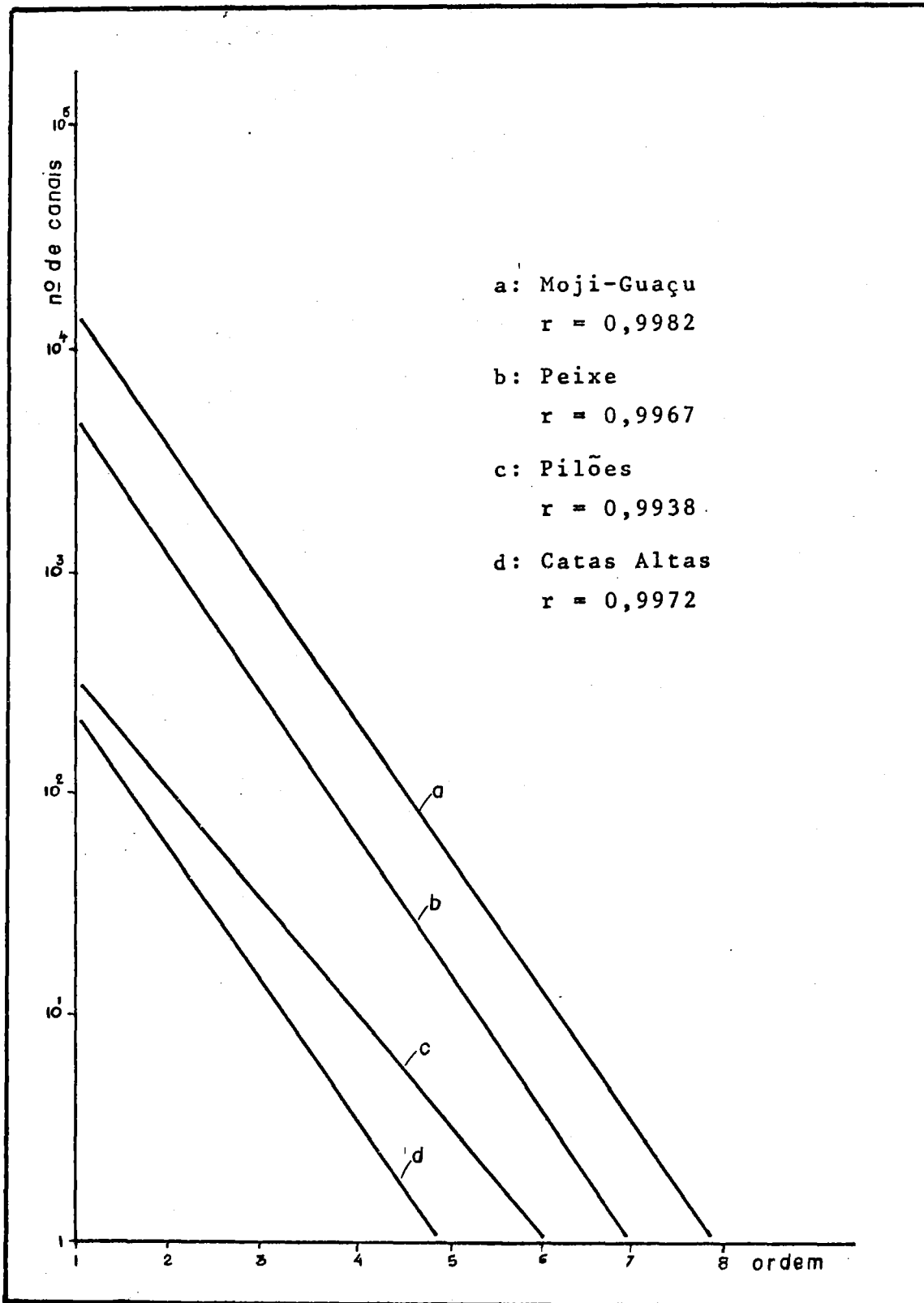


Fig. 3.1 - Regressão linear entre ordem dos canais e o logaritmo das frequências.

bacias foram dispostos em colunas, formando uma matriz de 4 por 9 elementos. Tais valores foram normalizados, resultando de uma matriz padronizada inicial. A partir desta matriz e de acôrdo com o programa GEO02, em linguagem Fortran-IV, no computador IBM-1130, da Escola de Engenharia de São Carlos, utilizado por êsses autores, foi calculada uma matriz de coeficientes de correlação (Tab. 3.4). A significância dos valores dêsses coeficientes foi verificada pelo teste "t", ao nível de 0,95, com a hipótese nula de que os valores em questao pertenciam a uma população cujo \bar{r} era igual a zero, portanto, não havendo correlação entre as bacias.

A partir dos coeficientes obtidos, podemos fazer as seguintes considerações:

- a bacia do Moji-Guaçu correlaciona-se apenas inversamente com a bacia do Catas Altas; com a do Pilões, o coeficiente obtido se aproxima de um valor significante; com a do Peixe não há correlação alguma.

- a bacia do Peixe correlaciona-se inversamente - com a do Pilões; com as bacias do Moji-Guaçu e Catas Altas, não há correlação.

- a bacia do Pilões correlaciona-se inversamente com a do Peixe; os coeficientes de correlação para com as bacias do Moji-Guaçu e do Catas Altas estão prôximas a um valor significante;

- a bacia do Catas Altas correlaciona-se apenas inversamente com a do Moji-Guaçu; com a bacia do Pilões, o valor de r é quase significante.

3.5 - CONCLUSÕES

1. As quatro bacias estudadas apresentam drenagens de caráter dendrítico, que é constatado pelo fato de ocorrer uma regressão linear entre a ordem dos canais e o logarítmo

de suas frequências, com coeficientes de correlação altamente significantes.

2. Os valores obtidos para textura da topografia, calculados segundo Smith (1950), com modificação proposta por Freitas (1952), são todos baixos, portanto de textura grossa, o que indica estarem as referidas regiões em estágios iniciais ou recentes do ciclo de erosão. Os baixos valores apresentados para densidade da drenagem, associados aos valores dos coeficientes de manutenção, confirmam tais observações.

3. Em concordância com as observações de França (1968), feitas no estudo de drenagens em diferentes tipos de solos, notamos que os valores de relação de bifurcação obtidos para a bacia do Peixe seriam indicativos de solos mais permeáveis nessa região, em comparação aos das demais bacias. Isso realmente deve ocorrer, em face das características litológicas que essa bacia apresenta, pois está quase totalmente localizada nos sedimentitos do Grupo Bauru.

4. Através de uma matriz de coeficientes de correlação entre as bacias, a partir dos parâmetros morfométricos, observamos que:

- a bacia do rio Moji-Guaçu correlaciona-se inversamente com a do Catas Altas;
- a bacia do rio do Peixe correlaciona-se inversamente com a do Pilões;
- as bacias do Moji-Guaçu e do Peixe, bem como as bacias do Pilões e do Catas Altas não se correlacionam.

Bacias	Moji-Guaçu	Peixe	Pilões	Catas Altas
Moji-Guaçu	1,0000	-0,1730-ns	0,5962-ns	-0,8084
Peixe	-	1,0000	-0,8222	0,2193-ns
Pilões	-	-	1,0000	-0,5944-ns
Catas Altas	-	-	-	1,0000

Tab. 3.4 - Coeficiente de correlação
(ns = não significante)

4 - SEDIMENTOLOGIA

4.1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

Em virtude da falta quase total de conhecimentos sôbre as características granulométricas e texturais dos sedimentos de calha dos rios do Estado de São Paulo, que cortam diferentes áreas geológicas, é que resolvemos realizar tais estudos nos rios Moji-Guaçu, Ribeira e Peixe.

Já havíamos iniciado trabalho dessa natureza nas partes média e baixa da bacia do Moji-Guaçu, Gandolfi (1968). Nessa ocasião fizemos estudo pormenorizado, com espaçamento de amostragem de sedimento de calha bastante reduzido, com a finalidade de verificar a influência da contribuição dos sedimentos transportados pelos afluentes.

No estudo em questão, com base na experiência obtida, interessamo-nos pelos traços gerais das características analisadas, a fim de conhecer as suas variações não apenas ao longo de todo o rio, como também dos rios entre si. Para isso, recorreremos à estatística, principalmente análise de regressão linear.

A técnica de amostragem foi semelhante à descrita por Gandolfi (1968), diferindo apenas o espaçamento entre os pontos de coleta, agora bem maior, tendo em vista a finalidade do trabalho e às dificuldades de acesso aos rios, mormente nas partes mais altas dos cursos. Quanto ao Ribeira, a dificuldade é ainda maior face à ausência quase total de estradas; as existentes, são de precaríssimas condições.

Um dos trabalhos desenvolvidos no laboratório constou da análise mecânica, compreendendo peneiramento e pesagem, a fim de se obter dados para o traçado das curvas de distribuição granulométrica acumuladas, para cada amostra. Em vista do tipo do sedimento e do método de interpretação

dos resultados, trabalhamos apenas com a fração arenosa, entre 0,061 mm e 2,0 mm. Prevendo um teste estatístico mais representativo do sedimento, utilizamos espaçamento das classes granulométricas na Escala (Phi), Krumbein (1936), seguindo a classificação proposta por Wentworth (em Pettijohn, 1949, p. 16). Os dados granulométricos, bem como a localização das amostras coletadas, estão na Tab. 4.1.

Realizamos, também, a separação dos minerais pesados, utilizando bromofórmio, em funis de separação, segundo as técnicas normais; destes, separamos os minerais magnéticos. Foram confeccionadas lâminas, tanto dos minerais leves como dos pesados, para exame microscópico, constante de determinação mineralógica, contagem e determinação do arredondamento de algumas espécies minerais.

Fizemos a separação dos pesados em todas as frações a fim de podermos obter as porcentagens em peso e traçar as suas curvas de distribuição granulométrica acumulada. Assim procedemos, para podermos conhecer as relações entre as características dos sedimentos e dos minerais pesados nelas contidos. Os valores obtidos estão na Tab. 4.2.

4.2 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA, TEXTURAL E MINERALÓGICA

4.2.1 - PARÂMETRO DE DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO

No presente trabalho utilizamos os parâmetros definidos por Folk e Ward (1957) e que resumidamente descreveremos a seguir. Deve-se observar que, nas fórmulas apresentadas, os índices p_n indicam percentis cujo valor é n , lidos diretamente na curva de distribuição granulométrica, em escala ϕ .

DIÂMETRO MÉDIO - M_z

Representa o tamanho médio e é calculado pela fórmula:

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

Geològicamente, reflete a média geral de tamanho do sedimento, sendo afetada pela fonte de suprimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade de corrente. É mais representativa que a mediana, pois que esta baseando-se apenas em um ponto da curva de distribuição, percentíl 50, com frequência pode apresentar iguais valores para sedimentos que apresentam curvas de distribuição completamente diferentes.

SELEÇÃO - ζ_I

O parâmetro propôsto, denominado pelos autores como "Desvio Padrão Gráfico Incluso", é uma medida da seleção, sendo calculado pela fórmula:

$$\zeta_I = \frac{P_{84} - P_{16}}{4} + \frac{P_{95} - P_5}{6,6}$$

Uma seleção perfeita terá como medida o valor zero; tôdas outras condições apresentarão valores maiores que zero. A medida proposta por Trask (1930, 1932), coeficiente de seleção (S_0), mede a seleção apenas na parte central da curva de distribuição, entre os percentís 25% e 75%. O uso da escala ϕ (phi) permite a aplicação do parâmetro proposto por Folk e Ward (1957), que abrange quase totalmente a curva de distribuição, de forma a permitir a distinção de ambientes de sedimentação. De acôrdo com o uso matemático, dever-se-ia empregar o símbolo \underline{s} e não ζ para a amostra, uma vez que êste último é um parâmetro da população.

Em têrmos de seleção, os autores acima citados propõem a seguinte escala verbal:

ζ_I menor que 0,35, muito bem selecionado; entre -

0,35-0,50, bem selecionado; 0,50-1,00, moderada - mente selecionado; 1,00-2,00, pobremente selecio- nado; 2,00-4,00, muito pobremente selecionado e maior que 4,00, extremamente mal selecionado.

ASSIMETRIA - S_{K_I}

É definida como "Assimetria Gráfica Inclusa" e cal- culada pela fórmula:

$$S_{K_I} = \frac{P_{16} + P_{84} + 2P_{50}}{2 (P_{84} - P_{16})} + \frac{P_5 + P_{95} - 2P_{50}}{2 (P_{95} - P_5)}$$

Como se nota, é uma combinação de duas medidas, uma da parte central e outra das extremidades, resultando numa melhor apreciação da assimetria geral da curva de distribui- ção. Para uma curva normal (simétrica), $S_{K_I} = 0,0$; quando $S_{K_I} > 0$, é um indicio que as amostras apresentam um prolon- gamento para os finos; quando $S_{K_I} < 0$, tal prolongamento é para os grossos.

Os limites matemáticos para S_{K_I} são + 1,00 e -1,00. Os autores propõem a seguinte escala verbal: S_{K_I} entre -1,00 à - 0,30 assimetria muito negativa ; - 0,30 à - 0,10, assi- metria negativa; - 0,10 à + 0,10, aproximadamente simétrica; 0,10 à 0,30, assimetria positiva; 0,30 à 1,00, assimetria - muito positiva.

CURTOSE - K_G

Definida como "Curtose Gráfica", é calculada pela fórmula:

$$K_G = \frac{P_{95} - P_5}{2,44 (\sigma_{75} - \sigma_{25})}$$

Mede a relação da seleção nos extremos da distribuição comparada com a seleção na parte central, constituindo um teste da normalidade da distribuição. Numa curva normal, $K_G = 1,00$.

Curva com $K_G = 2,00$ seria leptocúrtica ou excessivamente aguda, isto é, representaria um sedimento relativamente bem selecionado na parte central da distribuição. Para classificar uma curva segundo os valores da curtose, usa-se a seguinte escala verbal: K_G menor que 0,67 muito platicúrtica; 0,67 - 0,90, platicúrtica; 0,90 - 1,11, mesocúrtica; 1,11 - 1,50, leptocúrtica; 1,50 - 3,00, muito leptocúrtica e maior que 3,00, extremamente leptocúrtica.

4.2.2 - ARREDONDAMENTO

Como nos interessamos em conhecer as características dos sedimentos fluviais ao longo do canal, de montante à jusante, foram realizadas análises da variação do arredondamento.

Efetuamos, ao microscópio, as medidas de arredondamento dos grãos, em duas frações granulométricas diferentes para cada espécie mineral considerada, por processo de comparação visual, utilizando a tabela por silhueta, proposta por Krumbein (1941).

Realizamos medidas em grãos de turmalina e estaurolita nas frações (0,125 mm - 0,250 mm) e (0,250mm-0,500mm), e em quartzo e minerais magnéticos nas frações (0,125 mm - 0,177 mm) e (0,250 mm - 0,353 mm).

4.2.3 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

O estudo da composição mineralógica foi realizado na fração granulométrica 0,125 mm - 0,250 mm. Fizemos a quarteação do material existente nesta fração em um microquarteador e preparamos lâminas para exame microscópico, -

AMOS TRA	LOCALIZAÇÃO	AREIA - GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
		-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
M1	Ponte em Tocos do Moji	12,71	23,14	26,10	22,83	10,52	3,78	0,65	0,15	0,09	0,03
M2	Ponte Ouro Fino-Borda da Mata	1,89	9,97	25,25	33,30	18,47	7,83	2,21	0,75	0,25	0,08
M3	Ponte em Ouro Fino	13,71	22,07	22,10	20,31	11,41	5,81	2,50	1,26	0,66	0,17
M4	Ponte Jacutinga-Andradas	2,19	11,18	22,70	26,96	13,87	5,80	2,48	5,38	7,07	2,37
M5	Ponte Pinhal-Jacutinga	18,57	19,23	13,11	12,36	10,61	10,98	8,31	4,60	1,76	0,47
M6	Ponte Moji-Guaçu-Moji-Mirim	6,78	10,35	13,05	13,29	12,53	22,37	8,92	5,39	5,18	2,14
M7	Ponte Pádua Sales-Moji-Guaçu	1,82	6,68	13,77	19,67	20,72	20,96	10,78	4,81	0,73	0,06
M8	Ponte Aguaí-Ibicatu	1,10	7,39	22,15	34,94	20,56	7,69	4,35	1,58	0,19	0,02
M9	Cachoeira das Emas (Piraçununga)	10,66	15,42	16,08	11,88	7,91	7,58	8,91	11,12	7,97	2,47
M10	Ponte Usina Vaçununga	2,02	5,83	13,07	26,85	30,27	19,39	2,34	0,18	0,04	0,01
M11	Ponte S.Carlos-Rib. Preto	2,30	5,92	11,22	19,79	22,48	18,23	12,45	6,66	0,89	0,06
M12	Ponte Pradópolis-Guariba	7,10	15,33	21,99	27,88	17,91	7,08	1,83	0,73	0,14	0,01
M13	Ponte Pontal-Pitangueiras	3,01	7,67	13,72	25,95	30,21	14,52	3,72	1,01	0,16	0,03
M14	Ponte Viradouro-Morro Agudo	28,03	28,43	15,57	11,05	6,98	4,65	3,04	1,67	0,47	0,11

Tab. 4.1.a - Localização e granulometria das amostras de sedimento do Rio Moji-Guaçu-

AMOS TRA	LOCALIZAÇÃO	AREIA - GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
		-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
R1	Ponte Cerro Azul-Varzeão	38,11	26,82	10,94	4,09	2,46	3,37	4,12	4,45	4,09	1,55
R2	Ponte Ribeira-Adrianópolis	27,26	27,23	24,11	14,61	4,24	1,81	0,50	0,18	0,06	-
R3	Balsa Apiaí-Iporanga	18,51	26,05	24,98	19,92	8,01	1,80	0,42	0,19	0,09	0,03
R-4	Balsa na Barra do Rio Batatal	15,13	25,11	25,20	23,67	9,41	1,24	0,15	0,05	0,04	-
R5	Ponte Eldorado-Sete Barras	27,76	33,06	25,50	11,25	2,05	0,26	0,07	0,04	0,01	-
R6	Ponte Sete Barras-Registro	18,87	23,12	21,94	21,60	10,32	2,53	1,19	0,32	0,09	0,02
R7	Ponte Juquiã-Registro	5,91	13,06	20,13	26,66	20,29	11,35	2,25	0,26	0,07	0,02
R8	Barra do Rio Jacupiranga	5,82	12,50	19,85	26,25	19,45	10,34	4,16	1,37	0,22	0,04
R9	Ferry-Boat no Valo Grande	0,16	0,24	0,30	0,76	3,04	15,72	34,16	38,73	6,76	0,13

Tab. 4.1.b - Localização e granulometria das amostras de sedimento do Rio Ribeira

AMOS TRA	LOCALIZAÇÃO	AREIA - GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
		-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
P1	Ponte Vera Cruz-Lupércio	0,03	0,07	0,79	8,05	24,21	37,00	20,81	7,58	1,22	0,24
P2	Ponte Vera Cruz-Ocanaça	0,07	0,24	1,94	13,34	30,64	35,43	13,75	4,09	0,46	0,04
P3	Ponte Marília-Echaporã	0,25	0,56	2,39	10,71	24,19	37,54	18,72	4,94	0,64	0,06
P4	Ponte Oriente-Oscar Bressane	0,33	0,53	1,11	5,95	17,75	34,19	27,75	10,75	1,51	0,13
P5	Ponte Pompéia-Oscar Bressane	0,19	0,25	0,78	6,16	21,51	46,10	20,28	4,21	0,48	0,04
P6	Ponte Quintana-Lutécia	0,10	0,16	0,70	7,57	33,49	45,55	10,97	1,33	0,11	0,02
P7	Ponte Tupã-Quatã	0,19	0,21	0,31	2,32	14,40	47,14	25,21	9,22	0,94	0,06
P8	Ponte Parapuã-Pres.Prudente	-	0,02	0,02	0,31	2,94	11,42	54,59	27,96	2,69	0,05
P9	Ponte Adamantina-Pres,Prudente	-	-	0,01	0,02	0,26	4,08	45,40	42,32	7,72	0,19
P10	Ponte Pacaembú-Pres.Bernardes	0,14	0,34	1,45	8,80	21,64	28,55	20,01	15,48	3,45	0,14
P11	Ponte Dracena-Pres.Wenceslau	0,05	0,05	0,16	1,62	6,79	24,68	36,33	22,60	7,09	0,63
P12	Ponte Panorama-Pres.Wenceslau	0,06	0,05	0,13	0,77	4,41	31,44	30,15	20,77	10,45	1,77

Tab. 4.1.c - Localização e granulometria das amostras
de sedimento do Rio do Peixe-

AMOS TRA	GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
	-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
M1	6,90	13,59	22,12	26,48	15,66	8,94	3,81	1,38	0,72	0,40
M2	-	1,45	28,53	30,85	21,09	10,09	5,57	1,58	0,52	0,32
M3	2,60	15,06	21,02	26,69	16,62	11,07	3,83	1,68	1,16	0,27
M4	-	2,06	3,14	6,17	4,66	3,63	2,26	6,25	34,25	37,58
M5	1,67	2,22	2,38	7,40	15,05	23,45	23,18	16,80	6,70	1,15
M6	-	1,52	1,78	1,86	2,77	6,43	8,87	35,49	35,15	6,13
M7	-	3,24	2,43	6,40	9,21	18,52	19,39	27,93	11,26	1,62
M8	3,30	1,62	3,30	19,56	22,50	20,26	13,53	13,46	2,47	-
M9	6,26	5,52	5,95	9,79	15,05	19,31	15,32	8,85	7,07	6,88
M10	-	3,58	5,60	15,30	26,47	30,14	15,27	3,30	0,34	-
M11	-	-	1,76	5,03	8,41	13,52	18,89	30,87	20,41	1,11
M12	16,89	11,77	6,01	14,92	13,20	10,59	9,54	14,18	2,52	0,38
M13	3,41	11,79	11,76	19,28	23,20	16,57	5,73	5,11	2,23	0,92
M14	6,80	4,40	8,69	8,36	6,75	12,10	24,20	23,72	4,62	0,36

Tab. 4.2.a - Granulometria dos minerais pesados

AMOS TRA	GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
	-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
R1	11,46	15,78	18,91	12,29	5,14	5,31	7,89	10,60	9,86	2,76
R2	12,07	14,15	18,77	27,72	15,40	6,64	3,41	1,24	0,60	-
R3	8,19	11,55	14,67	24,46	17,19	10,31	9,20	2,73	1,35	0,35
R4	7,60	9,04	20,93	29,23	22,93	8,21	1,28	0,49	0,29	-
R5	11,04	15,19	19,79	26,55	18,57	7,46	1,50	-	-	-
R6	4,98	10,46	10,18	19,64	22,13	13,81	8,66	6,22	3,92	-
R7	-	1,96	5,10	13,89	24,19	30,30	17,69	5,91	0,96	-
R8	-	2,89	4,28	11,78	22,97	24,56	17,54	11,41	4,10	0,47
R9	-	-	-	0,99	0,50	3,58	14,24	43,81	33,76	3,12

Tab. 4.2 - Granulometria dos minerais pesados

AMOS TRA	GRANULOMETRIA EM PORCENTAGEM									
	-0,5 Ø	0,0 Ø	0,5 Ø	1,0 Ø	1,5 Ø	2,0 Ø	2,5 Ø	3,0 Ø	3,5 Ø	4,0 Ø
P1	-	-	-	3,75	1,34	21,02	25,19	26,90	18,12	3,68
P2	-	5,11	3,62	5,20	5,03	30,25	23,72	20,90	6,17	-
P3	-	5,93	5,31	6,82	7,10	17,78	21,43	23,16	9,71	2,76
P4	-	-	3,98	6,83	7,11	9,96	24,18	31,15	14,23	2,56
P5	-	8,82	4,87	2,09	7,19	31,79	9,74	19,95	15,55	-
P6	14,36	4,70	11,88	10,40	6,93	8,66	23,76	16,59	2,72	-
P7	-	-	5,61	4,76	1,10	23,41	29,27	18,05	12,19	5,61
P8	-	-	-	1,70	7,63	8,87	13,03	29,68	33,77	5,32
P9	-	-	-	-	3,49	0,78	13,31	20,72	33,99	27,71
P10	-	5,00	5,54	5,25	4,90	3,04	14,12	19,18	34,24	8,73
P11	-	-	-	1,97	1,61	2,82	11,05	39,89	33,27	9,39
P12	-	-	-	-	0,16	0,11	5,23	27,97	52,78	19,25

Tab. 4.2.c - Granulometria dos minerais pesados

tanto dos minerais leves como dos pesados.

4.3 - RESULTADOS OBTIDOS

4.3.1 - ANÁLISE MECÂNICA

Os valores percentuais, obtidos das análises mecânicas e utilizados para traçar as curvas de distribuição granulométrica, são os constantes das Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente para os sedimentos e os minerais pesados, das calhas dos rios Moji-Guaçu, Ribeira e Peixe.

A partir das curvas foram obtidos os dados necessários aos cálculos dos parâmetros de tamanho: M_Z , G_I , S_{K_I} e K_G , os quais são apresentados nas Tabelas 4.3 e 4.4. Estes dados foram obtidos por computação, no Centro de Processamento de Dados da Escola de Engenharia de São Carlos, a partir dos percentís propostos por Folk e Ward (1957), usando-se o programa elaborado por Paraguassu, Landim e Gandolfi (1970), para computador IBM-1130.

Com os valores dos parâmetros texturais de cada amostra, constantes das Tabelas 4.3 e 4.4, pudemos calcular os valores médios para cada rio. Tais dados e os das variações extremas de cada parâmetro são apresentados na Tabela 4.5.

Utilizando os dados das Tabelas 4.3 e 4.4, calculamos as equações da Tab. 4.6, referentes às retas de tendência de variação dos parâmetros texturais ao longo dos rios estudados, tanto para o sedimento total, quanto para os minerais pesados em particular. Tais retas de tendência estão representadas graficamente nas Figs. 4.2.

Na análise estatística de regressão linear para obtenção das retas de tendência, calculamos o coeficiente de correlação "r", que foi verificado pelo teste "t", ao nível de significância 0,95, com a hipótese nula que não há corre

AMOS TRA	M _Z	σ_I	S _{K_I}	K _G
M1	0,263	0,577	0,347	0,602
M2	0,720	0,605	0,086	1,091
M3	0,366	0,707	0,364	0,694
M4	1,019	1,095	0,375	1,508
M5	0,810	0,903	0,596	0,665
M6	1,146	1,057	0,022	0,804
M7	1,173	0,846	-0,039	0,955
M8	0,800	0,639	0,066	1,192
M9	1,123	1,301	0,386	0,577
M10	0,996	0,654	-0,105	1,066
M11	1,266	0,866	-0,014	1,092
M12	0,576	0,638	0,121	0,732
M13	0,840	0,748	-0,206	0,823
M14	0,333	0,597	1,177	1,331

Tab. 4.3.a - Valores dos parâmetros texturais dos sedimentos do rio Moji-Guaçu

AMOS TRA	M _A	σ_I	S _{K_I}	K _G
R1	0,496	0,912	1,248	3,098
R2	0,196	0,353	1,184	1,172
R3	0,323	0,393	0,737	0,516
R4	0,196	0,519	0,368	0,491
R5	0,100	0,244	1,505	1,426
R6	0,393	0,472	0,697	0,523
R7	0,680	0,665	0,102	0,750
R8	0,703	0,712	0,166	0,827
R9	2,343	0,428	-0,315	1,190

Tab. 4.3-b - Valores dos parâmetros texturais dos sedimentos do rio Ribeira

AMOS TRA	M_Z	σ_I	S_{K_I}	K_G
P1	1,726	0,543	0,042	1,108
P2	1,523	0,528	0,024	1,287
P3	1,606	0,563	-0,030	1,124
P4	1,850	0,577	-0,085	1,142
P5	1,713	0,460	-0,059	1,371
P6	1,566	0,388	0,031	1,356
P7	1,876	0,459	0,088	1,170
P8	2,336	0,316	-0,318	1,552
P9	2,513	0,307	0,068	1,145
P10	1,856	0,679	0,088	0,953
P11	2,223	0,537	0,007	0,996
P12	2,270	0,566	0,155	1,016

Tab. 4.3.c - Valores dos parâmetros texturais dos sedimentos do Rio do Peixe.

AMOS TRA	M_Z	σ_I	S_{K_I}	K_G
M1	0,663	0,722	0,207	0,847
M2	0,890	0,656	0,234	1,010
M3	0,716	0,799	0,204	1,022
M4	2,859	1,084	-0,636	1,693
M5	1,926	0,832	-0,128	1,058
M6	2,776	0,684	-0,477	1,769
M7	2,146	0,850	-0,256	0,994
M8	1,570	0,886	0,041	0,966
M9	1,640	1,136	-0,028	0,920
M10	1,429	0,658	-0,157	1,045
M11	2,389	0,839	-0,412	1,141
M12	1,183	1,078	0,257	0,526
M13	1,006	0,960	-0,027	1,097
M14	1,703	1,047	-0,451	0,698

Tab. 4.4.a - Valores dos parâmetros textu-
rais dos minerais pesados do Moji-Guaçu

AMOS TRA	M_Z	σ_I	S_{K_I}	K_G
R1	1,040	1,305	0,514	0,422
R2	0,356	0,711	0,746	0,781
R3	0,816	0,902	0,130	0,806
R4	0,686	0,602	0,001	0,788
R5	0,516	0,649	0,079	0,631
R6	1,120	0,966	-0,153	0,950
R7	1,553	0,672	-0,108	1,038
R8	1,696	0,802	-0,001	1,003
R9	2,816	0,382	-0,399	1,286

Tab. 4.4.b - Valores dos parâmetros textu-
rais dos minerais pesados do Ribeira

AMOS TRA	M _Z	σ _I	S _{K_I}	K _G
P1	2,463	0,618	0,003	0,828
P2	1,983	0,838	-0,183	1,475
P3	1,976	1,012	-0,304	1,240
P4	1,950	0,631	-0,116	1,348
P5	1,976	0,993	-0,024	1,079
P6	1,283	1,160	-0,235	0,561
P7	2,376	0,903	0,006	1,594
P8	2,690	0,706	-0,374	0,998
P9	3,109	0,577	-0,264	0,903
P10	2,033	0,963	-0,475	1,036
P11	2,910	0,511	-0,097	1,249
P12	3,190	0,379	-0,179	1,210

Tab. 4.4.c - Valores dos parâmetros texturais dos minerais pesados do Rio do Peixe.

Sedimento	RIO	M_Z	σ_I	S_{K_I}	K_G
	Moji-Guaçu	0,26 a 1,27	0,58 a 1,30	-0,21 a 1,18	0,58 a 1,51
	Ribeira	0,10 a 2,34	0,24 a 0,91	-0,31 a 1,50	0,49 a 3,10
	Peixe	1,52 a 2,51	0,31 a 0,68	-0,32 a 0,15	0,95 a 1,55
		\bar{M}_Z	$\bar{\sigma}_I$	\bar{S}_{K_I}	\bar{K}_G
Moji-Guaçu	0,81	0,80	0,22	0,93	
Ribeira	0,60	0,52	0,63	1,11	
Peixe	1,92	0,49	0,00	1,18	
		M_Z	σ_I	S_{K_I}	K_G
Minerais Pesados	Moji-Guaçu	0,66 a 2,86	0,66 a 1,08	-0,64 a 0,26	0,53 a 1,77
	Ribeira	0,36 a 2,82	0,38 a 1,30	-0,40 a 0,75	0,42 a 1,28
	Peixe	1,28 a 3,19	0,38 a 1,16	-0,47 a 0,01	0,56 a 1,59
		\bar{M}_Z	$\bar{\sigma}_I$	\bar{S}_{K_I}	\bar{K}_G
Moji-Guaçu	1,63	0,87	-0,11	1,05	
Ribeira	1,17	0,77	0,08	0,85	
Peixe	2,32	0,77	-0,18	1,12	

Tab. 4.5 - Médias e variações máximas dos parâmetros texturais.

Parâmetros Texturais	VALORES DE Y		
	Moji-Guaçu	Ribeira	Peixe
M_Z	$0,712 + 0,014 x$	$-0,215 + 0,164 x$	$1,478 + 0,068 x$
σ_I	$0,821 - 0,002 x$	$0,552 - 0,006 x$	$0,506 - 0,002 x$
s_{K_I}	$0,221 + 0,001 x$	$1,486 - 0,171 x$	$-0,043 + 0,007 x$
K_G	$0,847 + 0,012 x$	$1,791 - 0,136 x$	$1,286 - 0,015 x$

Tab. 4.6 - Equações de regressão entre parâmetros texturais e distância - sedimento e minerais pesados.

	Sedimento			Minerais Pesados		
	Moji-Guaçu	Ribeira	Peixe	Moji-Guaçu	Ribeira	Peixe
s_{K_G}	0,28	0,81	0,17	0,32	0,25	0,28
s_{M_Z}	0,33	0,68	0,33	0,71	0,75	0,56
$s(\sigma_I^2)$	0,40	0,24	0,10	0,29	0,45	0,37
$\frac{s_{K_G}}{s_{M_Z}} \cdot s(\sigma_I^2)$	0,35	0,29	0,06	0,13	0,15	0,19
$\frac{\sqrt{-2}}{\sigma_I}$	0,83	0,56	0,50	0,89	0,81	0,81

Tab. 4.7 - Dados utilizados para distinção de ambientes segundo Sahu (1964).

lação. Testamos estatisticamente, para uma mesma propriedade, as correlações entre os rios (Griffiths, 1967).

Com relação ao rio Ribeira, é interessante levar em consideração a constatação feita pelo Serviço do Vale do Ribeira (1966), de que a desembocadura real desse rio situa-se, atualmente, a montante do início do Valo Grande. Do ponto de vista hidrológico, concluíram predominar um regime francamente marinho, tanto no Valo Grande quanto no chamado Ribeira Velho.

DIÂMETRO MÉDIO - M_z

Considerando o gráfico a da Fig. 4.2, observamos não haver correlação significativa, no Moji-Guaçu; há, todavia uma tendência de aumento, semelhante ao que havíamos constatado em trabalho anterior (Gandolfi, 1968).

Já nos gráficos b e c, referentes aos rios Ribeira e Peixe, tal tendência se mostra significativa, indicando um aumento de M_z que se traduz, efetivamente, numa diminuição do diâmetro em mm das partículas.

Os resultados do teste "t" entre os M_z dos três rios, indicaram que: o Moji-Guaçu e o Ribeira se diferenciaram do Peixe, mas não entre si, tanto em relação ao sedimento como aos minerais pesados.

Considerações idênticas podem ser feitas quanto aos gráficos da Fig. 4.6, relativos à variação de M_z para os minerais pesados.

Examinando os dados da Tab. 4.5, verificamos que tanto o sedimento como os minerais pesados do Ribeira apresentam a maior faixa de variação, enquanto no rio do Peixe ela é a menor. Os valores médios de M_z indicam que os sedimentos e os minerais pesados do Ribeira têm diâmetros médios maiores, enquanto que os do Peixe têm os menores encontra

dos. Provavelmente, isso seja devido mais às características do material que serve de fonte de suprimento, do que ao transporte.

SELEÇÃO - σ_I

Observando os gráficos das Figs. 4.3 e 4.7, notamos que apenas os valores de σ_I para os minerais pesados do Moji-Guaçu apresentam uma correlação significativa, com tendência de aumento de σ_I e, portanto, diminuição da seleção. Nos demais casos, notamos uma tendência geral de diminuição de σ_I para jusante, significando uma melhoria da seleção - com o transporte.

Os dados da Tab. 4.5 mostram uma gama maior de variação dos valores de σ_I para o Moji-Guaçu, nos sedimentos e, para o Ribeira, nos minerais pesados; para o Peixe, essas variações são as menores, em ambos os casos. Os valores médios indicam serem os sedimentos do Peixe melhor selecionados, classificando-se como "bem selecionados" na escala proposta por Folk e Ward (1957), transcrita no ítem 4.2.1. Os sedimentos do Ribeira são um pouco mais selecionados que os do Moji-Guaçu mas ambos se classificam como "moderadamente selecionados". Os minerais pesados são todos "moderadamente selecionados", com seleção um pouco menor para o Moji-Guaçu.

A comparação estatística entre os σ_I de sedimento dos três rios, mostrou-nos que no Ribeira e no Peixe pertencem a uma mesma população. Todavia, quanto aos minerais pesados, as três distribuições de σ_I não se diferenciam.

ASSIMETRIA - S_{K_I}

Os sedimentos do Ribeira são os únicos que apresentam uma tendência estatística de variação da assimetria com a distância, como se vê no gráfico b da Fig. 4.4. Muito

embora não sejam significantes, as distribuições dos pontos de S_{K_I} nos gráficos relativos ao Moji-Guaçu e ao Peixe mostram uma ligeira tendência de diminuição dos valores, chegando a apresentar pontos de assimetria negativa.

Quando consideramos a assimetria da distribuição granulométrica dos minerais pesados, notamos um comportamento totalmente semelhante, sendo significativa apenas a tendência de S_{K_I} no Ribeira. Os valores para os rios Moji-Guaçu e Peixe tendem a diminuir de montante a jusante, porém de forma não estatisticamente significativa.

Considerando a escala de assimetria de Folk e Ward, os valores médios de S_{K_I} da Tab. 4.5 indicam-nos que os sedimentos do Moji-Guaçu têm assimetria positiva, os do Ribeira praticamente assimetria muito positiva e, finalmente, os do Peixe têm curva simétrica. No caso dos dois primeiros, há uma predominância das frações mais grossas relativamente às mais finas, resultando um prolongamento da curva de distribuição para o lado dessas últimas.

Notamos, porém, uma certa diferença no caso dos minerais pesados, uma vez que as médias relativas ao Moji-Guaçu e ao Ribeira são aproximadamente simétricas, enquanto a do Peixe apresenta assimetria negativa.

Apesar de verificarmos uma tendência geral de diminuição da assimetria, em todos os casos analisados, segundo Awasthi (1970) não há relação entre valor de assimetria com ambiente de sedimentação. Esse autor encontrou uma relação entre o ambiente e o sinal de S_{K_I} , de tal maneira que aos sedimentos com assimetria negativa estariam ligadas condições de turbulência do meio de deposição, com quedas frequentes de energia; aos outros, de assimetria positiva, se associariam condições calmas e de decréscimo constante de energia do agente de deposição.

Observamos que as distribuições de S_{K_I} dos sedi-

mentos dos três rios pertencem a populações diferentes entre si; quanto aos minerais pesados, apenas os S_{K_I} do Ribeira e do Peixe se diferenciam, não pertencendo a uma mesma população.

CURTOSE - K_G

De todos os gráficos constantes das Figs. 4.5 e 4.9, apenas o relativo aos minerais pesados do rio Ribeira apresenta uma correlação estatisticamente significativa entre distância e curtose. Assim, a curtose aumenta de montante à jusante, talvez em associação a uma diminuição de G_I (melhor seleção) e aumento de M_Z (diminuição do diâmetro).

Segundo a escala de Folk e Ward, e considerando os valores médios da Tab. 4.5, poderíamos dizer que os sedimentos e os minerais pesados apresentam curvas de distribuição mesocúrticas, tendendo a leptocúrticas. O valor $K_G = 0,85$ (indicando curva platicúrtica), apresentado pelos minerais pesados do Ribeira, constitui a única excessão.

Pelo teste estatístico "t", para comparação das distribuições, concluímos que apenas os K_G dos sedimentos do Moji-Guaçu e do Peixe se diferenciam; tratando-se dos minerais pesados, os K_G do Ribeira e do Peixe é que se diferenciam.

DISCUSSÃO DA FIG. 4.10

Com os dados apresentados na Tab. 4.7, correspondentes aos desvios padrões das distribuições de K_G , M_Z e G_I^2 , calculamos a relação $\frac{s_{K_G}}{s_{M_Z}} \cdot s(G_I^2)$ e a lançamos contra a raiz quadrada da média de G_I^2 , no gráfico da Fig. 4.10, para sedimentos e minerais pesados. Assim procedemos, não só para obter os ambientes de sedimentação (Sahu, 1964), como também para comparar os diferentes rios em conjunto.

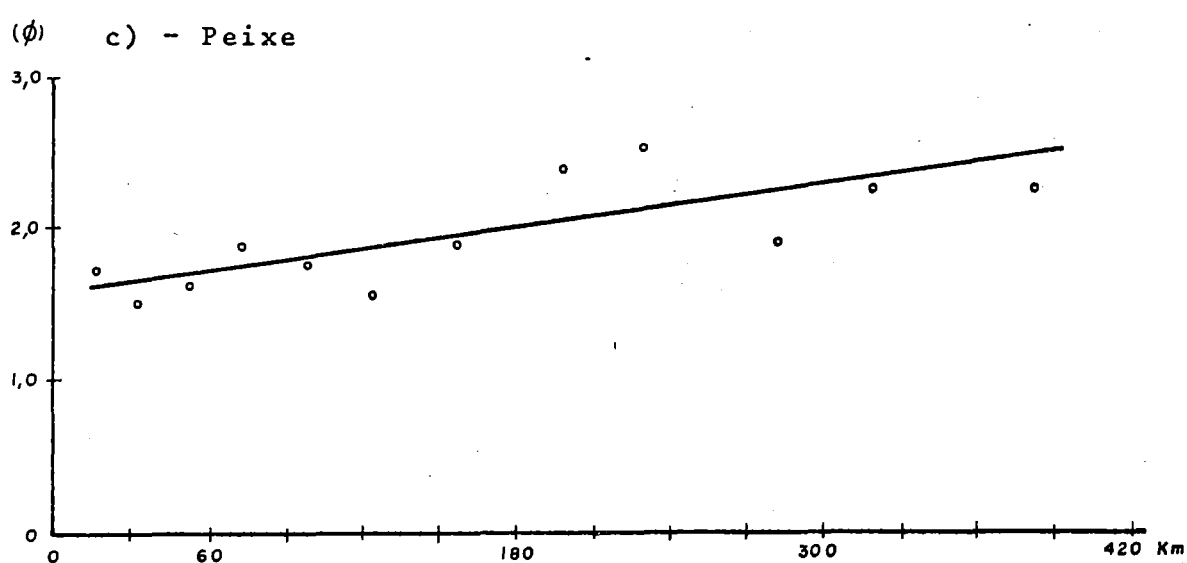
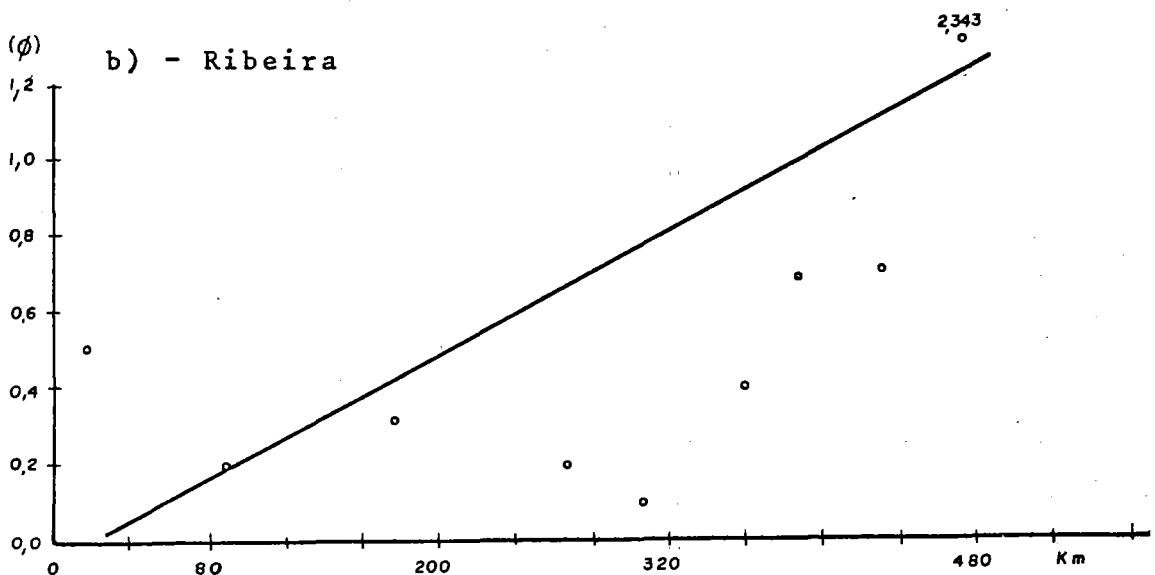
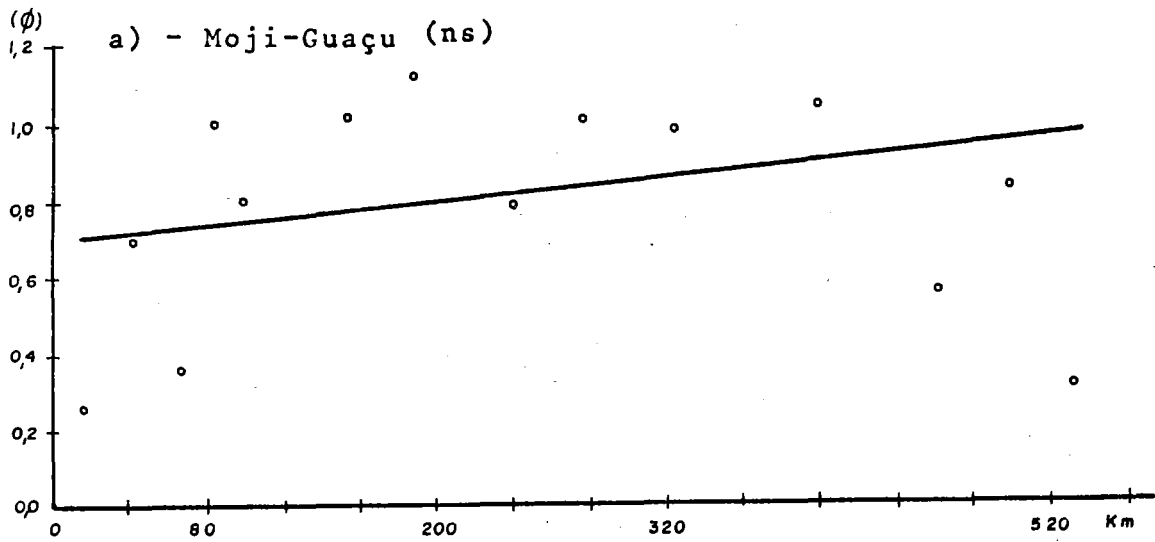
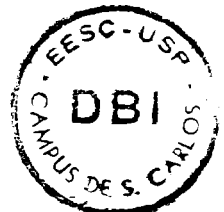


Fig. 4.2 - Tendência de variação M_z - Sedimento ns - não significante



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
 EESC - USP
 Av. Trabalhador São-Carlense, 401 - Fone: (019) 235-9411
 13560-970 - São Carlos - SP

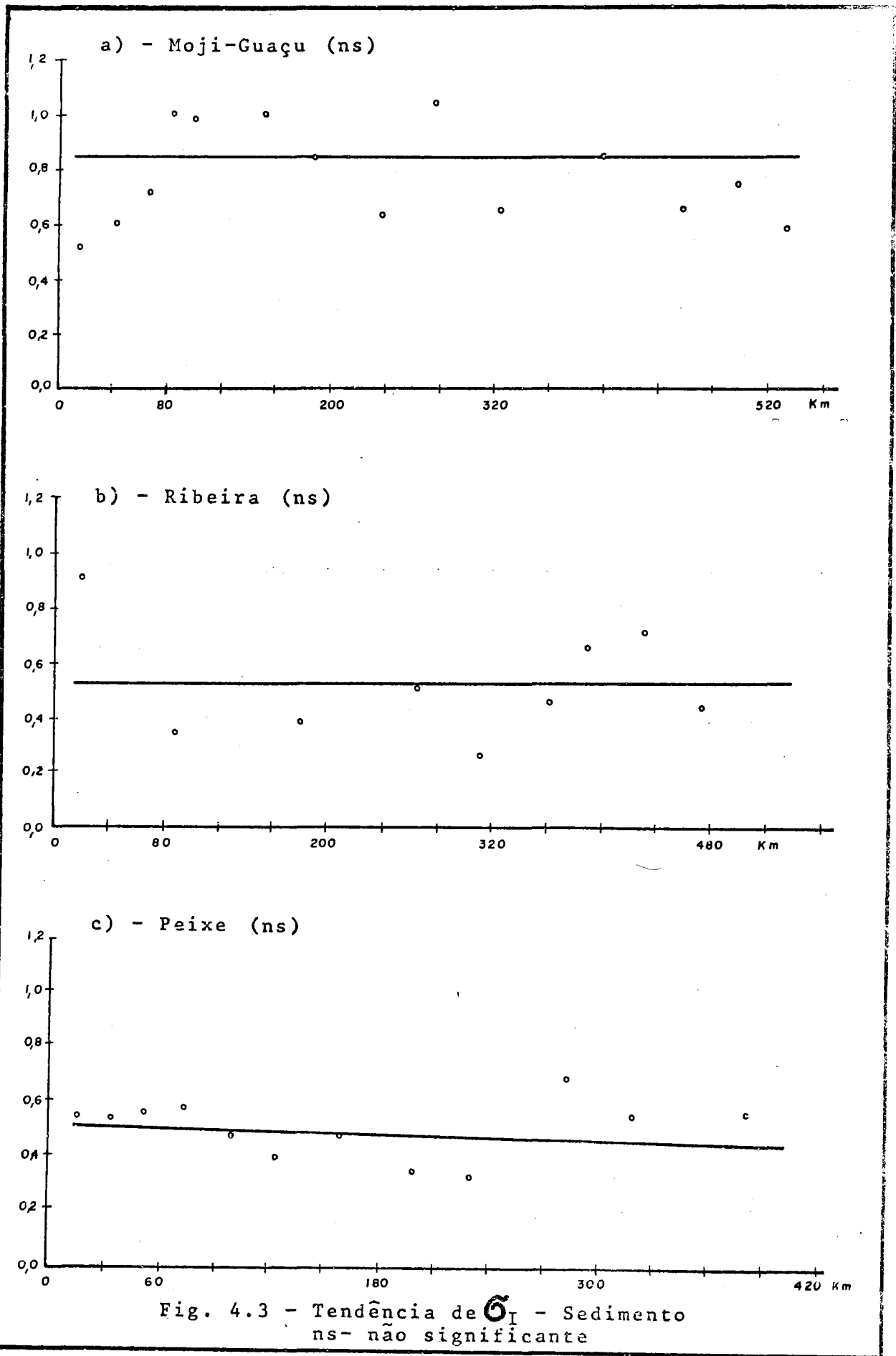


Fig. 4.3 - Tendência de G_I - Sedimento
ns- não significante



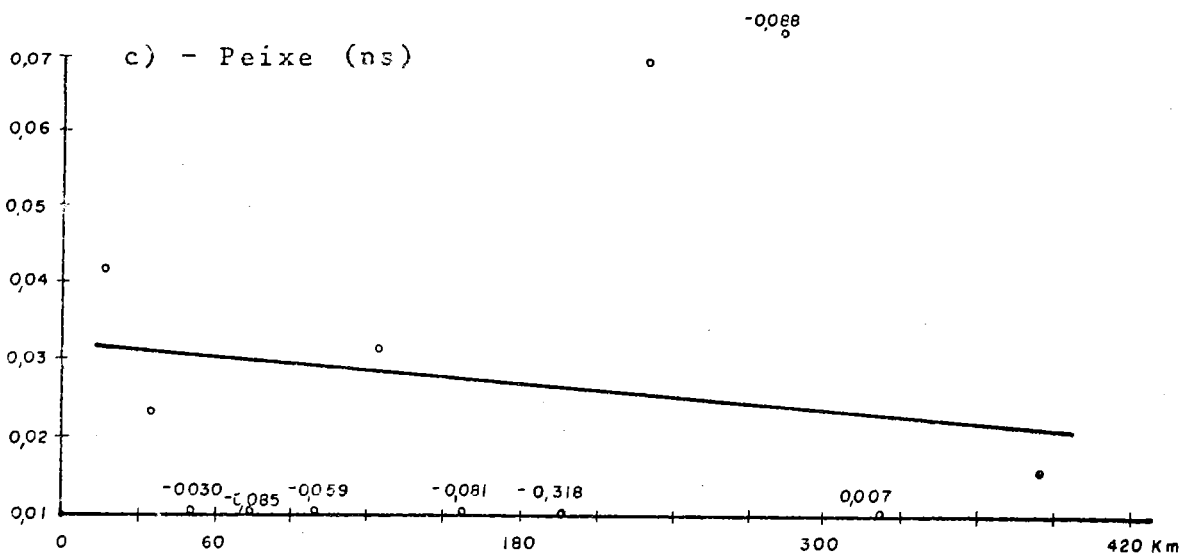
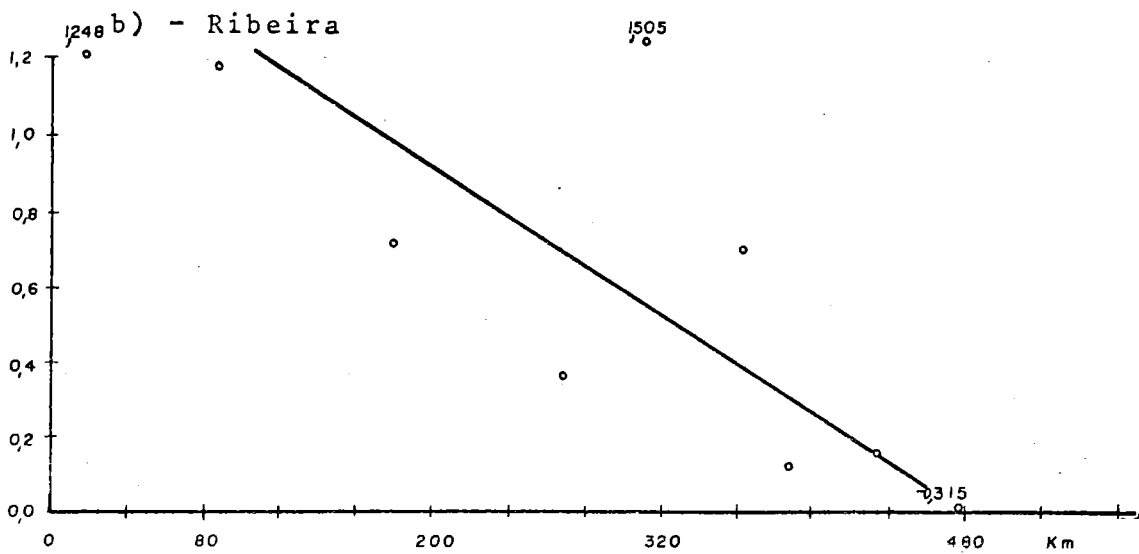
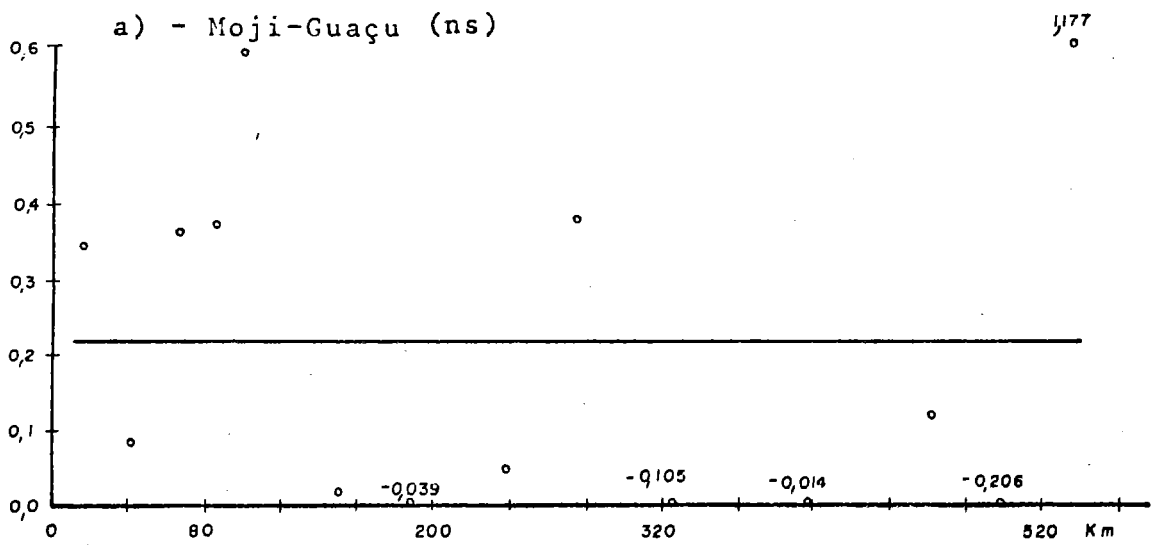


Fig. 4.4 - Tendência de S_{KI} - Sedimento
ns - não significante

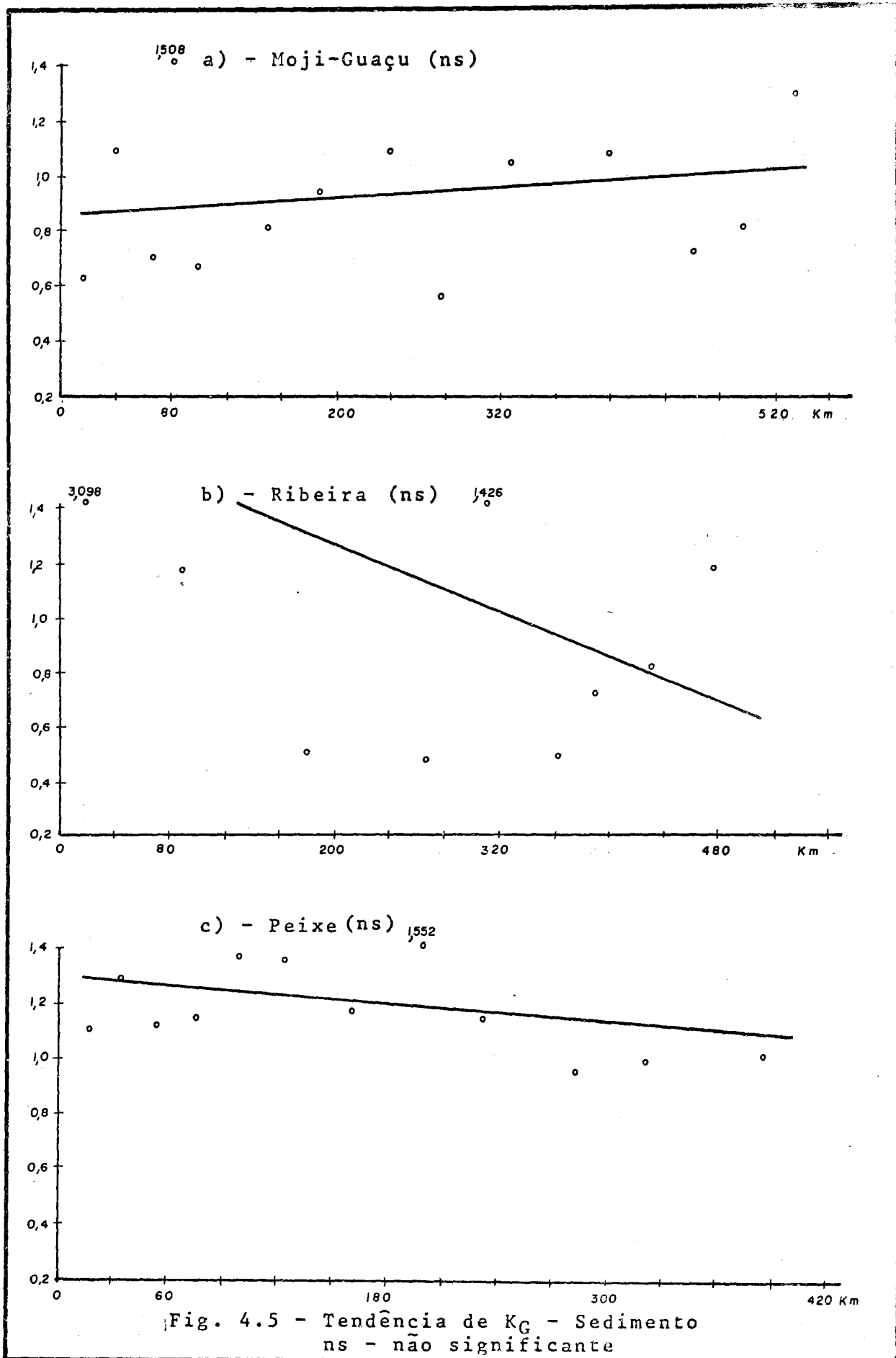


Fig. 4.5 - Tendência de K_G - Sedimento
ns - não significante

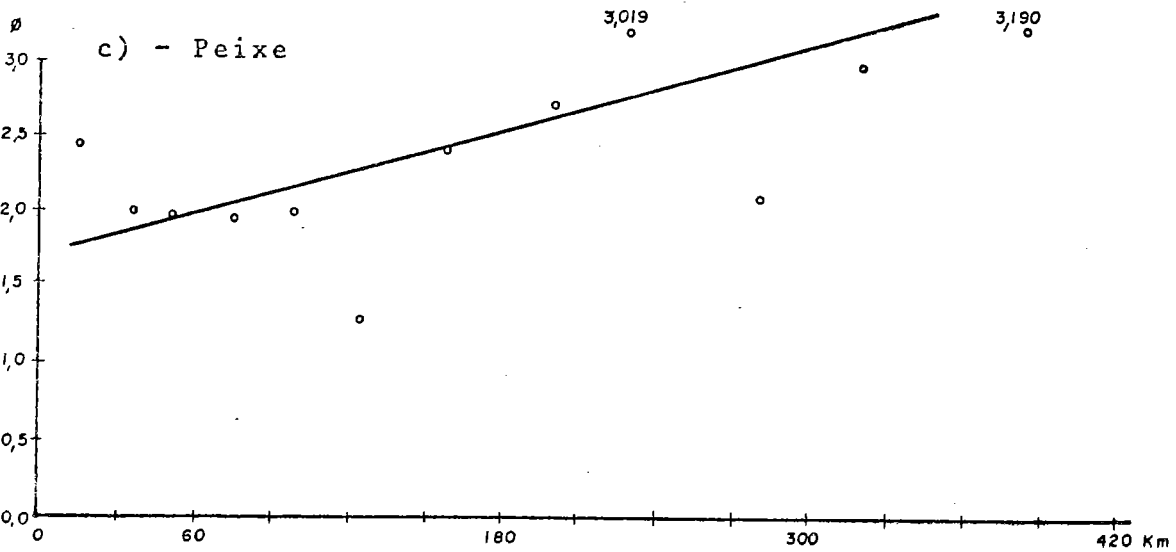
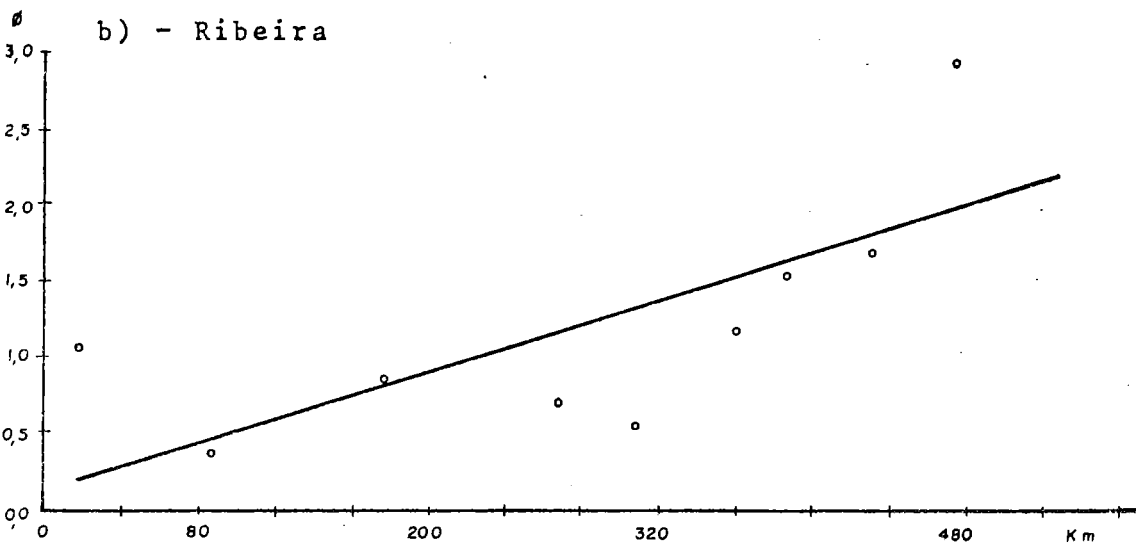
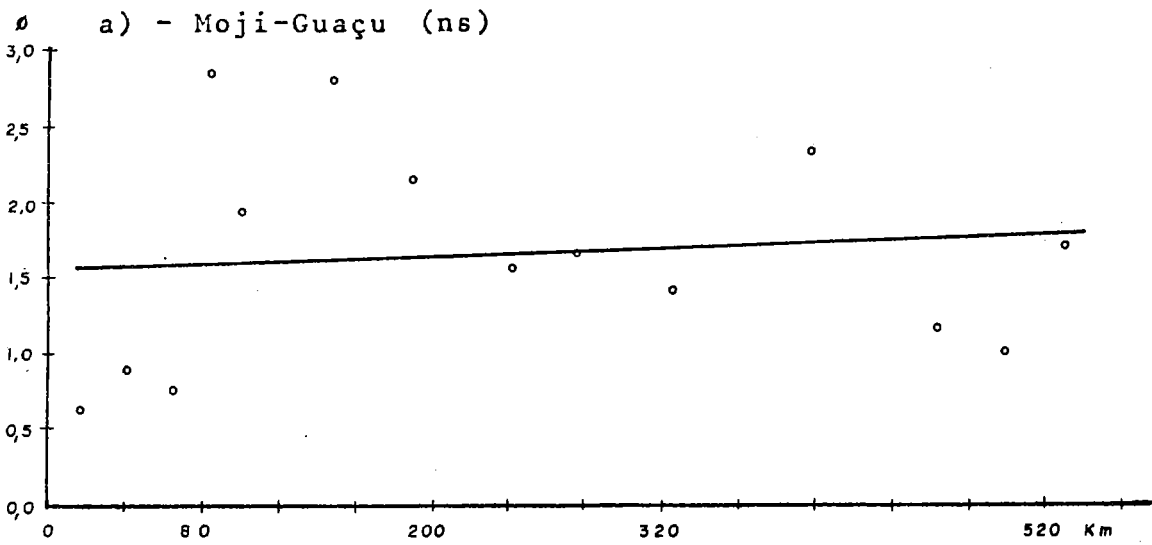
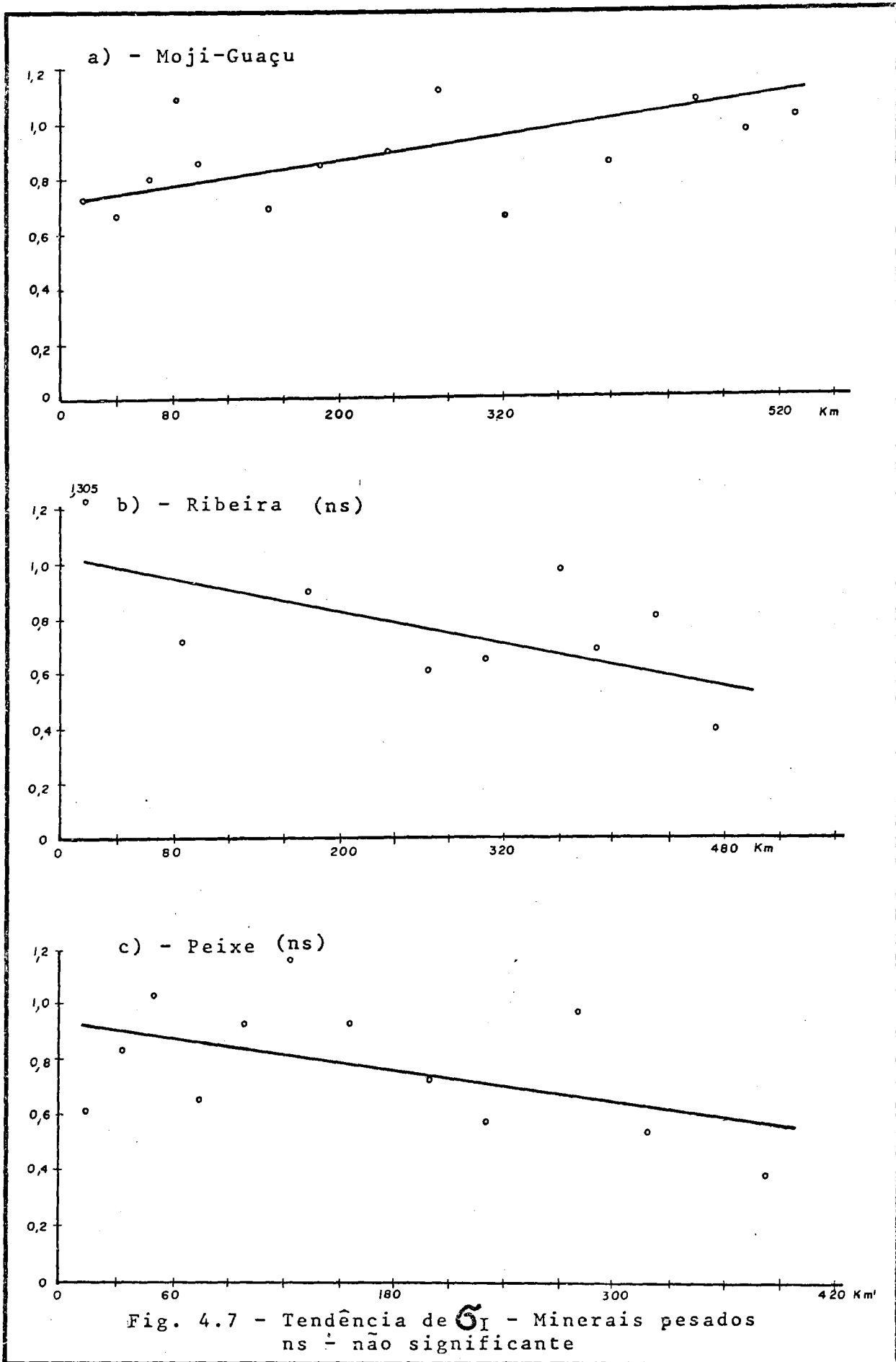


Fig. 4.6 - Tendência de Mz - Minerais pesados
ns - não significativa



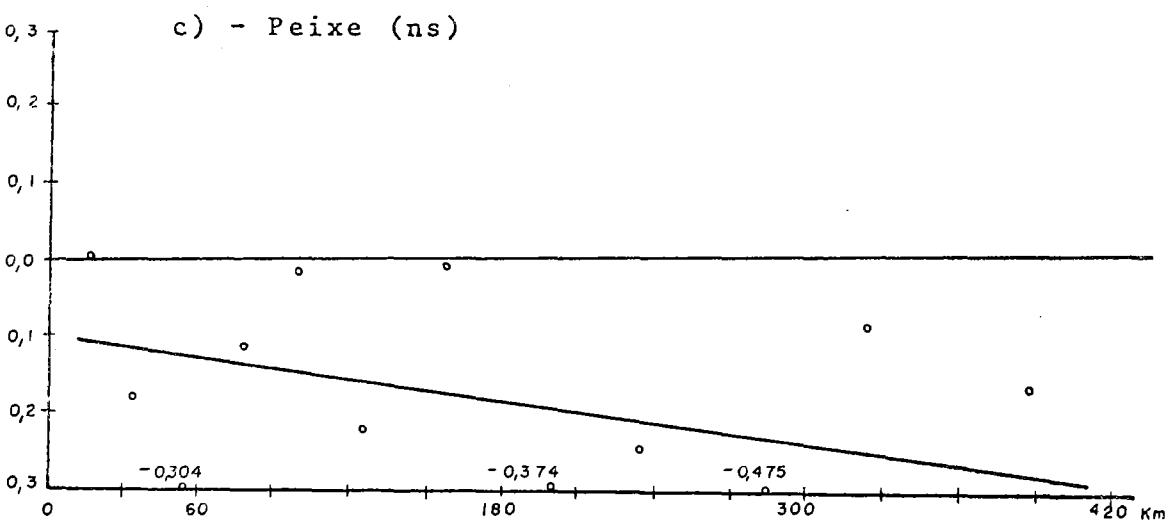
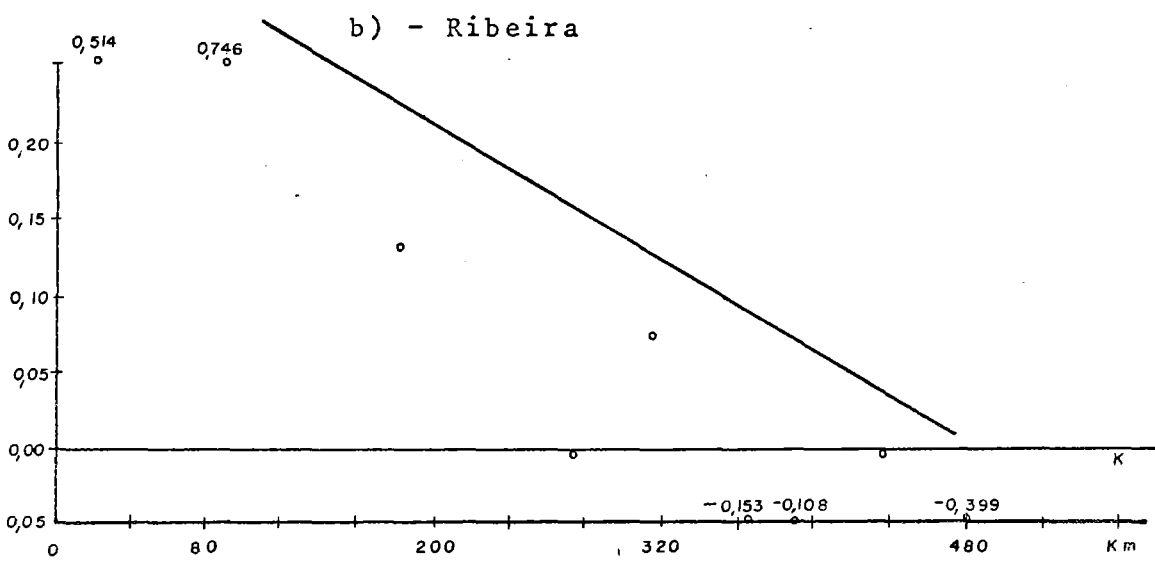
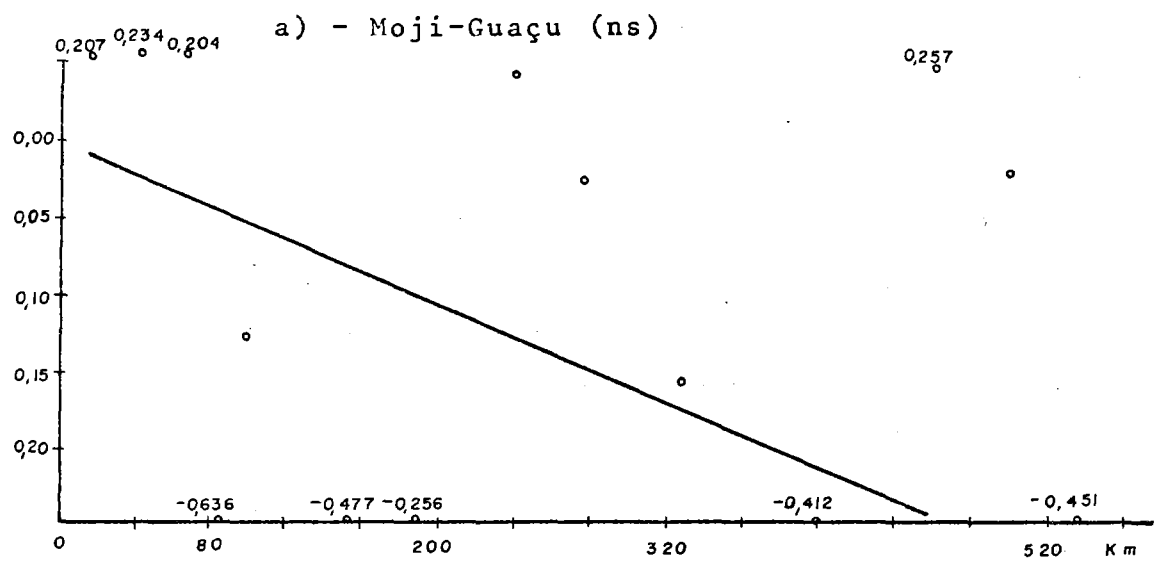


Fig. 4.8 - Tendência de S_{KI} - Minerais pesados
ns - não significante

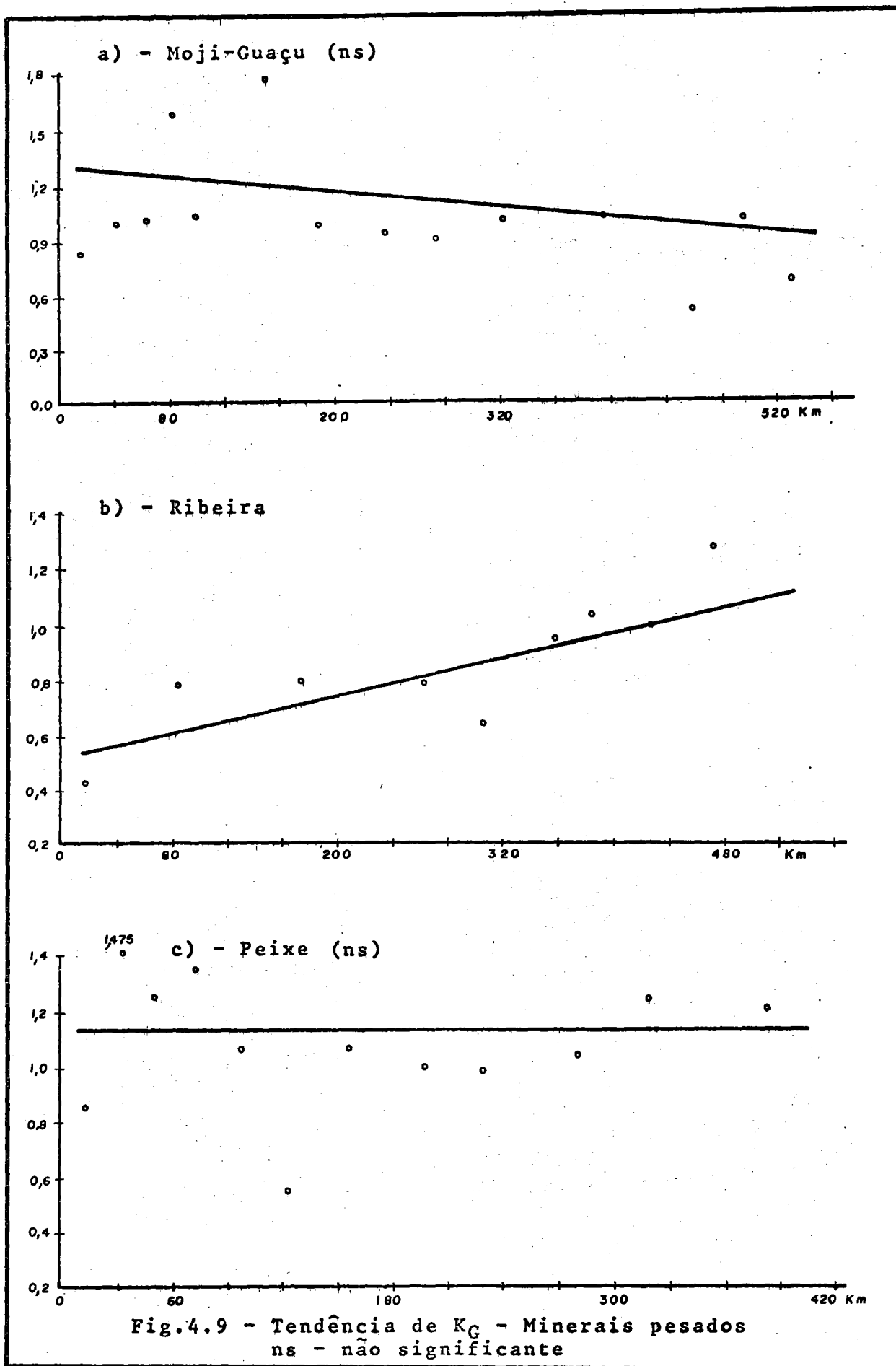


Fig.4.9 - Tendência de K_G - Minerais pesados
 ns - não significante

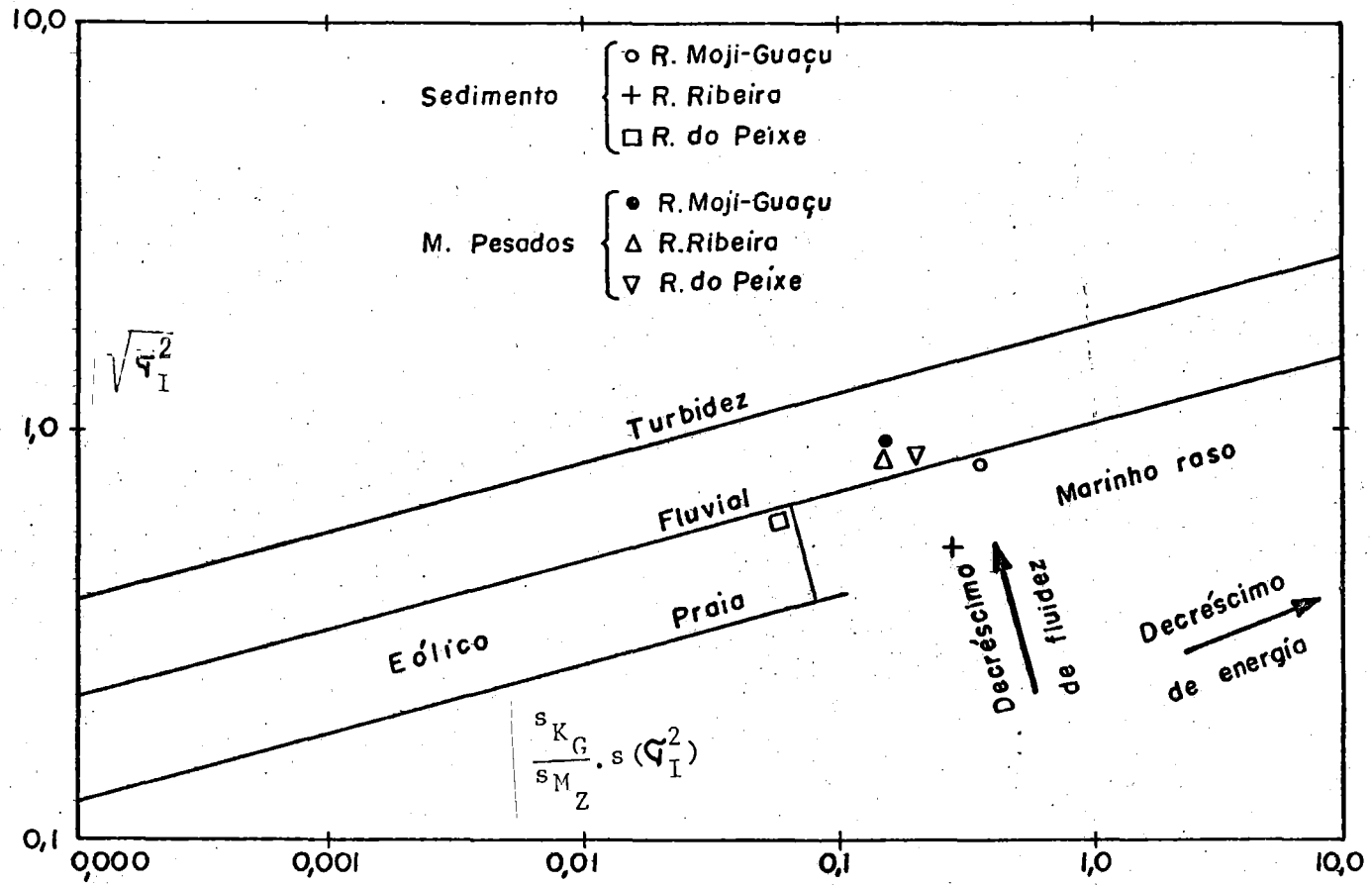


Fig. 4.10 - Distinção de ambientes de sedimentação, segundo Sahu (1964)

Os pontos correspondentes aos sedimentos dos rios Moji-Guaçu e Peixe situam-se nas proximidades da faixa de mecanismo de deposição fluvial. Nos sedimentos do Moji-Guaçu, o mecanismo de deposição teria fluidez semelhante ao Peixe e energia menor. O ponto correspondente ao Ribeira cai na região marinho raso, com a maior fluidez entre os três e energia intermediária. Os sedimentos desse rio parecem ser os que mais se distinguem em relação aos outros dois.

Considerando-se os pontos referentes aos minerais pesados, notamos que todos estão situados na faixa de mecanismo fluvial de deposição e bastante próximos entre si. Esse fato talvez indique ser mais interessante trabalhar com minerais pesados que com o sedimento total, no processo de determinação de mecanismos e ambientes de sedimentação proposto por Sahu (1964). Todavia, há necessidade de realizar outras observações nesse sentido para poder afirmar com segurança a validade de tal suposição.

4.3.2 - ARREDONDAMENTO

Conforme o exposto no item 4.2.2, efetuamos determinações de arredondamento em quatro espécies minerais distintas e em duas classes granulométricas. Para cada caso, realizamos uma análise de regressão entre arredondamento e distância. Os valores médios de arredondamento estão na Tabela 4.8 e as equações de regressão na Tab. 4.9. Como o valor de b determina a inclinação da reta, testamos a sua significância ao nível de 0.95 de confiança.

Todas as retas de tendência estão representadas - nos gráficos das Figs. 4.11 a 4.18-

QUARTZO - Figs. 4.11 e 4.12

No Moji-Guaçu: o arredondamento aumenta de montante à jusante, nas duas frações de tamanho (0,125 mm e 0,250 mm).

AMOS TRA	INTERVALO DE CLASSE - mm								
	0,250 - 0,353		0,250 - 0,500		0,125 - 0,177		0,125 - 0,250		
	Quartzo	Magnē tico	Turma- lina	Estauro- lita	Quartzo	Magnē tico	Turma- lina	Estauro- lita	
MOJI-GUAÇU	M1	1,8	2,6	2,2	2,7	1,7	2,9	2,2	3,0
	M4	2,3	2,1	4,2	3,3	2,0	3,1	3,1	2,8
	M7	1,9	3,8	4,5	2,1	2,3	2,9	3,6	4,1
	M10	3,6	5,2	7,0	2,5	4,4	3,1	4,8	3,8
	M13	4,0	4,2	4,5	5,3	3,8	3,3	5,0	4,3
MÉDIA	2,7	3,6	4,5	4,1	2,8	3,1	2,9	3,6	
RIBEIRA	R1	2,3	3,1	2,2	3,1	1,9	2,3	4,1	2,3
	R3	2,4	3,2	4,3	4,5	2,1	2,5	4,4	2,7
	R5	2,2	3,4	3,5	3,9	2,0	3,8	4,6	3,7
	R7	2,1	2,7	4,4	3,9	2,0	3,3	5,0	3,0
	R9	2,2	1,7	4,5	3,5	3,2	3,2	5,8	5,2
MÉDIA	2,2	2,8	3,8	3,8	2,2	3,0	4,8	3,4	
PEIXE	P1	4,1	4,4	6,5	5,0	4,3	4,8	6,3	6,0
	P4	5,0	3,9	6,8	5,7	4,7	4,9	6,6	5,1
	P7	5,2	3,8	7,1	6,6	4,5	6,2	6,5	5,2
	P10	5,8	4,3	6,6	6,7	5,5	4,8	7,2	5,5
	P12	5,7	4,9	6,5	6,3	5,6	5,1	6,4	5,9
MÉDIA	5,2	4,3	6,7	6,1	4,9	5,2	6,6	5,5	

Tab. 4.8 - Valores médios de arredondamento

Fração (mm)	Mineral	VALORES DE Y		
		Moji-Guaçu	Ribeira	Peixe
0,250-0,353	Quartzo	$1,01 + 0,57 x$	$2,39 - 0,05 x$	$3,96 + 0,40 x$
	Min. magnético	$1,69 + 0,63 x$	$3,81 - 0,33 x$	$3,84 + 0,14 x$
0,125-0,177	Quartzo	$0,86 + 0,66 x$	$1,49 + 0,25 x$	$3,90 + 0,34 x$
	Min. magnético	$2,82 + 0,08 x$	$2,24 + 0,26 x$	$5,01 + 0,05 x$
0,250-0,500	Turmalina	$2,26 + 0,74 x$	$2,37 + 0,47 x$	$6,76 - 0,02 x$
	Estaurolita	$1,86 + 0,44 x$	$3,72 + 0,02 x$	$4,98 + 0,36 x$
0,125-0,250	Turmalina	$1,56 + 0,73 x$	$3,58 + 0,40 x$	$6,36 + 0,08 x$
	Estaurolita	$2,52 + 0,36 x$	$1,55 + 0,61 x$	$5,48 + 0,02 x$

Tab. 4.9 - Equações de regressão entre arredondamento e distância.

No Ribeira: o arredondamento aumenta na fração fina (0,125mm) e diminui na fração grossa (0,250mm) de montante à jusante.

No rio do Peixe: o arredondamento diminui na fração fina e aumenta na fração grossa, com a distância.

Comparando o arredondamento entre os três rios, para a fração fina (0,125mm), notamos uma tendência geral de aumento com a distância. Considerando-se a fração grossa, tendência semelhante ocorre nos rios Moji-Guaçu e Peixe; porém, no Ribeira, tende a diminuir ligeiramente.

MINERAIS MAGNÉTICOS - Figs. 4.13 a 4.14

No Moji-Guaçu: o arredondamento tende a aumentar com a distância na fração grossa (0,250mm), permanecendo constante na fração fina (0,125mm).

No Ribeira: o arredondamento aumenta na fração fina e diminui na fração grossa.

No Peixe: a variação do arredondamento é quase nula, com ligeiras tendências a diminuir na fração fina e a aumentar na fração grossa.

Considerando a fração fina nos três rios, observamos tendência de variação mais evidente do arredondamento apenas no rio Ribeira, aumentando de jusante à montante. Na fração grossa, aumenta no Moji-Guaçu, diminui no Ribeira e permanece constante no Peixe.

TURMALINA - Figs. 4.15 e 4.16

No Moji-Guaçu: o arredondamento aumenta, de montante à jusante, nas duas frações granulométricas consideradas.

No Ribeira: o arredondamento também aumenta nas

duas frações.

No Peixe: permanece constante nas duas frações.

Assim, observamos comportamentos absolutamente semelhantes do arredondamento entre os três rios, nas duas frações granulométricas em que tal propriedade foi analisada.

ESTAUROLITA - Figs. 4.17 e 4.18

No Moji-Guaçu: há uma tendência de aumento do arredondamento, nas duas frações granulométricas.

No Ribeira: tende a aumentar na fração fina e a permanecer constante na fração grossa.

No Peixe: o arredondamento permanece constante na fração fina e tende a aumentar na fração grossa.

A tendência de aumento do arredondamento, na fração fina, é comum aos rios Moji-Guaçu e Ribeira; todavia, no rio do Peixe não há tendência alguma de variação. Quanto a fração grossa, a tendência de aumento se manifesta nos rios Moji-Guaçu e do Peixe, enquanto é nula no rio Ribeira.

DISCUSSÃO GERAL

De uma maneira geral, observamos que:

no rio Moji-Guaçu os valores de arredondamento são baixos, apresentando sempre uma tendência de aumento de montante à jusante;

no rio Ribeira, os valores de arredondamento também são baixos, tendendo a aumentar na fração fina, de montante à jusante e a diminuir na fração grossa; como exceção, registramos a ligeira tendência a diminuir, apresentada pelo quartzo na fração 0,250mm;

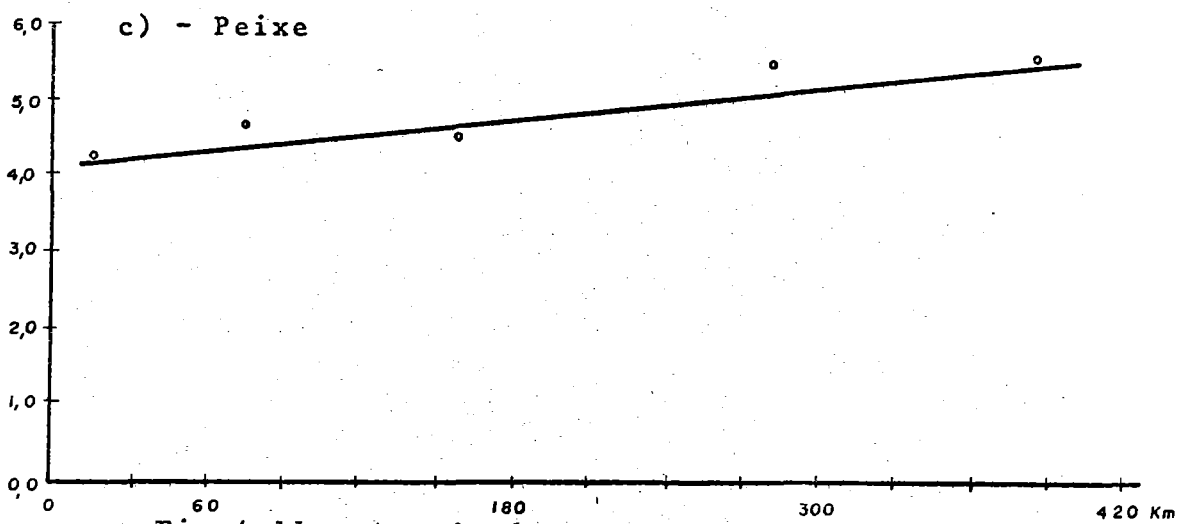
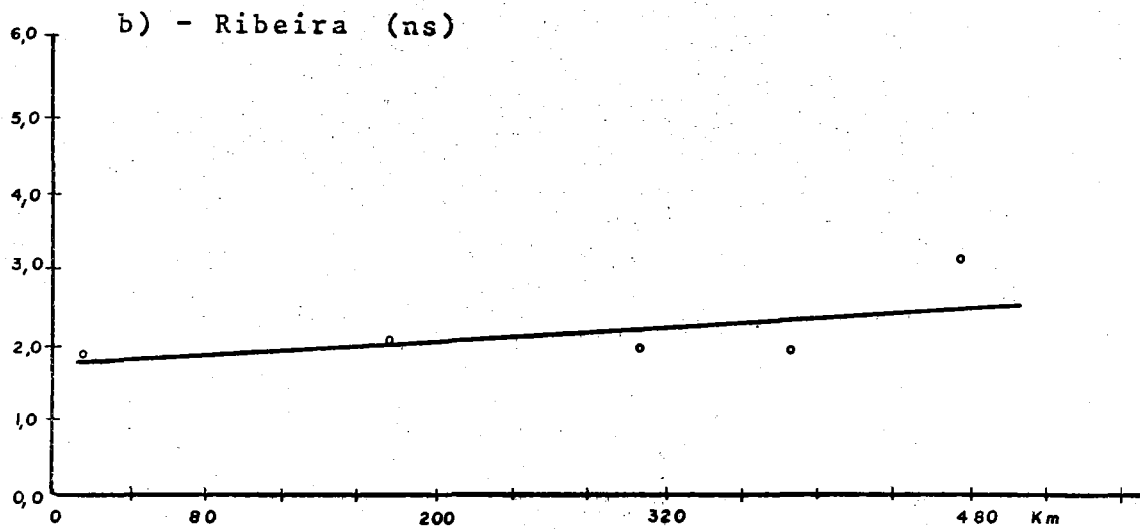
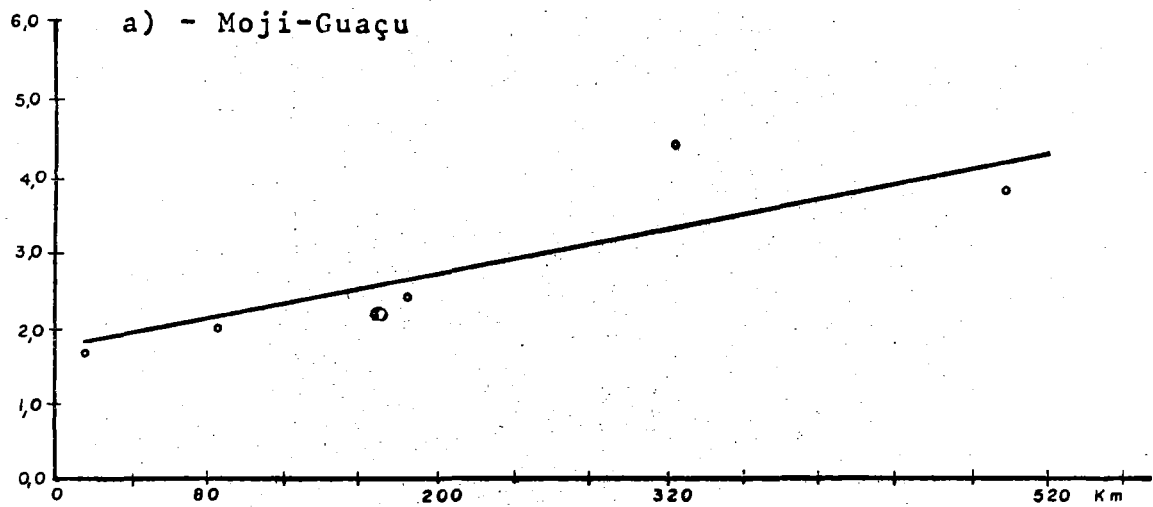
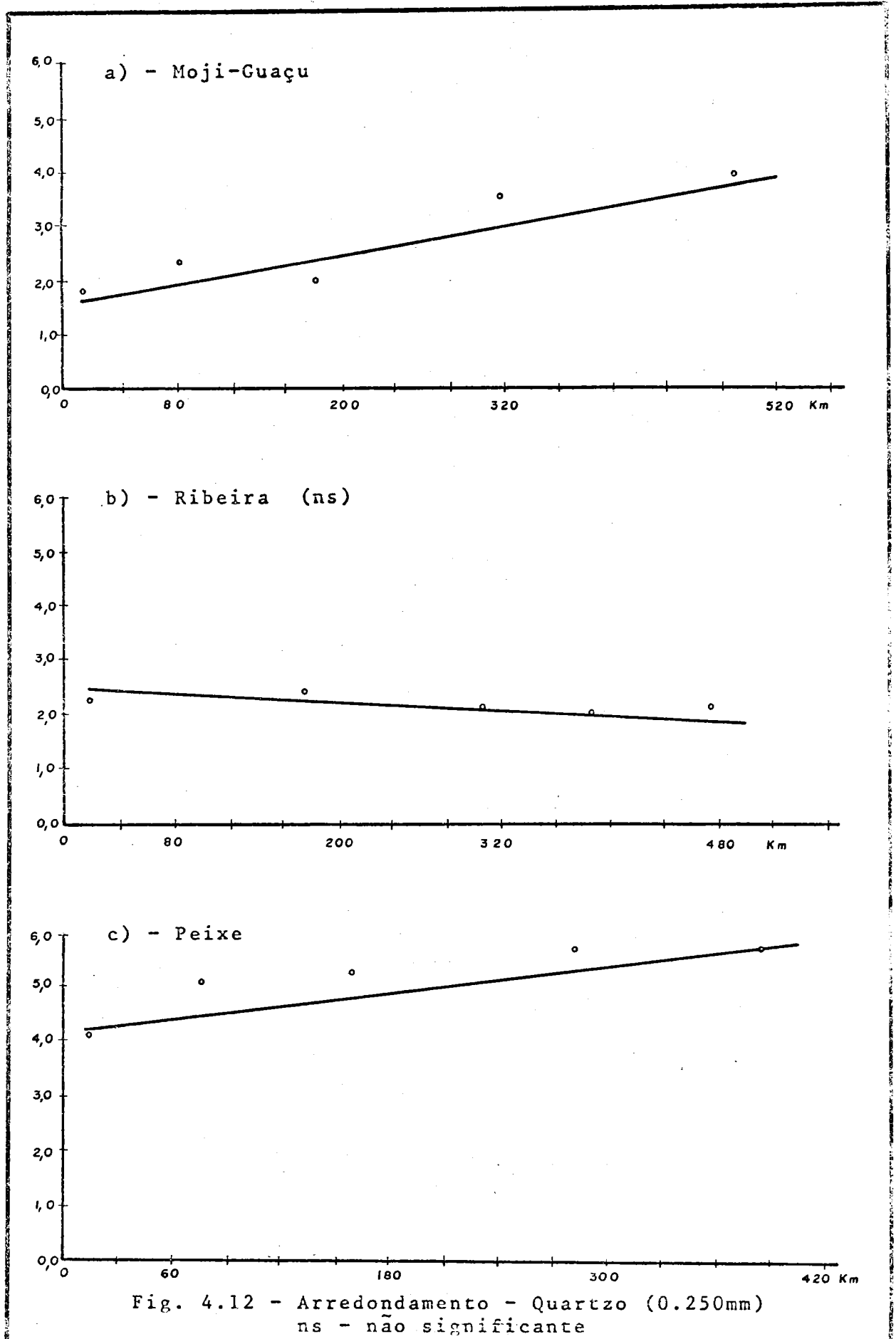


Fig.4.11 - Arredondamento - Quartzo (0,125mm)
 ns - não significante



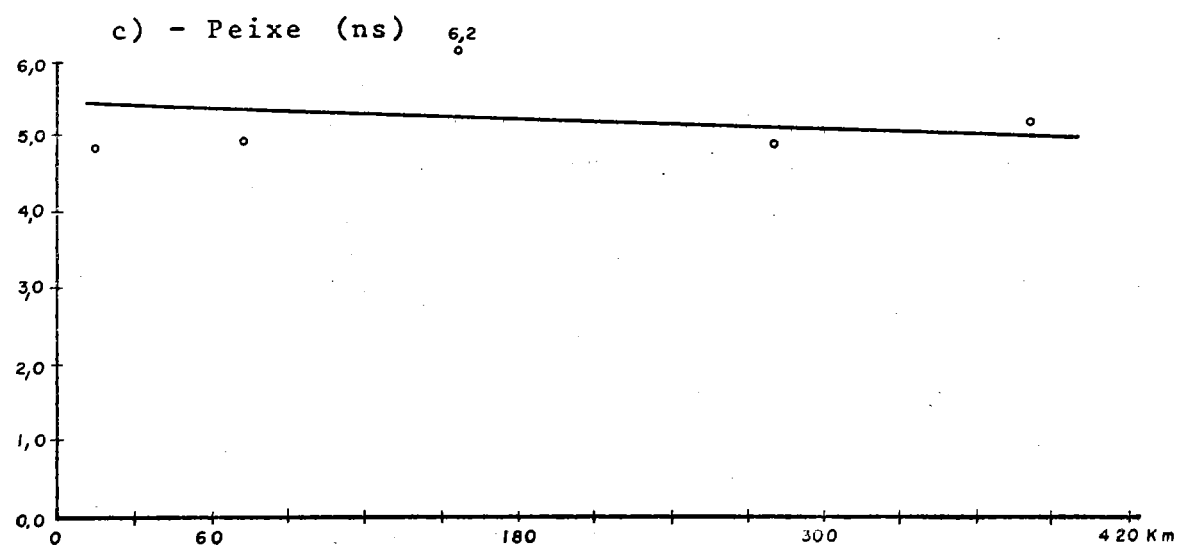
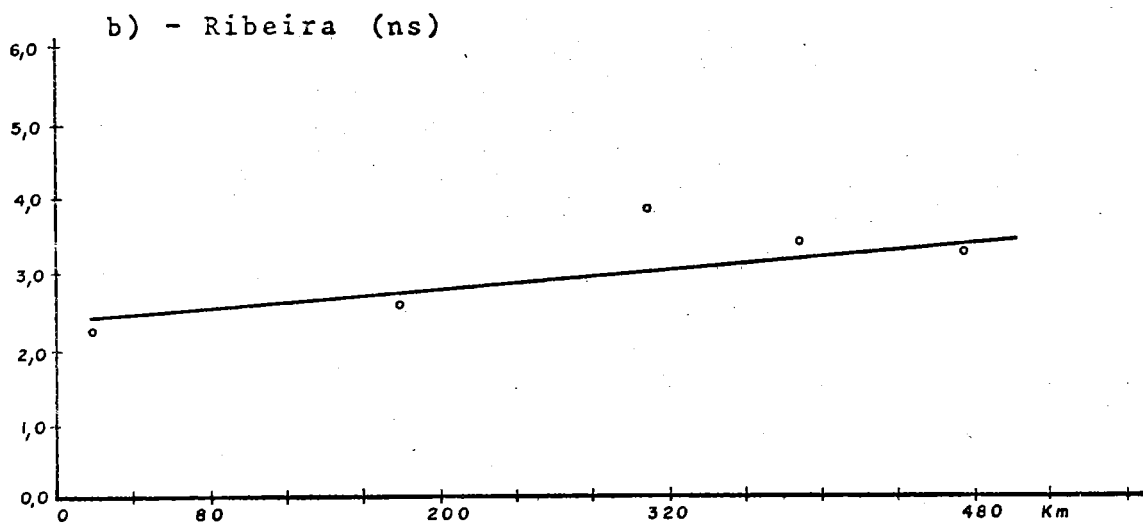
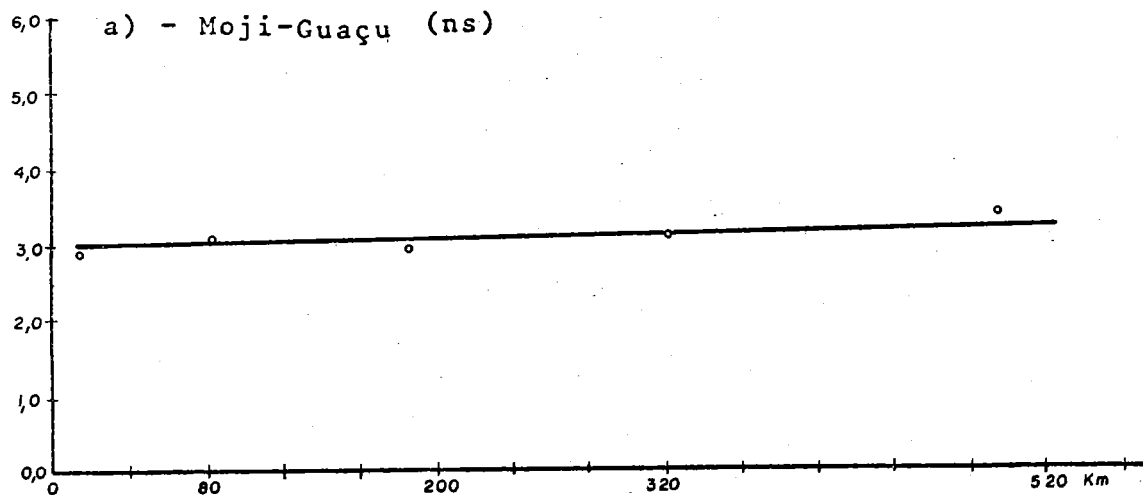
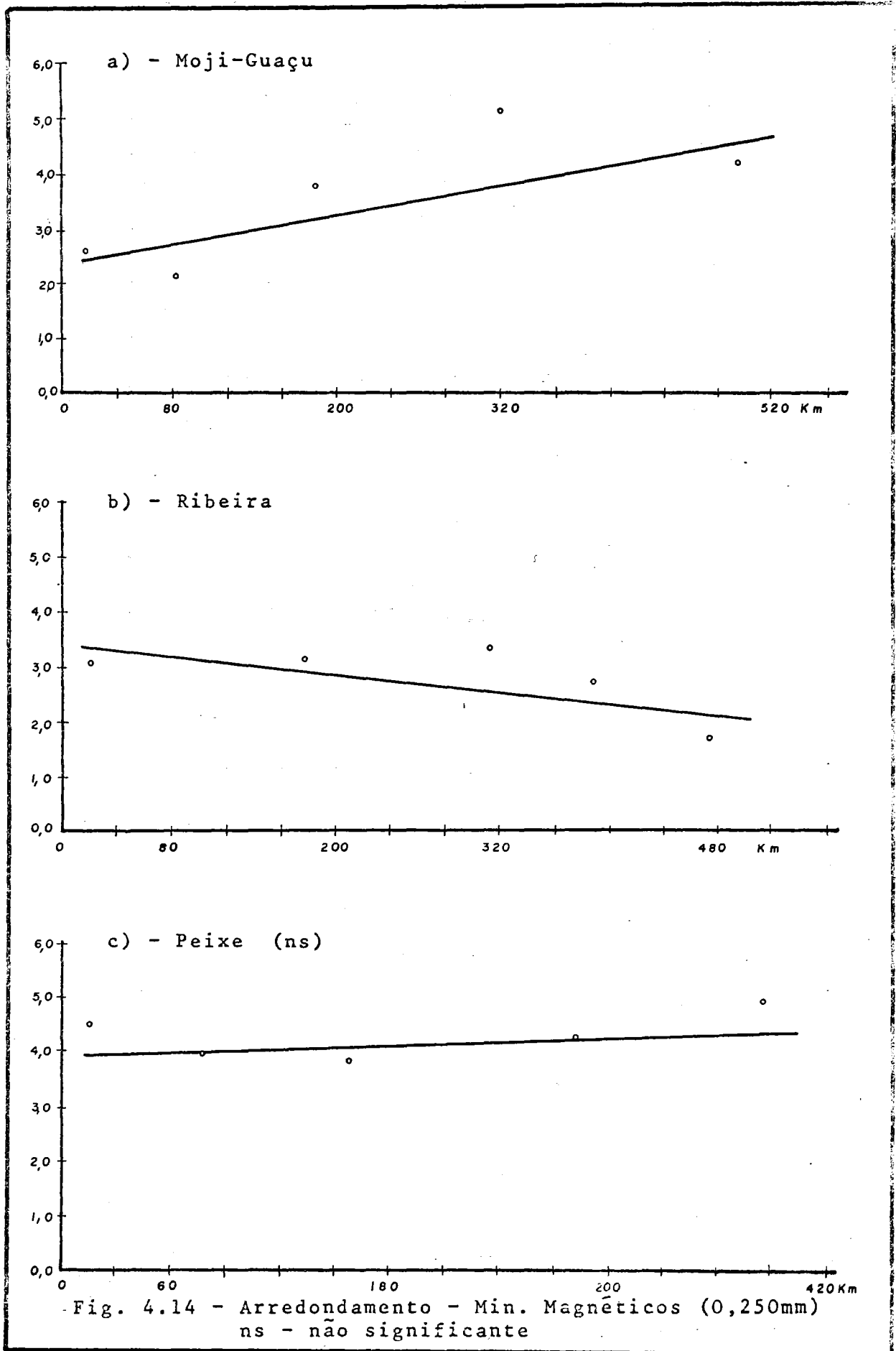


Fig. 4.13 - Arredondamento - Min. Magnéticos (0,125mm)
ns - não significante



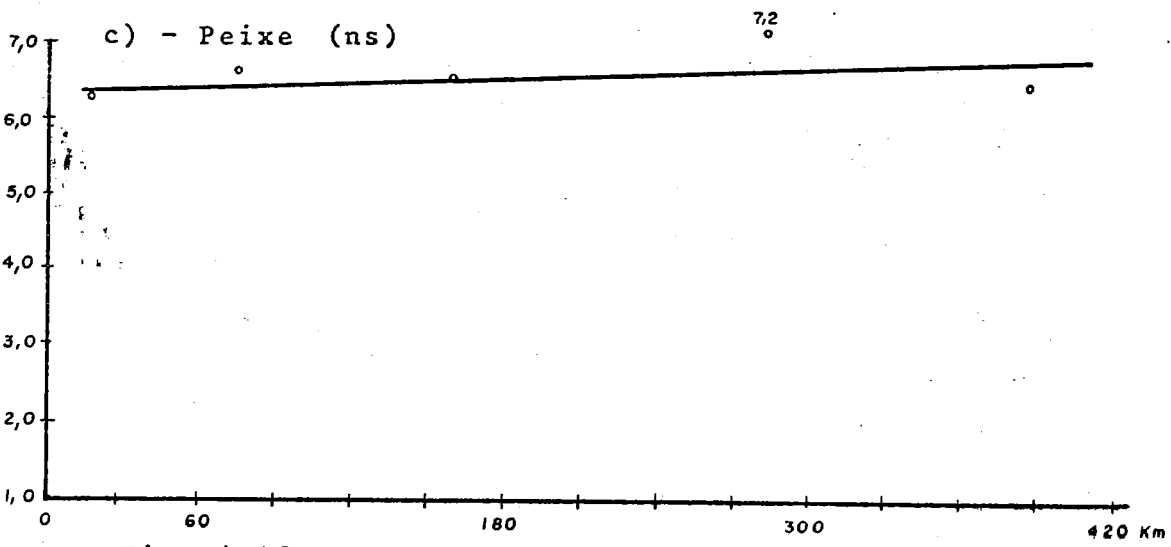
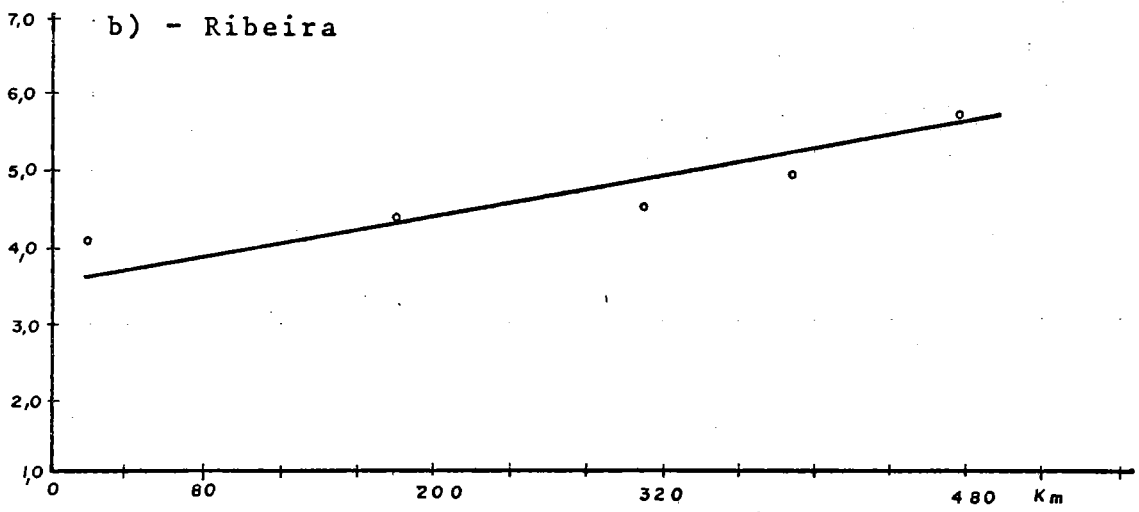
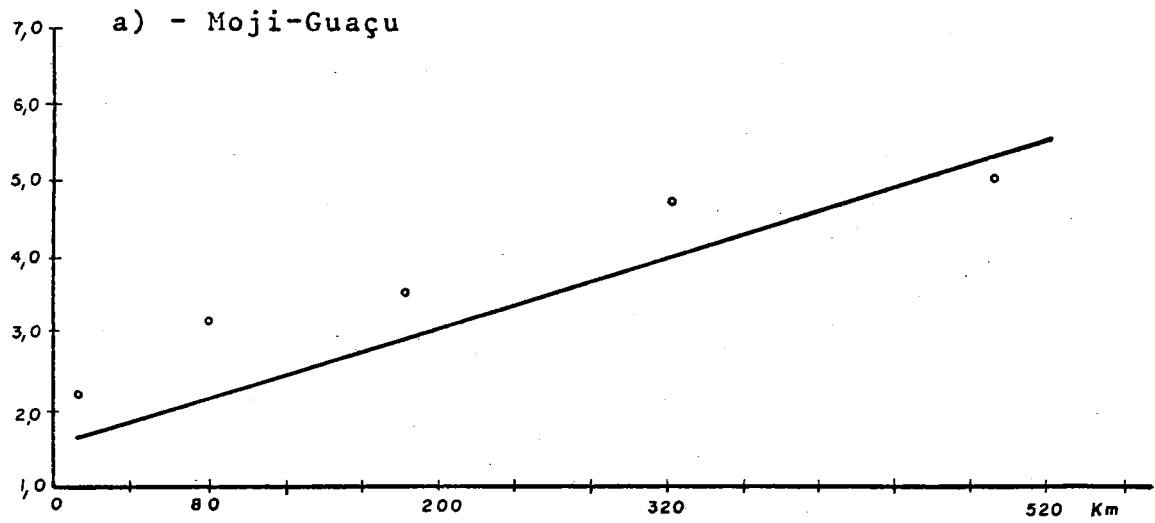


Fig. 4.15 - Arredondamento - Turmalina (0,125mm)
 ns - não significante

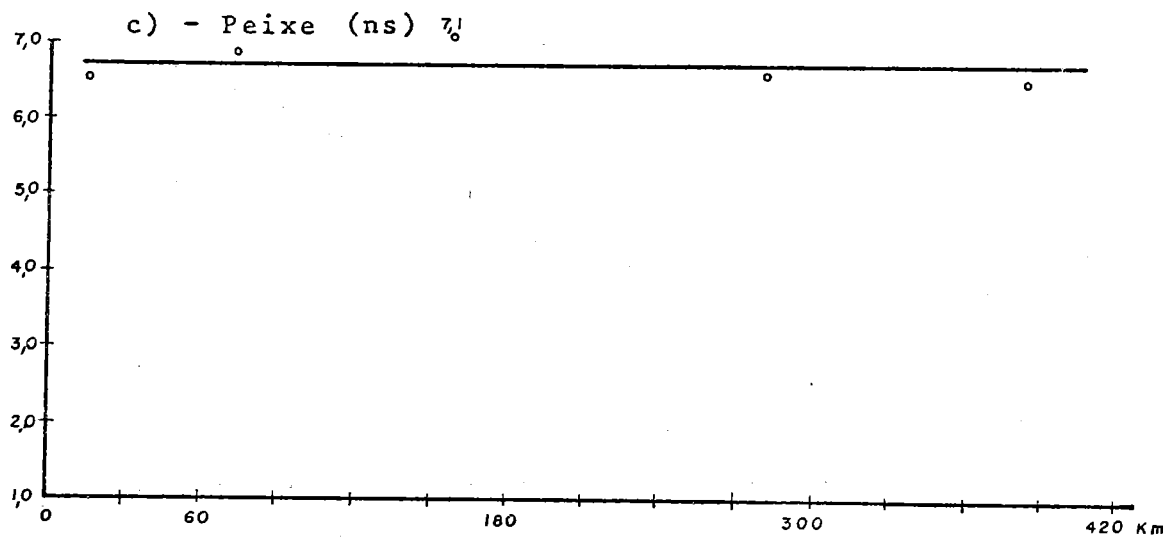
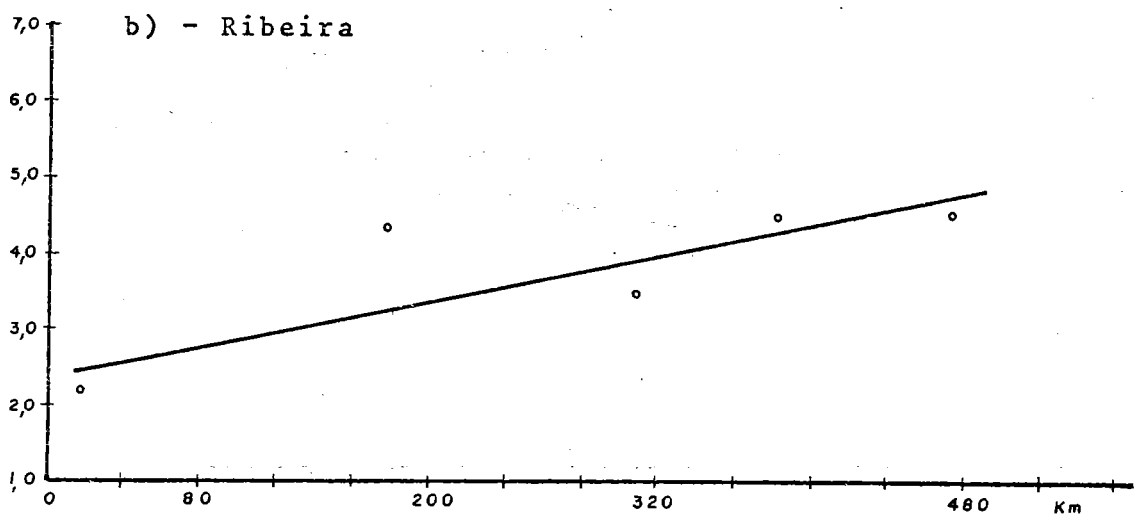
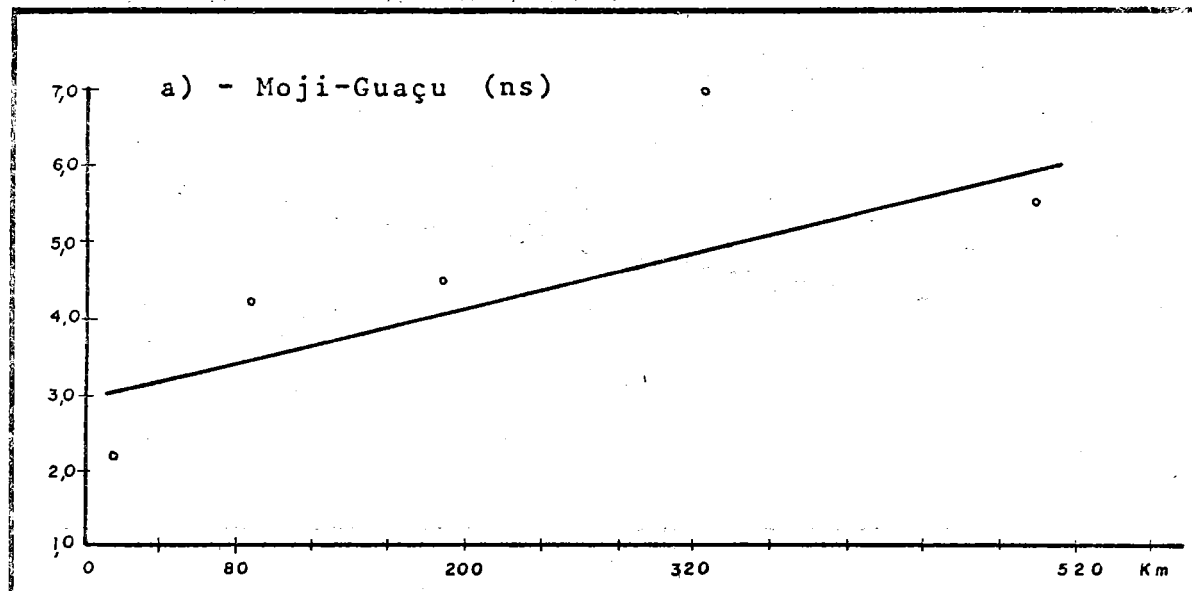
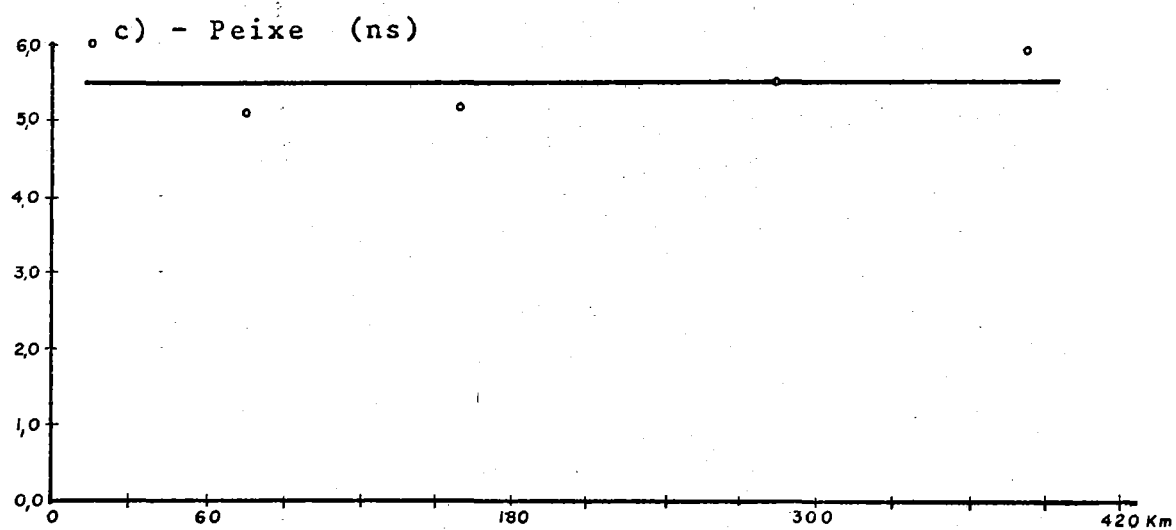
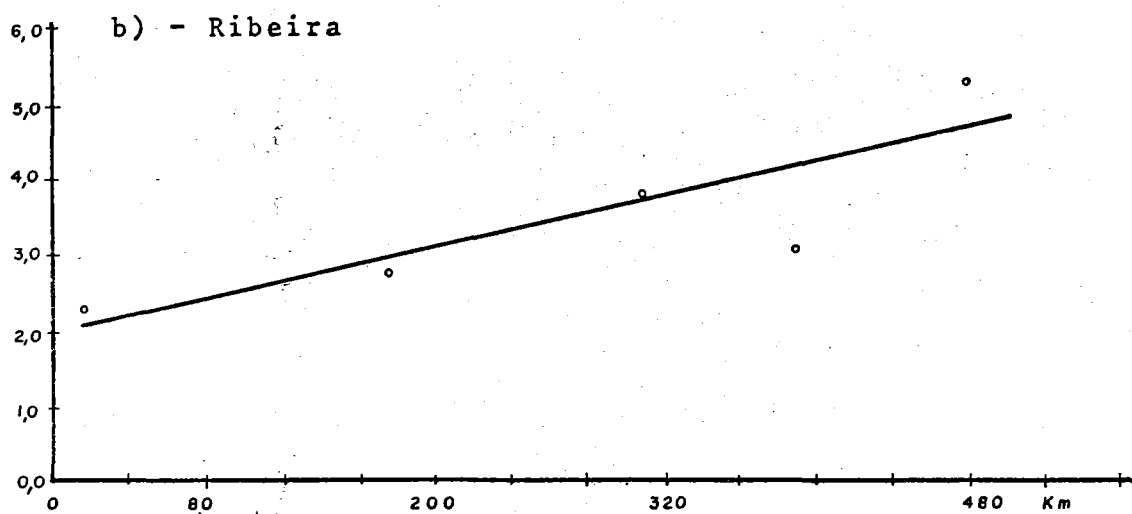
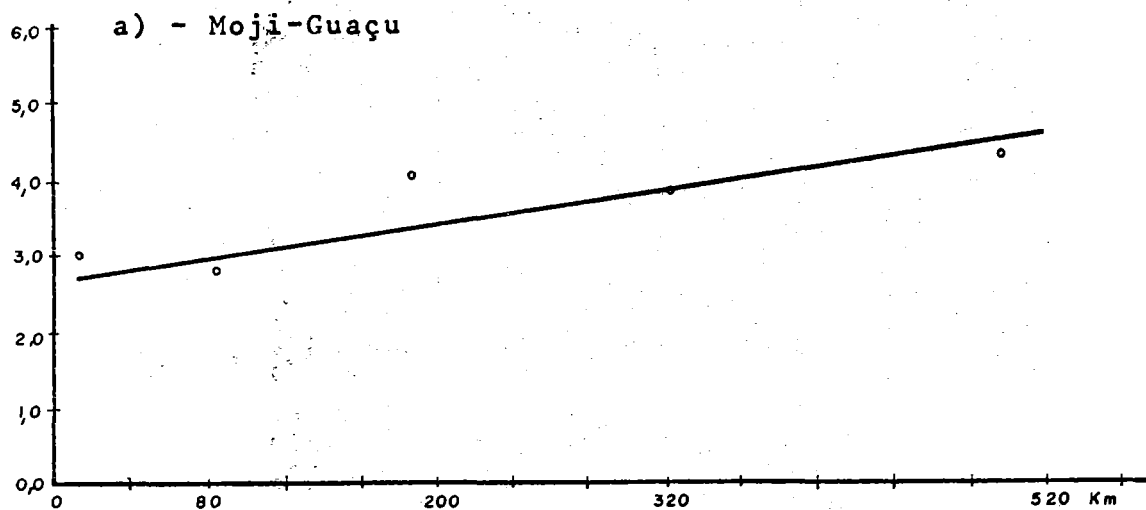


Fig. 4.16 - Arredondamento - Turmalina (0,250mm)
 ns - não significante



- Fig. 4.17 - Arredondamento - Estaurolita (0,125mm)
ns - não significante

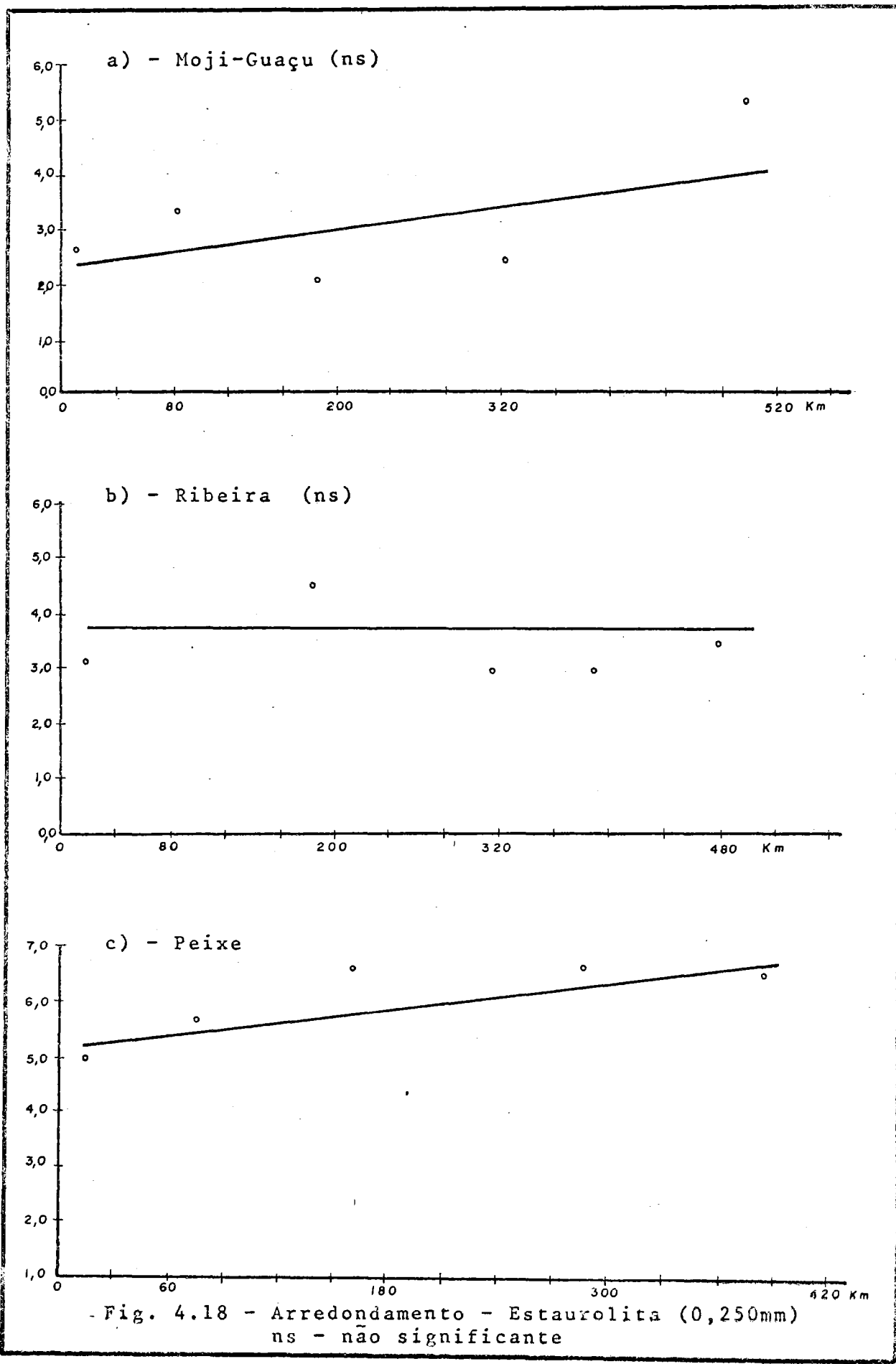


Fig. 4.18 - Arredondamento - Estaurolita (0,250mm)
 ns - não significante

no rio do Peixe encontramos os maiores valores de arredondamento, em comparação aos dos outros dois rios; nêle, as tendências de variação, quando ocorrem, são suaves e sempre no sentido de aumento, de montante à jusante.

O comportamento do arredondamento nêsse último rio é o que mais se distingue, devendo estar mais intimamente associado às características do material fonte (sedimentos do Grupo Bauru) que às condições hidráulicas em que se efetua o transporte dêste material.

No rio Ribeira, quando a tendência de aumento do arredondamento ocorre, deve ser devida fundamentalmente a fatores hidráulicos, uma vez que o material transportado é proveniente de rochas cristalinas e de antigos sedimentos depositados pelo próprio rio (pouco trabalhados).

No rio Moji-Guaçu, onde uma parte do material é proveniente de rochas cristalinas e outra, de rochas sedimentares da Bacia do Paranã (com materiais já bastante trabalhados), deve ocorrer uma interação de fatores hidráulicos e geológicos que condicionam a tendência constante do arredondamento, de montante à jusante.

4.3.3 - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

FRAÇÃO LEVE

A análise mineralógica da fração leve revelou-nos a ocorrência de uma flagrante preponderância de quartzo e, em proporções sensivelmente restritas, de mica e de feldspato.

FRAÇÃO PESADA

a. MINERAIS OPACOS

A determinação dos minerais pesados foi realizada no material contido na fração granulométrica (2,00 - 3,00),

ou seja (0,125 mm - 0,250 mm). Utilizando imã, realizamos inicialmente a separação dos minerais magnéticos. Estes minerais são os que se apresentam em maiores proporções, dentre os pesados, razão porque nêles fizemos determinações de arredondamento. Geralmente são provenientes de magmatitos básicos; em trabalho anterior no vale do Moji-Guaçu (Gandolfi, 1968), pudemos verificar a estreita relação entre as concentrações de minerais magnéticos nos sedimentos recentes - com as ocorrências de magmatitos básicos.

b. MINERAIS TRANSPARENTES

Os minerais transparentes foram examinados ao microscópio, estando os valores de frequência em porcentagem, na Tab. 4.10. A partir destes valores calculamos as médias percentuais de cada mineral, para cada rio e as apresentamos na Tab. 4.11. É interessante o fato das modas das distribuições granulométricas dos minerais pesados situarem-se sempre abaixo das modas dos sedimentos correspondentes; todavia, essa posição nunca se mostra fixa, variando de uma amostra para outra, tanto num mesmo rio como em rios diferentes.

Examinando-se os valores da Tab. 4.10, notamos que apenas alguns minerais apresentam tendência de variação da frequência percentual, de montante à jusante.

Assim, temos uma tendência de diminuição de turmalina verde, no Moji-Guaçu e no Ribeira, enquanto no Peixe é praticamente inexistente.

A estaurolita mostra uma tendência de aumento, mas apenas no rio Moji-Guaçu.

Nos rios Moji-Guaçu e Ribeira registramos uma tendência de diminuição nas concentrações de hornblenda; este mineral não foi encontrado no rio do Peixe. Talvez esta tendência de diminuição indique haver uma abrasão seletiva,

Amostra Minerais	Moji-Guaçu					Ribeira					Peixe				
	M1	M4	M7	M10	M13	R1	R3	R5	R7	R9	P1	P4	P7	P10	P12
Turmalina Mar- ron	28	15	19	23	28	19	8	12	19	45	51	58	58	78	51
Turmalina Ver- de	31	14	28	8	12	-	26	6	11	10	11	4	6	6	8
Turmalina Azul	-	1	1	-	1	-	-	-	2	3	3	3	5	1	-
Zircão	11	8	13	12	7	4	2	6	1	4	3	3	9	1	14
Estaurolita	7	11	19	38	38	29	29	63	36	20	28	30	22	14	24
Cianita	1	4	7	10	4	1	5	-	-	-	-	1	-	-	-
Sillimanita	1	7	6	2	4	1	1	2	7	1	1	1	-	-	-
Biotita	3	7	1	-	1	3	6	2	13	-	-	-	-	-	-
Granada	3	1	1	2	3	-	1	-	-	1	3	-	-	-	3
Andaluzita	-	-	-	-	-	-	9	-	-	10	-	-	-	-	-
Hornblenda	15	32	5	5	2	43	13	9	11	6	-	-	-	-	-

Tab.4.10 - Frequência dos minerais pesados transparentes, em porcentagem

Minerais	Moji-Guaçu	Ribeira	Peixe
Turmalina Mar- ron	22,6	20,6	59,2
Turmalina Ver- de	18,6	10,6	7,0
Turmalina Azul	0,6	1,0	2,4
Zircão	10,2	3,4	6,0
Estaurolita	22,6	35,4	23,6
Cianita	5,2	1,2	0,2
Sillimanita	4,0	2,4	0,4
Biotita	2,4	4,8	0,0
Granada	2,0	0,4	1,2
Andaluzita	0,0	3,8	0,0
Hornblenda	11,8	16,4	0,0

Tab. 4.11 - Médias percentuais dos minerais pesados transparentes

responsável pela destruição de minerais física ou quimicamente menos resistentes.

Nos três rios, os minerais que aparecem em maiores porcentagens são a turmalina e a estaurolita; como mineral comum, ainda em porcentagens destacadas, temos a zircônia; finalmente, em proporções menores, a cianita, a sillimanita e a granada.

Como minerais comuns apenas aos rios Moji-Guaçu e Ribeira, temos a hornblenda, a biotita e a andaluzita.

4.4 - CONCLUSÕES

1. Há uma diferente variação dos parâmetros texturais ao longo dos três rios estudados.

2. O diâmetro médio tende a diminuir, de montante à jusante, tanto nos sedimentos como nos minerais pesados.

3. Os diâmetros médios dos sedimentos e dos minerais pesados do rio Ribeira são maiores que os do Moji-Guaçu e estes maiores que os do Peixe.

4. A seleção aumenta, de montante à jusante, estando associada à diminuição do diâmetro médio.

5. O rio do Peixe apresenta os melhores valores de seleção; em seguida vêm os do Ribeira e, finalmente os do Moji-Guaçu.

6. Em geral, a assimetria tende a diminuir e mesmo tomar valores negativos; essa tendência é mais evidente no rio Ribeira.

7. Os sedimentos e minerais pesados do rio do Peixe são simétricos; os dos rios Moji-Guaçu e Ribeira têm, em média, assimetria positiva.

8. Os valores de curtose, tanto para sedimentos como para minerais pesados, indicam curvas mesocúrticas, tendendo a leptocúrticas.

9. Há uma relação entre a tendência de aumento de curtose, com o aumento da seleção e com a diminuição do diâmetro médio.

10. Os parâmetros granulométricos, tratados segundo o método de Sahu (1964), indicam características distintas para os sedimentos dos três rios; todavia, os parâmetros dos minerais pesados indicam ambiente estritamente fluvial.

11. O arredondamento do quartzo aumenta com a distância, nas duas frações granulométricas analisadas; o rio Ribeira constitui exceção, pois nele o arredondamento tende a diminuir ligeiramente.

12. O arredondamento dos minerais magnéticos não têm tendência definida de variação com a distância; em relação a fração fina, permanece praticamente constante nos três rios.

13. O arredondamento da turmalina, nas duas frações granulométricas, cresce com a distância nos rios Moji-Guaçu e Ribeira e permanece constante no rio do Peixe.

14. O arredondamento da estauroлита, em geral, aumenta com a distância; como exceção, ele permanece constante na fração fina do Peixe e na fração grossa do Ribeira.

15. A constância do arredondamento, ao longo do rio do Peixe, está intimamente associada aos sedimentos bem arredondados do Grupo Bauru, que lhes servem de fonte. A variação do arredondamento no rio Moji-Guaçu está ligada tanto a fatores hidráulicos como geológicos. No rio Ribeira, o aumento de arredondamento parece ser praticamente devido a fatores hidráulicos.

16. As modas das distribuições de minerais pesados situam-se sempre em frações menores que a fração modal dos sedimentos correspondentes.

17. A posição da fração modal da distribuição dos minerais pesados varia de amostra para amostra, tanto num

mesmo rio, como em rios diferentes.

18. Os minerais pesados opacos são os que ocorrem em maior proporção, nos três rios.

19. Os minerais pesados transparentes mais frequentes, em cada rio são: no Moji-Guaçu, turmalina, estaurolita, hornblenda e zirconita; no Ribeira, estaurolita, turmalina e hornblenda; no Peixe, turmalina, estaurolita e zirconita.

5 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DAS ÁGUAS

5.1 - INTRODUÇÃO

No presente estudo, interessamo-nos mais pelo comportamento relativo das diversas propriedades analisada, do que seus valores absolutos. Para que êsses pudessem apresentar um significado mais positivo, far-se-iam necessárias investigações em diferentes condições climáticas, associadas aos dados fluviométricos da época da coleta.

Todavia, os resultados obtidos são perfeitamente válidos para uma época do ano correspondente a um certo estado dos rios como personalidades físico-químicas. Isso porque os dados foram levantados em épocas em que os rios se encontravam estáveis, sob condições climáticas também estáveis em todo período de coleta.

Dentre inúmeras propriedades possíveis de serem analisadas nas águas coletadas, selecionamos algumas de caráter físico, outras físico-químico e, por fim, essencialmente químico. As propriedades analisadas foram:

- a. físicas - sedimentação, turbidês e cõr;
- b. físico-químicas - condutividade elétrica, pH e sólidos totais;
- c. químicas - sílica total, ferro total, sódio, cálcio, potássio e dureza.

5.2 - PROCEDIMENTO DE CAMPO

Os pontos de coleta de amostras de água são os constantes dos Mapas 1, 2 e 3, coincidindo com os de sedimento de calha.

Realizamos as coletas das amostras sempre no canal principal do rio, utilizando a mesma sonda usada por Gandolfi (1971), sendo tomadas três amostras em cada ponto. Foram necessários três litros para que pudéssemos realizar tôdas as determinações programadas e mantivéssemos uma reserva, a título de segurança.

5.3 - MÉTODOS ANALÍTICOS UTILIZADOS

Os métodos analíticos e os equipamentos utilizados foram os abaixo discriminados:

1 - SEDIMENTAÇÃO

Os sólidos sedimentados foram determinados em "Cone de Inhoff", em uma hora, a partir de 1 litro de amostra de água.

2 - TURBIDEZ

Foi medida em "Turbidímetro Hellige", a partir do sobrenadante do Cone de Inhoff, sendo os resultados expressos em mg de SiO_2 por litro.

3 - CÔR

O equipamento usado foi o "Aqua-Tester Hellige", variando sua escala de 0 a 70 unidades; as medidas referem-se a materiais em solução na água, após centrifugação.

4 - CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Foi usado o medidor tipo "LBR - Oficinas Técnico-Científicas de Weilheim/Obb", com ponte de Wheatstone, ali-

mentada a 50 ciclos por segundo e com eletrodo de platina . Foram realizadas três determinações por amostra e depois tomado o valor médio; os resultados são expressos em $\mu\text{mho/cm}$, a 25°C.

5 - DETERMINAÇÃO DO pH

Foi feita por método eletrométrico, usando eletrodo de vidro, acoplado com eletrodo de calomelano, em equipamento "Metrohm", e solução saturada de KCl como potencial - de referência. Foram efetuadas três medidas por amostra e obtido o valor médio.

6 - SÓLIDOS TOTAIS

Compreendem os sólidos não sedimentados em 1 hora, mais os solúveis e foram obtidos pela evaporação lenta, em estufa, do sobrenadante do Cone de Inhoff. Os valores são expressos em mg/litro.

7 - SÍLICA TOTAL

O método usado foi o colorimétrico do azul de heteropoliácidos e as medidas feitas num espectrocolorímetro "Metrohm Herisau", em comprimento de onda de 675 $m\mu$. Fizemos três determinações por amostra e tomamos o valor médio. Os resultados são expressos em mg/litro de SiO_2 .

8 - FERRO TOTAL

Determinado em espectrocolorímetro "Metrohm Herisau", usando 1,10 fenantrolina como reagente para desenvolvimento da cor, sendo as medidas feitas a 510 $m\mu$. Fizemos três determinações por amostra e tomamos o valor médio. Os resultados são expressos em mg/litro de F^{++} (total), pois todo o ferro existente foi reduzido.

9 - SÓDIO E POTÁSSIO

Fizemos as determinações por meio de fotometria de

chama, utilizando equipamento "Flamephotometer, Model 6, Dr. B. Lange - Berlin". Realizamos três determinações por amostra e tomamos o valor médio, sendo os resultados expressos em mg/litro do íon analisado.

10 - DUREZA

Método complexométrico, com utilização de EDTA (Etileno-Diaminotetra acético sal de sódio). Fizemos três determinações por amostra e tomamos o valor médio. Os resultados são expressos em mg de CaCO_3 por litro.

11 - CÁLCIO

Método complexométrico com utilização de EDTA como agente complexante e murexida (purpinato de amônia) como indicador. Realizamos três determinações por amostra e tomamos o valor médio. Expressamos os resultados em mg/litro de CaCO_3 .

5.4 - RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados das análises efetuadas nas amostras das águas dos rios Moji-Guaçu, Ribeira e Peixe, encontram-se na Tab. 5.1.

A partir desses dados, realizamos análises estatísticas de regressão linear entre cada propriedade considerada e a distância ao longo do curso. As equações das retas de tendência estão representadas na Tab. 5.2.

Foram calculados os coeficientes de correlação linear " r ", tendo sido verificada a significância por meio de teste " t ", ao nível 0,95. Teste semelhante foi aplicado para se poder comparar a variação de uma mesma propriedade, entre rios diferentes.

5.5 - INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Tôdas as retas de tendência, correspondentes às

AMOS TRA	Sedimen- taçã o cm ³	Turbidês mg/l de SiO ₂	Côr Água Teste	Condutivi- dade μ mho/cm ³	Sólidos Totais mg/l	pH	Sílica Total mg/l	Ferro Total mg/l	Sódio mg/l	Potássio mg/l	Cálcio mg/l CaCO ₃	Dureza mg CaCO ₃ /l
M1	0,00	6,0	15	4.7	41,03	7,50	7,0	0,34	2,34	1,60	8,38	10,25
M2	0,00	10,0	20	5.7	44,41	7,50	13,8	0,53	2,18	2,03	7,92	12,11
M3	0,05	17,0	25	7.5	94,89	7,30	11,4	0,30	4,09	2,68	7,46	16,77
M4	0,05	15,0	25	6.3	80,91	7,40	10,9	0,37	3,60	2,31	10,25	13,04
M5	0,05	15,0	30	6.4	56,75	7,70	7,8	0,42	4,79	2,31	5,12	12,58
M6	0,05	15,0	25	9.2	83,49	7,55	12,2	0,25	6,38	3,10	6,99	15,84
M7	0,15	11,0	50	10.7	101,58	7,40	8,5	0,73	7,30	3,20	12,58	19,57
M8	0,40	11,0	40	12.0	145,86	7,30	12,0	0,56	8,44	3,69	11,18	18,17
M9	0,10	23,0	50	7.3	52,25	7,40	7,8	1,25	3,17	2,03	8,38	17,24
M10	0,05	21,0	40	7.6	77,90	7,15	2,2	0,61	5,93	2,31	11,65	15,84
M11	0,10	25,0	25	6.6	75,37	7,20	7,2	0,94	4,78	2,22	12,11	14,92
M12	0,10	34,0	35	6.9	82,30	7,20	6,2	0,60	4,78	3,11	10,71	15,84
M13	0,05	23,0	40	6.2	71,06	7,30	6,2	0,88	4,10	2,31	9,78	14,44
M14	0,10	21,0	20	7.4	71,29	7,50	6,0	0,32	5,20	2,77	13,51	14,92

Tab. 5.1.a - Rio Moji-Guaçu

AMOS TRA	Sedimen tação cm ³	Turbidês mg/l de SiO ₂	Côr Água Teste	Condutivi dade μmho/cm ³	Sólidos Totais mg/l	pH	Sílica Total mg/l	Ferro Total mg/l	Sódio mg/l	Potássio mg/l	Cálcio mg/l CaCO ₃	Dureza mg CaCO ₃ /l
R1	0,20	1,0	15	13.0	53,66	7,80	20,6	0,29	2,00	1,31	24,32	55,08
R2	0,15	1,0	10	13.2	62,27	7,40	10,6	0,29	2,29	1,68	30,75	51,07
R3	0,05	2,5	10	14.3	69,23	9,00	9,0	0,37	2,39	1,35	30,38	48,46
R4	0,20	1,0	10	14.2	66,36	7,60	12,0	0,31	2,13	1,21	29,82	48,46
R5	0,15	1,0	5	14.0	75,83	7,60	12,8	0,34	2,39	1,45	28,05	44,82
R6	0,15	2,5	10	11.9	47,65	7,40	10,8	0,31	2,44	1,68	28,52	44,92
R7	0,05	6,0	10	10.8	76,07	7,30	8,8	0,37	3,85	1,68	19,57	30,75
R8	0,15	4,0	20	9.8	59,14	7,20	10,2	0,48	4,92	1,87	18,17	31,40
R9	-	2,5	25	9.3	57,53	7,00	8,6	0,52	3,70	1,40	16,77	31,03

Tab. 5.1.b - Rio Ribeira

AMOS TRA	Sedimen taçã o cm ³	Turbidê s mg/l de SiO ₂	Côr Água Teste	Condutivi dade μmho/cm ³	Sólidos Totais mg/l	pH	Sílica Total mg/l	Ferro Total mg/l	Sódio mg/l	Potássio mg/l	Cálcio mg/l CaCO ₃	Dureza mg CaCO ₃ /l
P1	0,40	3,0	40	30.2	156,35	7,20	10,6	1,57	6,76	3,54	62,44	77,16
P2	0,50	5,5	30	31.0	188,20	7,30	19,6	2,45	6,84	3,68	66,63	82,92
P3	0,15	8,0	35	31.5	165,15	7,50	12,6	0,88	2,50	2,41	79,68	102,13
P4	0,20	8,0	30	32.5	160,31	7,50	12,0	0,66	2,74	2,85	79,68	105,70
P5	0,15	6,0	30	34.0	176,17	7,60	9,4	2,25	4,84	3,31	80,15	107,49
P6	0,15	8,0	40	33.0	145,14	7,80	12,8	1,10	5,00	3,31	76,42	103,03
P7	0,10	11,5	35	28.0	140,84	7,70	12,6	4,50	4,14	3,50	61,97	82,96
P8	0,10	6,0	30	23.0	124,31	7,60	9,0	2,26	5,00	4,16	48,40	65,12
P9	0,05	6,0	35	22.8	108,11	7,50	23,0	1,90	4,00	4,35	45,20	62,87
P10	0,10	6,0	25	25.5	157,69	7,60	21,7	1,29	6,00	4,63	48,93	68,24
P11	0,10	11,5	50	24.5	142,38	7,50	20,7	1,13	4,84	4,16	49,86	70,47
P12	0,05	13,0	50	22.0	177,53	7,00	21,2	1,00	4,83	4,67	43,80	62,00

Tab. 5.1.c - Rio do Peixe

PROPRIEDADES	VALORES DE Y		
	MOJI	RIBEIRA	PEIXE
Sedimentação	0,039 + 0,007 x	0,169 - 0,007 x	0,369 - 0,031 x
Turbidez	7,50 + 1,35 x	0,43 + 0,39 x	4,45 + 0,50 x
Côr	23,3 + 1,1 x	6,9 + 1,2 x	30,4 + 0,84 x
Condutividade elétrica	68,2 + 0,8 x	150,4 - 5,4 x	342,9 - 9,7 x
Sólidos totais	67,42 + 1,29 x	62,2 + 0,0 x	168,3 - 2,3 x
pH	7,514 - 0,017 x	8,205 - 0,123 x	7,479 + 0,001 x
Sílica total	11,926 - 0,455 x	15,722 - 0,846 x	9,892 + 0,852 x
Ferro total	0,347 + 0,031 x	0,240 + 0,025 x	1,877 - 0,020 x
Sódio	3,638 + 0,154 x	1,409 + 0,299 x	4,991 - 0,031 x
Potássio	2,238 + 0,041 x	1,343 + 0,034 x	2,748 + 0,149 x
Dureza	13,292 + 0,242 x	59,069 + 3,236 x	102,447 - 3,068 x
Cálcio	6,999 + 0,362 x	32,72 + 1,51 x	81,324 - 2,983 x

Tab. 5.2 - Equações de regressão entre os valores das análises físico-químicas e a distância

equações de regressão entre propriedades analisadas e variação ao longo do curso, significantes ou não, estão representadas nos gráficos das Figs. 5.1 à 5.12.

Devemos assinalar que um rio deve ser considerado como um complexo físico-químico, no qual nenhuma propriedade ou sua variação ao longo do curso, pode ser interpretada isoladamente. Assim, na discussão seguinte vamos notar uma acentuada interação entre as propriedades analisadas.

SEDIMENTAÇÃO - Fig. 5.1

A correlação é não significativa nos rios Moji-Guaçu e Ribeira, e significativa no rio do Peixe. Nos dois últimos, observa-se uma tendência de diminuição da sedimentação, de montante à jusante.

Os valores encontrados são sempre baixos, nos três rios. As médias encontradas são as seguintes: no Moji-Guaçu é de $0,09 \text{ cm}^3$; no Ribeira é de $0,14 \text{ cm}^3$ e no Peixe é de $0,17$.

A tendência de diminuição da sedimentação nos rios Ribeira e Peixe, ou seja, diminuição de material transportado em suspensão, deve estar associada a uma diminuição de competência desses rios em suas partes baixas, onde correm em grandes planícies aluvionares.

TURBIDEZ - Fig. 5.2

Notamos uma tendência geral de aumento nos três rios; todavia, a correlação da turbidez com a distância foi significativa apenas no rio Moji-Guaçu e no rio do Peixe.

Parece haver uma associação entre o aumento da turbidez com o aumento de argila coloidal, principalmente onde as rochas são fornecedoras desse material, como acontece com o rio Moji-Guaçu.

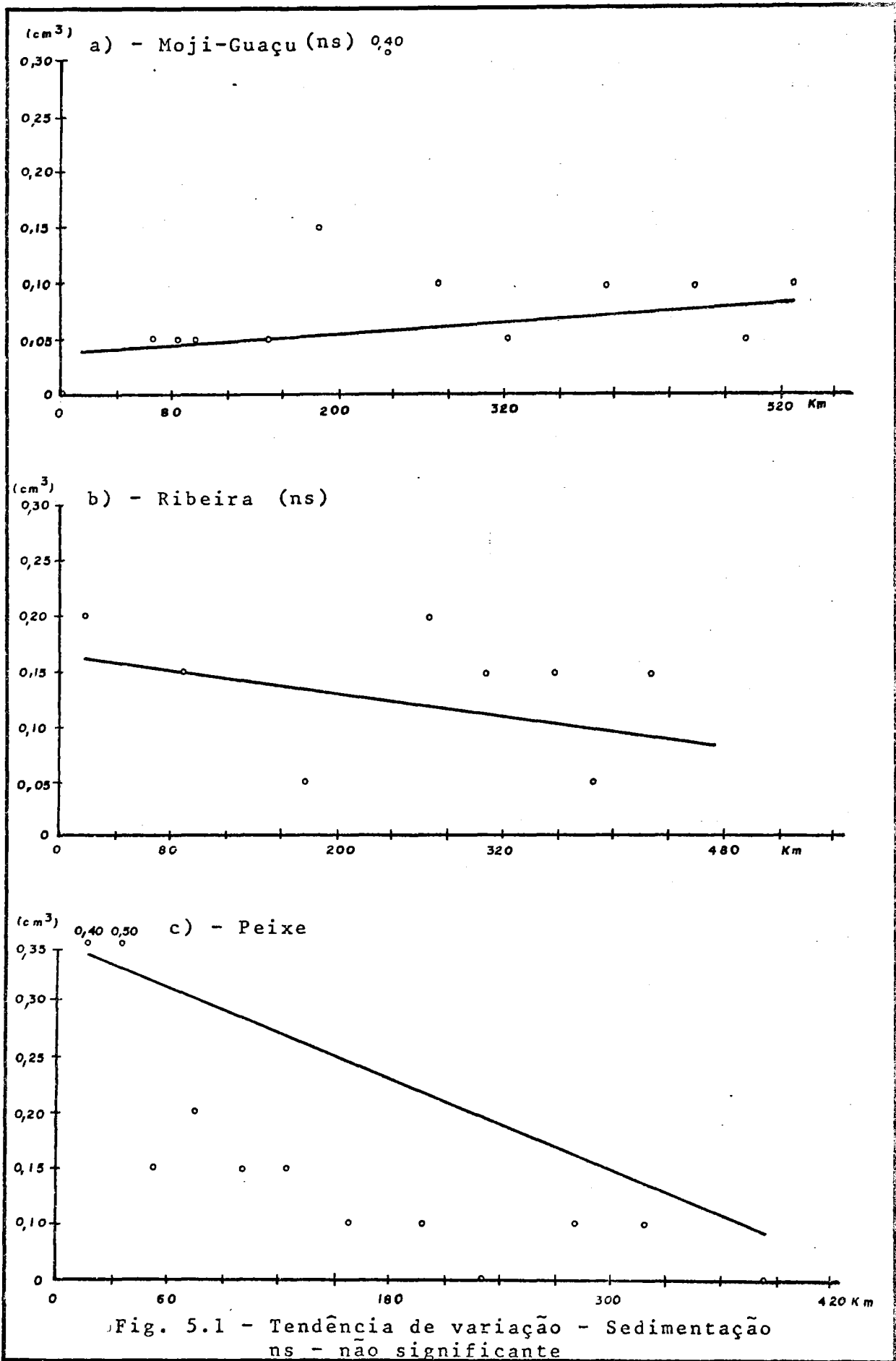
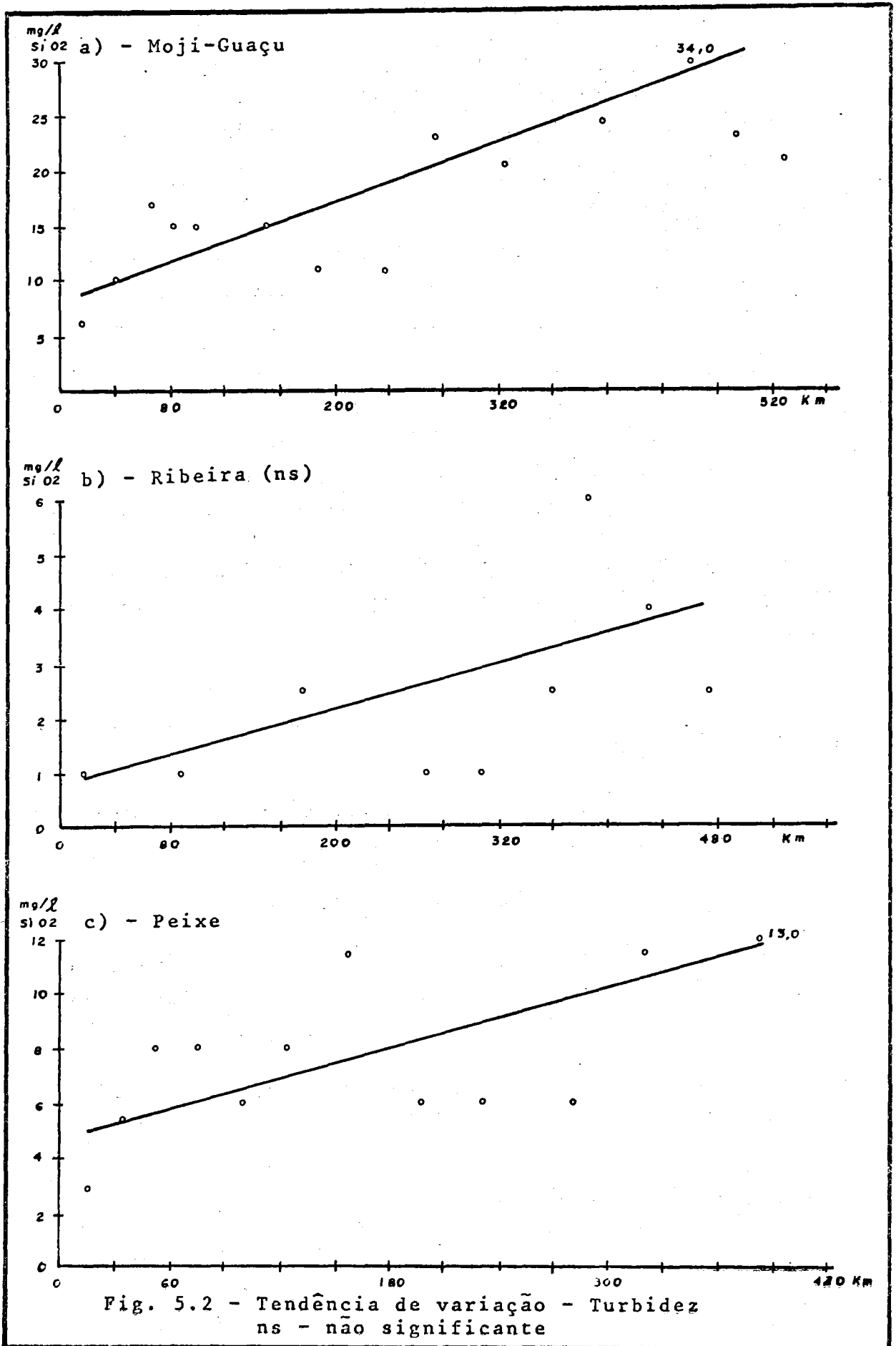


Fig. 5.1 - Tendência de variação - Sedimentação
ns - não significante



Os maiores valores de turbidez foram encontrados no rio Moji-Guaçu. As médias nos três rios foram: no Moji-Guaçu de 17,6 mg/l de SiO_2 ; no Ribeira, de 2,4 mg/l e no Peixe, de 7,7 mg/l.

Observamos, também, uma concordância entre turbidez e sedimentação; assim, nos rios Ribeira e Peixe, onde a turbidez é baixa, a sedimentação tende a diminuir, de montante à jusante.

CÔR - Fig. 5.3

As variações entre côr e distância ao longo do curso não apresentam correlação significativa nos três rios.

Os valores de côr para o rio Ribeira foram os menores encontrados; os dos rios Moji-Guaçu e Peixe são semelhantes.

A ligeira tendência geral de aumento ao longo dos rios estudados, parece ser concordante com a tendência de aumento na turbidez.

No Moji-Guaçu, o valor médio é igual a 31, no Ribeira igual a 13 e no Peixe igual a 36.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA - Fig. 5.4

A condutividade elétrica é, de uma maneira geral, proporcional à concentração iônica da solução e independe, até certo ponto, da natureza dos íons presentes.

Notamos uma tendência de diminuição da condutividade elétrica, de montante à jusante, nos rios Ribeira e Peixe; no rio Moji-Guaçu, a variação não é significativa.

Observamos um nítido controle da variação da condutividade elétrica pelo teor de íons Ca^{++} na solução. Dessa forma, nos rios Ribeira e Peixe, onde a condutividade elétrica diminui, o teor em cálcio também diminui; no Moji-

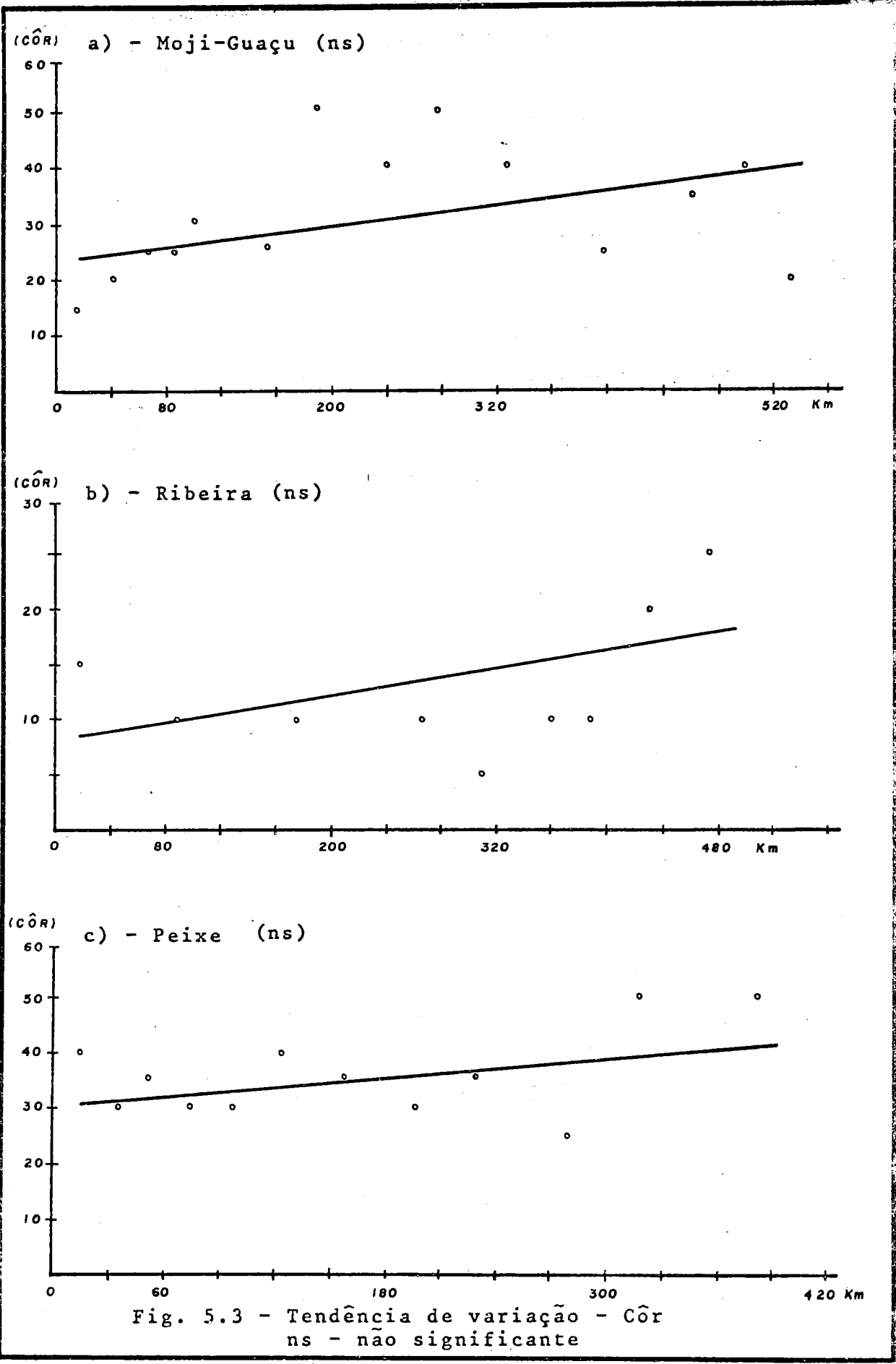


Fig. 5.3 - Tendência de variação - Côr
ns - não significativa

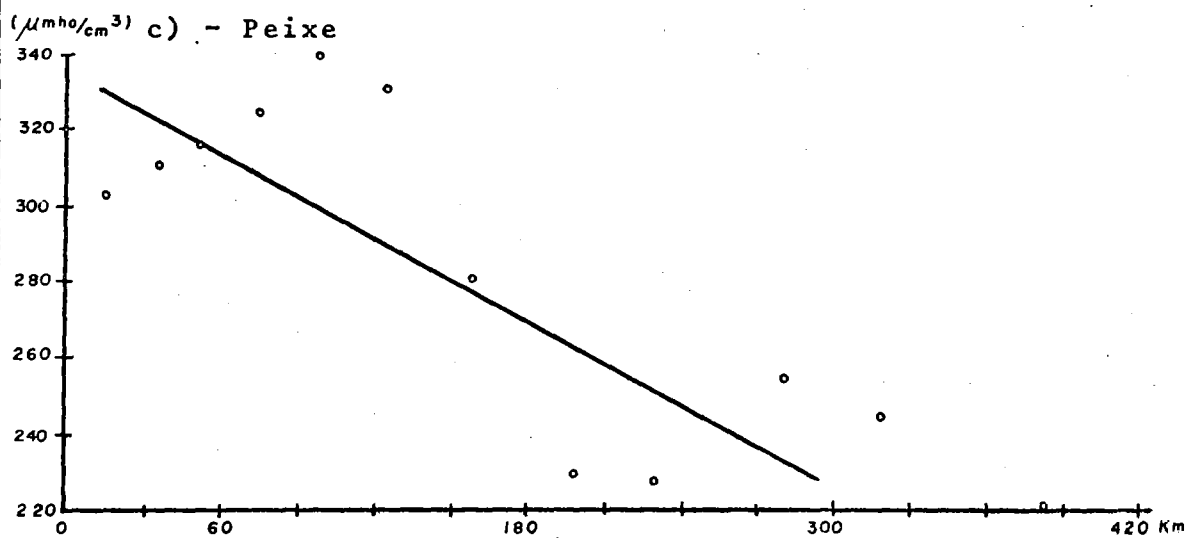
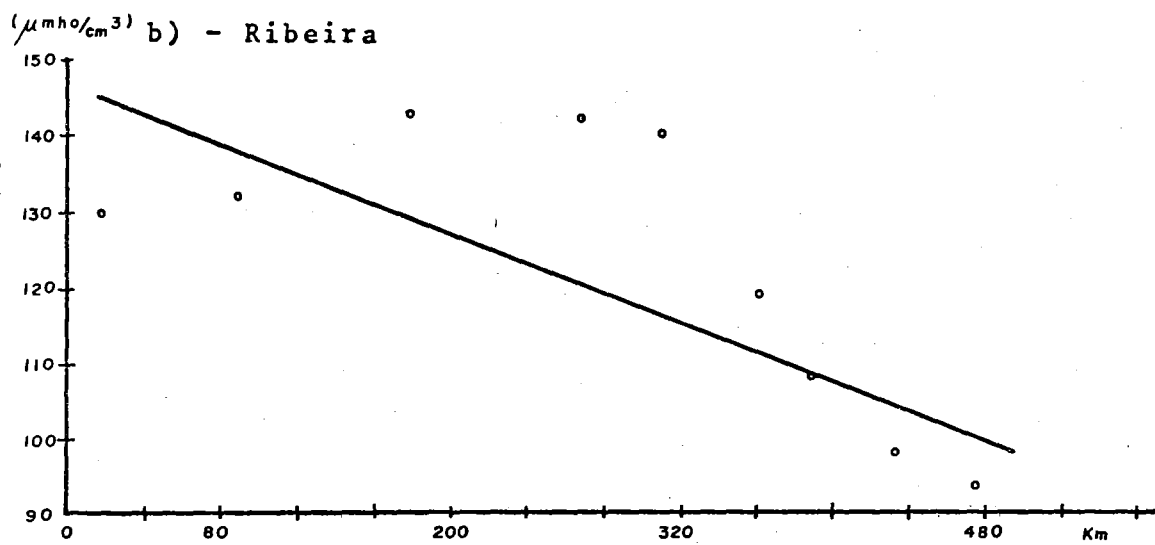
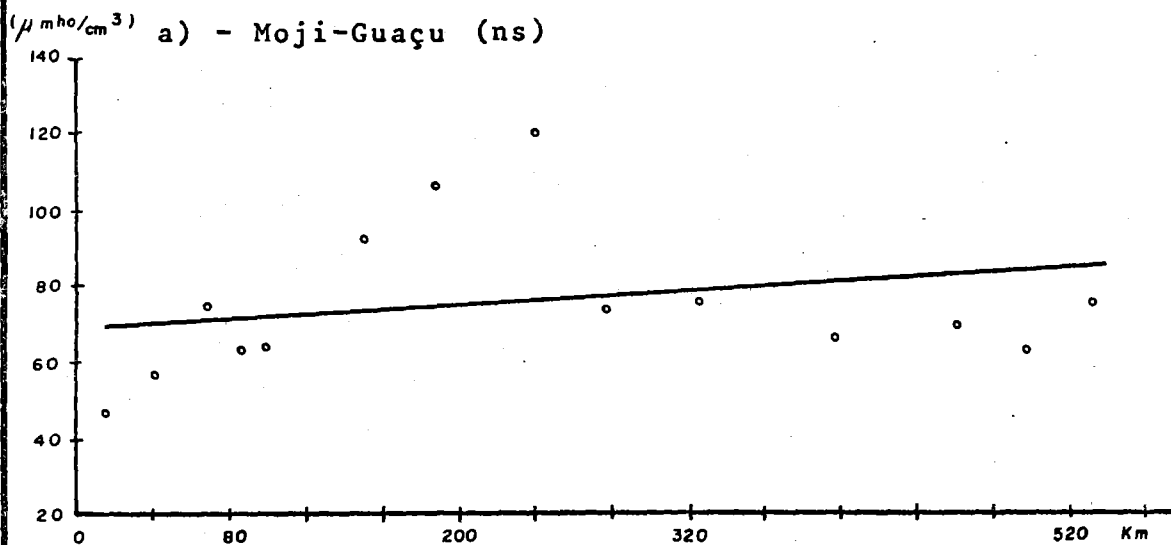


Fig. 5.4 - Tendência de variação - Condutividade elétrica
ns - não significante

Guaçu, a condutividade elétrica aumenta com o aumento em cálcio. Esse controle exercido pelo íon Ca^{++} parece ser devido ao fato de ele ocorrer em proporção muito maior que os demais íons presentes.

A média de condutividade elétrica, no Moji-Guaçu é de $74,6 \mu\text{mho}/\text{cm}^3$; no Ribeira é de $123,2 \mu\text{mho}/\text{cm}^3$ e no Peixe, é de $281,6 \mu\text{mho}/\text{cm}^3$.

SÓLIDOS TOTAIS - Fig. 5.5

Nos três rios, notamos que a correlação entre sólidos totais e a distância ao longo do curso não apresenta valores significativos. Os maiores valores encontrados correspondem ao rio do Peixe.

Mesmo não sendo significativa, há uma ligeira tendência de diminuição nos rios Ribeira e Peixe, que parece estar inversamente relacionada à variação da concentração de cálcio.

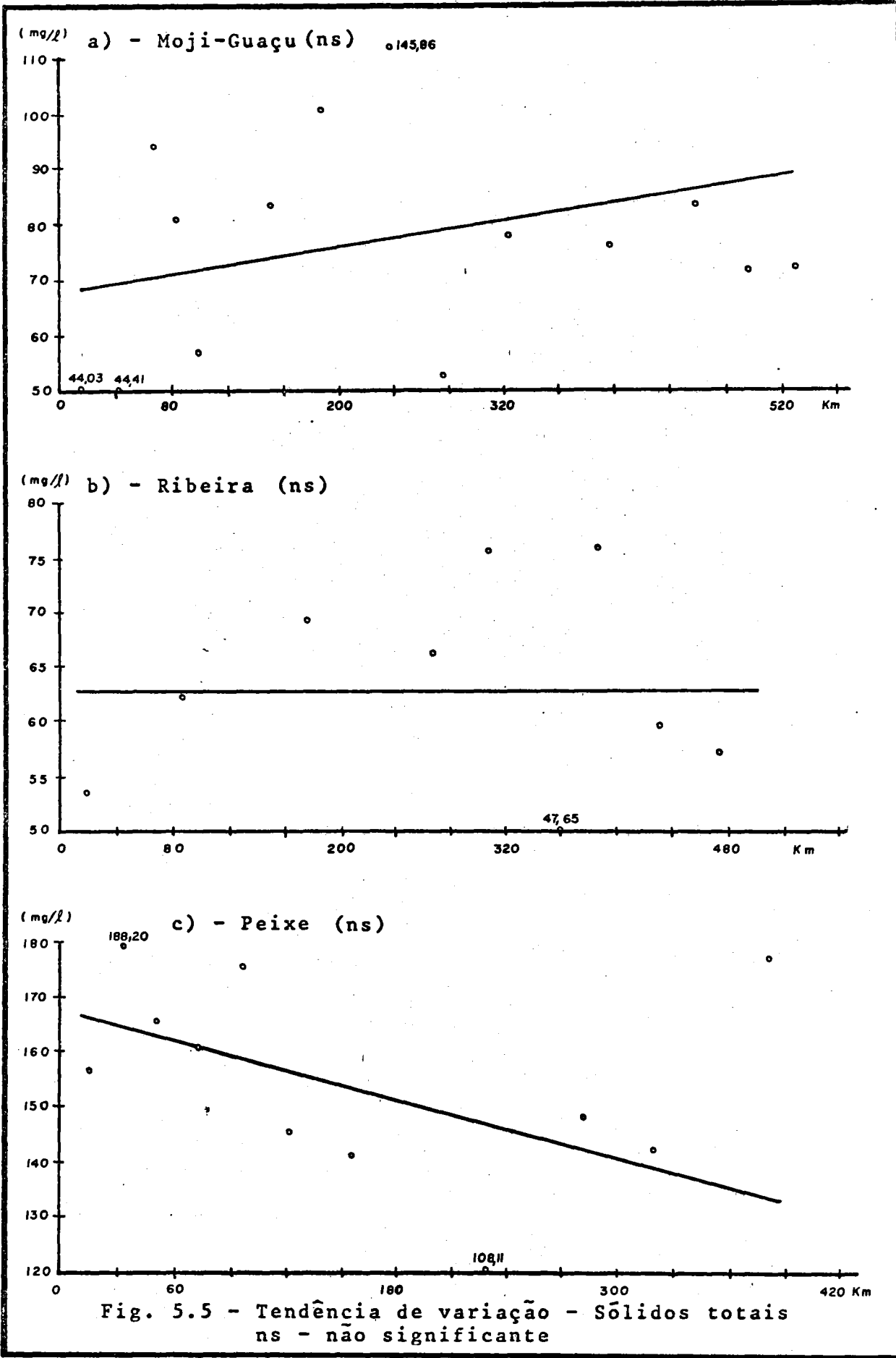
Os maiores valores de sólidos totais foram observados no rio do Peixe e os menores, no Ribeira. A média, no rio Moji-Guaçu é de $77,07 \text{ mg}/\text{l}$, no Ribeira é de $63,08 \text{ mg}$ e no Peixe é de $153,51 \text{ mg}/\text{l}$.

pH - Fig. 5.6

Não foi observada variação significativamente correlacionável entre pH e a distância ao longo do curso, nos três rios; todavia, nos rios Ribeira e Peixe há uma ligeira tendência de diminuição.

Todos os valores obtidos são iguais ou maiores que 7,0; assim, as águas dos rios estudados não têm características ácidas.

O valor de $\text{pH} = 9,0$, na amostra R3, do Ribeira, deve-se a uma influência geológica, pois nessa região há uma



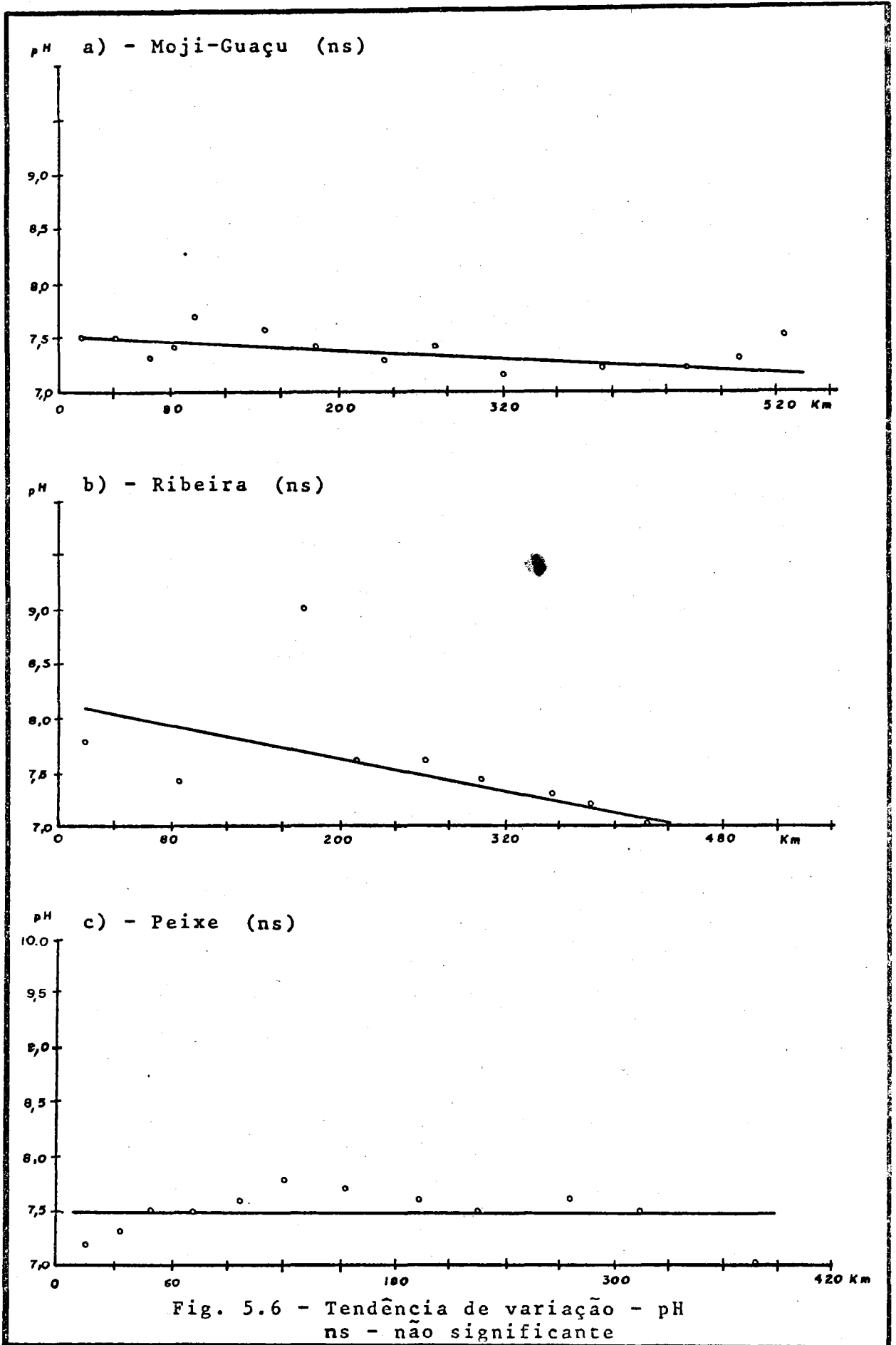


Fig. 5.6 - Tendência de variação - pH
ns - não significante

predominância de rochas calcáreas.

O valor mínimo no rio do Peixe foi pH = 7,0, na amostra P12, localiza-se próximo a fôz, onde o rio corta extensa planície aluvial. Nessa área, tivemos oportunidade de observar que o lençol freático aflora em vários pontos propiciando o desenvolvimento de uma intensa atividade orgânica, provavelmente responsável pelos valores mais baixos de pH.

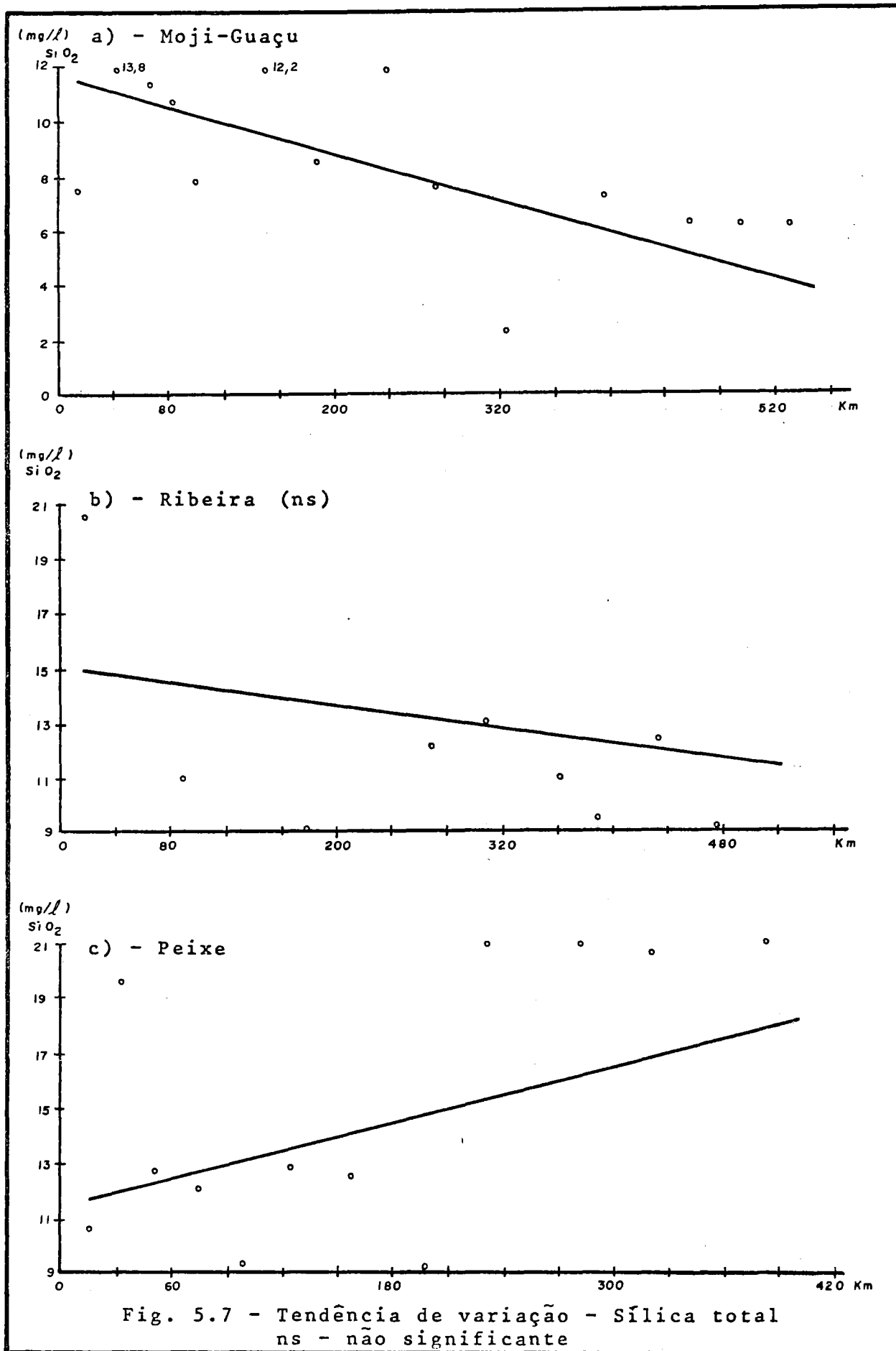
Os valores médios de pH, nos três rios, variam em torno de 7,5.

SÍLICA TOTAL - Fig. 5.7

A correlação entre variação do teor de sílica total e a distância, é significativa apenas nos rios Moji-Guaçu e no rio do Peixe. No primeiro, os teores diminuem, de montante à jusante e, no segundo aumentam.

Davis (1964, pp. 877), observou que o teor de sílica em solução nas águas de rios é menor que nas águas subterrâneas, tanto em climas temperados como tropicais. Esse autor cita valores médios de 17,0 mg/l de sílica em águas subterrâneas e de 14,0 mg/l em águas de rios. Paraguassu (1968), encontrou a média de 25,0 mg/l em água subterrânea. Para águas de rios, Povinelli e Paraguassu (1966) encontraram a média de 19,0 mg/l e, Gandolfi (1968, pp. 96-99) determinou a média de 16 mg/l.

Os valores médios de sílica total encontrados nos três rios estudados são: no Moji-Guaçu, de 8,5 mg/l; no Ribeira, de 11,5 mg/l e no Peixe, de 15,4 mg/l. São valores compatíveis com as observações citadas acima. Quanto ao rio do Peixe, o aumento na região baixa, com valores acima de 20,0 mg/l, reforça a hipótese de contribuição de águas subterrâneas; recordamos que esse rio não apresenta afluentes de importância.



FERRO TOTAL - Fig. 5.8

O ferro em solução é estritamente controlado pelo pH, pois êste diminuindo a concentração de ferro aumenta e vice-versa. Além do pH, também a argila pode atuar no controle do teor de ferro.

A variação dos teores de ferro total não apresenta correlação significativa nos rios Moji-Guaçu e Peixe.

No rio Ribeira, onde a correlação é significativa, observamos um aumento no teor em ferro, de montante à jusante, perfeitamente de acordo com o observado na variação de pH.

Os valores médios de teor encontrados são os seguintes: no Moji-Guaçu, de 0,58 mg/l; no Ribeira, de 0,36 mg/l e no Peixe de 1,75 mg/l.

SÓDIO - Fig. 5.9

Observamos uma correlação significativa para a variação de sódio, de montante à jusante, apenas no rio Ribeira. Provavelmente, êsse aumento deve ser resultante da contribuição de rochas básicas que ocorrem na região. Medida de teor feita no rio Jacupiranga, próximo a confluência com o Ribeira, da ordem de 5,94 mg/l, indica ser êste afluente um forte contribuinte em sódio; o seu teor é praticamente o dôbro da média dos valores encontrados no Ribeira, acima da confluência.

A média no Moji-Guaçu é de 4,79 mg/l; no Ribeira é de 2,90 mg/l e no Peixe é de 4,79 mg/l. Nêste último rio foram encontrados os maiores valores. No rio Moji-Guaçu, o valor da amostra M8, igual a 8,44 mg/l, somente é explicável por razões de poluição; aliás, outras propriedades apresentam também valores discrepantes para essa amostra.

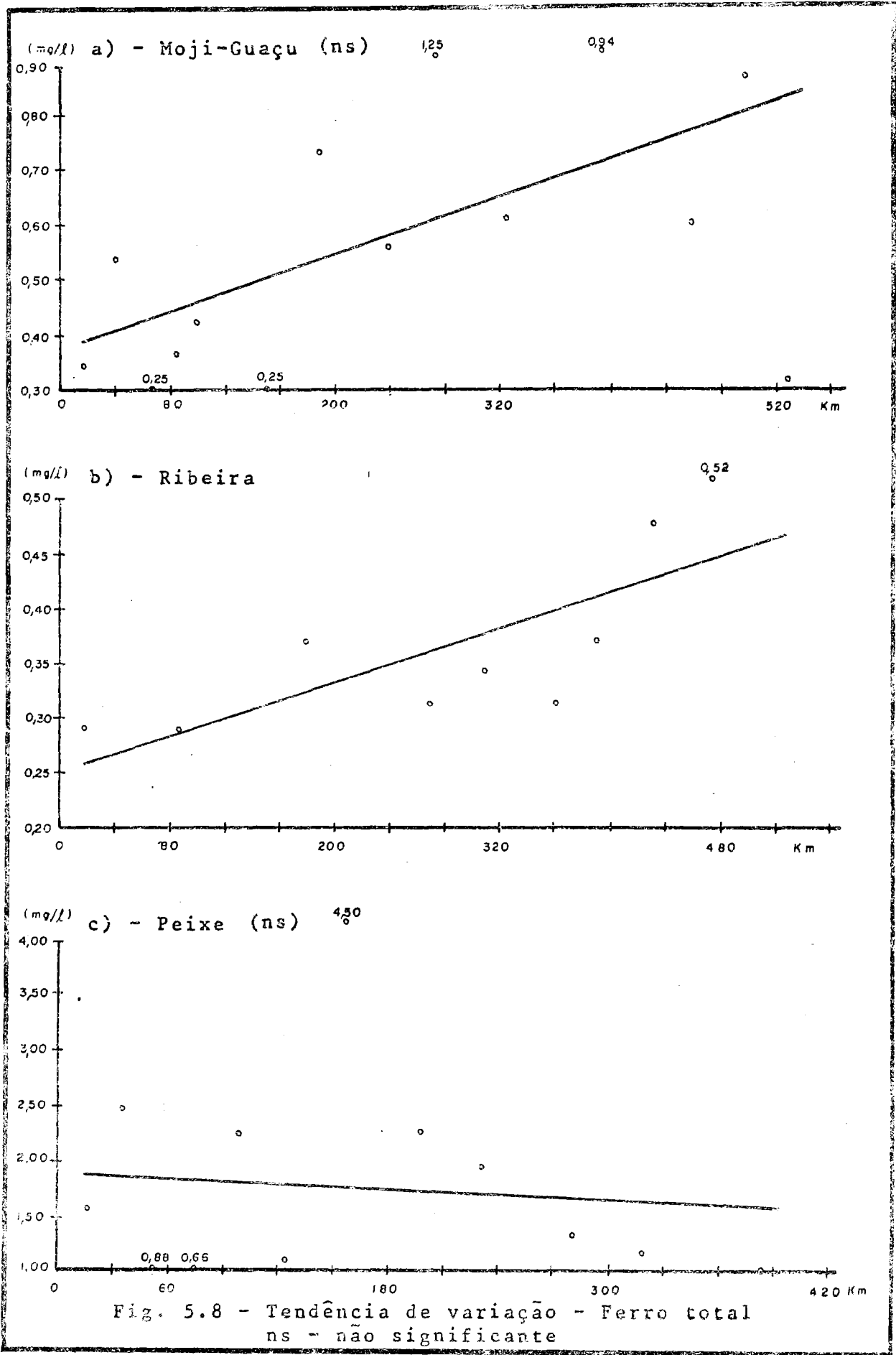
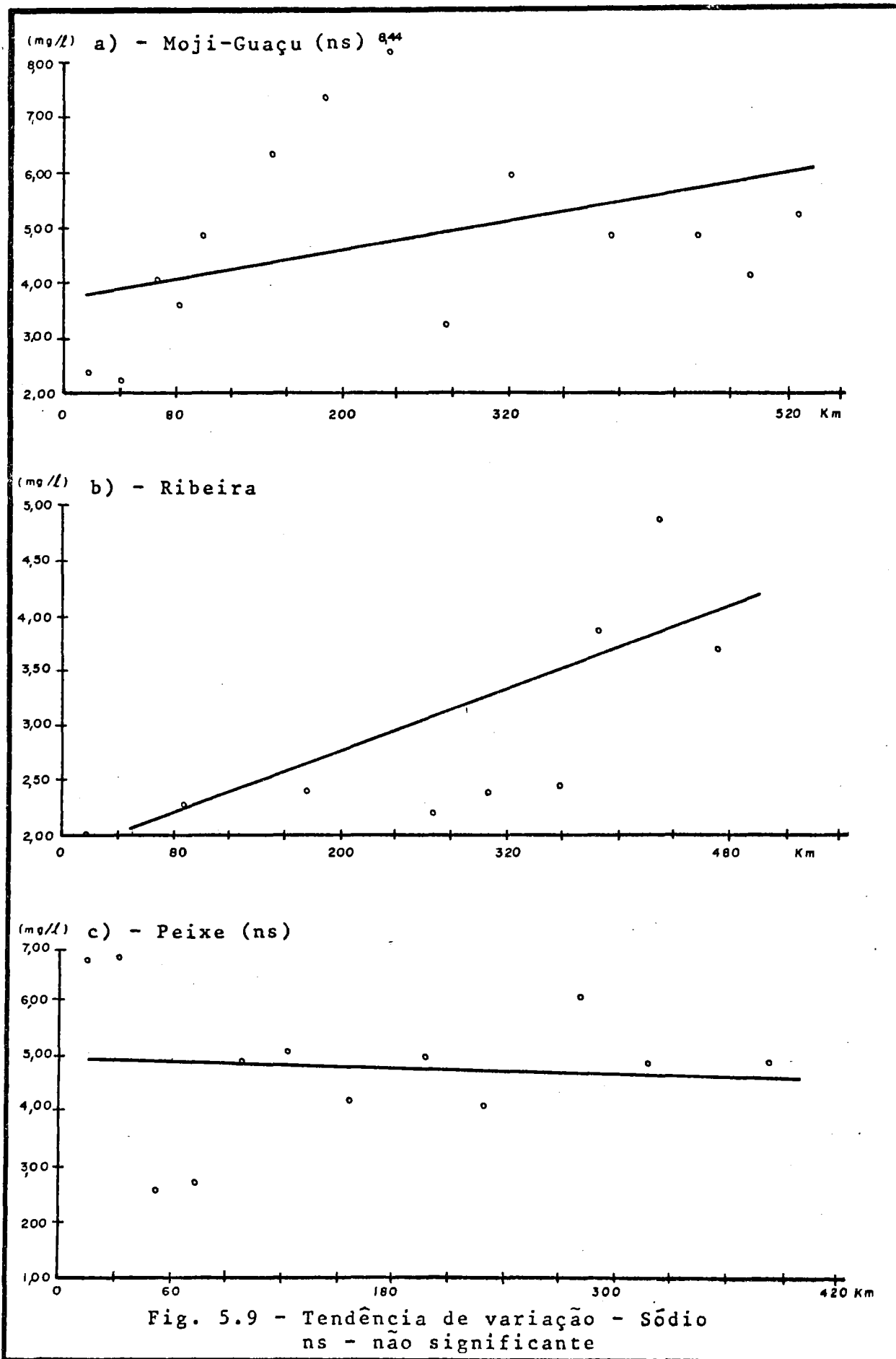


Fig. 5.8 - Tendência de variação - Ferro total
 ns - não significante



POTÁSSIO - 5.10

Há uma tendência geral de aumento do teor em potássio com a distância, sendo todavia significativa apenas no rio do Peixe.

Os teores médios são: no Moji-Guaçu, de 2,55 mg/l; no Ribeira, de 1,51 mg/l e no Peixe, de 3,71 mg/l.

A amostra M8, já discutida anteriormente, apresenta o maior teor em potássio, reforçando também a hipótese de poluição. Como há havíamos observado no estudo do vale do Moji-Guaçu (Gandolfi, 1971), o comportamento do sódio e do potássio em rios que drenam áreas habitadas é dificultado - por fatores de poluição, sempre existentes. Dessa forma, como era de se esperar, o rio Ribeira apresenta os menores teores.

CÁLCIO - Fig. 5.11

O teor em cálcio varia de forma significativa com a distância nos três rios analisados, sendo que diminui nos rios Ribeira e Peixe e, aumenta no Moji-Guaçu.

De uma maneira geral, aos valores mais elevados em cálcio correspondem valores mais altos de dureza. Assim, a amostra P5, do rio do Peixe, tem teores de cálcio de 80,15 mg/l e de dureza de 170,45 mg/l, sendo ambos os maiores valores encontrados.

No rio Ribeira, os maiores teores encontrados correspondem à contribuição de rochas calcáreas da região.

O teor médio no Moji-Guaçu é de 9,71 mg/l de CaCO_3 ; no Ribeira é de 25,15 mg/l e no Peixe, é de 61,93 mg/l.

DUREZA - Fig. 5.12

Há uma correlação significativa na variação da dureza com a distância apenas nos rios Ribeira e Peixe, onde

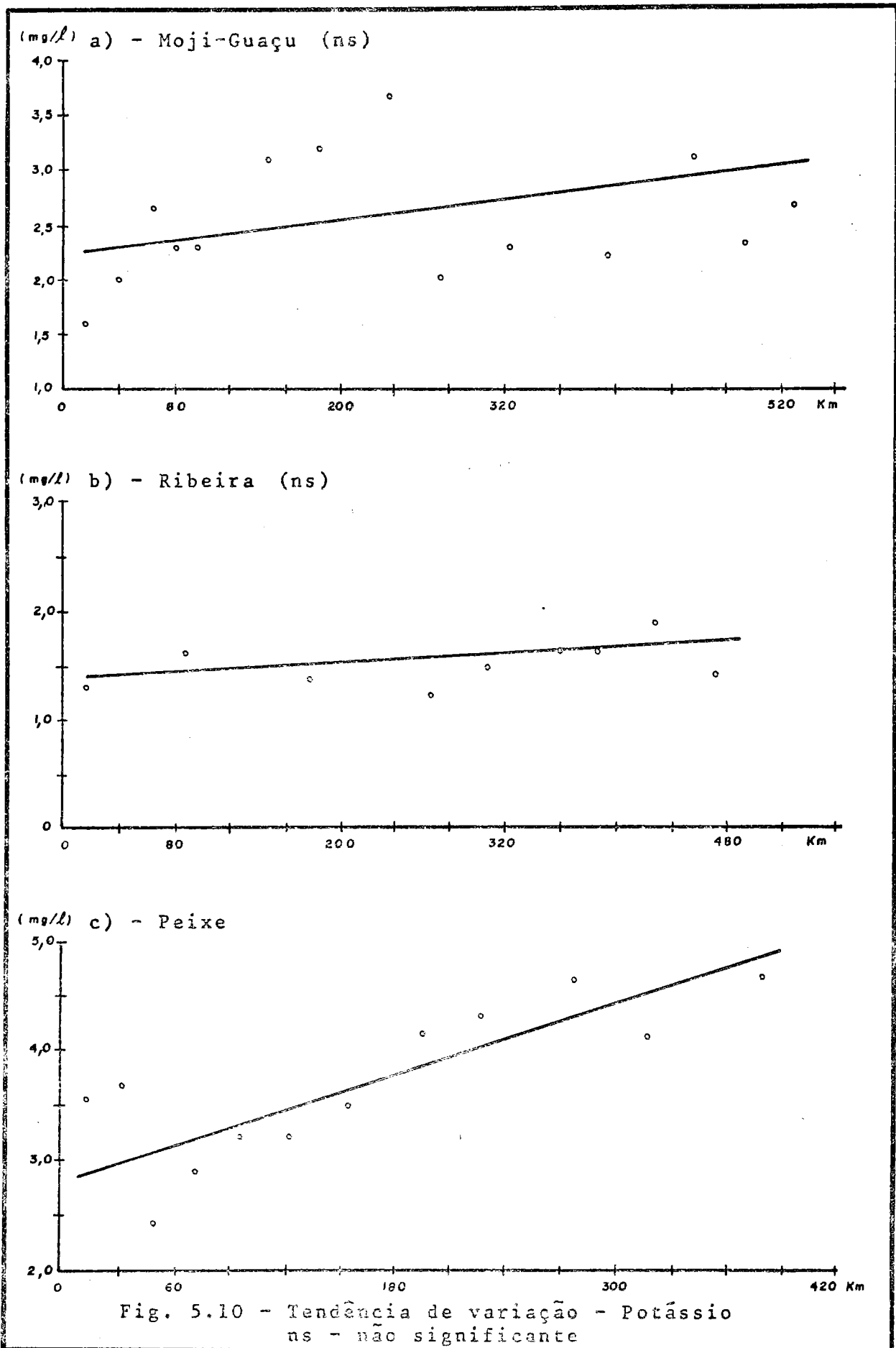


Fig. 5.10 - Tendência de variação - Potássio
ns - não significante



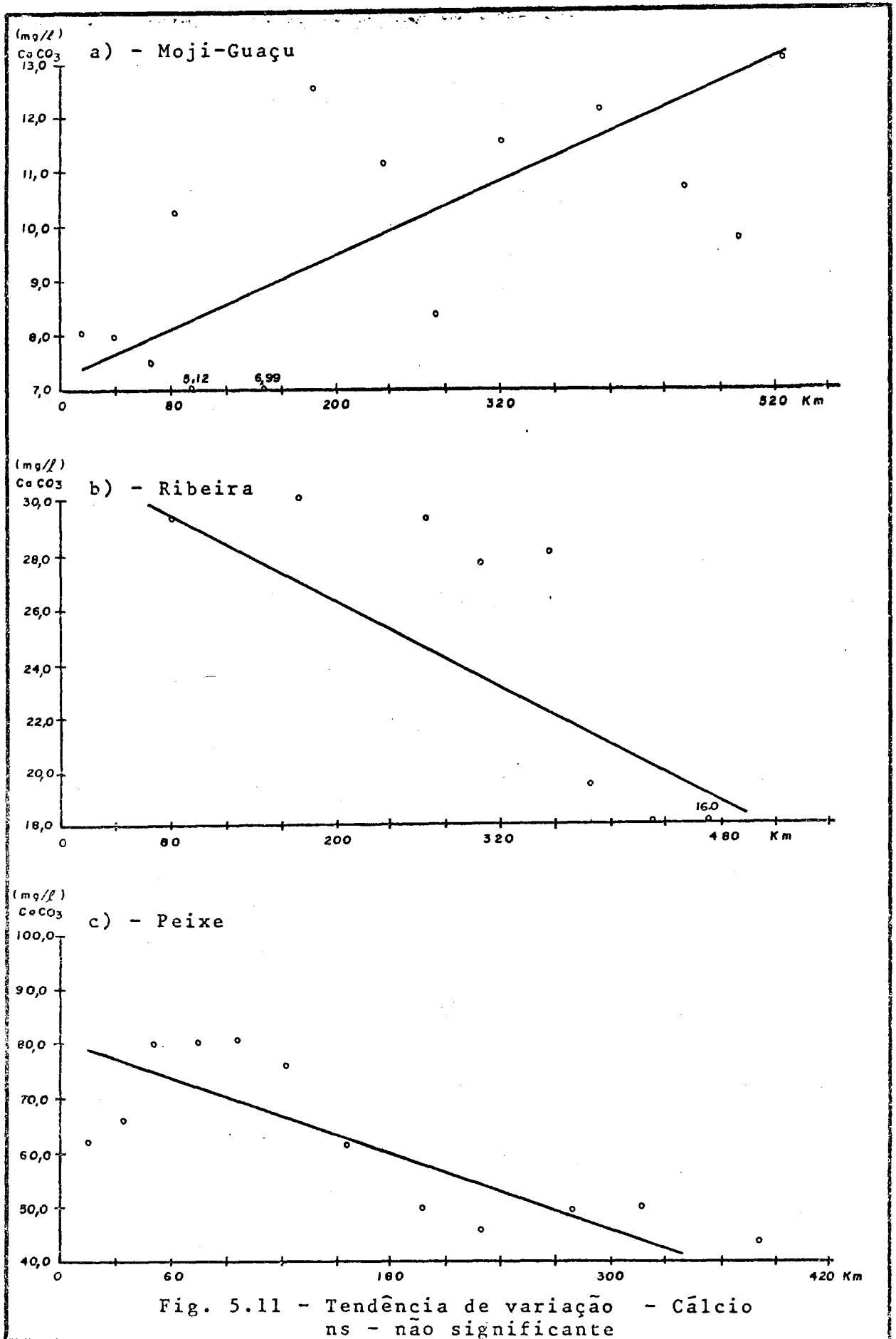
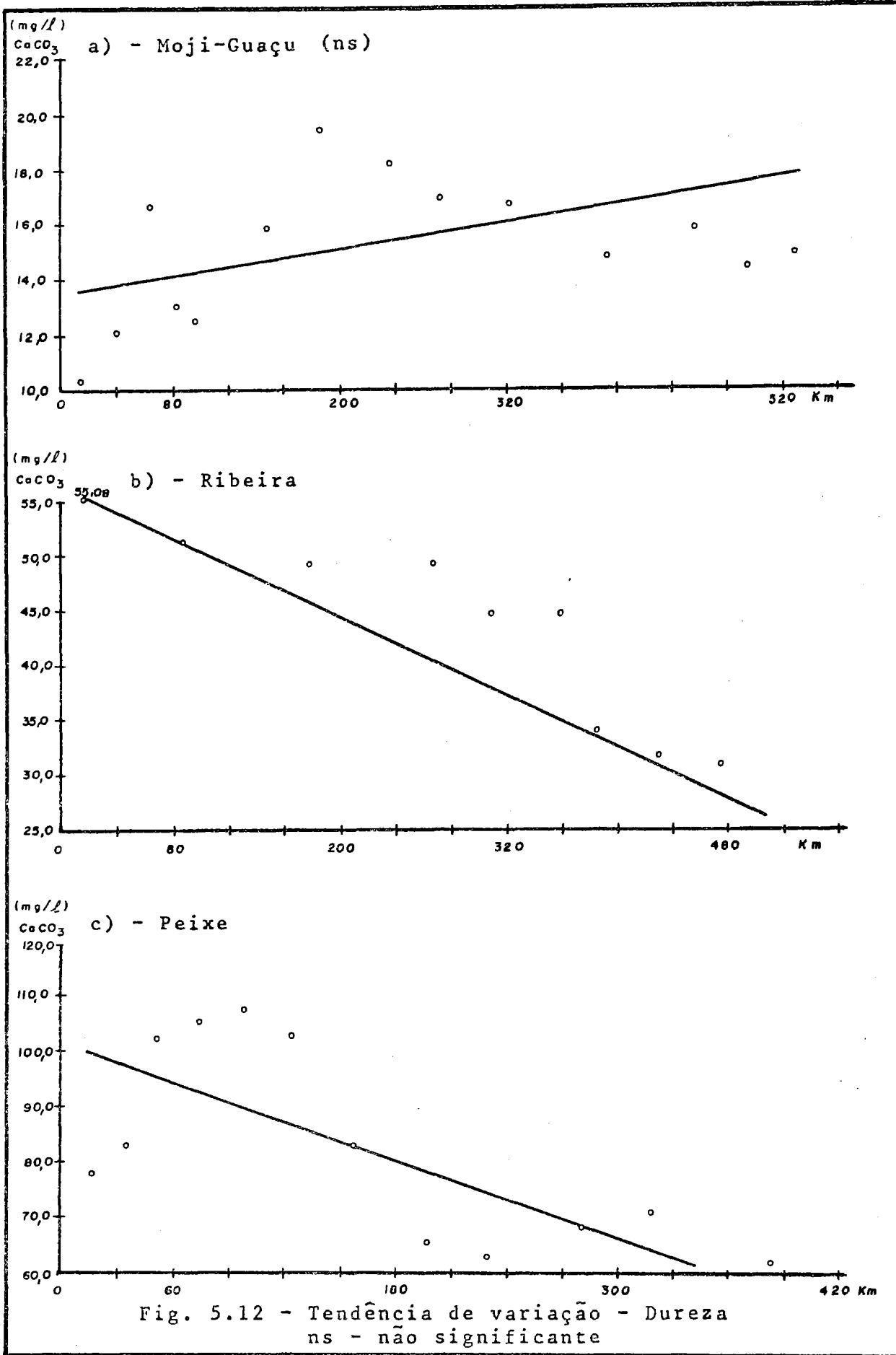


Fig. 5.11 - Tendência de variação - Cálcio
ns - não significativa



os teores tendem a diminuir, de montante à jusante. No Moji-Guaçu, embora não significante, há uma ligeira tendência a aumentar.

Notamos que o controle do comportamento da dureza se dá pela variação da concentração do íon Ca^{++} em solução, nos três rios estudados. A tendência de aumento observada no Moji-Guaçu deve estar associada não só ao ligeiro aumento observado no cálcio, como também à contribuição em magnésio por parte dos magmatitos básicos, que ocorrem em grande área na parte média da bacia desse rio (Gandolfi, 1971).

Os valores médios de dureza, em mg de CaCO_3 /l, são: no Moji-Guaçu, de 15,11; no Ribeira, de 42,89 e no Peixe, de 82,51.

5.6 - CONCLUSÕES

1. Os três rios estudados apresentam comportamentos diferentes quanto às propriedades físico-químicas analisadas.

2. De acordo com os valores de teor obtidos, o rio do Peixe é o que mais se diferencia dentre os rios estudados; o rio Moji-Guaçu é o menos diferenciado.

3. Com relação as tendências de variação das propriedades físico-químicas, de montante à jusante, o rio Ribeira é o que mais se diferencia.

4. No rio Ribeira, as tendências mais significantes de variação parecem estar associadas às características geomorfológicas da área por ele drenada. Trata-se, na sua maior parte, de região topograficamente acidentada e com epeirogênese positiva, que está sendo esculpida por rios em franco processo erosivo.

5. As propriedades que variam significativamente nos rios, de montante à jusante, são:

- turbidez, sílica total e cálcio, no Moji-Guaçu;
- condutividade elétrica, ferro total, sódio, cálcio e dureza, no Ribeira;
- sedimentação, turbidez, condutividade elétrica, sílica total, potássio, cálcio e dureza, no Peixe.

6. Os valores obtidos para o rio do Peixe parecem ser os que melhor se associam as características geológicas da área drenada, que é praticamente constituída de sedimentos do Grupo Bauru e de manchas restritas de magmatitos básicos.

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As bacias dos rios Moji-Guaçu, Ribeira e Peixe caracterizam-se, geomorfologicamente, como áreas em estágio recente do ciclo erosivo. Todavia, apresentam porções em que tal caracterização não se aplica. Assim, na bacia do Moji-Guaçu ocorrem algumas pequenas planícies aluviais elevadas e outras maiores em zonas de meandros na região média. Na bacia do Peixe, a região próxima a confluência com o rio Paraná acha-se quase totalmente coberta por sedimentos aluviais. Na bacia do Ribeira, grande parte da região baixa corresponde a uma extensa planície litorânea.

Nas três bacias predominam, num aspecto geral, padrões dendríticos de drenagem; todavia, há evidências localizadas de controle estrutural, principalmente, nos pequenos cursos d'água.

Tanto as análises sedimentológicas como as físico-químicas nos permitiram observar as influências da geologia nas áreas cortadas pelos rios em questão. As relações mais evidentes foram encontradas na bacia do rio do Peixe, onde predomina uma litologia aproximadamente uniforme, represen-

tada pelos sedimentitos do Grupo Bauru e pequenos afloramentos de magmatitos básicos.

Considerando-se as tendências de variação das águas e dos sedimentos nos três rios, de montante à jusante, observamos que o Ribeira é aquele que mais se diferencia. Acreditamos que isso seja decorrente das características geológicas e geomorfológicas da área por êle drenada.

7 - BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F.F.M. de, 1954, Fundamentos Geológicos do Relêvo Paulista. Bol. I.G.G., vol. 41, págs. 167-263.
- AWASTHI, A.K., 1970, Skewness as an Environmental Indicator in the Solani River System, Roorkee (India), Sediment. Geol., v. 4, n. 2, págs. 177-183.
- BJORNBERG, A.J.S., 1965, Sedimentos pós-cretácicos do leste do Estado de São Paulo, Tese para Concurso de Livre Docência, na Escola de Engenharia de São Carlos-USP, 133págs.
- BJORNBERG, A.J.S. e LANDIM, P.M.B., 1966, Contribuição ao estudo da Formação Rio Claro (Neocenoico), Bol.Soc. Bras.Geol., v. 15, nº 4, págs. 43-67.
- CANAMBRA ENGINEERING CONSULTANTS, 1966, Estudos Energéticos da Região Centro Sul do Brasil - Parte B, Grupo S. Paulo.
- DAVIS, S.N., 1964, Silica in streams and ground water, Am. Jour. Sci., v. 262, págs. 870-891.
- FOLK, R.L. and WARD, W.C., 1957, Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters, Jour. Sed.Petr., v. 27, nº 1, págs. 3-26.

- FRANÇA, G.V., 1968, Interpretação fotográfica de bacias e de rêdes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba, Tese de Doutorado, ESALQ, USP, 151 págs.
- FREITAS, R.O., 1952, Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica, Bol.Paul.Geogr., nº 11, págs. 53-57.
- GANDOLFI, N., 1968, Bacia do Mogi-Guaçu: morfometria da drenagem, sedimentologia e investigações físico-químicas, Tese de Doutorado, EESC.USP, 123 págs. e figuras.
- GANDOLFI, N., 1971, Estudo de algumas características físico-químicas do rio Mogi-Guaçu-SP, Min.Met., v. 53, nº 318, págs. 233-240.
- GANDOLFI, N., 1971, Análise morfométrica de drenagem na bacia do Mogi-Guaçu, Not.Geom., v. 11, nº 21, págs. 23-40.
- GANDOLFI, N., PARAGUASSU, A.B. e LANDIM, P.M.B., 1970, Relações entre dados morfométricos de drenagens, Bol. Esp. nº 1, Soc.Bras.Geol., Brasília, pág. 62.
- GRIFFITHS, J.C., 1967, Scientific method in analysis of sediments, McGraw-Hill Book Company, New York.
- HORTON, R.E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins - hydro-physical approach to quantitative morphology, Geol.Soc.Am.Bull., v. 56, págs. 275-370.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1963, Carta Geológica do Estado de São Paulo, Escala - 1:1000000 - Folhas topográficas nas Escalas 1:250000 e 1:100000.

- KOEPPEN, W., 1948, Climatologia, Trad, para espanhol, Fondo de Cultura Economica, México.
- KRUMBEIN, W.C., 1936, Application of logarithmic moments to size frequency distribution of sediments, Jour.Sed. Petr., v. 6, págs. 35-47.
- KRUMBEIN, W.C., 1941, Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles, Jour.Sed.Petr., v. 11, págs. 64-72.
- MELCHER, G.C., 1954, Nota sobre o distrito alcalino de Jacupiranga, Estado de São Paulo, D.G.M., Notas preliminares e estudos nº 84.
- MELFI, A.J., BITTENCOURT, I. e CORDANI, U.G., 1965, Reconhecimento fotogeológico de parte do Grupo Açungui, Bragantia, v. 24, págs. 447-474.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, Divisão de Águas, Boletins Fluviométricos.
- PARAGUASSU, A.B., 1968, Contribuição ao estudo da Formação Botucatu: sedimentitos aquosos, estruturas sedimentares e silicificação, Tese de Doutorado, EESC, USP, 131 págs.
- PARAGUASSU, A.B., LANDIM, P.M.B. e GANDOLFI, N., 1970, Computação de parâmetros para a determinação gráfica de ambientes de sedimentação, Bol.Esp. nº 1, Soc. Bras. Geol., Brasília, págs. 386-387.
- PETTIJOHN, F.J., 1949, Sedimentary rocks, Harper and Brothers Publishers, New York.
- POVINELLI, J. e PARAGUASSU, A.B., 1966, Geoquímica das águas dos rios: Quilombo, Chibarro, Araras e Negro - SP., Ciência e Cultura, vol. 18, nº 2, pág. 210.

- SAHU, B.K., 1964, Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments, Jour.Sed.Petr.,v.34, nº 1, págs. 73-83.
- SCHUMM, S.A., 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, Bull. Geol.Soc.Am., v. 67, nº 5, págs. 597-646.
- SERVIÇO DO VALE DO RIBEIRA, 1966, Complexo Valo Grande, Mar Pequeno, Rio Ribeira de Iguape, 2 vols. - Publicado por Geobrás S.A.
- SILVEIRA, J.D., 1950, Baixadas litorâneas quentes e úmidas, Bol. nº 152, Geogr. 8, FFCL, USP, 224 págs.
- SMITH, K.G., 1950, Standards for grading texture of erosional topography, Am.Jour.Sci., v. 248, págs.655-668.
- STRAHLER, A.N., 1952, Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, Geol.Soc.Am.Bull., v. 63, págs. 1117-1142.
- TRASK, P.D., 1930, Mechanical analysis of sediments by centrifuge, Econ. Geol., v. 25, págs. 581-599.
- TRASK, P.D., 1932, Origin and environment of source sediments of petroleum, Houston, Texas, 323 págs.