

**BOLETIM**  
**DA**  
***Sociedade Brasileira***  
***de***  
***Geologia***

VOLUME  
14



NÚMEROS  
1 e 2

SETEMBRO DE 1965

SÃO PAULO — BRASIL



**BOLETIM  
DA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA**

---

VOLUME 14 — SETEMBRO DE 1965 — NÚMEROS 1 e 2

---

Í N D I C E

Aspectos da sedimentação e estruturas sedimentares dos depósitos da repêsa Billings, São Paulo Por <i>Setembrino Petri e Vicente J. Fúlvaro</i> . . . .	5
Conodontes do calcário Itaituba do Carbonífero do Rio Tapajós, Estado do Pará Por <i>Vicente José Fúlvaro</i> . . . . .	29
Condrito caído no Município de Mafra, SC. Por <i>Adolpho José Melfi</i> . . . . .	41
Deformações por compactação em sedimentos da formação Irati Por <i>Paulo Milton Barbosa Landim</i> . . . . .	53
Origem das concreções ferruginosas do Membro Picos (Formação Pimenteiras, Piauí) Por <i>J. M. Mabesoone</i> . . . . .	61
Nova ocorrência de rocha moutonnée em Salto, SP. Por <i>Sérgio Estanislau do Amaral</i> . . . . .	71
Nova técnica de separação de minerais pesados Por <i>Sérgio Estanislau do Amaral</i> . . . . .	83

COMPOSTO E IMPRESSO NA SECÇÃO GRÁFICA DA  
FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS  
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

1965



# **ASPECTOS DA SEDIMENTAÇÃO E ESTRUTURAS SEDIMENTARES DOS DEPÓSITOS DA REPRÊSA BILLINGS, SÃO PAULO**

Por

**SETEMBRINO PETRI e VICENTE JOSÉ FÚLFARO**

Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade  
de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P.

## **ABSTRACT**

Several aspects of sedimentation and sedimentary structures occurring on the Billings dam, situated near the city of São Paulo, Brazil, are described.

The dam was built up in 1934. A great drought exposed the sediments in the end of the year 1963 and beginning of 1964, the time we realized the study of its deposits.

The average thickness of the unconsolidated and water rich sediments is 30 cm so the rate of sedimentation is 1 cm per year. This is a high rate for the fine grained sediments that cover most of the bottom. On the talweg of some streams that existed in the area before the dam, the thickness of sediments exceeds 2 m.

Clay predominates in spite of the small width (see fig. 1) and depth (around 12 m) of the dam. The reasons are mainly the geological conditions of the area: most of the rocks around are precambrian micaschists poor in quartz and a highly weathered terrain, originally covered by rain forests with very scarce outcrops.

A great part of the sediments are characterized by fine rhythmic lamination, dark and light, the dark ones richer in organic matter. Both dark and light laminae are clay, the dark ones with about 1% of silt and the light ones with about 25%. Most of the silty materials are mica, quartz being very scarce. Colored biotites are rare.

The cause of lamination is probably alternations of periods of stagnation and circulation of the water of the dam. A great number of laminae was deposited during one single year so it is hazardous to infer annual rhythmic lamination in sediments of ancient lakes.

Most of the laminae are disturbed by accommodations and in slopes there are slump structures and convolute beds.

Mudcracks and other structures are described. Mudcracks are varied in shapes depending on several factors.

## INTRODUÇÃO

A repêsa Billings faz parte do sistema de represas construído pela antiga "Light and Power" hoje "São Paulo Light", para fornecimento de energia à região paulistana. Foi construída pelo represamento do Rio Grande e de seu afluente Rio pequeno, (realmente ri-beirões) rios êstes que nascendo nas fraldas da Serra do Mar, corriam para Noroeste, desaguando no Rio Pinheiros, o qual, por sua vez é afluente do Rio Tietê. O represamento dêsses rios é a construção da repêsa datam de 1934.

Nos anos de 1963 e 1964, uma das sêcas mais intensas assolou a região, trazendo como resultado redução de mais de 95% da área inundada. Reconstruiu-se, então, o antigo sistema fluvial, ressurgindo os Rios Grande e Pequeno.

Aproveitando-se da sêca, que pôs a descoberto o fundo da repêsa, estivemos no local para observarmos os sedimentos que recobriam o fundo. Visitamos a área da repêsa cortada pela Via Anchieta correspondente ao Rio Grande (localidade 1), a área de Eldorado (Estaleiro Bandeirantes) situada a jusante (localidade 2), e ainda mais abaixo, próximo a estação de bombeamento em Pedreira (localidade 3. V. mapa anexo).

Como pode-se ver no mapa anexo, a repêsa é estreita e alongada; não fôra o grau de intemperização das rochas pré-Cambrianas que circundam e formam o embasamento da repêsa e teríamos certamente, a formação de sedimentos rudáceos na área da repêsa. Sòmente próximo à estação de bombeamento notamos um afloramento constituído de granito. A região é constituída predominantemente de xistos muito decompostos e foi coberta inicialmente por mata.

Kleerekoper (1939, págs. 77, 78) chamou a atenção para a pobreza de ions de Ca e de CO<sub>2</sub> existentes nas águas da Guarapiranga. Presumivelmente o mesmo também ocorre na Billings. O clima com alta pluviosidade e o desmatamento, trazendo como resultado a inten-

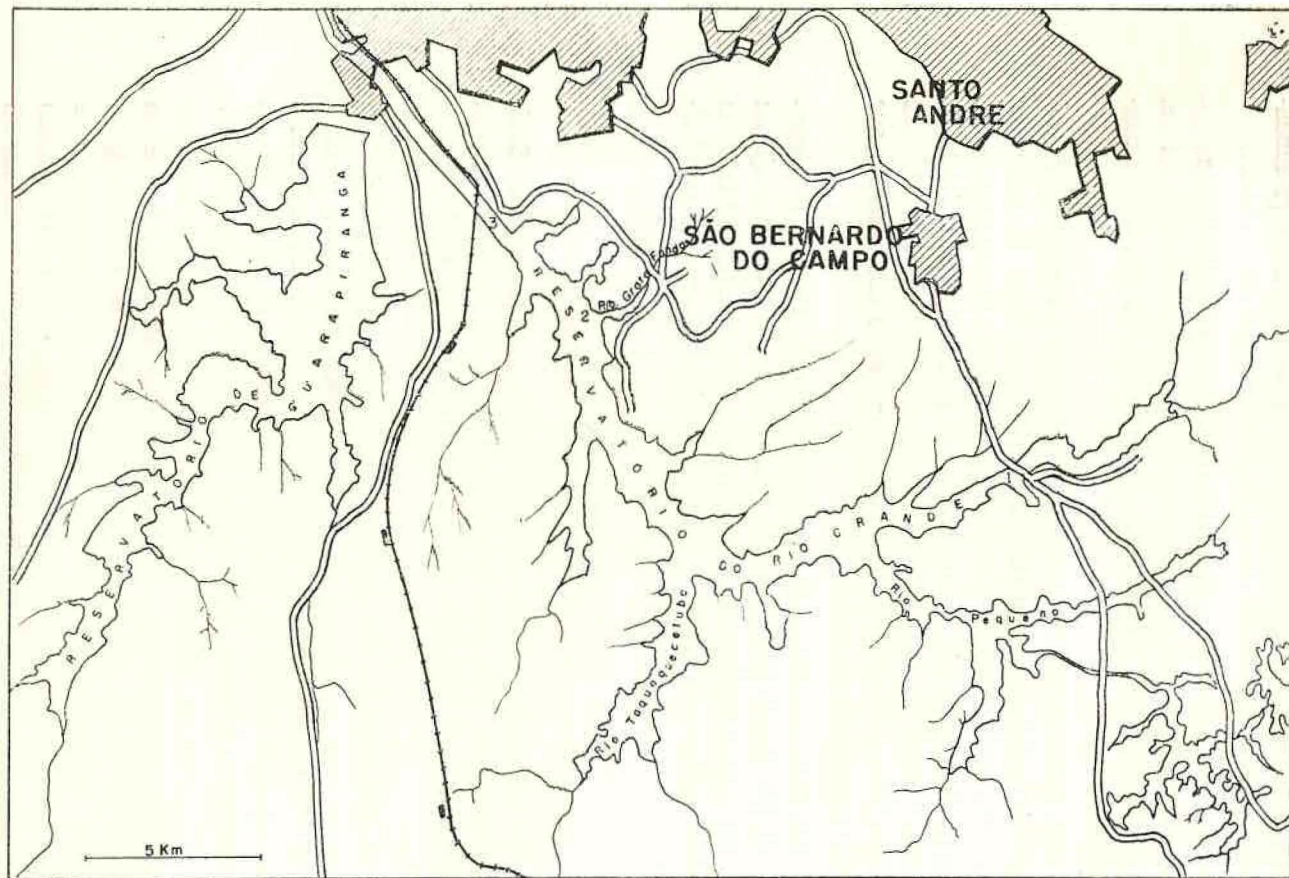


Fig. 1 — Posição geográfica das represas Guarapiranga e Billings (reservatório Rio Grande) em relação a São Paulo, cujos subúrbios aparecem na margem norte do mapa.



sa lixiviação do solo residual das rochas pré-Cambrianas profundamente decompostas, devem ser os responsáveis por essa pobreza.

Antes da inundação a mata foi cortada; nos períodos de seca podem ser observados os tocos conservados em posição de vida, isto é, verticais, com as raízes prendendo-os firmemente no solo e bem conservados.

Em tôdas as áreas estudadas notamos que a topografia da represa cai, inicialmente com declive relativamente forte, da ordem de 10 a 11° e diminuindo gradativamente até atingir o fundo plano, com algumas depressões mais pronunciadas. A profundidade do fundo da represa, a partir do nível máximo da água, é da ordem de 11 a 12 metros. Não estão considerados aqui os talwegues dos ribeirões que correm pelo fundo da represa.

Em tôdas as visitas que fizemos à represa, tivemos a companhia do Dr. Sérgio Estanislau do Amaral, o qual muito nos ajudou com seu arguto espírito de observação. A êste pesquisador também devemos críticas e sugestões. Aqui lhe consignamos nossos agradecimentos.

## SEDIMENTOS

Os sedimentos argilosos são os predominantes na represa. Sedimentos arenosos finos ocorrem ocasionalmente na borda da represa e margeando os talwegues dos antigos ribeirões do fundo da represa.

A desagregação das argilas para o estudo granulométrico foi dificultada após a secagem do material, devido, em grande parte, à riqueza de matéria orgânica de diversas naturezas. Os sedimentos secos adquirem coesão de tal ordem que permite confecção de secções polidas e delgadas; mergulhados em água, não se desmancham.

As bordas da represa, geralmente são desprovidas de sedimentos, devido, possivelmente, ao pequeno período de tempo que estão cobertas pela água. Devido às grandes oscilações do nível de água, qualquer sedimento que eventualmente possa ser depositado, será erodido com as primeiras chuvas após épocas de estiagem, quando êsses tratos da represa ficam descobertos. Os primeiros sedimentos

começam a aparecer a cêrca de 9 m abaixo do nível máximo das águas.

A espessura dos sedimentos é pequena próximo às bordas, crescendo para o fundo. Atinge, em alguns pontos, a espessura máxima de 60 cm mas em geral, é da ordem de 30 cm. Como a reprêsa foi construída em 1934, temos cêrca de 30 cm de sedimentos depositados em 30 anos, o que dá uma média de 1 cm de sedimentos por ano. Esse valor é muito elevado para sedimentos pelíticos.

Bradley (1929, pág. 107) calculou a velocidade de sedimentação da Formação Green River, Eoceno de Colorado e Wyoming, como sendo a seguinte: cêrca de 1,2 mm por ano para arenitos finos; 0,15 mm por ano para margas; 0,064 mm e 0,037 mm por ano para dois tipos de folhelhos; êstes folhelhos são os que poderiam ser comparados com os sedimentos da Billings pela granulação.

Mesmo levando em conta que os sedimentos antigos são compactados e, portanto, as espessuras originais são bem mais reduzidas, os valores citados na Formação Green River são baixos em relação aos sedimentos da Billings. A densidade média das rochas da Formação Green River é de 2,24 (Bradley, idem, pág. 98). A densidade dos sedimentos da Billings, situa-se em tórno de 1,4.

Abaixo damos a velocidade de sedimentação de alguns lagos recentes, que poderiam ser comparados diretamente com a Billings, sem se levar em conta a compactação dos sedimentos. Os dados foram compilados de Bradley (Idem, págs. 96, 87) visto não possuímos as publicações originais.

Depósitos do Lago Sakski, do Norte da Criméia, consistem de finas lâminas de matéria orgânica alternadas com lâminas mais espêssas de areia fina ou gipso. A espessura média do par de lâminas, considerado como depositado em um ano, é de 1,3 mm.

No Lago de Zurick, abaixo da profundidade de 89 m, o sedimento consiste de lâminas alternadas de lamas orgânicas e calcários. O conjunto de duas lâminas possui espessura média de 3 mm atingindo, excepcionalmente, 10 mm, sendo considerado como depositado em um ano.

Em outro lago da Suissa, Lago Geneva, as lâminas alternadas consistem de sedimentos escuros finos e claros grossos. Cada par,

considerado como depositado em um ano, possui espessura média de 2,5 mm.

No lago McKay, de Ottawa, há também depósitos rítmicos que consistem de lâminas de marga e de lama rica em matéria orgânica. O conjunto de duas lâminas tem espessura de 0,43 mm, considerado como depositado em um ano. Esses depósitos foram formados nas partes mais profundas do lago, que é muito raso, apenas 9,6 m de profundidade, sendo, portanto, neste particular, comparável com a Billings.

As varves relacionadas à glaciação pleistocênica são, em geral, muito finas, de poucos milímetros. Há, contudo, espessuras de ordem de centímetros, algumas atingindo 40 cm (Zeuner, 1964, pág. 22). Nesses casos, o sedimento possui granulação relativamente grossa, e o tempo de deposição deve ter excedido um ano.

A velocidade de sedimentação na Billings é anormalmente elevada, ao que parece, pelos seguintes motivos: 1) a reprêsa é estreita e alongada, com margens abruptas e circundadas por montanhas. 2) As rochas da região estão profundamente decompostas. 3) Desde a construção da reprêsa, tem havido desmatamentos, acelerando-se a erosão. 4) Quantidade anormalmente grande de sedimentos chega à reprêsa, bombeada dos Rios Tietê e Pinheiros. Esses sedimentos são decantados antes da água descer as encostas da Serra do Mar para a produção de energia. Este último motivo deve ser o principal.

A velocidade de sedimentação da reprêsa Billings não pode, portanto, ser tomada como representando a velocidade de sedimentação em um lago natural.

Nos talwegues de alguns dos ribeirões do fundo da reprêsa, quando o gradiente é pequeno, as espessuras dos sedimentos podem aumentar muito. No fundo de lama do Ribeirão da Grota Funda, verificamos sedimentos com espessura de 2 m, por intermédio de uma vara; não atingimos o embasamento. Nos barrancos do ribeirão a espessura cai para 14 cm. Talvez a maior parte dos sedimentos no local tenha se depositado antes da construção da reprêsa.

A matéria orgânica presente nos sedimentos da reprêsa é, em geral, elevada. A maior parte talvez tenha se originado da água bombeada dos rios Pinheiros e Tietê que traz produtos de despêjo da cidade de São Paulo; parte deve ainda provir da própria vegetação que



crece nas margens da represa nas épocas de estiagem, e que são inundadas na estação chuvosa. Kleerekopper (idem, pág. 18) estudando a Limnologia da represa de Guarapiranga, chama a atenção para os capinzais que se formam nas margens, nas épocas de nível baixo; estes são inundados quando a represa se enche e seu apodrecimento traz profundas influências sobre as condições químico-biológicas da água da represa.

Foi analisado o teor de matéria orgânica de três amostras, no "Édaphos Laboratório Agrotécnico" de São Paulo. Elas provêm, respectivamente, da localidade 1, próxima ao rio Grande; localidade 2, próxima a borda da represa; localidade 3, próxima a estação de bombeamento.

O teor obtido foi o seguinte, respectivamente: 3,30%, 5,15% e 3,25%. Estes teores são elevados. De acordo com Trask e Patnode (in Levorsen, 1956, pág. 495), o teor da matéria orgânica por peso em sedimentos modernos, varia, em geral, de 0,5% a 5%, sendo de 2,5% a média.

Deve-se levar em conta que, quando as amostras foram coletadas, a represa estava vazia e os sedimentos, portanto, estavam expostos. Além disso a análise foi feita um ano após a coleta; os de teores 3,30% e 3,25% provêm de amostras guardadas sem proteção enquanto que a amostra de localidade 2, conservada em frasco tampado, apresentou teor mais elevado. Conclui-se, portanto, que o teor original de matéria orgânica devia ter sido, em geral, mais elevado do que 5,15%.

A distribuição da matéria orgânica no sedimento não é uniforme. Na localidade 1, é comum um perfil dos sedimentos representado pela figura 2. No topo temos fina camada de poucos milímetros a 1 centímetro, de sedimentos claros, lixiviados. Segue uma camada de alguns centímetros de argila escura, rica em matéria orgânica. Abaixo uma camada mais espessa de sedimentos mais pobres em matéria orgânica, em contacto com o solo residual, rico em raízes vegetais.

Em Eldorado (localidade 2), uma camada mais pobre em matéria orgânica aparece intercalada entre duas camadas mais ricas.

Na localidade 3 a situação aparece invertida, sendo em baixo a camada rica em matéria orgânica e em cima a camada mais pobre.

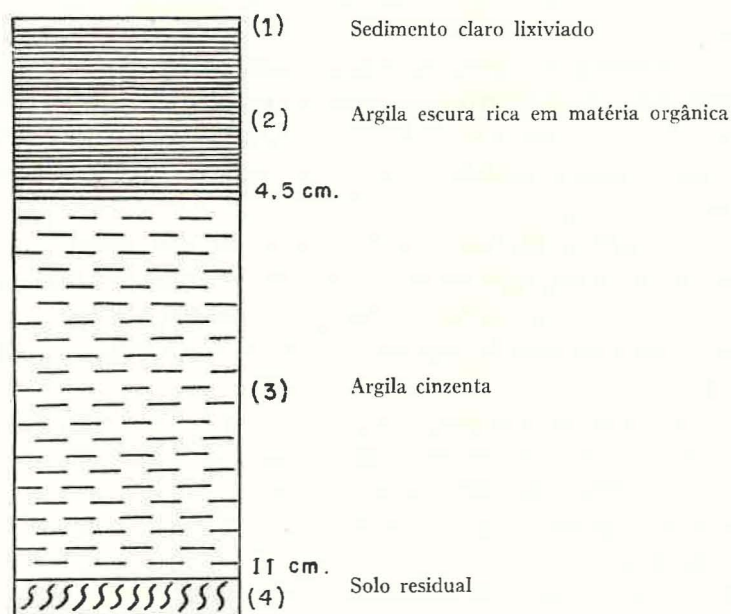


Fig. 2 — Perfil de sedimentos da localidade 2

Trechos mais baixos do fundo, estavam, na época de nossa visita, ocupados por água estagnada formando lagoas. Nas margens dessas lagoas, era grande a quantidade de lodo escuro e com cheiro fétido; a espessura desse lodo ultrapassa 50 cm mas a sua base já é constituída pelo embasamento decomposto, embebido pela matéria orgânica. Fato interessante é que aqui torna-se difícil individualizar a superfície que separa o embasamento pré-Cambriano dos sedimentos recentes.

As estruturas orgânicas conservadas são constituídas por raízes e pequenos galhos de vegetais, encontrados tanto no sedimento como no antigo solo residual.

Os pólenes constituem as microestruturas orgânicas predominantes. São de formas variadas, circulares, elipsoidais ou subtriangulares; com paredes grossas ou finas; dimensões variando de 13 a 40 microns; dotados ou não de sulcos; com a superfície porosa ou sem poros.



Diatomáceas são relativamente freqüentes, com frústulas de forma cilíndrica, longas e delgadas, e com estrias paralelas.

A possibilidade de aparecimento de outros organismos conservados nos sedimentos é remota visto que presumivelmente, a julgar pelo que acontece na Guarapiranga, a vida autóctona é escassa.

A pobreza de fitoplancton é explicada por Kleerekoper (Idem, págs. 121) como sendo causada pelas rápidas e freqüentes oscilações do nível da represa, que ocasionam a morte da vegetação ribeirinha, como também, pelos detritos de esgotos que aí chegam e cuja decomposição ocasiona forte diminuição do teor de oxigênio. A diminuição da atividade mineralizante traz quase imediatamente o colapso do fitoplancton.

O lodo da represa Guarapiranga (e presumivelmente também da Billings) se caracteriza pela quase ausência de organismos animais.

A existência de camadas com diferentes teores de matéria orgânica, na Billings, demonstra que as condições de mineralização da matéria orgânica foram variadas. A rapidez das transformações químicas e bioquímicas é típica para os trópicos e subtropicos. Isto explica como as matérias trazidas pelos esgotos podem ser rapidamente mineralizadas; as águas dos climas quentes "digerem" com facilidade e em pouco tempo, consideráveis quantidades de matéria poluída. Veremos adiante as causas que poderiam ser apontadas para explicar as diferenças nas porcentagens de matéria orgânica da Billings.

A cor primária dos sedimentos da represa é, em geral, cinzenta clara, quando seca. O sedimento quando molhado, tende a adquirir tonalidade mais escura, cinzenta escura ou mesmo cinzenta acastanhada. A tonalidade escura deve-se à matéria orgânica.

Com a exposição da superfície superior dos sedimentos pelo ressecamento há oxidação dos compostos de ferro; nos pontos onde há maior circulação da água como, por exemplo, orifícios, há penetração de limonita, manchando-os de vermelho. Na margem direita do ribeirão da Grota Funda, observamos um pequeno afluente onde o filete de água ainda existente e que corria para o ribeirão, possuía cor vermelha carregada devido à presença de óxidos de ferro.

## ESTRUTURAS

**Estratificação:** Sedimentos estratificados representam a regra nos depósitos por nós estudados. Já falamos na sucessão dos estratos mais e menos ricos em matéria orgânica.

Fina laminação é comum nas localidades 2 e 3. As lâminas claras e escuras nunca possuem disposição perfeitamente horizontal em virtude da existência generalizada de pequenas acomodações. A regra é a disposição irregularmente ondulada. Em uma amostra coletada, das proximidades da usina termoeleétrica de Piratininga (Localidade 3), uma das lâminas escuras acha-se seccionada em pequenos fragmentos curvos para cima. Interpretamos esta estrutura como secção transversal de gretas de contração, indicativas de época anterior de ressecamento.

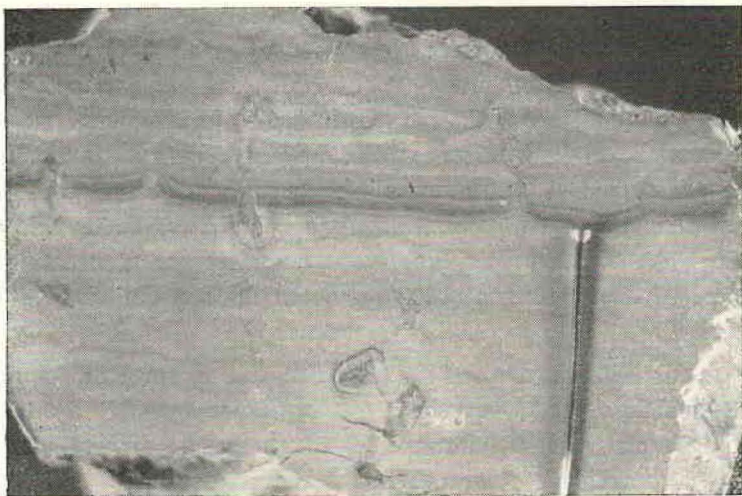


Foto 1 — Localidade 2.

Billings. Próximo a borda da repêsa. Observar a secção de gretas antigas preenchidas. Os polígonos estão curvos para cima. X 1,25.

As espessuras das lâminas não são uniformes. Geralmente as claras são as mais espessas; ocasionalmente lâminas escuras podem atingir espessuras da ordem de grandeza das claras.

Em 1 cm de sedimento, contamos 15 lâminas escuras e 15 claras, as espessuras variando de 101 a 301 microns entre as escuras e 1414 e 162 microns entre as claras. A espessura predominante entre as lâminas escuras foi de 101 microns e entre as claras, 202 microns.

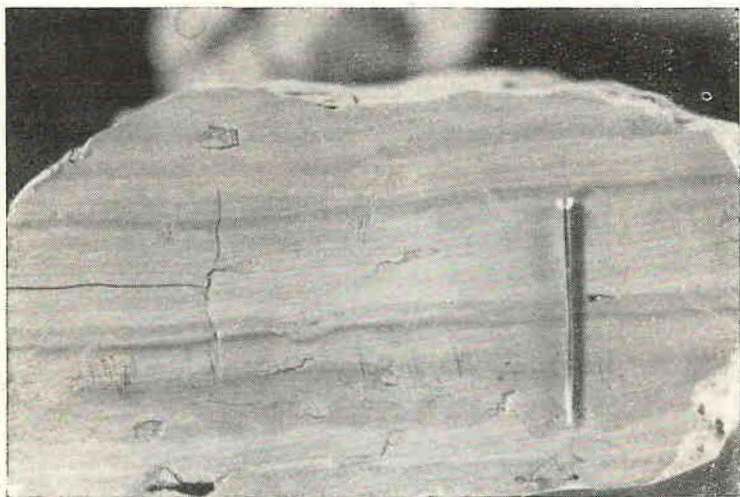


Foto 2 — Localidade 2.

Billings. Proximidades do ribeirão da Grotá Funda. Laminação deformada por acomodações. Na ponta do alfinete pode-se observar laminação convoluta e falhamento. Tam. nat.

Ao microscópio pode-se notar que tanto as lâminas claras como as escuras são constituídas predominantemente de material argiloso. As lâminas escuras, mais ricas em matéria orgânica, são as mais finas, constituídas quase que totalmente por material com granulação correspondente à argila; calculamos que os grãos de silte entram apenas com cerca de 1% do total. Nas lâminas claras, os grãos correspondentes a silte são mais freqüentes mas mesmo aqui, não ultrapassam 25%.

A distribuição da matéria orgânica nos sedimentos da Billings obedece, portanto, a regra, aparecendo em maior porcentagem nas lâminas de granulação mais fina (Levorsen, 1956, pág. 494).



O material que constitui a granulação siltica é formado predominantemente de mica. O quartzo é pouco freqüente. A razão deve ser procurada nas condições geológicas da região que circunda a repêsa: a decomposição é profunda e as rochas originais deviam ser constituídas por micaxistos pobres em quartzo. A água que provém do rio Pinheiros é bombeada de áreas represadas onde, provavelmente tenha havido tempo para a precipitação da maior parte do material de granulação superior à da argila.

A mica é predominantemente acamada, acompanhando a laminação. Não são raras, contudo, disposições inclinadas em relação



Foto 3 — Eldorado, próximo ao Estaleiro Bandeirantes. Fotomicrografia de uma parte de uma secção delgada de um sedimento laminado, mostrando lâmina de granulação fina (mais escura) e de granulação grossa (mais clara). O material siltico é predominantemente de mica. X 240.

aos planos de laminação. Porcentagem muito pequena da mica é constituída por biotita ainda colorida.

Ocasionalmente aparecem lâminas muito delgadas (espessuras em torno de 0,03 mm), constituídas predominantemente de mica acamada, com dimensões correspondentes a de arenitos muito finos.

A alternância de períodos de estagnação e circulação da água na represa, produzindo alternância de condições oxidantes e redutoras, deve ser a responsável pela estratificação e laminação.

Variações de temperatura podem estratificar a água de lagos, inclusive os de clima subtropical como é o caso da Billings. Se registrarmos as temperaturas da água em um lago em várias profun-

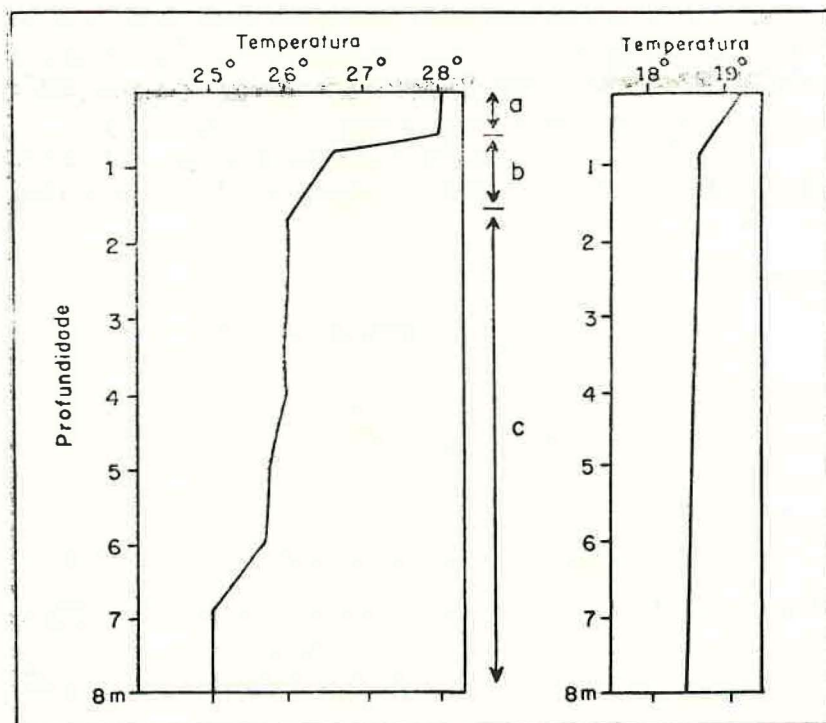


Fig. 3 — Represa Guarapiranga: relação entre a temperatura da água e a profundidade, em um mesmo local, em duas épocas do ano (à esquerda no verão e à direita no inverno); a = epilimnium; b = metalimnium; c = hipolimnium (modificado de Kleerekoper, 1939).

didades, verificamos que em certas épocas do ano, elas são mais ou menos uniformes, enquanto em outras épocas, há nítidas diferenças. Na fig. 3 observamos que a curva de descréscimo de temperatura com a profundidade não é constante. Ela cai de início lentamente, podendo ficar por vêzes constante, e depois de uma dada profundidade, cai bruscamente. A diferença pode alcançar vários graus em profundidade de apenas 1 metro. Depois dessa forte diminuição, a temperatura continua caindo, agora lentamente, até o fundo do lago.

A zona onde se dá a queda repentina da temperatura é chamada camada de descontinuidade ou "metalimnium". Acima do "metalimnium" temos o "epilimnium" e abaixo o "hipolimnium".

A camada de descontinuidade exerce influência decisiva sobre a circulação dos gases dissolvidos, dos quais o mais importante é o oxigênio, cuja presença ou ausência no fundo do lago tem grande influência nas características dos sedimentos aí depositados.

O principal fator de circulação da água nos lagos é o vento. O mecanismo está exemplificado na figura 4. A diferença entre

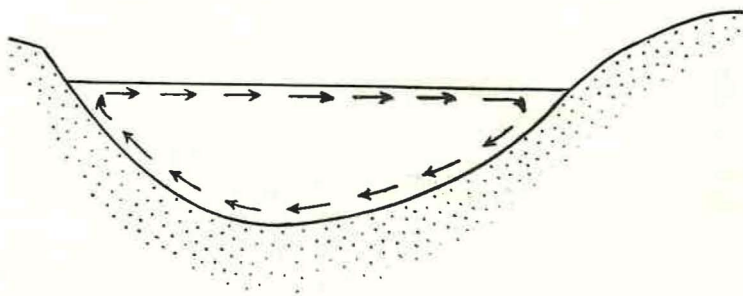


Fig. 4 — Seção transversal de um lago onde há oxigenação do fundo

"epilimnium" e "hipolimnium" pode alcançar valor tal que a diferença em densidade se torna grande demais para que o vento consiga misturar as duas porções do lago (fig. 5). O lago atinge um período de estagnação.

Nos lagos temperados as diferenças de temperatura entre a superfície e o fundo do lago podem atingir valores bem maiores do que nos lagos tropicais e subtropicais, havendo períodos de estagnação no inverno e princípio do verão.

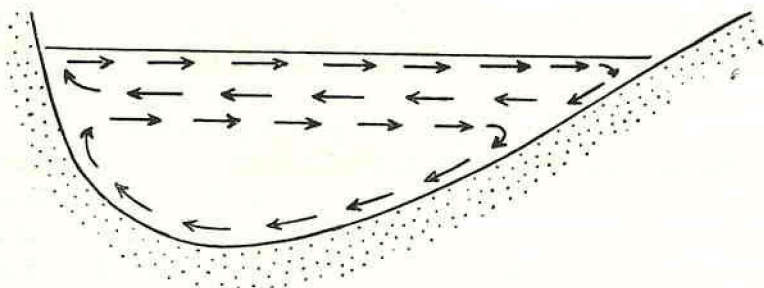


Fig. 5 — Seção transversal de um lago com o fundo pouco oxigenado

Essa diferença, contudo, é compensada pela não uniformidade de variações de densidade da água com a temperatura. De  $4^{\circ}$  a  $5^{\circ}$ , a densidade diminui de 0,000008 e de  $29^{\circ}$  a  $30^{\circ}$ , de 0,000298. Neste caso a diminuição de densidade foi 37 vezes maior do que no primeiro.

Uma diferença de apenas  $1^{\circ}$  ou  $2^{\circ}$  entre duas camadas de água em lago tropical ou subtropical já é causa para que haja estratificação da água bastante estável. Em um lago temperado teria que ser bem maior.

Na represa de Guarapiranga (e, segundo tudo indica, também na Billings), o aquecimento superficial causa facilmente estagnações, isto porque a temperatura média da água é de  $29^{\circ}$ . No inverno, quando a temperatura média da água é de  $17^{\circ}$  as estagnações, são mais difíceis (aumento de densidade da água de  $29^{\circ}$  para  $28^{\circ}$ , é de 0,000289, enquanto de  $17^{\circ}$  para  $16^{\circ}$  é de 0,000169).

Só as variações de temperatura podem ser as responsáveis pelas estagnações pois a força dos ventos é constante o ano todo (Kleerekopper, *idem*, pág. 41).

Os períodos de estagnação entremeados com os períodos de livre circulação da água devem ter sido os principais responsáveis pelas estratificações e laminações dos sedimentos da represa.

E' evidente que muitas lâminas claras e escuras foram depositadas em um ano na Billings, visto que a sedimentação foi da ordem de 1 cm por ano. Kleerekopper (*idem*) já chamou a atenção para alternâncias de vários períodos de estagnação e circulação que ocorrem em um único ano em lagos tropicais e subtropicais, em vir-



tude da maior variação de densidade com a mudança de um grau de temperatura, em relação a lagos de climas frios e temperados. Consequentemente, sedimentos com laminação rítmica, comuns no registro geológico, nem sempre indicam variações anuais.

Na localidade 2, tivemos oportunidade de estudar os sedimentos que se depositaram sobre o talvegue do ribeirão da Grota Funda e sobre o declive que conduz ao talvegue. Os sedimentos depositados no declive mostram laminação, a qual está deformada por dobras muito irregulares e pequenas falhas. Essas deformações mostram que houve escorregamentos ao longo do declive, provavelmente na fase em que a lama estava embebida de água.

Algumas dobras são convolutas, voltadas sobre si mesmas e os escorregamentos produziram, às vezes, o aparecimento de laminações convolutas isoladas, sem continuidade (fig. 6).

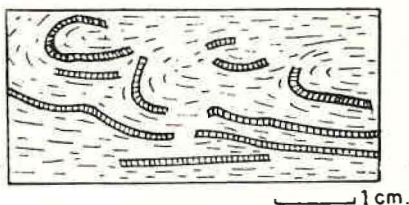


Fig. 6 — Ribeirão da Grota Funda.  
Perturbação da estratificação por  
escorregamentos

A presença de estruturas convolutas nesses sedimentos, vem contra a argumentação de Dzulynski e Smith (1963, pág. 626) de que seria improvável que deslizamentos pós-deposicionais pudessem ser as únicas causas para laminações convolutas sem o auxílio de outros fatores.

Gretas de contração: as gretas eram estruturas ubíquas na repêsa vazia quando a visitamos.

Pode-se observar, a partir dos pontos onde a água ainda estava conservada, todos os estádios de sua formação, desde simples sulcos alongados mais ou menos paralelos e descontínuos, até os estádios em que sulcos transversais se desenvolvem a partir dos alongados (foto 4).

Devido à pequena espessura de sedimento da borda da repêsa, na localidade 1, as gretas que aí ocorriam eram muito finas. Na época de nossa visita os polígonos de material siltoso tinham se des-



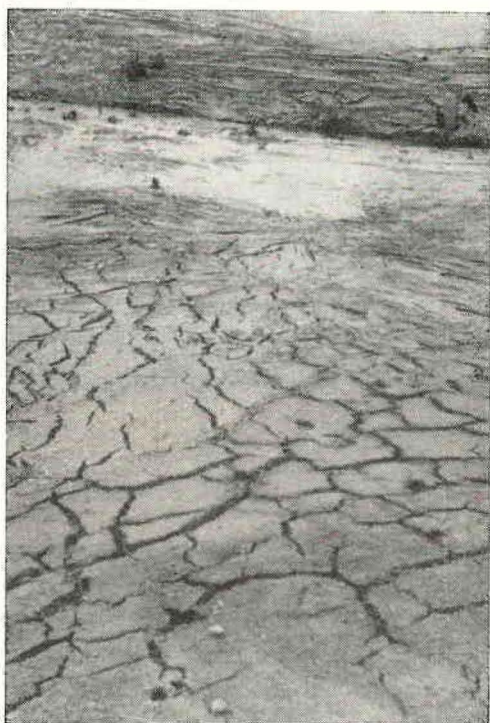


Foto 4 — Próximo ao ribeirão da Grotta Funda. Gretas em processo de formação.

tacado do embasamento e, devido ao ressecamento intenso, estavam com as bordas viradas para cima (foto 5). Alguns eram tão leves que rajadas de vento conseguiam locomovê-los.

As maiores que observamos, tinham 5 a 7 cm de largura e 53 cm de profundidade. Algumas gretas profundas, na localidade 1, atravessavam, sem solução de continuidade, a superfície de discordância entre os sedimentos da Billings e as rochas profundamente decompostas do embasamento pré-Cambriano; estas são constituídas de micaxistos os quais, com a decomposição, adquirem características de argila.

Os blocos de argila separados pelas gretas, se afastam do padrão clássico poligonal, quando estão em contacto com troncos de madeira em posição vertical, freqüentes no fundo da represa, principalmen-



Foto 5 — Localidade 1.

Borda da bacia. Gretas pouco espessas. Notar os polígonos com as bordas levantadas e destacadas do embasamento.



Foto 6 — Localidade 1.

Aspecto das gretas profundas do meio da reprêsa. (O martelo não atinge o fundo das gretas porque elas vão afinando para baixo).

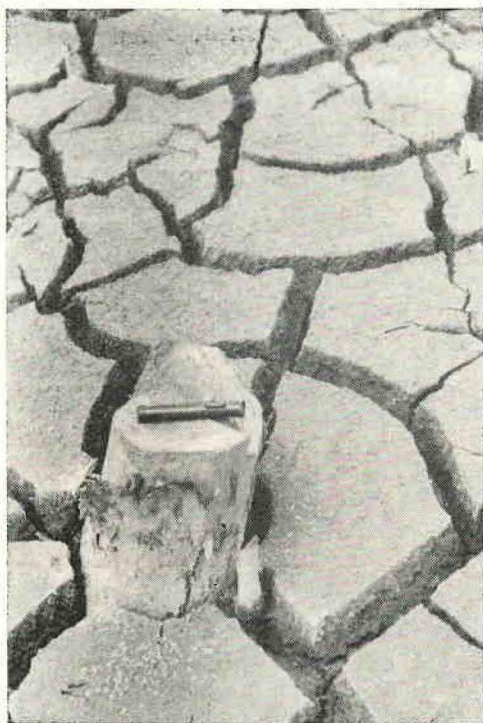


Foto 7 — Localidade 1.

Influência de um tronco "in situ" na formação das gretas, que adquirem traçado circular.

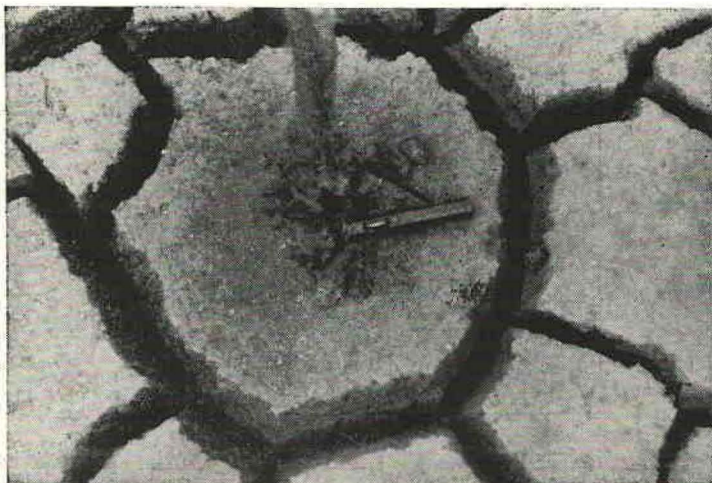


Foto 8 — Localidade 1.

Greta circular, provavelmente controlada por raízes da árvore cujo tronco é visível.





Foto 9 — Localidade 1.

Gretas desenvolvidas sôbre um ronco deitado. O fendilhamento é controlado pela parte mais alta do tronco.

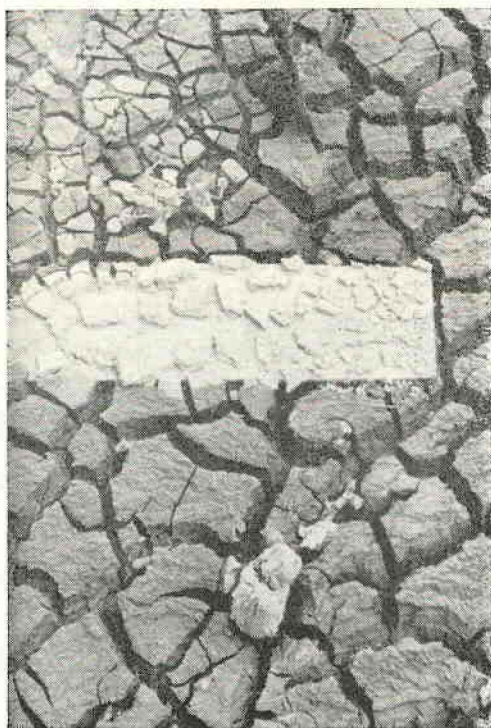


Foto 10 — Próximo ao Ribeirão da Grota Funda. Gretas desenvolvidas sôbre uma prancha de madeira. Notar a disposição retangular das gretas no contacto com a prancha.

te na localidade 1. Tendem a adquirir então, forma curva, e o conjunto de gretas em torno do tronco tende para um traçado circular. Também as raízes das árvores podem contribuir para o traçado circular (fotos 7 e 8).

Com o progresso do ressecamento, pequenas superfícies de descontinuidade dentro da lama, podem servir de planos de separação de polígonos, e êstes, quando espessos, se “descascam” na superfície (foto 11). Planos de separação das lâminas, nem sempre visíveis, poderiam ser as superfícies de descontinuidade mais freqüentes.



Foto 11 — Eldorado, próximo ao Estaleiro Bandeirantes. “Descascamento” de polígonos espessos por descontinuidade, da lama ou do ressecamento.

As gretas emersas, em tempo relativamente curto, eram cobertas por vegetação de gramíneas que, com o tempo, se tornavam cada vez mais exuberantes. Fixavam-se e resistiam melhor aos ulteriores processos erosivos. A foto 12 mostra estágio de fixação das gretas pela vegetação. As gretas, apesar de colocadas em terreno em declive, resistiram aos ulteriores processos erosivos graças à vegetação.

A foto 13 foi tirada de uma das margens do Ribeirão da Grota Funda, onde o declive do terreno é acentuado. Vemos que sobre essa superfície inclinada também depositaram-se sedimentos que foram posteriormente fendilhados em gretas. Para a formação



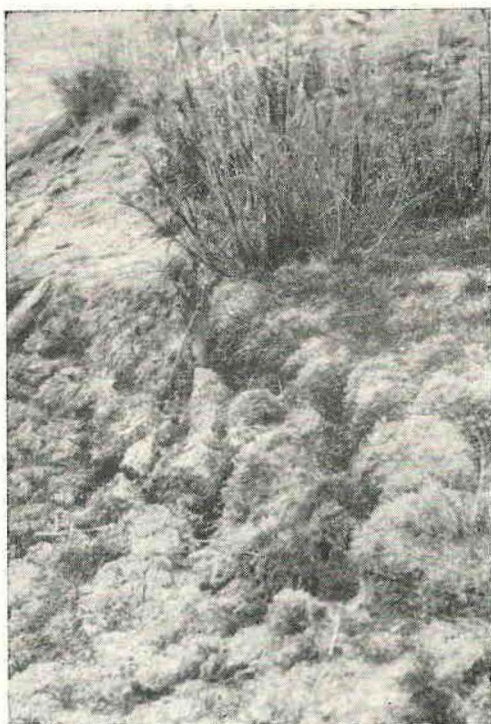


Foto 12 — Eldorado, próximo ao Estaleiro Bandeirantes. Gretas relativamente antigas (poucos anos) fixas por vegetação, de modo a conservá-las mesmo em terreno com declive relativamente pronunciado como o da foto.

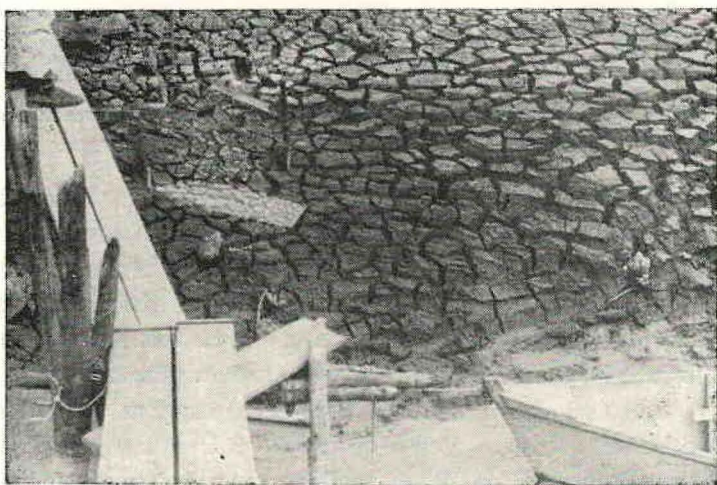


Foto 13 — Ribeirão da Grotta Funda. Gretas deformadas pelo deslizamento. Na base pode-se notar marcas ondulares de corrente no fundo arenoso do ribeirão.

dessas, contudo, contribuíram não só o ressecamento como o deslizamento de blocos que ampliaram as fendas. Acreditamos que os dois fenômenos foram concomitantes.

Nas proximidades do rio Grande, junto à via Anchieta, encontramos uma área de sedimentos arenosos, aluviões do rio Grande, formadas, presumivelmente, nas épocas de estiagem pronunciada. O vento soprando sobre a areia seca, transportava-a sobre a zona de gretas, preenchendo-as.

Fendas e orifícios: Os depósitos sedimentares da reprêsa estão perfurados por grande número de canais irregulares que terminam na superfície por orifícios com diâmetros de 1 a 2 mm. Alguns dos orifícios estão alongados e alinhados. Eles são mais desenvolvidos nas localidades 2 e 3. A percolação de água ao longo dessas fendas, na estiagem, fez com que se precipitasse limonita que tingiu de vermelho a maioria dos orifícios expostos.

Acreditamos que as fendas e os orifícios acima descritos, tenham se originado pelo escape de gases, produtos de decomposição da matéria orgânica, em épocas em que a lama estava semi-consolidada. Em certas épocas, o escape de gases é intenso. Em meados de setembro de 1964, a "Light" resolveu suspender as visitas que se faziam à usina a céu aberto de Cubatão, em virtude do mau cheiro provocado por gases que exalavam dos tubos condutores. Como na época o nível da reprêsa era muito baixo (4,72%), as águas do Tietê entravam pela adutora e se escoavam sem serem represadas; o escoamento se dava pelos talwegues dos rios existentes na região antes da construção da reprêsa. Não havendo o represamento, não houve tempo para a sedimentação de matéria poluída, razão do mau cheiro. As máquinas nessa época, eram constantemente paralisadas para reparação e limpeza.

Marcas ondulares: Marcas ondulares aquáticas de correntes, puderam ser observadas nos talwegues dos cursos d'água existentes antes da inundação que deu origem a Billings.

Na margem esquerda do rio Grande, junto à via Anchieta, onde se acumularam sedimentos arenosos, as marcas ondulares eram relativamente desenvolvidas.

A corrente do rio era, na época de nossa visita, relativamente forte e fácil imaginar-se o transbordamento da água sobre as margens



antes do secamento total da repêsa e no início de nova cheia. Com efeito, mostram as margens do rio Grande, em largura apreciável, evidências mais marcantes de erosão do que de sedimentação.

Os sedimentos aí aparecem com espessuras muito pequenas. Foram depositados após forte erosão que cavou o substrato pondo a mostra raízes de árvores antes enterradas a profundidades de 70 cm ou mais (foto 14).



Foto 14 — Localidade 1.

Zona de erosão nas proximidades do Rio Grande. Notar as raízes descobertas das árvores.

#### BIBLIOGRAFIA

- BRADLEY, W. H., 1929, *The varves and climate of the Green River Epoch*, U. S. Geol. Serv., Prof. Paper 158, págs. 87-110, fig. 14, Estps. 11-14.
- DZULYNSKI, S. e SMITH, A. J., 1963, *Convolute lamination, its origin, preservation and directional significance*, Jour. Sed. Petrol., v. 33, págs. 616-627, 11 figs.
- KLEEREKOPER, H., 1939, *Estudo Limnológico da repêsa de Santo Amaro em São Paulo*, Bol. Fac. Fil., Ciên. Lt., Univ. S. Paulo, Botân. n. 2, 151 págs., 83 figs., tabs.
- LEVORSEN, A. I., 1956, *Geology of Petroleum*, W. H. Freeman & Co.
- ZEUNER, F. E., 1946, *Dating the past, an introduction to Geochronology*, Methuen & Co. Ltd.