

SBG - BIBLIOTECA

n.º D17  
data 02/8/54

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

VOLUME

15



NÚMERO

1

JULHO DE 1966

SÃO PAULO — BRASIL

Composto e Impresso na  
G R Á F I C A S A N G I R A R D  
Rua Bom Pastor, 2472

**BOLETIM  
DA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE GEOLOGIA**

---

VOLUME 15      —      JULHO DE 1966      —      NÚMERO 1

---

**Í N D I C E**

Considerações sôbre turbiditos da Formação Itararé (Carbonífero Superior), Rio Negro - PR e Mafra - Sc. Por <i>Riad Salamuni, Pedro Lagos Marques Filho e Arnoldo-Sobansk</i> .....	5
Contribuição à Geologia das regiões de Jaguariaiva e Lamedor, Paraná. Por <i>Setembrino Petri e Vicente José Fulfaro</i> .....	33
A silicificação do Arenito Botucatu na Quadrícula de Rio Claro — Por <i>Eberhard Wernick</i> .....	49
Rochas alcalinas e carbonatito de Anitápolis, Estado de Santa Catarina Por <i>Geraldo Conrado Melcher e José Moacy Vianna Coutinho</i> .....	59

Este boletim foi impresso com auxílio do CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS
--



CONSIDERAÇÕES SÓBRE TURBIDITOS DA FORMAÇÃO  
ITARARÉ (CARBONÍFERO SUPERIOR),  
RIO NEGRO — PR. e MAFRA — SC.

Por

RIAD SALAMUNI(1)  
PEDRO LAGOS MARQUES FILHO(2)  
ARNOLDO SOBANSKI(3)

ABSTRACT

Some Upper Carboniferous turbidites of the Itararé Formation are described from outcrops in the States of Paraná and Santa Catarina (Brazil).

Typical graded sequences, as well as other primary sedimentary features such as flute casts, convolute bedding, microcross-lamination, groove casts, and other sole markings, are briefly discussed.

The origin of the turbidity currents, in that formation, is directly related to glacial activity. Thus, it is the Authors' opinion that the meltwaters of the Late Carboniferous ice sheets provided the density currents, responsible for the rhythmic deposits and their associated structures.

Directional properties of these structures show a general NNE-SSW or NE-SW trend, but definite results require further studies and additional data.

Even though the interpretation given in this paper for the direction of transport, in the Rio Negro-Mafra region, differs from that of other authors, the above mentioned results generally agree with those of the latter ones (*Leinz, Mack, Martin*).

More detailed data are being gathered, and shall be given by the present writers in further papers concerning the Gondwanic turbidites of Southern Brazil.

- 
- (1) Do Instituto de Geologia e Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade Federal do Paraná.
  - (2) Do Instituto de Geologia e Escola de Engenharia da Universidade Federal do Paraná.
  - (3) Da Escola de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná e do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas.

## INTRODUÇÃO

Determinadas seqüências sedimentares, pesquisadas durante os trabalhos de mapeamento na região Rio Negro-Mafra, chamaram a atenção dos autores para o aspecto peculiar de suas estruturas deposicionais.

Um apanhado do conjunto das referidas estruturas, evidenciou a necessidade de uma revisão daquilo que até agora se conhece em certas unidades da Formação Itararé, ao menos a título de contribuição para melhor esclarecimento de seus pormenores de sedimentação.

Dentre tais unidades, provavelmente merecem destaque aquelas que, na bibliografia relativa ao Grupo Tubarão, têm sido indistintamente designadas por varvitos, não obstante a sua origem.

Os depósitos rítmicos da Formação Itararé, de acôrdo com as observações efetivadas nas localidades em questão, de acôrdo com as observações efetivadas nas localidades em questão, sugerem uma origem geralmente mais complexa do que aquela que lhes é via de regra atribuída.

Tal origem é baseada nas evidências até agora coligidas, as quais indicam que, no sul do Paraná e vasta porção de Santa Catarina, os depósitos da Formação Itararé são de cunho essencialmente subaquático e ligados, portanto, a uma dinâmica sedimentar "sui generis", direta ou indiretamente, condicionada a atividades glaciais.

Esse condicionamento parece-nos particularmente importante no caso dos depósitos várvidos, os quais, ao menos na área pesquisada, apresentam tôdas as características de verdadeiros turbiditos.

Efetivamente, os estudos de detalhe, procedidos nesses depósitos, levam à crença de que o único mecanismo plausível para seu desenvolvimento tenham sido as correntes de turbidês.

Assim, o presente trabalho constitui um resumo dos dados coligidos, em grande extensão da área acima referida, sôbre as estruturas sedimentares originadas por essas correntes.

Por motivos óbvios, abstraímos destas notas os detalhes concernentes aos outros componentes litológicos da formação, tais como siltitos, arenitos e diamictitos os quais serão referidos em trabalhos mais completos.

Por outro lado, julgamos conveniente manter a designação varvito para as seqüências gradacionais aqui discutidas, tendo em vista as implicações genéticas daquele termo. Dessa forma, nesta contribuição, usamos alternativamente as palavras turbidito e ritmito como sinônimo de varvito.

Fica excluída dessa consideração apenas a seqüência de Rio Branco (SC), cujo aspecto embora lembre alternância rítmica, aparentemente não tem caráter várvido.

Cumprе ressaltar, por último, que os dados aqui apresentados são apenas sumarizados e sem implicações de ordem estratigráfica, estando a sua complementação subordinada à descrição final da geologia da área Rio Negro-Mafra.

### LOCALIZAÇÃO

Os afloramentos pesquisados estão situados nos municípios de Rio Negro e Mafra, respectivamente nos Estados do Paraná e Santa Catarina. As melhores exposições são verificadas ao longo do vale do rio Negro e em cortes da estrada de ferro Rio Negro-São Francisco do Sul, onde as exposições permitem estudos mais adequados.

Outras ocorrências foram observadas cêrca de 23 km ao sul de Mafra, na localidade de Rio Branco. Embora esta última ocupe posição superior na coluna estratigráfica, ela fornece alguns exemplos ilustrativos de estruturas associadas a correntes de turbidês.

A figura 1 esquematiza a área pesquisada, com indicação generalizada das principais ocorrências.

### SUMÁRIO DAS PRINCIPAIS UNIDADES SEDIMENTARES

A seqüência sedimentar da região de Rio Negro e Mafra apresenta um caráter nitidamente subaquático.

Os principais componentes litológicos reconhecidos na região em aprêço, são arenitos de granulometria variada, siltitos,

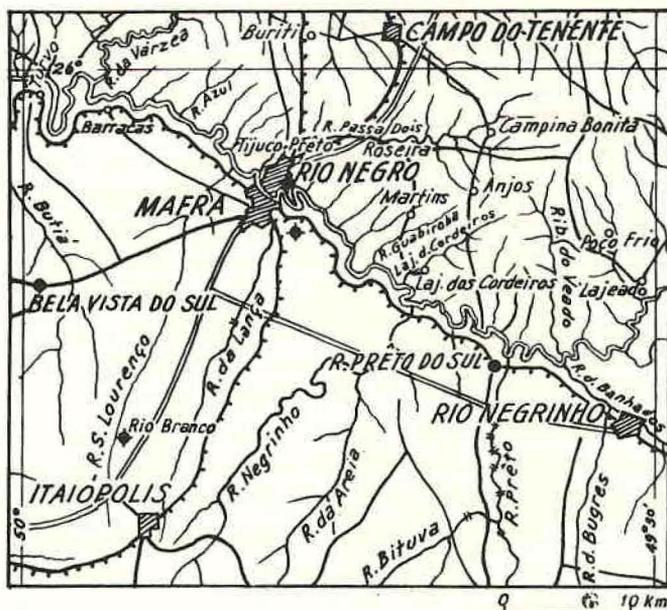


Fig. 1 — Mapa esquemático da situação da área estudada, no Sul do Paraná e Norte de Santa Catarina.

varvitos, diamictitos (depósitos rudáceos de aspecto tilítico) e outros, subsidiários, aparentemente flúvio-lacustres, além de folhelhos carbonosos e argilosos ou siltico-argilosos. Tendo em vista que os sedimentos de aparência tilítica têm um comportamento complexo na área, preferimos empregar o termo diamictito para sua caracterização, segundo a sugestão de *Flint et al.* (1960:1809).

Acreditamos, por outro lado, que o referido termo substitui convenientemente a designação “drift” de caráter dúbio e mal definida em função do que se conhece, por ora, na Formação Itararé (*Marques, Salamuni, Sobanski* 1965:16).

Os diamictitos da região pesquisada não se encontram em horizontes estratigráficos perfeitamente definidos, no sentido de permitirem correlações seguras com seqüência similares.

Normalmente apresentam disposição lenticular irregular ou, mesmo, constituem massas geomêtricamente indefinidas, passando lateral e verticalmente a litologias diversas. Se bem que o seu contacto com outras rochas seja por vêzes abrupto

é comum, no entanto, observar-se uma passagem gradual, praticamente transicional, com depósitos diversos. Tal fato é verificável com varvitos e siltitos, bem como com certos horizontes de arenitos.

Por seu turno, os arenitos apresentam-se amplamente distribuídos na área, constituindo pelo menos três horizontes estratigráficos principais, além das camadas subordinadas interpostas em varvitos e siltitos.

Os arenitos da área, independentemente dos seus caracteres granulométricos, apresentam uma grante variedade de estruturas primárias de sedimentação, bem como deformações de aspectos variados.

Quanto aos siltitos, ocupam um lugar proeminente dentre as unidades litológicas da referida área. Estes são positivamente subaquáticos, o que é atestado pelas suas relações com os outros componentes da formação e, em muitas exposições, pelas suas próprias estruturas.

A passagem lateral dos siltitos para outros tipos litológicos é fato comum, de maneira que, em geral, os mesmos não são persistentes. A presença de seixos de dimensões variadas e mesmo blocos, pode ser verificada em várias exposições de siltitos.

No que diz respeito aos varvitos, *dentro dos limites daquela região*, apresentam-se eles em duas posições estratigráficas bem evidentes. A figura 2 ilustra a situação relativa dos varvitos, bem como dos horizontes marinhos que ocorrem na região aqui considerada.

Os varvitos inferiores apresentam, como regra geral, varvas grosseiras, intercalando-se com outras subsidiárias de varvas mais finas. Aparentemente, sucede o contrário no horizonte superior de varvitos, não obstante a incidência relativamente numerosa de horizontes igualmente grosseiros neste último.

Um pormenor interessante com relação a esses depósitos, é que os maiores blocos observados na região estão a eles associados, e não os diamictitos como seria de supor.

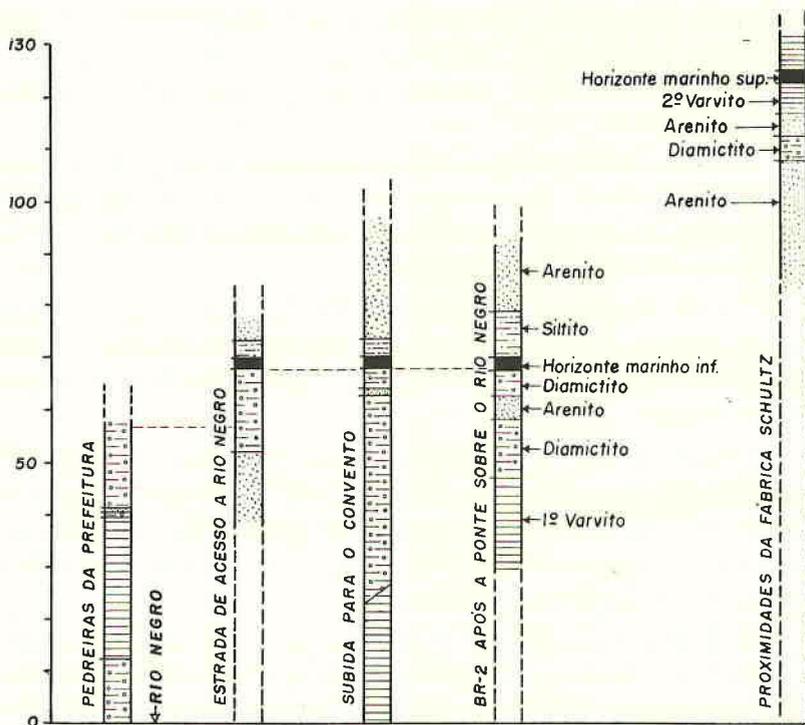


Fig. 2 — Esbôço provisório da situação estratigráfica relativa dos horizontes várvidos da área Rio Negro-Mafra.

Nos varvitos inferiores da região foram medidos blocos com mais de 2 m de diâmetro, sendo algo freqüentes aqueles de 1,0 m e 1,5 m. Blocos com essas grandezas não foram constatados, até agora, nos diamictitos da mencionada área.

Tanto os varvitos grosseiros como os finos apresentam notável estrutura diadáctica (gradacional), a qual é praticamente perfeita nos mais grosseiros.

Por sua vez, os depósitos marinhos estão representados, em Rio Negro e Mafra, por dois horizontes nitidamente separados (vêr fig. 2), os quais correspondem, sem dúvida, a duas fases bem marcadas de ingressão marinha.

Esses horizontes fossilíferos marinhos, apesar de sua associação litológica, não mostram o menor vestígio de glaciação durante o lapso de tempo de sua deposição. Localmente, o ho-

rizonte marinho inferior desenvolve-se a partir de um diamictito, o qual passa a siltito escuro estratificado, destituído de seixos. Êste último passa a folhelho carbonoso, sôbre o qual dispõe-se um siltito escuro fossilífero, pouco espêsso.

As camadas marinhas superiores estão intercaladas em varvitos. Êstes perdem gradualmente o seu caráter várvido e conteúdo de seixos cedendo lugar, transicionalmente, a folhelhos siltico-argilosos e carbonosos, totalmente destituídos de seixos e sem nenhum aspecto várvido.

O término da deposição dêsse horizonte marinho é marcado, também, por uma transição para varvitos, com as mesmas características daquele pré-marinho.

## LITOLOGIA E ESTRUTURAS PRIMÁRIAS DOS TURBIDITOS

### a) — *Aspectos litológicos*

Embora neste ítem sejam considerados apenas os varvitos grosseiros, o caráter turbidítico também acha-se evidenciado em outras seqüências a êles associadas.

Nesse caso podem ser incluídas algumas camadas de arenitos finos e silticos, com estruturas sugestivas (fig. 10).

Nas secções (fig. 2) e descrição sumária acima referida, infere-se que o pacote sedimentar da Formação Itararé na região sul do Paraná e norte de Santa Catarina resulta de uma dinâmica complexa de deposição.

Dentro dêsse pacote, a origem dos varvitos merece, sem dúvida, algumas considerações à parte, principalmente aquêles da porção inferior de *coluna local* e, em menor escala, o horizonte superior.

Litológicamente, êsses depósitos consistem em uma sucessão de folhelhos silticos, siltico argilosos e argilosos, nos quais essas frações se alternam ritmicamente (fig. 3). Dentro dessa sucessão, sem um critério estratigráfico definido, é normal a ocorrência de grânulos, seixos e blocos, os quais se apresen-



Fig. 3 — Estratificação gradacional dos turbiditos do horizonte inferior. Pedreira da Prefeitura, Rio Negro, Pr.

tam ou esparsos e irregularmente distribuídos ou, por vêzes, concentrados em determinados horizontes.

Os fenoclastos, de acôrdo com observações mais detalhadas, particularmente ao longo dos afloramentos do vale do rio Negro, podem ser referidos a duas origens distintas, a partir de uma certa ordem de grandeza.

Os seixos, geralmente maiores que 10 mm, e os blocos, são normalmente epigenéticos com relação aos depósitos rítmicos. A origem dêstes é atribuída ao gêlo flutuante, donde o material grosseiro era "pingado" nos sedimentos do fundo, produzindo estruturas peculiares de deformações, as quais estão em geral bem caracterizadas (fig. 4).

Uma certa quantidade de seixos menores que 10 mm e, em maior número, grânulos entre 1 e 4 mm, juntamente com grãos de menor diâmetro, ocorrem em superfícies de estratificação ou formam camadas delgadas, normalmente apresentando gradações horizontais e verticais com as frações silíticas e argilosas acima mencionadas. A sua origem é con-

siderada singenética, no sentido de que a sua gênese, além de concomitante, era condicionada ao mesmo mecanismo de deposição dos turbiditos.

Releva notar, contudo, que a separação entre componentes grosseiros epigenéticos e singenéticos não é rígida, desde que tanto o gelo flutuante como as correntes de turbidês poderiam ter produzido as mesmas alternativas. No entanto, alguns critérios estruturais permitem uma delimitação razoável, tais como as deformações “sui generis” produzidas por blocos e seixos “pingados” (fig. 4) ou o tipo característico de estratificação condicionado às referidas correntes.



Fig. 4 — Bloco de granito, com aproximadamente 60 cm de diâmetro, “pingado” de gelo flutuante nos turbiditos. Conforme mostra a figura, o impacto do bloco ocasionou uma série de deformações nos sedimentos ainda não consolidados (Pedreira da Prefeitura, Rio Negro - Pr.).

#### b — Caracteres estruturais

Indubitavelmente, a estrutura diadáctica (gradacional) é uma das características mais marcantes dos turbiditos da área em discussão. A estratificação gradacional é particular-

mente notável nos turbiditos de varvas grosseiras (fig. 5) nos quais os ciclos periódicos são observados com detalhe.

No caso particular da região Rio Negro-Mafra, as unidades várivas mais espessas medidas até agora, são da ordem de 3,0 cm.

Nos varvitos grosseiros do horizonte inferior a espessura média das varvas é de 1,0 cm.

Como regra geral, cada unidade principia com sedimentos da fração siltica (ou eventualmente siltico-arenosa), cedendo lugar gradualmente a siltitos argilosos e culminando, no seu terço superior, com depósitos da fração argilosa. Tal desenvolvimento apresenta, todavia, algumas exceções importantes, de tal sorte que as camadas silticas basais podem estar intercaladas ou, então, substituídas por outras mais grosseiras, em que predominam grânulos de 1 a 4 mm, com pequenos seixos (até cerca de 1 cm) esparsos.

Outras variações locais, geralmente associadas com os horizontes silticos, são as pequenas camadas lenticulares de silito arenoso de espessura milimétrica (ver fig. 5).

Associadas a essa seqüência gradacional ocorrem diversas outras estruturas primárias de sedimentação, as quais podem com segurança ser atribuídas à ação das correntes de turbidês.

Nos afloramentos de Rio Negro e Mafra, bem como na localidade de Rio Branco, ao sul da área, foram observadas mais comumente as seguintes estruturas, dentre outras de ocorrência ocasional: a) — micro-estratificação cruzada, condicionada a marcas onduladas; b) — turboglifos; c) — marcas de sulcos; d) — camadas convolutas; e) — marcas de empuxo; f) — marcas e impressões basais indeterminadas.

Embora tais estruturas não sejam evidentemente privativas da dinâmica das referidas correntes, desde que podem ter outras origens, é lícito supor que pela sua associação mútua, pelo tipo de depósito envolvido e pelas circunstâncias deposicionais, no caso aqui considerado, as mesmas originaram-se tipicamente através de correntes túrbidas.

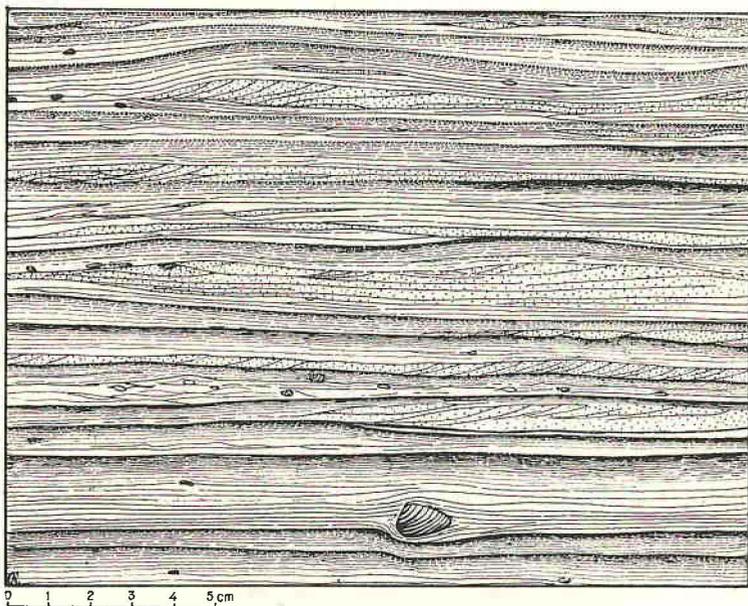


Fig. 5 — Pormenor de turbidito da região Rio Negro-Mafra, mostrando a perfeita estrutura diadáctica, bem como a micro-estratificação cruzada nos depósitos siltico-arenosos. Esta é produzida por marcas onduladas.

Numerosos exemplos dessas estruturas geralmente referidos como sendo característicos de turbiditos, têm sido extensa e detalhadamente descritos por *Kuenen e Migliorini* (1950); *Kuenen* (1951a e 1951b); *Kuenen* (1957); *Dzulinski e Sanders* (1962); *Heezen e Hollister* (1964); *Kuenen* (1964); *Emery* (1964); *Plessman* (1961 e 1964); *Marschalcko* (1964), dentre outros pesquisadores.

#### c — Descrição resumida das estruturas sedimentares

A estratificação cruzada, verificada em diversos horizontes dos turbiditos de Rio Negro e Mafra, é via de regra de pequeno porte. Para sua caracterização preferimos empregar o termo microestratificação cruzada, de acôrdo com os critérios utilizados por *Hamblin* (1961) e algo modificados por um dos autores (*Salamuni*, 1964).

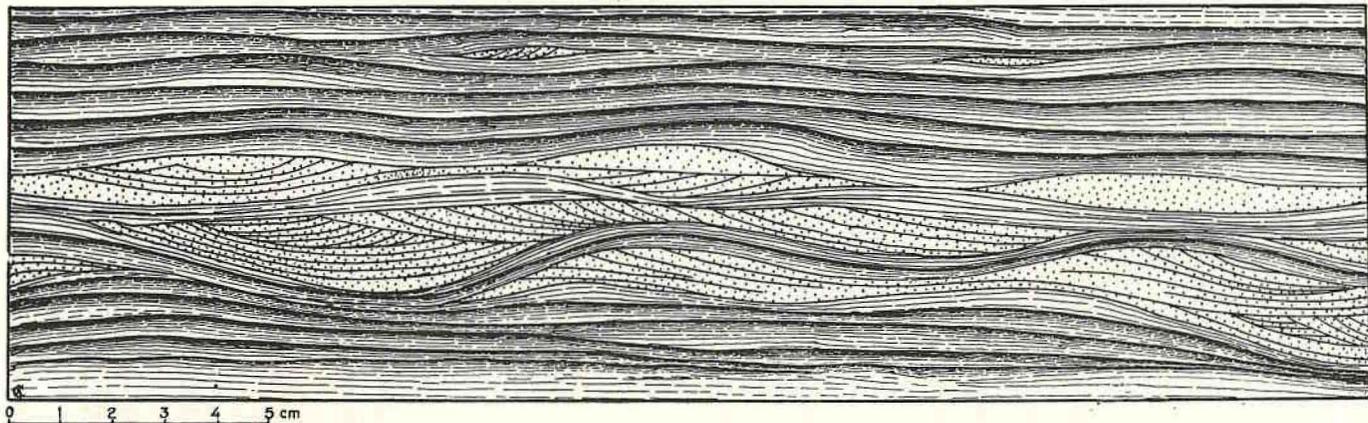


Fig. 6 — Detalhe da micro-estratificação cruzada nos depósitos silto-arenosos dos turbiditos, notando-se a predominância do tipo acanalado (Munic. de Rio Negro - Pr.).

Essas estruturas estão, normalmente, associadas com os sedimentos mais grosseiros da seqüência gradacional, i. e., siltitos e siltitos arenosos (fig. 6). Não resta dúvida que as mesmas estão aliadas com marcas onduladas de correntes (*current ripple marks*), correspondendo a fases de maior competência das correntes de turbidês. Nas camadas argilosas ocorrem apenas como exceções ocasionais.

Os depósitos argilosos geralmente se adaptam às superfícies onduladas, de tal sorte que em certas exposições, notadamente na localidade de Rio Branco, a primeira impressão é a de que essas marcas foram produzidas nas frações argilosas (fig. 7).

A estratificação cruzada é, na maioria dos casos, de tipo acanalado ou, então, de tipo misto, onde seqüências ou co-seqüências de tipo acanalado estão associadas com as de tipo planar.

Em parte, a micro estratificação cruzada, segundo a classificação de Allen (1963).

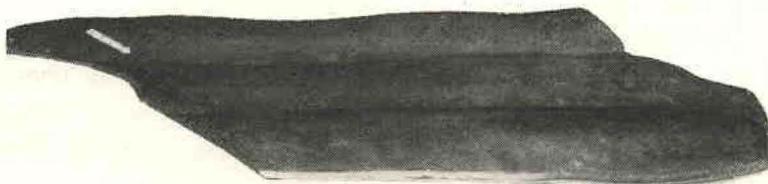


Fig. 7 — Marcas onduladas paralelas assimétricas, produzidas em siltitos arenosos. As camadas argilosas amoldaram-se às ondulações (Rio Branco - SC.).

Consideramos os dois tipos de estratificação cruzada, isto é, acanalada e a planar, no presente caso, como sendo derivadas de formas específicas de marcas onduladas, as quais seriam parcialmente paralelas assimétricas (fig 7), com interferências, e em parte linguóides.

A confirmação dêste ponto de vista depende, entretanto, de pesquisas mais detalhadas.

Outras estruturas, produzidas às expensas de correntes de turbidês, são aquelas representadas pelos turboglifos (*flute casts*). Essas estruturas tem sido objeto de um gran-

de número de pesquisas (Kuenen, 1957; Crowell, 1955; Dzulynski, Ksiazkiewicz e Kuenen, 1959; Spotts e Weser, 1964; Potter e Pettijohn, 1964, etc.), de maneira que não consideraremos aqui os seus detalhes, a não ser no que interessa especificamente àquela porção da Formação Itararé.

A sua verificação nos turbiditos desta última nem sempre é fácil, dependendo muito do estado do afloramento e da qualidade das exposições. Em geral os turboglifos ocorrem, mais caracteristicamente, como marcas de base.

Se bem que os mesmos tivessem sido encontrados em alguns horizontes, tanto nas seqüências gradacionais da área de Rio Negro-Mafra, como dos depósitos de Rio Branco, os exemplos melhor expressos e mais ilustrativos foram verificados nos arenitos, tanto silticos como finos, daquela área (fig. 8). Unitariamente, os tamanhos dos turboglifos são extremamente variáveis, desde poucos milímetros nos turbiditos de Rio Negro, até cerca de 20 cm nos da localidade de Rio Branco (fig. 9).

Conforme pode ser observado respectivamente nas figuras 8 e 9, os turboglifos da Formação Itararé podem ocorrer constituindo agrupamentos típicos ou, então, em unidades mais ou menos isoladas. Em ambos os casos, as direções das correntes são aparentemente coincidentes.

Embora as verificações não tenham sido conclusivas, relativamente à associação dos turboglifos com outras estruturas direcionais, foram encontrados alguns exemplos esparsos de ligação com estruturas convolutas e marcas de sulcos (fig. 10).

Nesse sentido, os autores acreditam que pesquisas mais minuciosas nessas estruturas importem numa complementação para a solução do problema das direções de transporte nas bacias subaquáticas da área.

Marcas de sulcos (*groove casts*) são mais ou menos abundantes em conjunção com os turbiditos inferiores de Rio Negro e Mafra.



Fig. 8 — Turboglifos em arenitos finos. A escala que indica a direção tem cerca de 5 cm. (Município de Mafra - SC.).



Fig. 9 — Turboglifos de grande porte em siltitos argilosos. O indicador da direção da corrente tem cerca de 5 cm (Rio Branco - SC.).

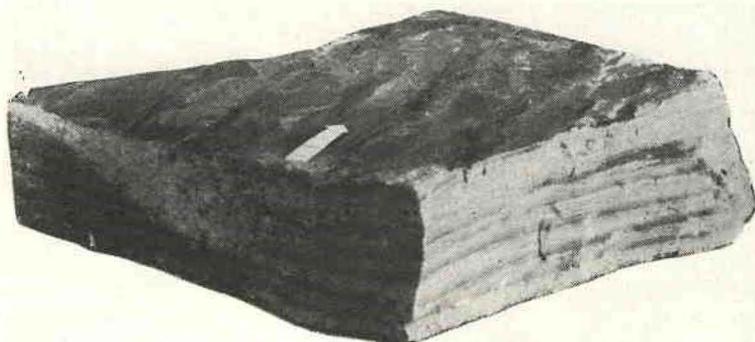


Fig. 10 — Negativos de marcas de sulco em turbiditos com estrutura diadática. O tópo da amostra acha-se voltado para baixo. O sentido da corrente é dado por pequenos turboglibos associados (Pedreira da Prefeitura, Rio Negro - Pr.).

Essas estruturas são melhor observadas na base das camadas, onde são mais características, ocorrendo quase que invariavelmente nos depósitos da fração argilosa.

A extrema variação nas dimensões das marcas de sulcos é ressaltada por *Kuenen* (1957:243). Igualmente, *Crowell* (1955:1358) descreve estruturas desse tipo com dimensões milimétricas (de 1 mm até pouco mais de 1 cm).

Nas ocorrências daquelas localidades, as referidas marcas apresentam-se isoladamente ou em grupos paralelos a subparalelos (figs. 10 e 11). São em geral relativamente extensas, com larguras em regra maiores que as profundidades. As larguras mais comuns situam-se entre 3 a 10 mm, enquanto que as profundidades normalmente não ultrapassam de 4 mm.

Os sulcos estão geralmente preenchidos com os depósitos silticos sobrepostos de maneira que, não raro, ocorrem sob a forma de contra-moldes bem preservados (fig. 12).

A opinião de *Crowell* (1955:1358) de que “os sulcos foram obviamente produzidos numa camada de argila ou lama por uma corrente carregada com grânulos, pequenos seixos”, etc., ao que tudo indica aplica-se aos casos verificados pelos autores.

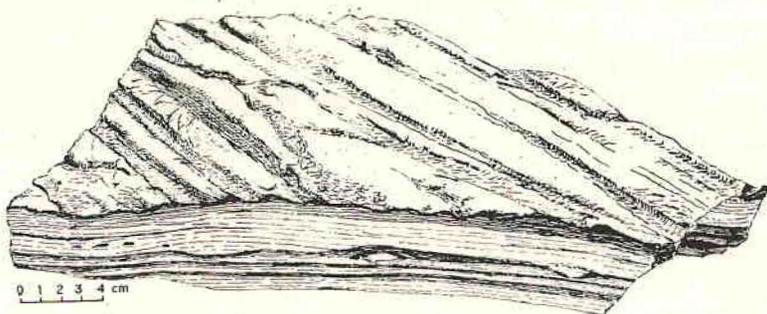


Fig. 11 — Marcas de sulcos, paralelas a subparalelas, na superfície de uma camada argilosa, mostrando as relações de largura, profundidade e extensão dos sulcos (Munic. de Rio Negro - Pr.).

Esse fato é suficientemente comprovado nos afloramentos de Rio Negro e Mafra, tendo em vista a incidência de material grosseiro nos sedimentos associados a tais marcas.

Nos referidos afloramentos, as estruturas em aprêço em geral constituem bons critérios direcionais.

Por seu turno, as estruturas convolutas estão melhor preservadas e mais bem expostas nos afloramentos de Rio Branco. Entretanto, além de terem sido constatadas, também, em alguns horizontes dos turbiditos inferiores de Rio Negro e Mafra, estão presentes em numerosos horizontes estratigráficos de litologias variadas, tais como siltitos, arenitos finos e folhelhos siltico-argilosos.

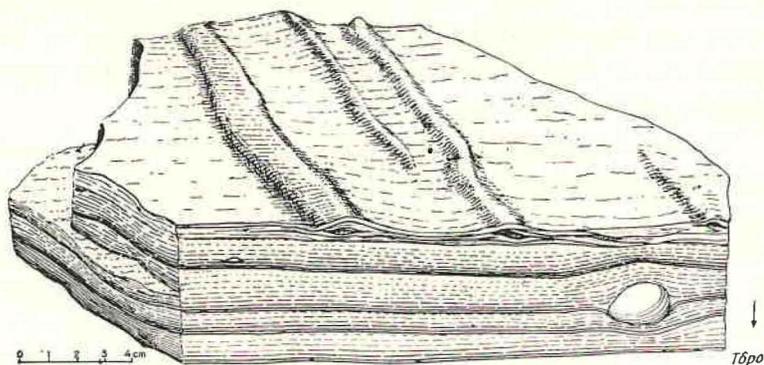


Fig. 12 — Detalhe da preservação de marcas de sulcos na base de uma seqüência diadática. Os sulcos estão preenchidos com sedimentos siltico-arenosos (Munic. de Rio Negro - Pr.).

Certas camadas convolutas da região foram estudadas por *Martin* (1964), que atribuiu a sua origem à ação mecânica do gelo (*Martin*, 1964:52).

As estruturas deformacionais do tipo convoluto têm sido detalhadamente estudadas por diversos pesquisadores, tais como *Dott* e *Howard* (1962), *Dzulynsk* e *Smith* (1963), *Ten Haaf* (1956), *Plessmann* (1961), *Sanders* (1960), *Potter* e *Pettijohn* (1964), entre inúmeros outros, os quais referem origens heterogêneas para as mesmas.

O fato das camadas convolutas serem freqüentemente confundidas com outras estruturas semelhantes, tem levado alguns autores (*Potter* e *Pettijohn*, 1964:152) a estabelecer uma diferenciação entre as primeiras e aquelas originadas por deslizamentos ou escorregamentos subaquáticos por gravidade.

Êsses dois tipos, cuja gênese é diferente, são comuns na Formação Itararé, desde São Paulo até Santa Catarina. Excelentes exemplos do segundo caso são verificados em Pôrto Feliz (São Paulo), descritos previamente por *Almeida* (1953) como estruturas de "deformações pelos gêlos", origem esta também invocada por *Martin* (1964) e, posteriormente, revistos por *Campos* (1963), o qual estabeleceu sua origem mais provável.

Os dois exemplos ocorrem, efetivamente, nos depósitos de Rio Negro e Mafra. Não obstante, referimos aqui apenas o caso das convolutas por serem de maior interesse no presente caso, se bem que não exclusivas dos depósitos gradacionais e folhelhos siltico argilosos.

Via de regra, essas estruturas estão confinadas entre camadas paralelas não deformadas (fig. 13). Num dado afloramento (por exemplo, no de Rio Branco) a sua extensão lateral apresenta uma persistência notável, culminando com sua passagem gradual para camadas normais. A espessura do horizonte convoluto mantém-se normalmente constante.

Não foi notada, em nenhum dos casos de estruturas convolutas da área em discussão, a presença de falhamentos constantes e numerosos ou, mesmo, o aspecto "empilhado" ou de

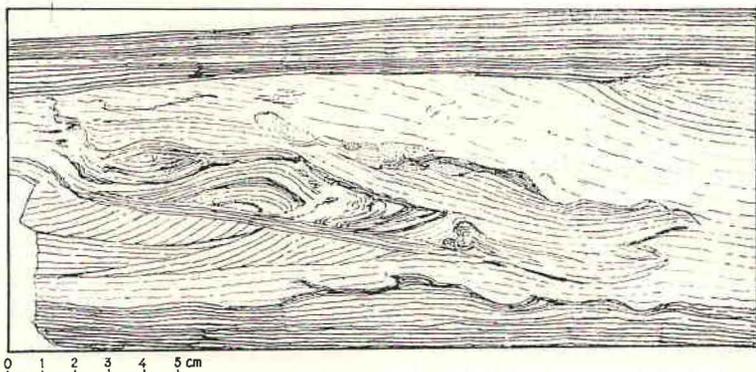


Fig. 13 — Camadas convolutas, confinadas entre estratos não deformados (Rio Branco - SC.).

disjunção, tão comuns nas estruturas de escorregamento ou deslizamento gravitacional, que tem exemplo notável em Pôrto Feliz (*Campos, 1963*).

Conforme exemplificam as figuras 12 e 14 em geral as pequenas dobras ostentam um aspecto recumbente, com as cristas orientadas segundo uma direção definida. Tal característica constitui uma regra geral para as convoluções verificadas nos turbiditos aqui discutidos.

Relacionamos as laminações convolutas, exclusivamente dos depósitos descritos neste trabalho, à ação das correntes densas.

As condições de plasticidade e ductilidade, requisitos "sine qua non" para o desenvolvimento de estruturas convolutas,



Fig. 14 — Detalhe de estruturas convolutas, mostrando a alternância entre lâminas silteicas e argilosas. A direção da corrente é, provavelmente, da direita para a esquerda (Rio Branco - SC.).

eram fornecidas pela associação alternante de camadas silticas e argilosas dessas unidades da Formação Itararé.

Embora localmente variáveis, as direções aparentemente preferenciais dessas estruturas são para SSW e SW.

No entanto, a confirmação das propriedades direcionais das mesmas depende de pesquisas específicas, mais pormenorizadas.

Além das estruturas até agora descritas, foram constatadas outras também de cunho direcional. Estas são aqui referidas como marcas de empuxo (fig. 15), as quais ocorrem tipicamente nos sedimentos da fração argilosa a siltico-argilosa. Marcas dessa natureza não foram encontradas em depósitos mais grosseiros que aquelas frações.

Consistem de corrugações de aspecto semi-circular em geral dispostas paralelamente. A parte convexa das mesmas orienta-se na direção da corrente.

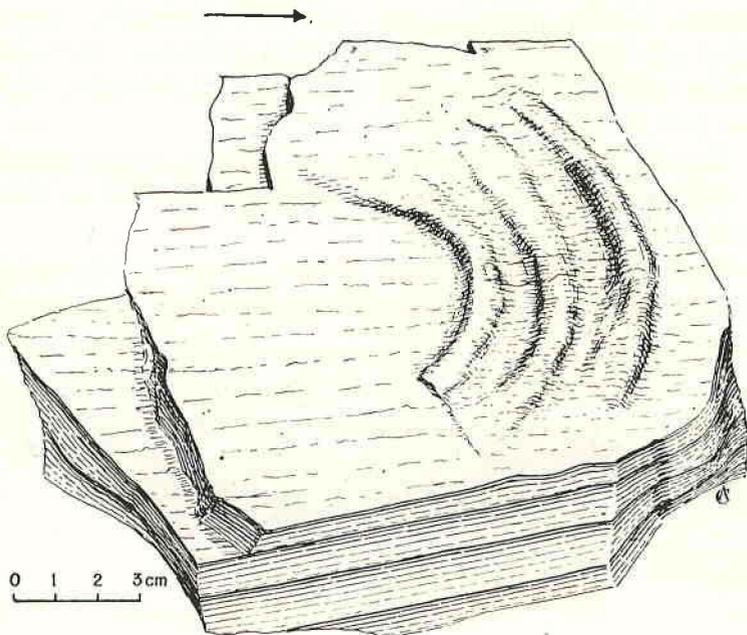


Fig. 15 — Estruturas de empuxo na superfície de uma unidade argilosa de turbidito. Essas marcas constituem, em geral, bons critérios direcionais. A seta indica a direção da corrente. (Munic. de Rio Negro - Pr.).

As extremidades de cada unidade mergem suavemente nos depósitos circunjacentes. Em algumas instâncias, foram observadas pequenas lineações em associação com as marcas de empuxo. Essas lineações dispõem-se normalmente à forma daquelas estruturas e paralelamente à direção da corrente. Na figura 15 as referidas lineações estão representadas em escala algo exagerada. Cumpre referir que a direção indicada na figura é inferida.

As demais estruturas verificadas consistem de um grande número de marcas basais, de caráter não muito bem definido. Algumas são, aparentemente, relacionadas com estruturas de formacionais, enquanto outras lembram marcas de recalque (*load casts*).

De modo geral essas marcas não se prestam como indicadores de direção.

### AS DIREÇÕES DE TRANSPORTE

Os dados até agora disponíveis, quanto às direções de transporte, referem-se unicamente a algumas das estruturas acima mencionadas. Pôsto que os vários elementos coligidos pelos autores, tais como orientação dos grãos nos turbiditos, fábrica dos diamictitos, informações complementares sobre estruturas direcionais, exame das lineações de partimentos nos arenitos, entre outros, ainda estão sendo elaborados, certamente os resultados ora apresentados são provisórios.

As marcas de sulcos, não obstante algumas direções discrepantes locais, mostram uma tendência Norte-Sul ou NNE-SSW. Essa mesma tendência é mostrada pelas marcas de empuxo, embora não associadas com as primeiras. Da mesma forma, os turboglifos medidos são geralmente coincidentes com aquelas direções.

As medições preliminares, levadas a efeito em diamictitos sobrepostos à seqüência rítmica inferior, mostram direções N-S, NNE-SSW e NE-SW as quais são igualmente concordantes com os dados dos turbiditos.

Apesar de considerarmos incompletos os resultados obtidos até o momento, as direções verificadas concordam, em linhas gerais, com aquelas referidas por *Leinz* (1937:32).

Essa mesma coincidência generalizada é observada, também, com os dados fornecidos por *Maack* (1946:180), relativos aos diamictitos do sul do Paraná.

As pesquisas mais recentes de *Martin* (1964), quanto às “deformações dos sedimentos glaciais causadas pelo movimento do gelo”, mostram direções de transporte entre NNE-SSW, para a região Rio Negro-Mafra. As verificações dêsse autor (*Martin*, 1964:51) nessa região estendem-se até a localidade de Rio Branco.

As unidades sedimentares da região Rio Negro-Mafra, bem como aquelas ao sul da mesma, apresentam mergulhos constantes para SW e SSW, conforme nivelamentos de precisão ali efetivados (*Marques, Salamuni e Sobanski*, 1965). A espessura das camadas aumenta gradativamente para aqueles quadrantes, isto é, em direção ao suposto eixo da bacia sedimentar subaquática.

Este fato parece explicar, ao menos parcialmente, o fluxo preponderante das correntes naquelas direções.

As interpretações dadas aqui diferem daquelas de *Martin* (1964), não obstante a concordância de resultados. As deformações não estão diretamente ligadas à ação mecânica do gelo, mas sim a fenômenos subaquáticos, principalmente correntes de turbidês e deslizamentos (*slumping*). Não excluimos, porém, a ação do gelo flutuante o qual, ao tocar nos sedimentos não consolidados do fundo ocasiona, igualmente, estruturas deformacionais com certa tendência direcional para o eixo da bacia.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A estrutura diadáctica perfeita e outras estruturas primárias de sedimentação anteriormente analisadas, associadas aos varvitos de Rio Negro e Mafra, bem como aos depósitos rítmicos de Rio Branco (SC), indicam que os mesmos foram originados por correntes de turbidês.

De acôrdo com *Kuenen* (1951 a), foi *DeGeer*, em 1910, quem primeiramente referiu a origem dos varvitos a “correntes de fundo”, carregadas de sedimentos. Se bem que *De Geer* não tivesse feito alusão a correntes de turbidês, é evidente a sua intenção de explicar as “varvas” por uma deposição dêsse tipo. Essas idéias não foram integralmente aceitas pelos pesquisadores da época.

Entretanto, os detalhados estudos experimentais de *Kuenen e Migliorini* (1950) sôbre as causas da estratificação gradacional e, posteriormente, a extensão dêsses conceitos na explicação das “varvas” atuais (*Kuenen*, 1951 a e 1951 b), serviram de subsídios para definir concretamente o problema da origem daquêles sedimentos rítmicos.

Êste assunto foi objeto de um grande número de pesquisas, na última década, as quais adicionaram dados valiosos particularmente no que diz respeito às estruturas dêsses sedimentos. (*Dzulinski, Kziaskiewicz e Kuenen*, 1959; *Heezen e Hollister*, 1964; *Marschalko*, 1964; *Plessmann*, 1964; *Kuenen*, 1964).

Dessa maneira, com base nos trabalhos de *Kuenen* (op. cit.) e de outros pesquisadores, as evidências sumariamente analisadas na presente contribuição, endossam os resultados daquêle autor, mostrando que também nos varvitos da glaciação paleozóica da Bacia do Paraná são encontrados indícios comprobatórios de deposição por correntes de densidade.

Além disso, releva notar que tais indícios não se limitam aos varvitos, sendo encontrados igualmente em outros sedimentos da área aqui discutida, sugerindo a influência generalizada dêste agente de sedimentação naquela região.

A origem das correntes densas, em circunstâncias grosso modo similares àquelas que nortearam o complexo deposicional da Formação Itararé, tem sido objeto de minuciosas pesquisas por parte do autor acima mencionado (1951 a e 1964). As variações sazonais, cíclicas, responsáveis pelo degêlo, eram em última análise o mecanismo primordial que acionava as correntes de turbidês para os grandes corpos de água, na região aqui discutida.

No entanto, o comportamento dessas correntes, na fase Itararé, não é suficientemente claro. As possibilidades apontadas por *Kuenen* (1951a:72), no caso das geleiras quaternárias, ilustram as dificuldades de interpretação que são sentidas, evidentemente, em maior escala com a glaciação do Paleozóico Superior: a) — as águas de degêlo subiriam à superfície, espalhar-se-iam em grandes distâncias e depositariam sua carga de sedimentos através das águas calmas inferiores; b) — tôda a carga sedimentar era carregada o longo do fundo e depositada a partir da corrente de turbidês; c) — as águas de degêlo se espalhavam gradualmente, misturando-se com todo o conjunto de águas calmas; d) — a efetividade de um dêesses processos dependeria da salinidade do lago ou mar, ou então dominava uma combinação dos mesmos.

Em geral, *Kuenen* (op. cit.) admite o último ponto de vista, cuja viabilidade poderia ser invocada para os turbiditos da região Rio Negro-Mafra.

Entretanto, parece-nos importante ressaltar que diversas evidências, coligidas nêstes turbiditos, indicam a ocorrência periódica de correntes densas de fundo. Essas conclusões baseiam-se, particularmente, nas estruturas sedimentares de correntes e outras marcas de cunho direcional.

Outro ponto transcendental, que merece pesquisas futuras, é o comportamento alternado das correntes densas em função do aumento gradual da salinidade nos ambientes subaquáticos de Rio Negro-Mafra, que culminava nas fácies marinhas intercaladas nos turbiditos. A floculação e a defloculação progressiva das argilas, pode ser perfeitamente acompanhada nos horizontes imediatamente sotopostos e sobrepostos às camadas marinhas.

Por último, as conclusões relacionadas às direções de transporte, naquela área, devem ser consideradas preliminares, sendo baseadas nas propriedades direcionais das estruturas sedimentares dos turbiditos e de alguns diamictitos.

De modo geral, elas corroboram os resultados obtidos por outros pesquisadores (*Leinz*, 1937; *Maack*, 1946; *Martin*, 1964; *Loczy*, 1964). Todavia, as seqüências deposicionais e as estrutu-

ras a elas associadas, não são conclusivas e nem indicativas quanto a deformações causadas pela ação mecânica das geleiras, ao menos na área aqui descrita.

Contudo, admitimos que muitos dos conceitos, ora emitidos, requerem pesquisas e dados complementares para a sua caracterização definitiva.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho de Pesquisas da Universidade Federal do Paraná, bem como ao auxílio do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, durante os trabalhos de mapeamento da área de Rio Negro e Mafra.

### BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, J. R. L. — 1963 — *The classification of cross-stratified units with notes on their origin*. Sediment., nº 2, pp. 93-114.
- ALMEIDA, F. F. M. — 1953 — *Deformações causadas pelos gelos na Série Tubarão em São Paulo*. D.N.P.M., D.G.M., Bol. 64, pp. 1-8.
- BEURLEN, K. — 1953 — *Estratigrafia e paleogeografia das formações Gondwânicas no sul do Brasil*. D.N.P.M., D.G.M., Notas Prel. Est., nº 59, 10 pp.
- BOUMA, A. H. — 1964 — *Turbidites*. In Bouma and Brouwer, Turb., Elsevier, pp. 246-256.
- CAMPOS, A. C. ROCHA — 1963 — *Deformações penecontemporâneas em sedimentos glácio-lacustres do Grupo Tubarão*. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 12, nºs 1 e 2, pp. 49-56.
- CARVALHO, P. F., MIRANDA, J. e ALVIM, P. A. — 1942 — *Geologia de Mafra*. D.N.P.M., D.G.M., Bol. 105, pp. 41.
- CROWELL, J. C. — 1955 — *Directional-current structures from the Prealpine Flysch, Switzerland*. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 66, nº 11, pp. 1351-1384.
- DOTT JR., R. H. and HOWARD, J. K. — 1962 — *Convolute lamination in non-grad sequences*. Jour. Geol., vol. 70, pp. 114-120.
- DZULINSKI, S., KZIAZKIEWICZ, M. and KUENEN, Ph. H. — 1959 — *Turbidites in flysch of the Polish Carpathian Mountains*. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 70, pp. 1089-1118.
- and SANDERS, J. E. — 1962 — *Current marks on firm mud bottoms*. Trans. Conn. Acad. Arts and Sci., vol. 42, pp. 57-96.

- and SMITH, A. J. — 1963 — *Convolute lamination, its origin, preservation, and directional significance*. Jour. Sed. Petrol., vol. 33, pp. 616-627.
- EMERY, K. O. — 1965 — *Turbidites — Precambrian to present. Woods Hole Ocean. Inst., Contr. nº 1423*, pp. 486-495.
- FAIRBRIDGE, R. W. — 1947 — *Possible causes of intraformational disturbances in the Carboniferous varve rocks of Australia*. Jour. Proc. Royal Soc. N. S. Wales, Vol. LXXXI, p. 1, pp. 99-121.
- FLINT, R. F., SANDERS, J. E. and RODGERS, J. — 1960 — *Diamictite, a substitute term for symmictite*. Bull. Geol. Soc. Am., vol. 71, nº 12 (1), pp. 1809-1810.
- GOULD, H. R. — 1951 — *Some quantitative aspects of Lake Mead turbidity currents: A Symposium*, Soc. Econ. Paleont. Min., Sp. Publ. nº 2, pp. 34-52.
- HAMBLIN, K. — 1961 — *Micro-cross lamination in Upper Keweenaw sediments of Northern Michigan*. Jour. Sed. Petrol., vol. 31, nº 3, pp. 390-401.
- HEEZEN, B. C. and HOLLISTER, C. — 1964 — *Turbidity currents and glaciation: in Nairn, Problemas in Paleoclim., Intersc. Publi, J. Wiley & Sons*, pp. 99-109.
- KUENEN, Ph. H. and MIGLIORINI, C. I. — 1950 — *Turbidity currents as a cause of graded bedding*. Jour. Geol., vol. 58, pp. 91-127.
- 1951 a — *Mechanics of varve formation and the action of turbidity currents*. Geol. Fören. Förhandl. Bd. 73, pp. 69-84.
- 1951 b — *Turbidity current as the cause of glacial varves*. Jour. Geol., vol. 59, nº 5, pp. 507-508.
- 1957 — *Sole markings of graded graywacke beds*. Journ. Geol., vol. 65, nº 3, pp. 231-258.
- 1964 — *Deep-sea sands and ancient turbidites: in Bouma and Brouwer, Turbidites, Elsevier*, pp. 3-33.
- LANGHE, F. W. — 1954 — *Estratigrafia e idade geológica da Série Tubarão*. U. P., Arq. Mus. Paran., Nova Série, Geol. 2, 22 pp.
- LEINZ, V. — 1937 — *Estudo sobre a glaciação Permocarbonífera do sul do Brasil*. D.N.P.M., S.F.P.M., Bol. 21, 47 pp.
- LOCZY, L. de — 1964 — *Problemas da Estratigrafia e Paleogeografia Carbonífera da Bacia do Paraná*. D.N.P.M., D.G.M., Bol. 214, pp. 113.
- MAACK, R. — 1946 — *Geologia e Geografia da região de Vila Velha (Paraná) e Considerações sobre a glaciação Carbonífera no Brasil*. Arq. Mus. Paran., vol. V, pp. 305.
- MARQUES Fº, P. L., SALAMUNI, R. e SOBANSKI, A. — 1965 — *Contribuição à Geologia da área Rio Negro-Mafra (Pr.-SC)*. IGUP, XIX Congr. Bras. Geol., Mimeogr., 25 pp.
- MARTIN, H. — 1964 — *The directions of flow of the Itarerá ice sheets in the Paraná Basin, Brazil*. Bol. Paran. Geogr. nº 10-15, pp. 25-76.

- MENDES, J. C. — 1962 — *Problemas Paleogeográficos e Estratigráficos do Grupo Tubarão (Carbonífero Superior)*. Bol. Soc. Bras. Geol., vol. 11, nº 2, pp. 71-74.
- MARSCHALCO, R. — 1964 — *Sedimentary structures and paleocurrents in the marginal lithofacies of the Central-Carpathian flysch*: in Bouma & Brouwer, *Turbidites*, Elsevier, pp. 106-126.
- PLESSMANN, W. — 1961 — *Strömungsmarken in klastischen Sedimenten und ihre Geologische Auswertung*. Geolog. Jahrb., Band 78, pp. 503-566.
- 1964 — *Turbidite in der Rechtsrheinischen Geosyncline*: in Bouma and Brouwer, *Turbidites*, Elsevier, pp. 137-141.
- POTTER, P. E. and PETTIJOHN, F. J. — 1963 — *Paleocurrents and Basin Analysis*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 296.
- SALAMUNI, R. — 1964 — *Novas observações sobre estruturas sedimentares rítmicas no Permiano Paranaense*. Bol. Paran. Geogr., nºs 10-15, pp. 179-199.
- SANDERS, J. E. — 1960 — *Origin of convoluted laminae*. Geol. Mag., vol. 97, pp. 409-421.
- SPOTTS, J. H. and WESER, O. E. — 1964 — *Directional properties of a Miocene turbidite, California*: in Bouma & Brouwer, *Turbidites*, Elsevier, pp. 199-221.
- TEN HAAF, E. — 1956 — *Significance of convolute lamination*. Geol. em Mijnbouw., vol. 18, pp. 188-194.