

## NOVA OCORRÊNCIA DE ROCHA MOUTONNÉE EM SALTO, SP.

Por

SÉRGIO ESTANISLAU DO AMARAL

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

### ABSTRACT

A new occurrence of roche moutonnée is described near Salto, State of São Paulo. It is located at the north side of a small valley, carved on Precambrian granitic basement, partially filled with tilités. The striations, as well as the geological and topographical situations confirm the direction of the ice, mentioned in previous publications about another moutonnée located 340 meters at NW of present occurrence.

### RESUMO

Uma nova ocorrência de rocha moutonnée é descrita no Estado de São Paulo (Salto), situada na margem norte de uma pequena depressão alongada segundo E-W. Tal depressão é esculpida no embasamento granítico pré-cambriano e parcialmente preenchida por tilito. As estrias existentes, bem como a configuração geológica e topográfica do embasamento confirmam a direção do movimento do gelo, estudada anteriormente.

### INTRODUÇÃO

A presente nota tem a finalidade de divulgar a descoberta de uma segunda ocorrência de rocha moutonnée no Estado de São Paulo. Foi encontrada durante os trabalhos de campo realizados pela turma do 3.º ano do Curso de Geologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da U.S.P. Na ocasião contamos com a presença dos alunos José Carlos Maggi e José Oscar Ale Laurino, que muito nos ajudaram na tarefa de procurar estrias e medi-las sobre a escarpada e escorregadia superfície alisada pelo gelo. Somos portanto

gratos aos referidos colegas de trabalho. Ao Prof. Dr. Viktor Leinz, a nossa gratidão pela leitura cuidadosa e pelas críticas construtivas, que muito melhoraram o presente trabalho, bem como, ao Prof. Dr. Setembrino Petri, pelas suas sábias e oportunas correções do texto. Para a realização desta nota valemo-nos do auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, a quem consignamos os nossos sinceros agradecimentos.

### LOCALIZAÇÃO

Como se vê na fig. 1, a nova ocorrência situa-se a 340 metros a SE da primeira ocorrência, descoberta por MARGER GUTMANS e estudada com pormenores por ALMEIDA (1948). Infelizmente, pouco tempo depois foi esta impiedosamente dilapidada pelos canteiros, que certamente desconheciam o valor científico do precioso monumento da glaciação permo-carbonífera. Restam agora somente uns poucos metros quadrados da superfície estriada. A presença de planos de diaclases impede o seu aproveitamento para a retirada de blocos grandes, motivo pelo qual ainda se conserva até o momento. O acesso à nova ocorrência se faz pelo leito da via férrea pertencente a uma fábrica de papelão.

### SITUAÇÃO GEOLÓGICA

Tal como a moutonné anteriormente estudada, a nova ocorrência acha-se situada no contacto do embasamento pré-cambriano com as rochas glaciais do Grupo Tubarão, representadas aqui também por tilitos, cuja descrição será feita adiante. O contacto foi observado em quase tôda a sua extensão, no decorrer dos trabalhos de campo. Umhas poucas dezenas de metros destituídas de afloramentos puderam ser facilmente demarcadas com o auxílio das fotografias aéreas em par estereoscópico, que mostra claramente as áreas sedimentares em contraste com a área granítica. Enquanto naquela a topografia é mais suave, nesta é mais escarpada, com morrotes de cêrca de 30 a 40 metros de desnível. São bem nítidos os afloramentos e os grupos de mações graníticos na fotografia aérea. Adotamos a demarcação traçada para os contactos a fim de distingui-los do traçado da drenagem, na maior parte das vêzes coincidente com a linha do contacto.

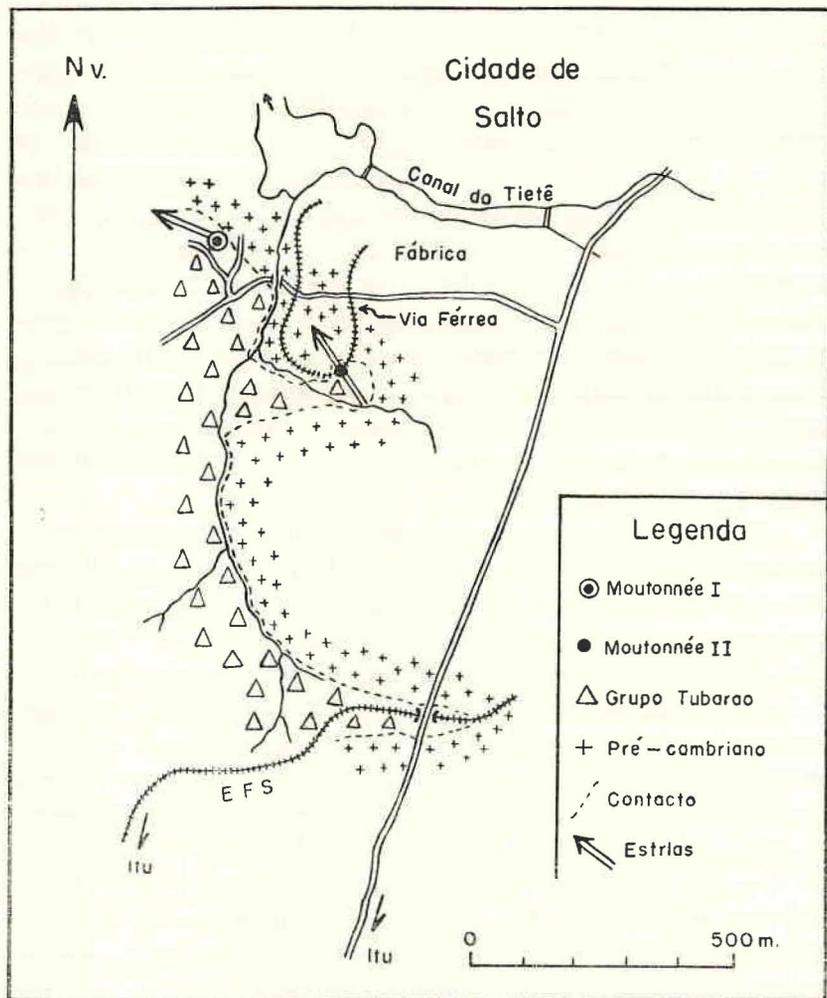


Fig. 1 — Mapa da localização da rocha moutonnée estudada, próxima à estrada de rodagem Itu-Salto. Note-se a coincidência parcial da drenagem com o contacto dos sedimentos glaciais (Grupo Tubarão) com o embasamento pré-cambriano. As setas indicam o sentido do movimento do gelo, que na ocorrência aqui descrita acha-se a  $45^\circ$  em relação ao rumo da depressão E-W, onde se situa a nova moutonnée (Moutonnée II). A diferença de nível entre ambas é de cerca de 5 metros, achando-se a moutonnée I topograficamente abaixo.

O exame das fotografias aéreas e em parte da própria paisagem "in situ" mostra claramente a existência de um antigo vale glacial, fato já citado por ALMEIDA (1948). Acha-se esculpido no granito róseo, que constitui o embasamento de grande parte da região estudada. Chamamos a atenção para a coincidência do rumo geral do citado vale, pelo menos em alguns trechos, com o rumo das estrias de ambas as moutonées, fato que vem corroborar a idéia da existência pretérita de uma antiga depressão por onde deslizava o gêlo. Diversos outros vales, esculpidos no embasamento, são observados na fotografia aérea, com nítido paralelismo com o vale principal da fig. 1. Além disso, o granito exhibe nítido alinhamento, decorrente do agrupamento dos matacões em zonas orientadas segundo NW. No entanto, como a direção tectônica da região é caracterizada por falhamentos orientados para NW, coincidente com a das estrias e dos citados vales, fica aberto o problema referente à sua origem, bem como, do alinhamento dos blocos graníticos.

Na área onde ocorre a moutonnée aqui descrita, observa-se a existência de uma pequena depressão E-W preenchida parcialmente pelo tilito. Esta pequena depressão antiga do assoalho coincide em parte com a drenagem atual, como se observa na fig. 1. Tudo indica tratar-se de um pequeno vale subordinado ao maior, esculpido antes da deposição do tilito, que por sua vez, originou-se das massas de gêlo que caminhavam para NW, conforme atestam as estrias gravadas na moutonnée anexa ao pequeno vale. Admitimos que numa fase posterior à deposição do tilito as águas de degêlo escoaram-se ao longo dêste vale, ocasionando verdadeira lavagem do então til prèviamente depositado, que tudo indica ter sofrido a ação do re-trabalhamento aquoso. Esta afirmação fundamenta-se na sua análise granulométrica e na orientação preferencial dos seixos, com o maior eixo paralelo à direção do citado vale E-W. Dos vários seixos alongados que observamos nenhum possui o maior eixo paralelo à direção das estrias, muito embora HOLMES (1941, pág. 1332) tenha verificado no seu clássico trabalho a êste respeito, que, dependendo da forma do seixo, êste poderá girar de 90° e manter-se com o maior eixo perpendicular ao sentido do movimento da geleira. Tal ocorre com os seixos de forma romboedral. Êste citado trabalho de Holmes, onde foram estudados alguns milhares de seixos, vem in-

validar a crítica apresentada por PAIVA (1938) ao trabalho de LEINZ (1937), que adotou a mesma técnica de Holmes ao estudar o problema do movimento do gêlo. Lembramos aqui do interesse do estudo pormenorizado da forma dos seixos alongados que levaram Leinz a concluir sôbre o rumo do gêlo para SW, ou seja, a 90° do rumo das estrias existentes na pequena área onde ocorrem as moutonnées.

No nosso estudo, uma afirmação segura neste sentido exigiria grande número de observações, o que foge à finalidade desta nota. Acreditamos mais é que a orientação dos seixos, por nós observados, ou seja, paralela à da citada depressão E-W, decorre do retrabalhamento após a deposição do til pelas águas de degêlo, como já referimos. Corroborando esta idéia lembramos que o tilito apresenta-se bem selecionado na sua granulação, e evidencia por vêzes ligeira estratificação, fatos que vêm a favor da nossa interpretação.

### DESCRIÇÃO DA MOUTONNÉE

Esta nova ocorrência em nada se parece à antiga, cuja forma espetacular acha-se bem ilustrada no trabalho de ALMEIDA (1948). Julgamos oportuna a reprodução de uma foto gentilmente cedida em 1951 pelo já desaparecido J. L. RICH. No nosso caso não se nota a configuração assimétrica característica do trabalho erosivo da geleira, como se observava na antiga (foto 1). Apresenta, contudo, superfícies esparças com nítido polimento. Acham-se conservadas nas partes mais íngremes, onde provávelmente é menos intensa a ação destruidora do intemperismo químico, que já destruiu o polimento nas partes expostas menos escarpadas.

O bloco granítico maior, observado na foto n. 2, certamente deve a sua forma abaulada ao desgaste glacial, pois, tudo indica ter sido recente a sua denudação. A pouco mais de 10 metros a NE, ainda junto à via férrea, ocorre outro bloco, separado do primeiro por uma depressão irregular do embasamento. Acha-se seccionado pelo corte da estrada. Tudo indica que o tilito foi removido artificialmente dêste segundo bloco, motivo pelo qual acham-se conservadas algumas estrias na sua face superior (fig. 2). São raras, pouco nítidas e não excedem a 40 cm de comprimento. Apresentam-se

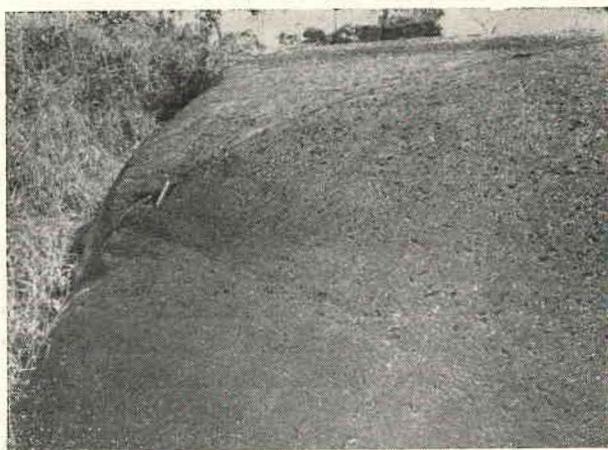


Foto 1 — Foto de John L. Rich da primeira moutonnée, já destruída. Percebe-se nitidamente o brilho ocasionado pelo polimento glacial, bem como, as estrias e parte do lado abrupto (à esquerda), que se situa a jusante do movimento do gelo. Julgamos oportuno repetir a publicação desta ocorrência, homenageando ao mesmo tempo a memória do grande geólogo que a fotografou.

como sulcos de poucos milímetros de profundidade por menos de um centímetro de largura, na sua maior parte. A direção delas varia de  $N35^{\circ}W$  (parecem ser estas as mais conspícuas) a  $N60^{\circ}W$ . As que observamos não mostram o sentido do movimento do gelo. As estrias ainda existentes nos restos da primeira moutonnée mostram nitidamente o sentido do movimento para  $N55^{\circ}W$ , portanto, um pouco desviadas do rumo geral determinado por ALMEIDA. No nosso caso, a posição do antigo vale glacial não deixa dúvida quanto ao sentido do movimento. E' improvável a existência da face mais abrupta a jusante, como ocorria na primeira ocorrência (foto 1), pois a poucos metros a NW da ocorrência aflora o granito, já destituído das marcas erosivas do gelo.

*Probabilidade de novos achados de moutonées:* como já referimos, a superfície granítica alisada, recentemente exposta às intempéries, conserva a marca do alisamento somente em pequenas áreas das partes mais íngremes. Todo o resto da superfície acha-se como

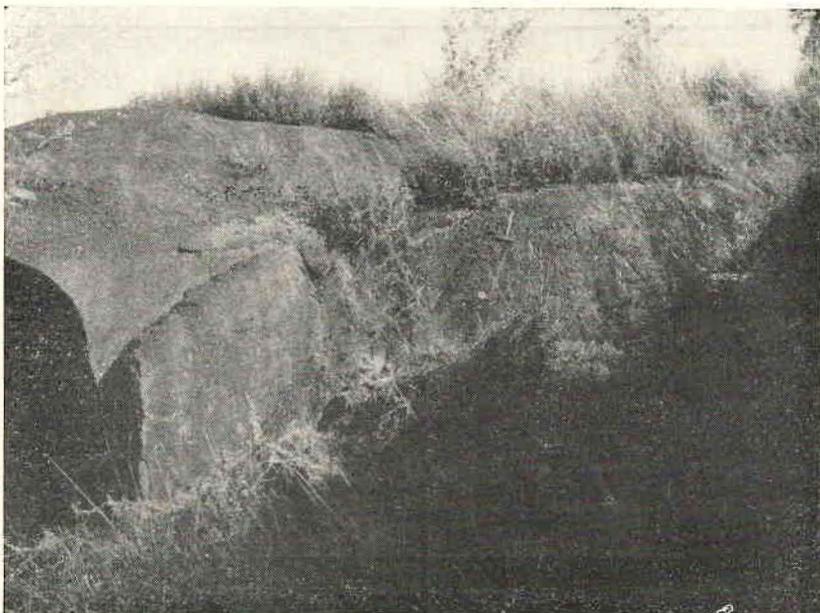


Foto 2 — Exposição de granito esculpido pela erosão glacial. À direita do martelo percebe-se o reflexo do sol sôbre a superfície escarpada que ainda conserva o polimento produzido pela geleira.

que carcomido, gasto pelo rigor do intemperismo químico. No decorrer da demarcação dos contactos do embasamento com o glacial examinamos atentamente grande número de blocos graníticos situados a poucos metros do sedimento, não tendo sido encontrado vestígio algum da ação erosiva das geleiras. Julgamos assim ser pequena a probabilidade da descoberta de novas ocorrências expostas por processos naturais, pelo menos na região estudada.

#### DESCRIÇÃO DO TILITO

O tilito acha-se exposto ao longo do corte da via férrea numa extensão de cerca de 30 metros, prolongando-se até ao pequeno córrego situado ao sul da ocorrência. A oeste do córrego não se observa afloramento, mas a fotografia aérea não deixa dúvidas do prolongamento do tilito, que deve ocupar tôda a depressão E-W observada no mapa. Determinamos a espessura de 8 metros, desde a sua base, no pequeno córrego, até ao tôpo, sôbre a moutonée.

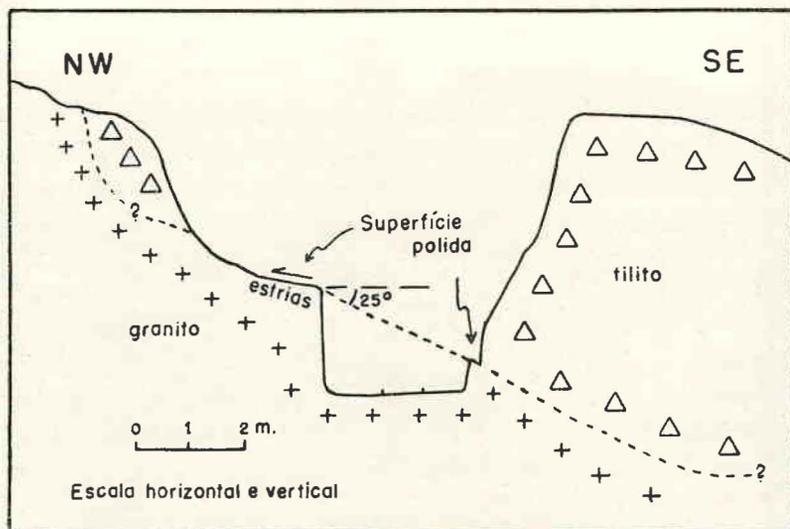


Fig. 2 — Perfil hipotético através da exposição observada no corte da estrada de ferro. A direção do perfil, coincidente com a das estrias, mostra o substrato acidentado por onde ascenderam as massas de gelo no seu movimento de SE para NW.

Sua cor é creme a amarelada. Apresenta em certas zonas ligeira estratificação. Os seixos distribuem-se de modo bastante irregular, ora concentrados em pequena área da exposição, perfazendo cerca de 30% da rocha, ora extremamente raros, em áreas alongadas horizontalmente, de mais de 1 m<sup>2</sup>. A foto 3 mostra uma pequena parte onde é mais nítida a estratificação, paralela à superfície granítica do assoalho.

*Distribuição granulométrica:* a porcentagem de seixos é ao redor de 5%, o que avaliamos pelo método comparativo de GRENGG, citado por NIGGLI (1954, pág. 196). O tamanho mais frequente é ao redor de 5 cm, ocorrendo raros seixos de 30 a 50 cm de diâmetro. A matriz é bastante arenosa no seu aspecto macroscópico, fato comprovado pela determinação granulométrica. Nesta determinação não foi possível a obtenção de resultados precisos, graças à dificuldade de uma desagregação completa, tendo sido necessária a devida correção, o que introduz aumento no erro. A curva acumu-

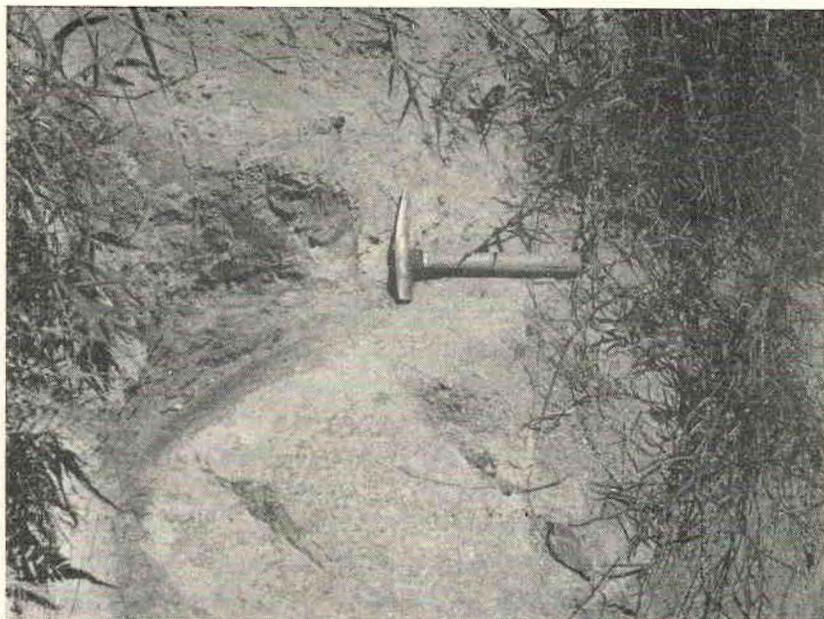


Foto 3 — Superfície do granito polido inclinada para SE, logo à esquerda do martelo, tendo por cima o tilito. Note-se a sua ligeira estratificação e a presença de alguns seixos.

lativa exhibe acentuada declividade, denotando a seleção anormalmente boa (ao redor de 1,7) para os tilitos. A mediana é também elevada, de cerca de 0,13 mm, com boa simetria dos quartéis. O teor de argila é inferior a 5%, o que foi determinado pelo processo da pipetagem. O cômputo geral aproximado, em cifras arredondadas, obtido por interpolação dos valores da escala de Wentworth na curva acumulativa, é o seguinte:

Seixos e grânulos (maior que 2 mm)	— 5%
Areia (entre 2 e 0,062 mm)	— 70%
Silte (entre 0,062 e 0,004 mm)	— 20%
Argila (inferior a 0,004 mm)	— 5%

A comparação destes dados granulométricos, bem como da curva acumulativa, com os de KRUMBEIN (1933), que estudou os tils

de Valparaíso, ao sul do lago Michigan, E.U.A., comprova o re-trabalhamento do tilito de Salto, pois êle é bem selecionado, simétrico, unimodal e com a mediana bem maior do que as determinadas por Krumbein e ao mesmo tempo, bem diferentes sob o ponto de vista granulométrico dos tilitos estudados por LEINZ (1937).

Complementando os estudos texturais, chamamos a atenção para o elevado grau de arredondamento dos componentes arenosos. A grande maioria dos grãos maiores que 0,250 mm apresenta-se com bom arredondamento. Os grãos entre 0,250 e 0,150 mm são bem arredondados e sub-angulosos, aproximadamente nas mesmas proporções. Finalmente, os grãos entre 0,150 e 0,100 ainda mostram pequena porcentagem de grãos bem arredondados, sendo os demais angulosos a sub-angulosos, segundo o critério de PETTIJOHN (1957, pág. 59). Entre os minerais pesados notamos duas categorias de formas para o zircão, os prismáticos e os bem arredondados, junto à areia fina. Estas formas vêm indicar que os sedimentos glaciais foram em parte formados a partir de antigas rochas sedimentares já retrabalhadas anteriormente. Segundo os tratados da Sedimentologia, tanto o zircão como os grãos de quartzo menores que 0,2 mm requerem longo percurso para se arredondar.

*Natureza dos componentes:* a) Seixos — predominam largamente os seixos de quartzito, muito comumente exibindo a antiga estratificação. Muito embora o tilito se encontre circundado pelos granitos róseos, que ocupam vasta área ao redor da ocorrência, não vimos um seixo sequer deste tipo de granito. O único seixo de granito róseo observado é rico em máficos, o que não se verifica com os da região. Fato interessante é o da predominância de seixos graníticos no tilito da moutonnée vizinha, segundo ALMEIDA (obra citada). Não sabemos explicar esta discrepância para ocorrências tão próximas. Em quantidade subordinada ocorrem seixos de rochas xistosas e alguns muito raros de rochas ígneas porfiríticas, semelhantes a quartzo-pórfiro ou dacito.

b) Matriz: — na fração arenosa predominam os grãos de quartzo. Os feldspatos perfazem cerca de 30% do total, ocorrendo com certa frequência os plagioclásios sódicos. Ocorrem comumente, fragmentos de rochas microcristalinas de índice de refração inferior a

1,54, provavelmente sílex. Na fração siltosa aumenta consideravelmente o teor de feldspatos, que parece ultrapassar de 50%, o que é explicável pela fácil clivagem e conseqüente trituração mais intenso durante a movimentação da geleira. Os demais grãos são igualmente de quartzo e fragmentos de rochas.

Entre os minerais pesados ocorrem a granada, o zircão, a apatita, a turmalina e o leucoxênio, como os mais comuns. Muito raramente ocorrem a barita e o anfibólio.

Na fração superior a 0,250 mm predomina largamente a granada. Nas frações retidas nas peneiras de malha 0,074 e 0,105 mm observamos os demais minerais citados, sempre em quantidade subordinada em relação à granada, que provavelmente perfaz cerca de 70% dos minerais pesados.

A citada associação mineralógica que observamos concorda plenamente, inclusive nas porcentagens aproximadas, com as associações de minerais pesados dos tilitos estudados por LEINZ (1937). Em outros sedimentos glaciais previamente examinados pelo Autor, ainda no Estado de São Paulo, a granada quase sempre ocorre em quantidade apreciável. Apesar da predominância de seixos de rochas metamórficas não encontramos nenhum dos minerais pesados típicos deste tipo de rocha, tais como a estaurolita, distênio, e outros, salvo a granada, que pode provir de rochas metamórficas.

Finalizando a nossa breve nota lembramos do interesse do estudo da configuração topográfica pretérita do embasamento na região estudada, ou seja, do assoalho afetado pelas massas do gelo permo-carbonífero. Tal estudo, que seria elaborado por métodos geofísicos, seria de duplo interesse, no que diz respeito ao acúmulo de água subterrânea, bem como, na decifração dos fenômenos glaciais ocorridos no nosso território há 270 milhões de anos atrás.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, F. F. M., 1948 — *A "Roche Moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo*. Geol. Metalurgia, Bol. n. 5, pp. 112-118, Est. de São Paulo.
- HOLMES, C. D., 1941 — *Till Fabric*, Bull. Geol. Soc. Amer., vol. 52, pp. 1299-1354.
- KRUMBEIN, W. C., 1933 — *Textural and Lithological Variations in glacial Till*, Jour. of Geol., vol. 41, pp. 382-408.

- LEINZ, V., 1937 — *Estudos sôbre a glaciação permo-carbonífera do sul do Brasil*, D.N.P.M., Bol. n. 21, Rio de Janeiro.
- PAIVA, G., 1938 — *O inlandsis permo-carbonífero do Sul do Brasil*, D.N.P.M., Avulso n. 36, pp. 1-29, Rio de Janeiro.
- PETTIJOHN, F. J., 1957 — *Sedimentary Rocks*, 2a. Ed. Harper & Brother, N. Y.
- NIGGLI, P., 1954 — *Rocks and Mineral Deposits*, W. H. Freeman and Co. San Francisco, E. U. A.