

NOTA SOBRE A SÉRIE DAS BARREIRAS NO VALE DO RIO TAPAJÓS

POR
SÉRGIO E. DO AMARAL

Departamento de Geologia e Paleontologia, Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.

RESUMO

O presente trabalho refere-se à série Barreiras do rio Tapajós, Estado do Pará, Brasil. Não obstante a falta de evidências paleontológicas, a série Barreiras é considerada de idade terciária. Cobre uma extensa área da Bacia Amazônica, formando suaves elevações de 20 a 50 metros acima do nível do mar, com raras e abruptas elevações com mais de cem metros.

Os melhores afloramentos são encontrados nas barrancas dos rios. Em três localidades da margem do rio foram amostrados os sedimentos e feito o perfil geológico.

Quanto às rochas, predominam siltitos argilosos vermelhos e, subordinadamente, arenitos médios a finos com estratificação cruzada. São raros os conglomerados e ausentes os sedimentos químicos. Os sedimentos são continentais aquosos, predominando o regime lacustre. A intensa oxidação não permitiu a conservação de restos orgânicos.

Entre os minerais pesados, são mais frequentes a baritina, a zirconita e a turmalina.

Em alguns argilitos e siltitos foram encontrados vidro vulcânico em grande quantidade e grãos de quartzo derivados provavelmente de quartzo-pórfiros. O A. supõe que este material tenha se derivado da atividade vulcânica post-Cretácea.

ABSTRACT

The present paper deals with the Barreiras series of the Tapajós River, State of Pará, Brasil. Despite the absence of paleontological evidence, this geological series is considered to be of a Tertiary age. It covers a large area of the Amazon Basin, making up gentle elevations, 20 to 50 meters above the sea level, with rare abrupt isolated elevations above 100 meters.

The best outcrops are to be found on the river cliffs. Sampling of the sediments from three localities on the river margins, as well as geological profiles have been made.

The rocks are mainly red clayey siltstones with subordinate cross-bedded medium to fine grained sandstones. A few conglomerates also occur; chemical rocks are lacking. The sediments are of an aqueous continental origin, lacustrine sedimentation being predominant. Intensive oxidation has not allowed the preservation of organic remains.

Among the heavy minerals, barite, zircon and tourmalin are found most frequently.

In some claystone and sandstone a high amount of volcanic glass and quartz grains probably derived from quartz-porphyrtes were detected. The A. supposes that this volcanic material is of a post-Cretaceous volcanic origin.

INTRODUÇÃO

Em fins de 1952, tivemos a oportunidade de colher alguns dados geológicos e algumas amostras da designada série das Barreiras no vale do rio Tapajós, em companhia do Dr. Josué Camargo Mendes. Devemos ao Conselho Nacional do Petróleo o fornecimento de uma lancha, na qual fizemos todo o percurso navegável do rio Tapajós e aqui consignamos os nossos agradecimentos.

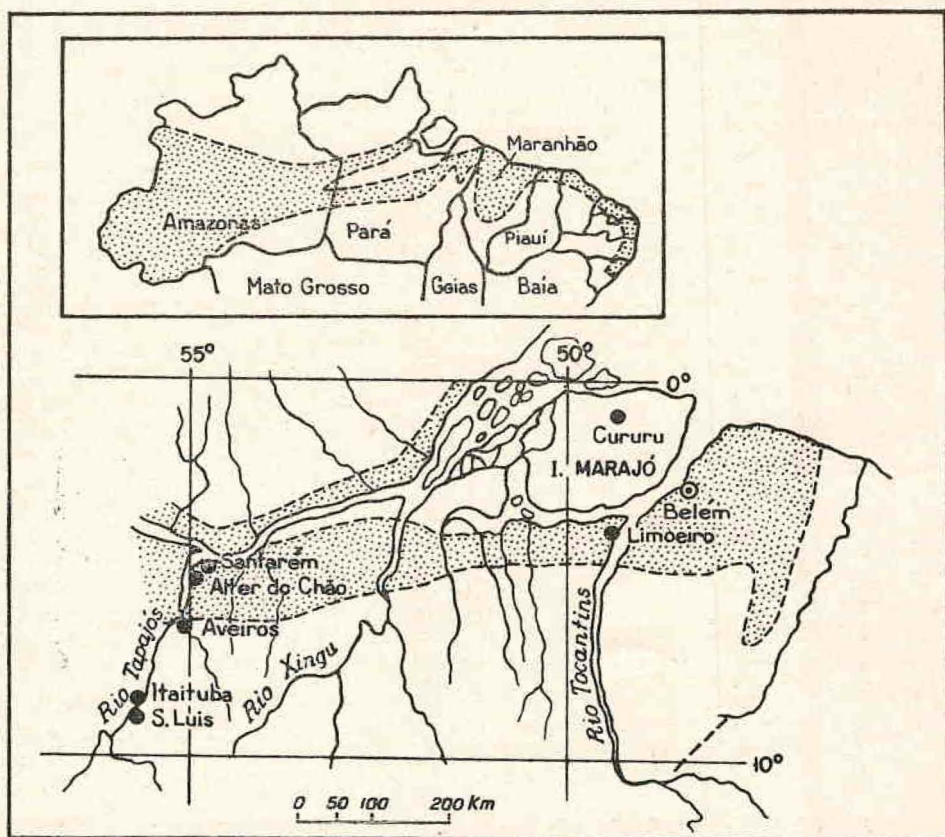


Fig. 1 Extensão do Terciário no Norte do Brasil e localização das regiões citadas no trabalho.

O número de afloramentos observados é relativamente pequeno para uma formação geológica tão extensa, como vemos na fig. 1. Nossos estudos limitaram-se pois, às regiões de Santarém, Alter do Chão e Aveiros, principalmente. Esta nota mostra, portanto, como finalidade principal, o interesse de um estudo petrográfico pormenorizado desses sedimentos em área mais ampla, a fim de ser constatada a sua derivação e as condições em que foram depositados, cuja importância será discutida no decorrer do trabalho.

Graças à beleza da paisagem e dos afloramentos, constituídos de grandes e abruptos paredões vermelhos nas margens do rio, vários são os autores que tiveram a sua atenção voltada a tão interessante formação. Dentre os antigos, merece destaque o trabalho de Agassiz, L., 1868, que descreve com pormenores os sedimentos, o tipo de estratificação e procura explicar o processo genético que deu origem a tais camadas. Embora suas explicações sejam um tanto imaginosas, baseadas mais em conjecturas do que em dados reais, seu trabalho mostra claramente a aguçada inteligência desse cientista. Tendo estudado os depósitos glaciais recentes do Hemisfério Norte, procurou, com idéia pré-concebida, fenômenos análogos em nosso continente, tendo então atribuído origem glacial aos sedimentos do Terciário amazônico, correlacionados aos supostos "drifts" do Rio de Janeiro. (Agassiz, 1868, pág. 511).

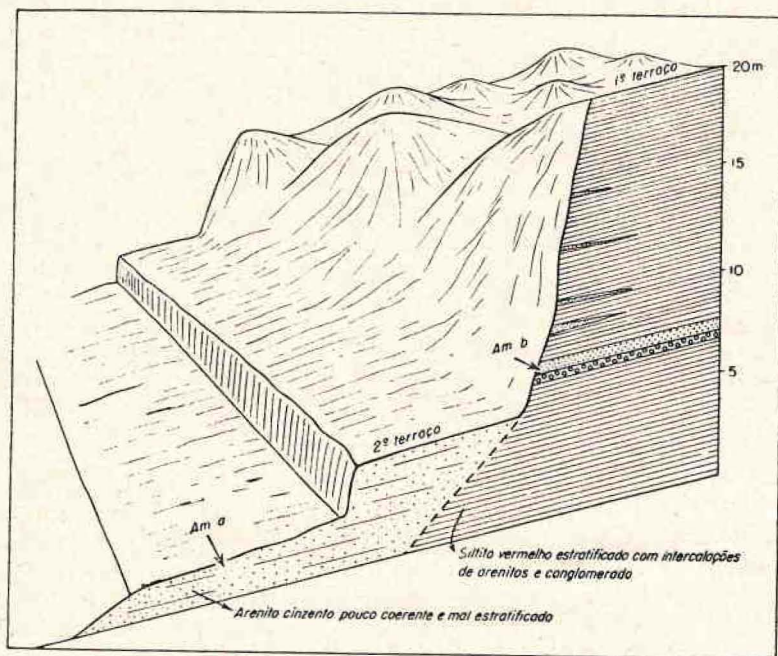
Além de Agassiz e anteriormente a ele, o Major Silva Coutinho, Humboldt, (autores citados por Agassiz, 1868, pgs. 489 e 507) Martius e Spix, (1823) também descrevem rapidamente a paisagem, tendo chamado a atenção de Martius os "barrancos de barro vermelho". Posteriormente, Hartt, (1870-2) que endossa as opiniões de seu mestre, Agassiz, Derby, O. A., (1877) e vários outros autores descrevem essa extensa formação. Mais recentemente temos os trabalhos de Albuquerque, O. R. de, (1922) que estuda a série das Barreiras com pormenores, traçando vários perfis, porém em outros afluentes do Amazonas, não tendo descrito o Tapajós. Franco de Carvalho, P. (1926) realizou reconhecimentos geológicos na mesma área onde estivemos e Katzer, F. (1933) mais Moura, P. (1932 e 1938) descrevem o Terciário amazônico de maneira mais ampla e generalizada, sem entrar em pormenores litológicos. Nossa contribuição será pois, de natureza mais petrográfica, uma vez que os traços gerais da geologia da região onde estivemos estão bem estudados e descritos, cuja síntese está exposta no trabalho de Oliveira e Leonardos, (1943). Julgamos, contudo, que não é desnecessário repetir que a formação Barreiras, posta no Terciário sem dados paleontológicos, ora se assenta diretamente sobre o cristalino, ora sobre camadas do Paleozóico, com suave mergulho para o norte, no lado sul da bacia, invertendo a direção do mergulho no lado norte. Salvo raros testemunhos que formam elevações de mais de cem metros na bacia amazônica, os afloramentos são devidos ao trabalho

erosivo dos rios, cujas barrancas possuem mais ou menos 20 a 30 m de altura.

CIDADE DE SANTARÉM

Nesta localidade nota-se muito claramente a existência de dois níveis de terraços, tendo o mais elevado cerca de 20 m de altura em relação ao nível do rio na época da vasante e o segundo cerca de 4 m. O primeiro acha-se bastante erodido, evidenciando tratar-se de um antigo terraço, pelas mesas remanescentes, situadas à mesma altura. Quanto aos sedimentos do terraço inferiormente situado, parece-nos terem sido depositados sobre os sedimentos do primeiro. Embora não tivéssemos visto um contacto direto entre ambos, temos essa opinião fundamentada na diferença litológica, aliada à respectiva morfologia.

O primeiro possui sedimentos bastante característicos da série das Barreiras, representados por siltitos e arenitos argilosos, avermelhados, intercalados ora centimétrica ora decimetricamente. São sedimentos na maioria incoerentes e irregularmente estratificados, apresentando va-



- Fig 2 -

Fig. 2 Bloco diagrama dos dois níveis de terraços de Santarém, mostrando a erosão pronunciada do primeiro e a falta de erosão no segundo e suas respectivas litologias.

riações horizontais e espessuras também variáveis. Vemos no perfil uma camada de uns dois dm de conglomerado, de seixos de quartzo e concreções limoníticas. O segundo terraço, como vemos na fig. 2, não se apresenta erodido; constitui-se somente de arenito cinzento claro muito incoerente e mal estratificado. Embora a litologia seja diferente, o principal fator que nos induz a considerar o segundo terraço estratigraficamente sobre o primeiro é a forma de erosão. O primeiro representaria, pois, vestígios de um antigo terraço das camadas terciárias, que possuíam no mínimo, 120 m de espessura em Santarém, dado este inferido da altitude de testemunhos de camadas terciárias. (Derby, O. A., 1877, pg. 848). Nos arredores de Santarém, as regiões mais elevadas e mais erodidas possuem a altura de 20 a 30 m acima do nível médio do rio, com exceção da serra de Piroca, com 120 m de altura, da qual falaremos mais adiante.

CONDIÇÕES DE FORMAÇÃO

Não só a aparência do histograma (ver fig. 9, amostra a e b) como também o tipo de estratificação, mostram que ambos são arenitos fluviais. No primeiro terraço, a sequência e o tipo de sedimento sugerem uma alternância de material fluvial (conglomerados e arenitos) intercalado em sedimentos lacustres, representados por siltitos estratificados possuindo mais de dez metros de espessura. No terraço mais recente, as condições de deposição parecem ser mais homogêneas, não se observando variações no tipo da sedimentação. Quanto ao arredondamento dos grãos, em ambas as amostras verificamos que a maioria dos grãos superiores a 0,2 mm mostram-se de arredondados a sub-arredondados, comparando-se com a tabela proposta por Pettijohn, F. J. (1948, pag. 52). Quanto à velocidade das águas que transportaram tais partículas, deve ser em volta de 2 a 3 cm por segundo, preferencialmente, (de acordo com tabela publicada por Nevin, C. 1946) (velocidade essa que é capaz de transportar grãos até 0,25 mm de diâmetro, que é o valor da moda dos arenitos estudados. O arredondamento dos grãos evidencia o retrabalhamento de antigos sedimentos, pois, trabalhos de Anderson, G. E. (1926) demonstram que os grãos de quartzo quanto menores necessitam de mais longo transporte para se tornarem rolados, distância essa muito superior à distância de qualquer centro de continente ao mar.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A CORRELAÇÃO

A composição mineralógica dos arenitos estudados é semelhante, não só no conteúdo leve, como no pesado (este foi separado com bromofórmio). No primeiro, a predominância é de quartzo ora límpido, ora cheio de inclusões aciculares. Raramente observam-se alguns agrega-

dos, ora de quartzito, ora de partículas finas cimentadas por limonita. Agregados desta natureza são frequentes no primeiro terraço, onde predomina a cor vermelha. Estes agregados são mais frequentes na fração siltica, e serão cuidados com mais pormenor, quando discutirmos o problema da cor vermelha dos siltitos. A fração pesada parece ser idêntica em ambas as amostras. Em vista da grande quantidade de concreções ferruginosas e pouco material, não foi possível a observação de um grande número de grãos, mas como há apenas quatro tipos de minerais, e os mesmos, nas duas amostras estudadas, estatisticamente podemos dizer que o segundo terraço é formado por sedimentos derivados da erosão do primeiro. Os minerais encontrados nas duas amostras foram: zirconita, estauroлита, baritina e turmalina. (Ver tabela n.º 2).

Este exemplo elucida bem o cuidado que se deve tomar ao se fazer uma correlação de camadas de origem fluvial do passado, onde sedimentos depositados posteriormente vão mascarar o primitivo aspecto morfológico do depósito. No nosso caso, a morfologia dos dois terraços e o conhecimento de uma área ampla da litologia de um deles, (o primeiro, o mais antigo) auxiliaram na conclusão da idade relativa e gênese das duas camadas, idênticas na litologia e diferentes na idade.

Alter do Chão e Aveiros — Cerca de 25 km a SW de Santarém, na margem direita do Tapajós, depara-se uma linda paisagem e uma bela exposição dos paredões avermelhados do chamado Terciário, onde nos detivemos para observações mais pormenorizadas. A descrição da paisagem é desnecessária, pois, a encontramos com exatidão nos trabalhos de Moura, Katzer e Franco de Carvalho (ver referências no início do trabalho). Limitamo-nos a copiar um esquema de Katzer, onde vemos no primeiro plano os terraços, cuja altura medida é de 20 m e no fundo a serra da Piroca, de 120 m de altura. Tivemos a oportunidade de galgar este morro, apesar de muito escorregadio e escarpado.

LITOLOGIA

Muito embora sejam poucos os afloramentos bons, vê-se que a litologia é muito monótona, constituída principalmente de uma argila siltica, de cor branca e homogênea com manchas arroxeadas, descrita por Franco de Carvalho, P. (1926). Não tivemos o ensejo de ver o arenito descrito por este autor, no mesmo local. No topo do morro encontramos uma camada de poucos palmos de concreções limoníticas, que protege o morro contra a erosão. Estas concreções são encontradas também próximas à base do morro, formando um pequeno terraço no mesmo nível dos terraços da barranca do rio, sobre os quais, também encontramos essa espécie de canga. Não nos foi possível verificar se essa canga é de formação singenética ou epigenética em relação aos sedimentos terciários. De qualquer maneira protege contra a erosão, determinando pois, esse testemunho. A composição granulométrica da



Fig. 3 Aspecto dos dois terraços de Santarém.



Fig. 4 Pormenores dos sedimentos do primeiro terraço, Santarém.

argila siltica da serra da Piroca (am. c) está representada no histograma. (Ver gráfico). A fração argilosa perfaz quase 50% do total. As frações arenosa e siltica são constituídas de quartzo límpido; raramente vêm-se grãos de quartzito. O residuo pesado, como na maioria das amostras estudadas, é de zirconita e turmalina (Vêr tabela n.º 2). O fato mais digno de nota nessa amostra é a presença de grande quantidade de grãos nitidamente eólicos existentes na fração 53 a 105 microns.

Cêrca de 20% dos grãos, vistos sob a lupa binocular, apresentam nítido rolamento e brilho fosco característico dos grãos eólicos, cujo aspecto concorda plenamente com a descrição dos grãos das areias eólicas estudadas por Sherzer, W. H., (1910, pg. 640). Esta observação concorda com a suposição de Katzer, F. (1933, pg. 236) de um ambiente lacustre e em parte eólico. Os grãos de quartzo apresentam-se rolados de 0,3 a 0,1 mm de diâmetro. E' razoável, pois, admitir-se um ambiente lacustre (pela grande espessura e constância litológica) com pequena correnteza determinada pelos rios que desembocavam no lago. A falta de estratificação sugere condições calmas e constantes de deposição.

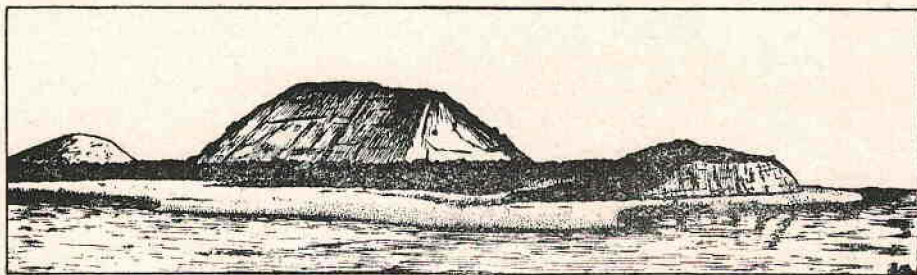


Fig. 5 Alter do Chão (Serra da Piroca) na margem direita do Baixo Tapajós (Segundo Katzer, 1933, pg. 9).

Os paredões abruptos estendem-se rio acima por várias dezenas de quilômetros, até Aveiros, a uma distância de 140 km aproximadamente sempre com nível máximo de 20 a 30 m e em cada mil a dois mil metros, acham-se erodidos por pequenos afluentes do Tapajós, formando vales de encostas muito suaves. Embora nos detivéssemos apenas em dois afloramentos, (em Aveiros e em Alter do Chão) pudemos observar a constância litológica dos paredões vermelhos, já citada por Oliveira e Leonardos. Infelizmente não pudemos traçar um perfil pormenorizado completo dos paredões por serem muito escarpados. Assim mesmo, pouco mais da metade de sua altura pôde ser observada diretamente e amostrada. O aspecto da parte inacessível não apresenta diferenças nem de côr, nem de estrutura. Predomina um siltito argiloso pouco coerente, de côr vermelha de tijolo ora mais, ora menos carregada, quase sempre fina e irregularmente estratificado. A estratificação

é causada pela alternância milimétrica de leitos irregulares de arenito fino, misturado com material siltico e silte argiloso sem material grosseiro. Outras vezes é dada pela diferença na coloração aliada à diferença na granulação; neste caso são vistos leitos acinzentados mais ricos em areia fina intercalados no material vermelho, com menor quantidade da fração arenosa, que quase sempre está presente nesses siltitos avermelhados. Possivelmente, como consequência da maior permeabilidade à água, esses leitos tenham sido descoloridos posteriormente à sua formação. Não temos a pretensão de esclarecer neste trabalho a complexa e ainda discutida causa da cor vermelha nos sedimentos. Como não estudamos amostras retiradas de sondagens, e só vemos essa cor em exposições naturais, não podemos afirmar categoricamente se essa cor é primária ou é cor de alteração. Supomos contudo, que seria uma idéia razoável imaginarmos uma origem primária, graças à uniformidade da cor em extensão tão grande. Além disso, tivemos o conhecimento por informações verbais do Dr. Setembrino Petri, naquela época paleontólogo do Conselho Nacional do Petróleo, que uma perfuração recente que presentemente está sendo efetuada em Alter do Chão atravessou em volta de 600 metros de siltitos vermelhos. Não há dúvida da grande extensão desses sedimentos vermelhos, não só em comprimento, como também em profundidade. Um processo de oxidação secundária dos primitivos sais ferrosos do sedimento, dificilmente poderia ser tão uniforme e tão extenso. Por outro lado, é difícil imaginar-se uma pigmentação posterior à sedimentação nas mesmas condições de uniformidade e extensão, sem ter pigmentado também camadas de arenitos claros que se intercalam nos siltitos vermelhos. O que é possível e razoável, é que esses arenitos claros fossem primitivamente vermelhos, e agora descoloridos graças à sua maior permeabilidade. Podemos contudo, afirmar que tal coloração é dada por minúsculos pontos vermelhos salpicados que se incrustam na superfície dos grãos que compõem o sedimento. Esses grãos são de quartzo, na sua maioria, e às vezes de agregados finos, ferruginosos. Pela coloração vermelha, devem ser esses pontos de hematita. Julgamos oportuno citar a opinião de Werner Rüegg e D. Fyfe, (1950) que atribuem coloração primária aos sedimentos vermelhos semelhantes aos nossos, também terciários, do alto do Amazonas.

Não foi verificado o teor em sais de ferro na rocha, pois, o teor não tem influência na coloração vermelha, e sim, a maneira de distribuição e tipo mineralógico de pigmento (Robb, G. L., 1949). Segundo a opinião de Hager, D. S., (1928) essa coloração é dada por um clima preferencialmente tropical, onde o excesso de umidade e muito calor determinam um ambiente oxidante, pela vegetação abundante e maior intensidade da vida bacteriana. Tais condições são confirmadas pela ausência quase absoluta de feldspatos e outros minerais instáveis nos diversos arenitos estudados. Certamente sejam também a causa da raridade dos fósseis nesses sedimentos. Encontramos grandes exposi-

ções de um argilito muito compacto, de fratura irregular, cinzento, cheio de concreções centimétricas irregulares, de um material de aspecto vítreo, formando grandes lentes dentro do arenito, nos barrancos de Alter do Chão. No perfil, está marcado como Am. i. Discutiremos a sua origem mais adiante, após a descrição mineralógica desses sedimentos.

Como se vê no perfil de Aveiros, a rocha predominante é esse siltito avermelhado, ora mais, ora menos argiloso, e a seguir, os arenitos. São às vezes vermelhos claros ou cinzentos claros, predominando os primeiros. Apresentam-se na maioria das vezes estratificados diagonalmente; em outras, com estratificação cruzada muito irregular, e mais comumente intercalados milimetricamente de siltito, que forma lentes irregulares no arenito. Raramente encontra-se conglomerado. Um leito apenas foi visto, assinalado no perfil de Aveiros, acima de um leito de dois palmos de uma brecha constituída de fragmentos de 5 a 10 cm de siltito em matriz arenítica.

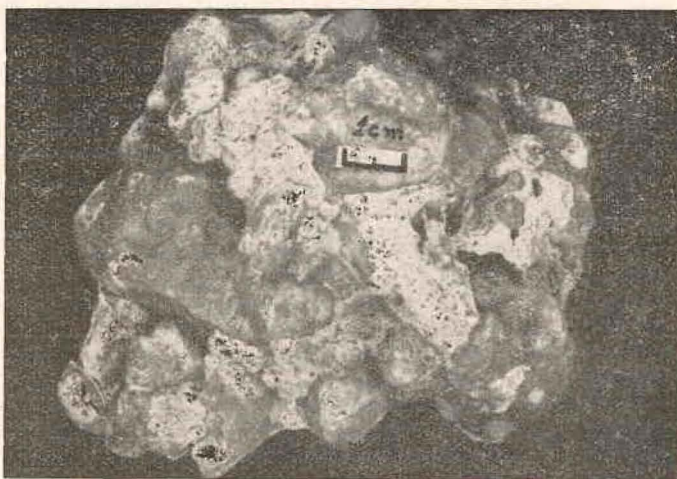


Fig. 6 Aspecto da concreção limonítica encontrada no topo da serra da Piroca, Alter do Chão.

GRANULOMETRIA

Apresentamos a seguir os histogramas e alguns dados estatísticos (tabela n.º 1) das análises granulométricas das amostras estudadas, cuja localização e espessura aproximada estão marcadas nos respectivos perfis.

A fração fina foi determinada pelo processo da decantação e a grosseira peneirada em peneira automática tipo Ro-Tap. Na amostra

b como se vê no histograma da fig. 9, as frações siltica e argilosa estão enquadradas em uma só parcela devido à floculação que não conseguimos evitar, apesar dos vários anti-floculantes usados. Como se vê no histograma, os dois arenitos a e b de Santarém são semelhantes; ambos normalmente selecionados, a moda coincidindo com a classificação de arenito médio de Wentworth (1922). Em ambas as amostras encontramos as frações grosseira e siltica mais argilosa, aproximadamente nas mesmas proporções; em volta de 30%, como se vê no gráfico ao lado.

TABELA N.º 1

Dados estatísticos dos arenitos estudados (valores em mm)

	Am a	Am b	Am e	Am f	Am g	Am j	Am k	Am m	Am n	Am p
DM	0,295	0,315	0,310	0,370	0,130	0,238	0,180	0,230	0,021	0,210
Q1	0,164	0,074	0,220	0,265	0,002	0,215	0,006	0,160	0,005	0,133
Q3	0,480	0,600	0,400	0,520	0,220	0,255	0,175	0,270	0,042	0,280
So	1,7	2,85	1,35	2,26	10,5	1,08	5,4	1,3	2,9	1,45

Exceto a amostra k, que é um siltito com intercalações de 2 a 3 mm de arenito, vemos que os demais arenitos apresentam seleção ora boa, ora normal, segundo Trask. Por não possuímos esse trabalho, cito Pettijohn, (1948, pg. 24) onde vimos esse dado estatístico, sugerido por aquele autor. É interessante notar a semelhança entre a am. j. que é a areia atual da praia, e a am. m e p, que estão a alguns metros acima, como se vê no perfil. Além da semelhança granulométrica, os grãos de quartzo em ambos são semelhantes por apresentarem nítidas faces cristalinas, fato esse de interesse na gênese desses sedimentos, que será considerado mais adiante. Pela erosão mais pronunciada do arenito m e por essas semelhanças descritas, vemos a derivação da areia recente da desagregação do leito superior. Os grãos da rocha subjacente, am. k por serem mais finos, devem ser transportados pelas águas do Tapajós, em seu processo erosivo.

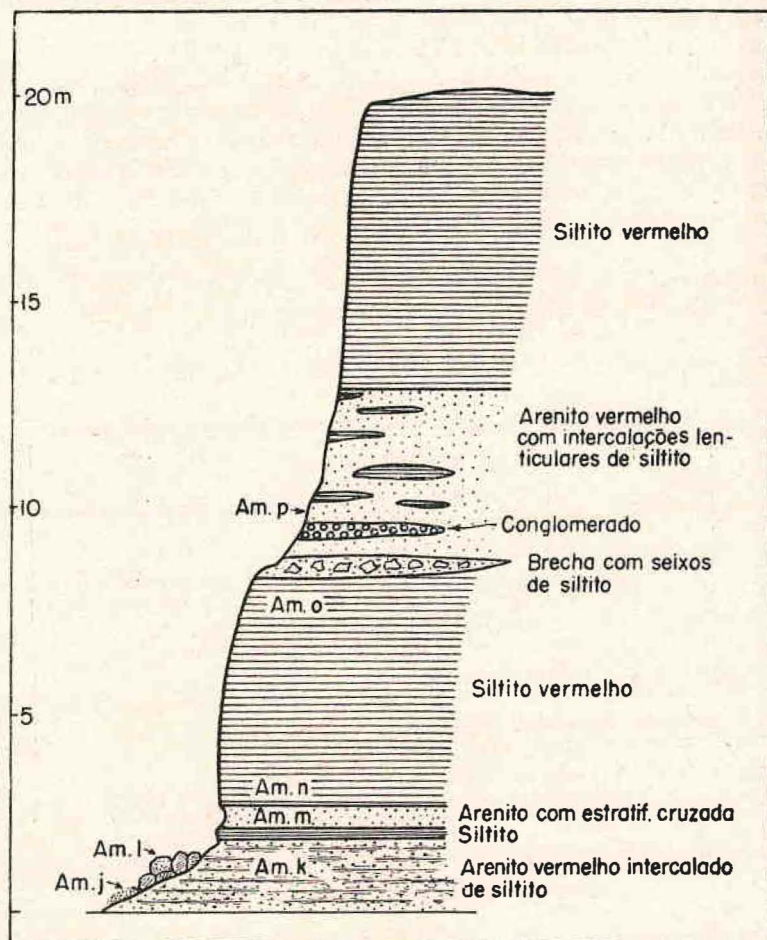


Fig. 7 Perfil geológico da barranca do rio Tapajós em Aveiros.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O AMBIENTE DE DEPOSIÇÃO

Pela variação na litologia e nas respectivas espessuras, supomos terem esses sedimentos se formado em ambiente de lago raso, de condições favoráveis à oxidação, mudando alternadamente para ambiente de águas correntes, fato esse evidenciado pela estratificação cruzada irregular da maior parte dos arenitos. Pelo valor da moda desses arenitos podemos supor uma velocidade média de 1 a 4 cm por segundo, das correntes responsáveis pelos sedimentos de Aveiros, e de Alter do Chão (Nevin, C., 1946).

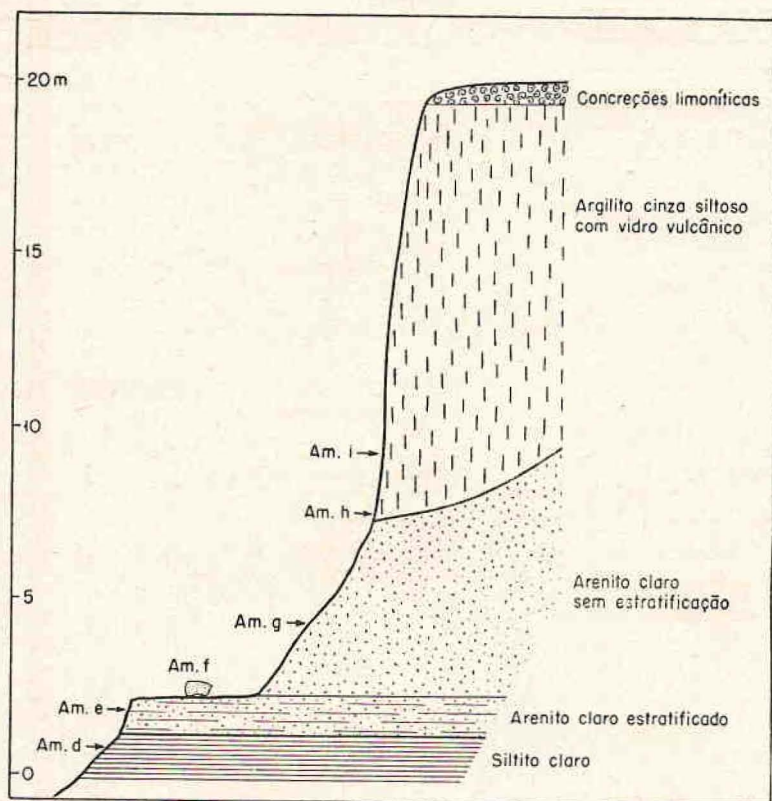


Fig. 8 Perfil geológico da barranca do rio Tapajós em Alter do Chão.

O exame ao microscópio das frações finas dos sedimentos estudados revelou a presença de fragmentos de diatomáceas, comuns no argilito *i* de Alter do Chão e raros na fração siltica dos arenitos *e* e *m* de Aveiros. Encontramos espículas de esponja no siltito *d* de Alter do Chão.

Outro fator favorável à continentalidade desses sedimentos é a frequente variação no sentido horizontal. Esse aspecto é bem visível nas barrancas de Alter do Chão. No perfil, vemos uma grande espessura de um argilito, que forma uma grande lente, e os arenitos formam também lentes dentro do siltito. Nas praias desta localidade são frequentes as lages da “pedra do Pará”, também chamada cabeça de jacaré. Fizemos um estudo granulométrico e mineralógico de uma destas amostras que foi atacada com ácido clorídrico e estanho metálico a quente.

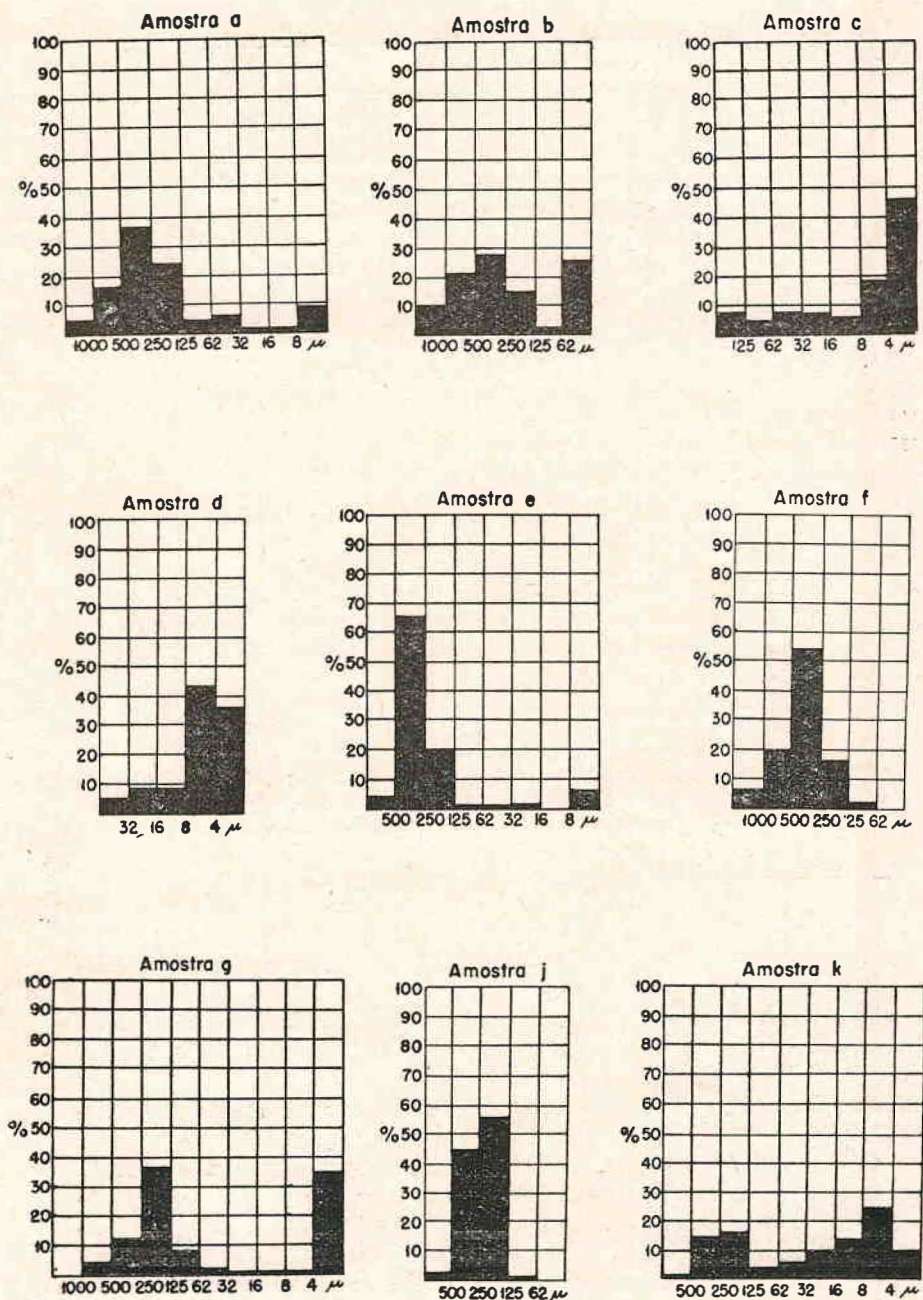


Fig. 9 Análises granulométricas. a) — Santarém, 2.º terraço; b — Santarém, 1.º terraço; c) — Alter do Chão, serra da Piroca; d, e, f, g — Alter do Chão; j, k — Aveiros.

Determinamos 40% de cimento limonítico. Como se vê no histograma da amostra f, fig. 9 trata-se de um arenito de médio a grosseiro, apresentando seleção normal e semelhante mineralogicamente aos demais estudados, semelhança esta evidenciada pela presença de vidro vulcânico, do qual falaremos adiante, e dos minerais pesados. Segundo Moura, (1938) a idade dessas rochas é pleistocena. Apesar da identidade petrográfica com os arenitos terciários vistos, não temos dúvida que a formação da pedra do Pará é posterior a êles, pois, sòmente é encontrada ao nível do rio, formando às vêzes grandes blocos de conglomerados limoníticos, tendo alguns, cêrca de dois metros de diâmetro. Fragmentos de tais rochas são encontrados normalmente soltos nas praias.

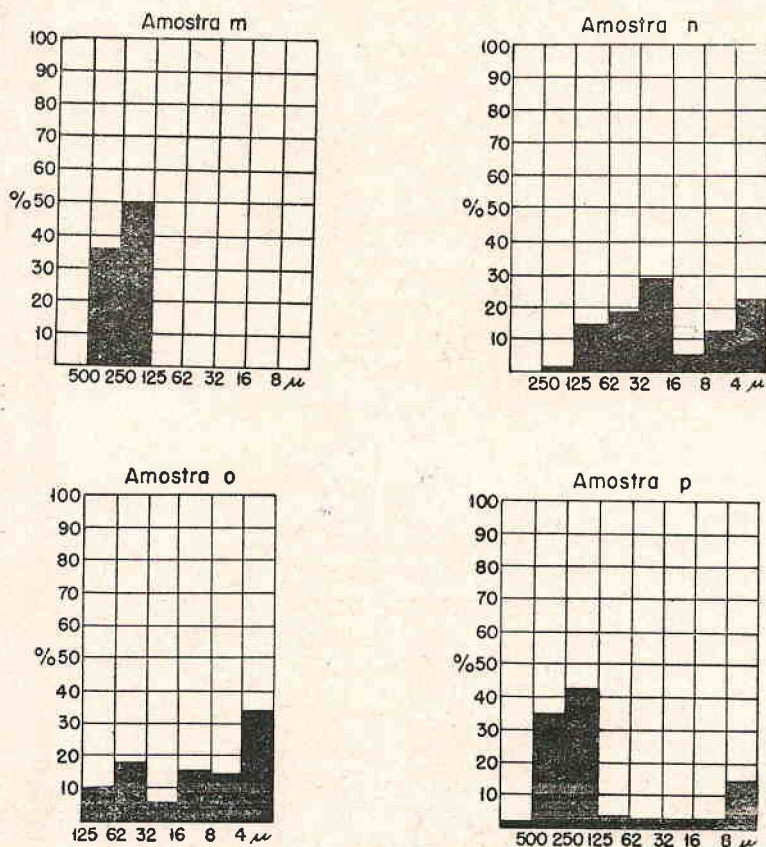


Fig. 10 Análises granulométricas. Sedimentos de Aveiros.

COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA:

Limitar-nos-emos à descrição da fração observável ao microscópio, não tendo sido determinada a fração argilosa. Em Aveiros, todos os sedimentos são constituídos predominantemente de quartzo quase sempre límpido, quer os grosseiros, quer os finos. Nos arenitos, amostras j, k e m, encontramos entre os grãos inferiores a 0,12 mm, fragmentos de vidro vulcânico, ao lado de agregados irregulares anisótropos, talvez originados da devitrificação e alteração posterior desse vidro primitivo. Não o vimos no siltito, talvez pela dificuldade de observação, ou pela alteração mais fácil, graças à maior superfície de contacto aos agentes intempéricos percolantes nessa rocha. Nos sedimentos finos, além do quartzo e dos agregados argilo-ferruginosos de difícil interpretação, encontramos a muscovita, muito raramente, e mais comumente o caulim, também presente na fração fina e siltica de alguns dos arenitos. A quantidade, contudo, é pequena, tanto nos siltitos como nos arenitos.

Nas barrancas do Tapajós, em Alter do Chão, a litologia é diferente e mais variada. O argilito assinalado no perfil como am. i, visto em secção delgada, mostra uma massa heterogênea de um mineral argiloso-micáceo não definido, possivelmente derivado da alteração de um material, que tudo leva a crer tratar-se de vidro vulcânico. A análise química total da rocha, feita pelo Eng. Benedito Alves Ferreira, analista do Instituto Geográfico e Geológico, S. P., a quem devemos esta gentileza, revelou o seguinte:

P. F.	—	11,4%
SiO ₂	—	62,1%
Fe ₂ O ₃	—	2,8%
Al ₂ O ₃	—	21,9%
TiO ₂	—	1,1%
Mn	—	ausente
CaO	—	ausente
MgO	—	0,4%
Total	—	99,7%

Na₂O e K₂O — 0,3% por diferença

Essa rocha, sendo atacada com ácido sulfúrico a 50% por duas horas, até a sulfatação, perde esse material argiloso de aspecto micáceo, ficando um resíduo de 60% de uma substância levemente amarelada quando examinada ao microscópio, isotropa, de índice de refração menor que o bálsamo de Canadá, contendo em seu interior minúsculos cristais, talvez de quartzo. A pequena quantidade de álcalis certamen-

te é consequência da lixiviação intensa que acarretou êsses elementos, concentrando a alumina. Howkes e Harwood, (1932) estudando vidros vulcânicos da Islândia, observaram que, embora estejam êstes alterados, não perdem o seu aspecto de material fresco, devendo-se pois tomar cautela em não atribuir ao primitivo magma a composição do vidro já lixiviado e sem aparentar alteração. Na página 174 dêsse trabalho, os autores citam um exemplo análogo ao nosso, no que diz respeito à lixiviação dos álcalis. Na secção delgada da amostra *i*, observamos frequentes grãos de quartzo e raros fragmentos de diatomáceas. Macroscopicamente a rocha é dura, quebradiça, não se embebe nem se torna plástica em água, sua densidade é igual a 1,90 e está cheia de pequenas massas de forma irregular de um material mais duro (dureza acima de 3) e vítreo, que é solúvel no ácido sulfúrico a quente. Êsse material, argiloso-micáceo ao microscópio, deve ser originado da alteração do vidro, pela sua forma de manchas irregulares. Abaixo da amostra *i*, ocorre uma rocha análoga, (am. h), porém, mais fraturada e tôda manchada de películas de limonita. Essa rocha, atacada com ácido sulfúrico em condições idênticas, revelou ser mais rica em material argiloso. O resíduo insolúvel foi de 34%, sendo constituído de uns 20% de grãos de quartzo e o resto, o mesmo vidro visto na amostra anterior, com maior quantidade de fenocristais em seu interior.

Os arenitos de Alter do Chão apresentam também grãos dêsse mesmo vidro, juntamente com grãos do mesmo material argiloso, semelhante à argila da amostra *i*, solúvel também no ácido sulfúrico, de aspecto pulverulento e esbranquiçado. Êsse material é encontrado nos grãos inferiores a 0,12 mm. O resto constitui-se sempre de quartzo, normalmente límpido e alguns raros grãos de agregados irregulares de quartzo, ora cimentados por limonita, ora sem cimento, como se fôsem grãos de quartzito.

MINERAIS PESADOS

Tabela n.º 2

Santarém

Am. a	Baritina	Zirconita	Turmalina	Estaurolita	x x x	x x x
Am. b	Baritina	Zirconita	Turmalina	Estaurolita	x x x	x x x

Alter do Chão

Am. c	x x x	Zirconita	Turmalina	x x x	x x x	x x x	
Am. e	Baritina	Zirconita	Turmalina	Estaurolita	x x x	x x x	Cianita — anfibólio
Am. f	Baritina	Zirconita	x x x	x x x	x x x	x x x	
Am. g	Baritina	Zirconita	Turmalina	Estaurolita	Rutilo	x x x	

Aveiros

Am. j	Baritina	Zirconita	Turmalina	x x x	x x x	Granada	Siderita
Am. k	Baritina	Zirconita	x x x	x x x	Rutilo	x x x	Anatásio
Am. l	Baritina	Zirconita	Turmalina	Estaurolita	x x x	Granada	
Am. m	Baritina	Zirconita	Turmalina	x x x	Rutilo	x x x	
Am. p	Baritina	Zirconita	Turmalina	x x x	x x x	Granada	

E' interessante notar-se a constância da baritina, zirconita e às vêzes turmalina. Somos de opinião que essa baritina é detrítica nos sedimentos, não só pela grande extensão em que ocorre, (vêr o mapa) como também por apresentar, na maioria das vêzes, a superfície bem rolada, evidenciando transporte. Hartt (1870) menciona a ocorrência dêsse mineral em Aveiros, porém não lhe foi possível identificar a origem, pois, êsse mineral foi mostrado àquele geólogo por terceiros, junto a fragmentos de diabásio que ocorre naquela região. A associação da baritina com zirconita e turmalina, minerais mais comuns em rochas ígneas, nos faz supor que êsses sedimentos se relacionem com atividades magmáticas, sendo a turmalina correspondente à fase pneumatolítica e a baritina, à fase seguinte, hidrotermal, podendo também ser autígena em sedimentos adjacentes, e depois retrabalhada. Os demais minerais pesados, embora sempre em quantidade pequena, relativamente, demonstram a contribuição de rochas metamórficas na formação dos sedimentos estudados, como a estaurolita e o rutilo que ocorrem em Aveiros e Alter do Chão, como podemos ver na tabela anexa.

Considerações sobre os grãos de quartzo:

Como já nos referimos atrás, ao descrevermos a areia recente do Tapajós em Aveiros, grande parte dos grãos dos sedimentos desta localidade, tanto dos arenitos como dos siltitos, quando observados sob a lupa binocular, com luz refletida e fundo escuro apresentam nitidamente faces cristalinas. Grãos desta natureza são vistos nas frações superiores a 0,1 de mm. Acima de 0,5 mm, os grãos apresentam-se rolados, desaparecendo portanto sua antiga configuração externa.

Êsses grãos facetados são encontrados nos arenitos da margem do Tapajós em Maloquinha, onde é datado como base do Carbonífero, série Itaituba, a poucos km ao sul dessa cidade e em São Luís, localidade situada a uns 30 km ao sul de Itaituba, onde êsse arenito é datado como Siluriano (Oliveira e Silva, 1952). Poucos quilômetros acima dêsse arenito onde principiam as primeiras corredeiras do rio, em São Luís, ocorrem grandes massas de rocha vulcânica, classificada como tordrilito por Moura (1932, pg. 33) e posto mais tarde no pré Siluriano por êsse mesmo autor (1948). Trata-se de uma rocha porfirítica, sendo os fenocristais constituídos de quartzo idiomorfo, bem cristalizado e feldspato, espalhados em matriz micro-cristalina, na qual não nos detivemos em estudos mais pormenorizados. Supomos que os grãos de quartzo com faces cristalinas dos arenitos de São Luís e de Maloquinha sejam provenientes em parte da alteração do quartzo pórfiro de São Luís. Dizemos em parte, porque no resíduo pesado encontramos minerais que não poderiam ter provido do tordrilito. Assim é, que no arenito de São Luís encontramos turmalina e zirconita e no arenito de Maloquinha, zirconita, anfibólio e raramente estauroлита e turmalina.

Além dessas três localidades, São Luís, Maloquinha e Aveiros, o autor encontrou arenitos com grãos de quartzo análogos, em mais duas localidades do Pará, cujos estudos estão sendo por nós realizados. Trata-se dos testemunhos de sondagem, executados pelo Conselho Nacional do Petróleo nas localidades de Limoeiro (poucos km ao norte de Cametá) e Cururu, (poucos km ao sul de Chaves, lado norte da ilha de Marajó (vêr mapa, fig 1), tendo ambas as perfurações pouco mais de 4.000 metros. No primeiro poço, os primeiros dois mil metros de baixo para cima são constituídos dêsse tipo de arenito. Em todos êles, são muito frequentes os grãos de quartzo que mostram nítidos vestígios de faces cristalinas. No segundo poço, encontramos êsse mesmo material somente nos primeiros mil metros, da base para cima.

Encontramos na literatura algumas citações dêsse tipo de quartzo, contudo, onde as facetas são formadas por processo de deposição posterior em tórno do grão já sedimentado. Irving, R. D. (1884) reproduz em um trabalho a êsse respeito, várias gravuras onde se nota com nitidez o primitivo grão e o quartzo nele acrescido em perfeita continuidade estrutural, por conseguinte, também ótica. A pureza, do material

acrescido, contrastando com as inclusões e irregularidades da superfície do primitivo grão, faz evidenciar sua origem secundária. Trata-se de um fenômeno comum, verificando-se também em sedimentos incoerentes; foi observado com frequência em muitas das amostras estudadas, não só do Terciário do Tapajós como também das perfurações citadas. O exame minucioso de um grande número de grãos facetados, mostrou todavia, em vários casos, haver perfeita continuidade nas inclusões da parte central com a periferia, na qual, sob a lupa, identificamos as facetas de cristalização dos grãos de quartzo. Derivam-se pois de rocha de origem vulcânica; são semelhantes aos fenocristais do quartzo-pórfiro já citado de São Luís. Um fragmento intemperizado dessa rocha foi atacado com ácido sulfúrico, e o exame dos grãos de quartzo residuais examinados sob a lupa binocular, selecionados os mais típicos e examinados ao microscópio revelou grande semelhança com os grãos dos arenitos estudados, tanto dos das proximidades, como dos arenitos das perfurações de Limoeiro e Cururu. Essa semelhança nos induz a considerarmos análoga a gênese desse espesso pacote de sedimentos à dos sedimentos de São Luís, Maloquinha e Aveiros, como veremos, após discorrermos sobre o vulcanismo post-Cretáceo no Norte do Brasil.

VULCANISMO POST-CRETÁCEO NO NORTE DO BRASIL

Aproximadamente 300 km a SW de São Luís, encontramos o Cretáceo, representado por arenitos e calcários, sendo que os primeiros se acham "profundamente atacados pelos agentes hidrotermais, dando tipos de quartzitos, silexites e geiseritos" (Moura, P. 1938, pg. 69). Na página seguinte, frisa o mesmo autor que "tão intensa foi a ação hidrotermal nas rochas da região do médio Tapajoz, que este é o caráter petrográfico mais frisante da região. Ultimamente fomos informados, diz Moura, que no vale do S. Thomé — um pequeno afluente que deságua no Tapajoz ao pé da cachoeira de Todos os Santos — um caboclo viu um caldeirão natural com água quente. Seriam, portanto, os remanescentes das erupções de águas termais e geisers que existiram anteriormente no médio Tapajoz e que modificaram tão profundamente e em grande extensão quase tôdas as rochas desse médio rio". Na página 65 Moura cita as elevações de Monte Alegre, onde camadas do Cretáceo, com folhas de dicotiledêneas fósseis são atravessadas por eruptivas. Diz esse autor que "no Brasil, até hoje, não há notícia de eruptivas modernas contemporâneas do diastrofismo andino e mui temerária seria, sem mais elementos, a fixação de sua idade no terciário, quando os mais fortes argumentos ainda decidem a favor do cretáceo".

CONCLUSÃO

Uma vez constatado o vulcanismo post-Cretáceo na bacia amazônica, e não havendo contacto direto observável da efusiva de São Luís com as rochas adjacentes de idade conhecida, supomos que seria razoável uma correlação dos arenitos de São Luís com os arenitos do Terciário do Tapajós em Aveiros, uma vez que em ambos, observamos os mesmos grãos de quartzo provavelmente derivados de pórfiros relacionados a vulcanismo (fenocristais).

Vemos além disso que é grande a extensão e a espessura desses sedimentos de origem vulcânica. Somente um vulcanismo em grande escala poderia ser responsável por esse fenômeno e em tempo geológico não muito remoto, pois, a concentração desse sedimento rico em material de origem vulcânica não seria tão elevada caso houvesse retrabalhamento de antigos sedimentos relacionados a atividades vulcânicas. A explicação mais razoável seria, pois, considerar o vulcanismo andino o responsável por esses depósitos. Essa intensa e prolongada atividade vulcânica teria feito espalhar em grande área o seu material piroclástico, à maneira do conhecido vulcão Katmai. Esse material seria logo após transportado por águas e depositado.

No caso de haver correlação entre os arenitos das proximidades de São Luís, os de Aveiros, os arenitos das duas perfurações citadas, e o vidro vulcânico de Alter do Chão, a efusiva de São Luís teria relação com as atividades vulcânicas andinas, cuja amplitude é compatível com a amplitude dessa sedimentação em tão grande escala, desse material vulcânico (ver o mapa da região estudada). O arenito de estratificação cruzada, afossilífero, de São Luís, situa-se sobre folhelhos silurianos fossilíferos, (rastros de vermes do Siluriano) descobertos e estudados por Oliveira e Silva, S. (1952). Se houver realmente concordância desses folhelhos com o arenito estudado por nós, é evidente que o quartzopórfiro de São Luís seria de idade pré-Siluriana; neste caso não seria válida a suposta correlação. Essa correlação seria certa no caso de haver uma discordância paralela (certamente de difícil identificação no campo) entre o arenito e o folhelho fossilífero siluriano. Nesse caso o arenito seria um remanescente da erosão de antigos sedimentos terciários que capeavam antigamente o paleozóico naquela região.

Não há dúvida de que nada pode ser afirmado após uma viagem apenas e escassas observações de campo. Certamente a área estudada é relativamente restrita, tendo-se em vista a enorme extensão desses sedimentos, referidos nesse trabalho. Seria pois de grande interesse o estudo petrográfico pormenorizado de uma área mais ampla dessa formação geológica, e a comparação com tufos certamente vulcânicos dos países vizinhos e limítrofes com a bacia amazônica, onde ocorrem esses sedimentos terciários.

OBRAS CITADAS

- AGASSIZ, L. e E. C. AGASSIZ (1868) — *A Journey in Brazil*. Boston. Trad. de E. S. de Mendonça. Edit. Nacional, 1938.
- ALBUQUERQUE, O. R. de (1922) — *Reconhecimentos Geológicos no Vale do Amazonas*. Bol. 3, Serv. Geol. Mineral. Brasil, Rio de Janeiro.
- ANDERSON, G. E., (1926) — *Experiments on the Rate of Wear of Sand Grains*. Jour. Geol. v. 34, p. 144.
- DERBY, O. A. (1877) — *Contribuições para a Geologia da Região do Baixo Amazonas*. Arq. Mus. Nac., v. 2, Rio de Janeiro. Transc. Bol. Geográfico, Cons. Nac. Geog., n. 80, 1949.
- FRANCO de CARVALHO, P. (1926) — *Reconhecimentos Geológicos e Sondagens na Bacia do Amazonas*. Bol. n. 15, Serv. Geol. Mineral. Brasil, Rio de Janeiro.
- HAGER, D. S. (1928) — *Factors affecting the color of sedimentary rocks*. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., v. 12, n. 9, p. 901.
- HARTT, C. F. (1870-a) — *Geology and Physical Geography of Brazil*, Boston. Trad. E. S. de Mendonça e E. Dolianiti. Edit. Nacional, 1941.
- (1870-b) — *Report of a Reconnaissance of the Lower Tapajós*. Bull. Cornell Univ., Science, v. 1, n. 1, Morgan Expedition.
- HOWKES, L. and HARWOOD, H. F. (1932) — *On the changed composition of an anorthoclase-bearing rock-glass*. The Mineralogical Magazine, v. 23, n. 138, p. 172.
- IRVING, R. D. and VAN HISE, C. R. (1884) — *Enlargements of Quartz Fragments and Genesis of Quartzites*. Bull. U. S. Geol. Survey, n. 8.
- KATZER, F. (1933) — *Geologia do Estado do Pará*. Bol. 9 do Mus. Paraense, Belém, Pará.
- MOURA, P. de (1938) — *Geologia do Baixo Amazonas*. Bol. n. 91, Serv. Geol. Mineral. D. N. P. M., Rio de Janeiro.
- (1932) — *Reconhecimentos geológicos no Vale do Tapajoz*. Bol. n. 67, Serv. Geol. Mineral., Rio de Janeiro.
- NEVIN, C. (1946) — *Competency of Moving Water to Transport Debris*. Bull. Geol. Soc. Am., v. 57, n. 7, p. 651.
- OLIVEIRA, A. I. e LEONARDOS, O. H. (1943) — *Geologia do Brasil*, 2a. ed., Minist. Agricultura, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA e SILVA, S. (1952) — *Siluriano no Rio Tapajós*. Rev. Mineração e Metalurgia, v. 16, n. 95, p. 380.
- PETTIJOHN, F. J. (1948) — *Sedimentary Rocks*. Harper and Brothers Publishers, New York.
- ROBB, G. L. (1949) — *Red Bed Coloration*. Journ. of Sed. Petr., v. 19, n. 3, p. 99.
- RÜEGG, W. e D. FYFE (1950) *Algunos Aspectos sobre la Estructuración de la Cuenca del Alto Amazonas*. Bol. Ins. Sul Am. Petr., v. 3, n.º 2.
- SHERZER, W. H. (1910) — *Criteria for the Recognition of the Various Types of Sand Grains*. Bull. Geol. Soc. Am., v. 21, p. 625.
- SPIX, J. B. von e MARTIUS, C. F. P. von (1823) — *Reise in Brasilien*, Muenchen, Trad. L. F. Lahmeyer, Imprensa Nacional, Rio de Janeiro, 1938.
- TWENHOFEL, W. H. (1932) — *Treatise on Sedimentation*. 2a. ed., Baltimore, Williams and Wilkins.
- WENTWORTH, C. K. (1922) — *A scale of grade and class term for clastic sediments*. The Journal of Geology, v. 30, n. 2, p. 377.
- São Paulo, março de 1954.