

MINEROPAR
Minerais do Paraná S/A.
BIBLIOTÉCA

MINERAIS DO PARANÁ S.A. - MINEROPAR

GERÊNCIA DE FOMENTO E ECONOMIA MINERAL

- GFEM -

**CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GÊNESE E MODO DE
OCORRÊNCIA DAS ARGILAS CAULINÍTIAS DE
SÃO LUIZ DO PURUNÃ, Balsa Nova-Paraná**

MF
666.32
13 664E

Curitiba

1990

1990
BIBLIOTÉCA

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GÊNESE E MODO DE OCORRÊNCIA DAS ARGILAS CAULÍNÍICAS DE SÃO LUIZ DO PURUNÃ, Balsa Nova-PARANÁ

ANTONIO MANUEL DE ALMEIDA REBELO¹

LUCIANO CORDEIRO DE LOYOLA²

RESUMO

As ocorrências de argilas caulínicas de São Luiz do Purunã, município de Balsa Nova-PR., tidas como pertencentes à base da Formação Itararé, unidade litoestratigráfica do Permo-Carbonífero da Bacia Sedimentar do Paraná, foram reavaliadas sob a ótica dos processos de meteorização das rochas.

Através de observações de campo e literatura pertinente à formação de argilas, concluiu-se que os minerais caulínicos foram neoformados em perfis de alteração, no domínio da pedogênese recente, a partir de argilas (ilitas) pertencentes a uma unidade pelítica, com seixos e fragmentos imersos, possivelmente da base da Formação Furnas, devoniana, ou mais antiga que esta.

Os resultados obtidos permitem antever grande potencial prospectivo para este tipo de argilas, em regiões com clima e quadro geológico similares ao da área estudada.

ABSTRACT

The kaolinitic clays occurrences of São Luiz do Purunã, a district of Balsa Nova-PR., considered so far as belonging to the base of Itararé Formation, lithostratigraphic Permo-Carboniferous unit of Sedimentary Paraná Basin, were reevaluated under the hypothesis of weathering alteration mechanisms.

Applying field observations and theoretical concepts on clay genesis, it follows that those kaolinitic minerals were neoformed in the domain of recent pedogenesis, from a clayish (ilites) pelitic unit alteration profiles, related to the base of Devonian Furnas Formation or older than that.

The results allow to foresee a big prospective potential for kaolinitic clays in those regions that have similar weather and geological conditions.

1- Geólogo da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN

2- Geólogo da Minerais do Paraná S.A - MINEROPAR - Gerência de Fomento e Economia Mineral

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA GÊNESE E MODO DE OCORRÊNCIA DAS ARGILAS CAULINÍTIICAS DE SÃO LUIZ DO PURUNÃ, Balsa Nova - PARANÁ

ANTONIO MANUEL DE ALMEIDA REBELO
LUCIANO CORDEIRO DE LOYOLA

1 - INTRODUÇÃO

Este trabalho visa aprofundar o estudo sobre a gênese e modo de ocorrência das argilas caulíníticas existentes na região de São Luiz do Purunã, município de Balsa Nova - PR, e analisar as suas implicações econômicas (Figura 01).

Pelo que se sabe até o momento estas argilas são tidas como pertencentes a camada siltico-argilosas da base da Formação Itararé, unidade estratigráfica do Permo-Carbonífero da Bacia Sedimentar do Paraná. Não existe, no entanto, uma explicação clara sobre o tipo de associação. A estratigrafia, embora não seja o principal objetivo deste estudo, poderá no mínimo ser rediscutida na área em questão, face aos dados aqui apresentados.

Verificou-se ser a hipótese pedogenética a mais adequada para explicar a gênese dos argilo-minerais e a situação espacial dos depósitos conhecidos. A cor, conteúdo de diferentes óxidos e a natureza dos minerais argilosos, são aspectos que podem ser entendidos quanto relacionados aos processos da pedogênese.

Pretende-se demonstrar que as argilas caulíníticas em questão tem sua origem relacionada à evolução de processos recentes de alteração pedogenética, atuantes sobre espessa sequência de pelitos cinza-amarelados, com sixos e fragmentos imersos, intercalada na porção basal da Formação Furnas, devoniana, ou constituindo uma unidade litoestratigráfica mais antiga. Tal abordagem permite visualizar uma distribuição mais ampla dessas argilas, aumentando assim as possibilidades para a descoberta de novos depósitos.

2 - TRABALHOS ANTERIORES

Dentre os trabalhos existentes, que abordam as argilas de São Luiz do Purunã, dois são os que as citam de maneira mais abrangente e sob o enfoque geológico; MURATORI (1966) e TREIN (1967), ambos da Comissão da Carta Geológica do Paraná.

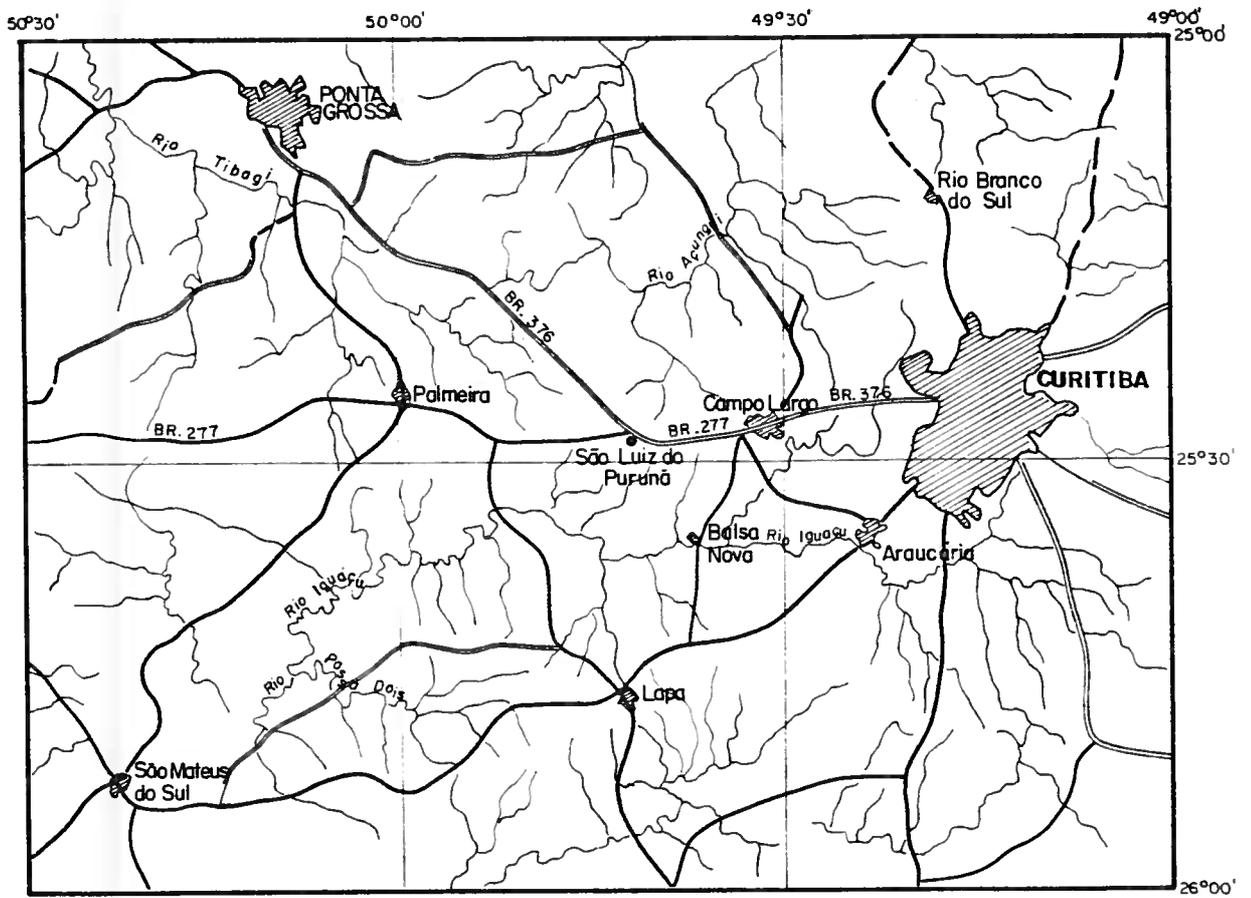


FIGURA 1 - SITUAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO .

MURATORI, relaciona as argilas como sendo lentes siltico-argilosas da Formação Itararé, caracterizadas pela presença de caulim e areia quartzosa muito fina. Sobre as litologias da Formação Itararé MURATORI relata que foram encontrados apenas arenitos e depósitos rudáceos, ao que denominou "tilitos e tiloides", tendo em vista a carência de dados no que diz respeito a origem dessas rochas. Sobre os depósitos rudáceos diz o seguinte: "dentro de uma matriz areno-siltica, feldspática, com estratificação incipiente encontrou-se imersos mais ou menos caoticamente, seixos de natureza e tamanhos variados (granito, quartzo, arenitos, gnaisses, etc)". Quanto aos arenitos da Formação Itararé o mesmo autor frisa: "são geralmente mal classificados, e com teor relativamente elevado de feldspatos, no que diferem, (não de maneira conclusiva) do Arenito Furnas".

TREIN, por seu turno, diz que os depósitos de caulim ocorrem dentro dos arenitos do Itararé, mais precisamente em sua base e próximo ao contato com a Formação Furnas. Conclui que são ocorrências esporádicas e que, aparentemente, não guardam relação estratigráfica entre si, apesar da proximidade. A respeito do Arenito Furnas, diz que o mesmo tem baixas proporções de cimento caulínico, baixa percentagem de grãos feldspáticos, sempre com intensa caulinização e, que os grãos de quartzo evidenciam um baixo grau de arredondamento.

Em mapeamento realizado ao sul do efetuado por MURATORI, TREIN dividiu a Formação Itararé em duas, sendo a primeira composta por arenitos, incluindo tilitos e a segunda por arenitos siltico-conglomeráticos, incluindo folhelhos e varvitos. O material sem classificação e estratificação, que aparece localmente na base dos arenitos superiores, em apenas alguns locais da área que mapeou, foi classificado como tilito, embora não tendo sido representado, pois não possuía uma distribuição suficientemente extensa para isto.

Em trabalhos compilatórios mais recentes, os locais de ocorrência das argilas caulínicas continuaram sendo mapeados como lentes da Formação Itararé, pelo DNPM (1974), CPRM (1977) e MINEROPAR (1986 e 1989) (Figura 4).

Como pode ser depreendido dos textos apresentados, o posicionamento estratigráfico da seqüência de litologias que afloram na região de São Luiz do Purunã, à qual se associam as argilas caulínicas, não é um assunto encerrado. Observações por nós efetuadas na área, evidenciaram situações em que essas argilas ocorrem embasadas e sobrepostas por seqüências arenosas, semelhantes às da Formação Furnas. Em todos os casos observados as argilas caulínicas relacionam-se a uma espessa seqüência, em alguns lugares da ordem de 10 metros, de pelitos cinza-amarelados, com seixos e fragmentos de várias litologias, imersos.

Como o tema central deste trabalho não é a questão estratigráfica,

e não tendo dados conclusivos a esse respeito, deixamos apenas indicada a possibilidade de que a seqüência pelítica com seixos imersos, à qual se associam as argilas caulíníficas, seja uma unidade intercalada na base da Formação Furnas, ou mais antiga que esta.

3 - GÊNESE DE ARGILO-MINERAIS

3.1 - Conceitos Gerais

Argilo-minerais podem ser gerados sob a influência de soluções hidrotermais e de processos superficiais de intemperismo, transformando rochas pré-existentes. Em todo o ciclo de formação das rochas, o estágio da meteorização é o mais amplo e favorável à formação de minerais argilosos.

Os vários processos de meteorização química das rochas podem ser agrupados, segundo as condições do meio, em dois; soluviação (hidrólise) e queluviação, que embora independentes podem agir concomitantemente. No primeiro a decomposição e remoção dos íons depende somente da presença de água circulante. Na queluviação os íons são removidos de acordo com sua afinidade ao agente complexante, sendo os compostos orgânicos os agentes mais comuns. Os processos de soluviação são predominantes em regiões de clima quente, com abundante precipitação e bem drenadas. Sob climas frios e em áreas mal drenadas, onde os complexantes orgânicos são comuns, prevalece a queluviação.

No Brasil, devido às suas condições climáticas, os processos de alteração superficial das rochas, tem na hidrólise o veículo principal, que, localmente, pode ser sobreposto por outros processos.

Durante esses processos, soluções aquosas de baixa temperatura e fraca concentração iônica preenchem os poros, clivagens e microfraturas dos minerais primários, destruindo-os e propiciando a formação de minerais secundários.



Os grandes fatores que controlam os principais processos de alteração são o clima, a geomorfologia, a natureza da rocha matriz e o tempo geológico.

O clima é a variável principal na meteorização das rochas. Nas regiões frias e elevadas a hidrólise é mínima, assim como nas de acentuada aridez. Em regiões tropicais, com estações secas e úmidas, a hidrólise é acentuada e os minerais primários liberam determinados elementos químicos como K, Na, Ca, Mg, Fe, Si e Al, com mobilidades diferenciadas, que em certas

circunstâncias podem recombinar-se como minerais argilosos de ~~neoformação~~ (Figura 2).

A geomorfologia influencia fortemente a meteorização, na medida em que faz variar a velocidade de percolação de água nas rochas. Em locais de boa drenagem a hidrólise é favorecida facilitando a remoção dos cátions solúveis dos minerais primários.

As rochas sobre as quais a meteorização se desenvolve influem nos processos e nos produtos de alteração, em função de sua composição mineral e textura.

O tempo geológico, por sua vez, é que faz com que soluções diluídas, como as que intervêm na hidrólise, possam meteorizar volumes importantes de rochas da superfície terrestre.

G. PEDRO, 1968, in BERNARD, 1972, considerando parâmetros geoquímicos e cristalóquímicos dos ambientes superficiais, estabeleceu os principais tipos de decomposição sobre rochas ácidas (Tabela 1).

Assim, se toda a sílica e cátions são removidos do perfil, cresce a concentração relativa de alumina no horizonte lixiviado, gerando-se hidróxidos de alumínio na forma de gibbsita e boehmita. É o processo de alteração denominado alitização ou lateritização.

Se parte da sílica é removida, além de todos os cátions, formam-se filossilicatos (1/1) no horizonte lixiviado, onde a caulinita é o mineral argiloso predominante. É o processo de alteração denominado monossilitização ou caulinitização.

Agora, se somente pequena parte da sílica e dos cátions é removida a tendência é de se formar filossilicatos (2/1), onde os melhores exemplos são as vermiculitas e montmorillonitas. É o processo denominado bisossilitização.

No processo de podzolização, com a presença de complexantes orgânicos, o alumínio e o ferro são mais facilmente removidos que o silício, restando no horizonte lixiviado somente sílica livre.

Os argilo-minerais resultantes dos processos de meteorização das rochas podem ser classificados, considerando-se o ambiente em que os mesmos se encontram, como: de herança detrítica, de transformação e de neoformação (MILLOT, 1970).

Segundo MILLOT, op. cit., o termo "herança detrítica" deve ter sua aplicação limitada aos casos em que os minerais são transportados mecanicamente, desde o seu ambiente de origem até o de sedimentação, permanecendo estáveis durante todo o processo. Aqui os tipos mais comuns são os de estruturas micáceas (2/1), genericamente designados pelo termo ILITAS.

Quando há modificações nas formas mineralógicas sem contudo ha-

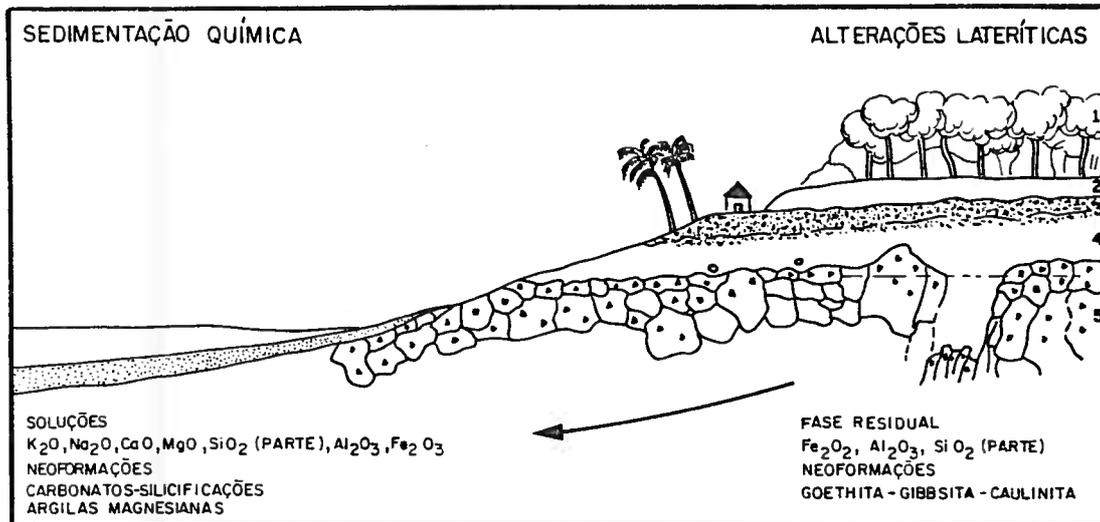


FIGURA 2 - PAISAGEM GEOQUÍMICA TROPICAL SUBMETIDA À UMA TECTÔNICA NULA E ALIMENTANDO UMA SEDIMENTAÇÃO QUÍMICA (SEGUNDO G. MILOT, 1970)

1. FLORESTA TROPICAL ; 2. TOPO DO PERFIL ; 3. COURAÇA ; 4. ARGILAS CAULINÍTICAS ; 5. ROCHA MATRIZ .

Caracterização geoquímica da evolução superficial	$q(Al_2O_3) < q(SiO_2)$ Solúviação (hidrólise)			$q(Al_2O_3) > q(SiO_2)$ Quelúviação
	$q(SiO_2) \geq q(Bases)$	$0,64 (bases) \leq q(SiO_2) < q(Bases)$	$q(SiO_2) < 0,64 q(Bases)$	
Caracterização mineralógica do horizonte eluvial	Hidróxidos de alumínio	Filossilicatos 1/1	Filossilicatos 2/1	
	Gibbsita Boehmita	Caulinita	Vermiculita Montmorillonita	Sílica Livre
Processos de Alteração	Alitização (Laterização)	Monossilicização (Caulinização)	Bissilitização	Podzolização

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS E CRISTALOQUÍMICAS DOS PRINCIPAIS TIPOS DE DECOMPOSIÇÃO SOBRE ROCHAS ÁCIDAS (SEGUNDO G. PEDRO, 1968).

ver alteração na estrutura básica (2/1), os novos minerais são ditos transformados. Os processos de transformação podem ocorrer por subtração ou por adição de elementos. No primeiro caso temos o que se definiu chamar de DEGRADAÇÃO e que ocorre caracteristicamente em ambientes abertos, submetidos a lixiviação. No segundo caso, AGRADAÇÃO, que é um fenômeno típico de ambientes confinados e ricos em cátions.

Neofomações se exprimem por mudanças mineralógicas, nos planos do quimismo e da estrutura. Podem ocorrer nos perfis de meteorização das rochas, no domínio da pedogênese, em bacias de sedimentação e durante a diagênese. As condicionantes que determinam a natureza das neofomações são, principalmente, o grau de confinamento dos ambientes, que está diretamente relacionado à circulação das águas, o tipo de rocha e a concentração relativa em cátions.

As neofomações podem ocorrer por subtração e por adição de elementos. No primeiro caso temos reações químicas típicas de ambientes abertos, pH ácido e submetidos a lixiviação. Ao contrário, por adição acontecem mais frequentemente em ambientes confinados, de pH alcalino.

3.2 - Caulinita

Caulinita é facilmente encontrada nos produtos de meteorização de rochas sílico - aluminosas, em regiões de clima tropical e boa drenagem, submetidas a intensa lixiviação. G. PEDRO, 1968, demonstrou que nos processos de caulinitização, ou monossilatização, todas as bases e parte da sílica são removidas do perfil de alteração. A outra parte da sílica permanece no perfil e combina-se com a alumina, originando a caulinita. A caulinita forma-se em ambientes ácidos quando a relação molecular SiO_2/Al_2O_3 é próxima de 2.

Os processos da formação da caulinita são tão mais efetivos quanto mais ácidas forem as águas que vão propiciar a hidrólise dos minerais primários. A acidez pode dever-se a ácidos minerais, originários da oxidação de sulfetos, a ácidos carbônicos, devido a presença de CO_2 , ou a ácidos orgânicos, derivados da oxidação de matéria orgânica.

Na presença de matéria orgânica a caulinitização desenvolve-se devido a existência de ácidos húmicos e fúlvicos, capazes de impor forte lixiviação ácida sobre o ambiente, chegando a remobilizar, inclusive, ferro e alumínio. Este fenômeno de hidrólise com acidez induzida, foi denominado de ACIDÓLISE por MELFI e PEDRO, 1978 (Tabela 2).

Sob climas frescos e em condições anaeróbicas, ou hidromórficas, há uma diminuição na velocidade de degradação da matéria orgânica, o que permite que ela penetre em maior quantidade no solo, havendo maior eficiência na lixiviação. O húmus forma complexos hidrossolúveis, que são facilmen

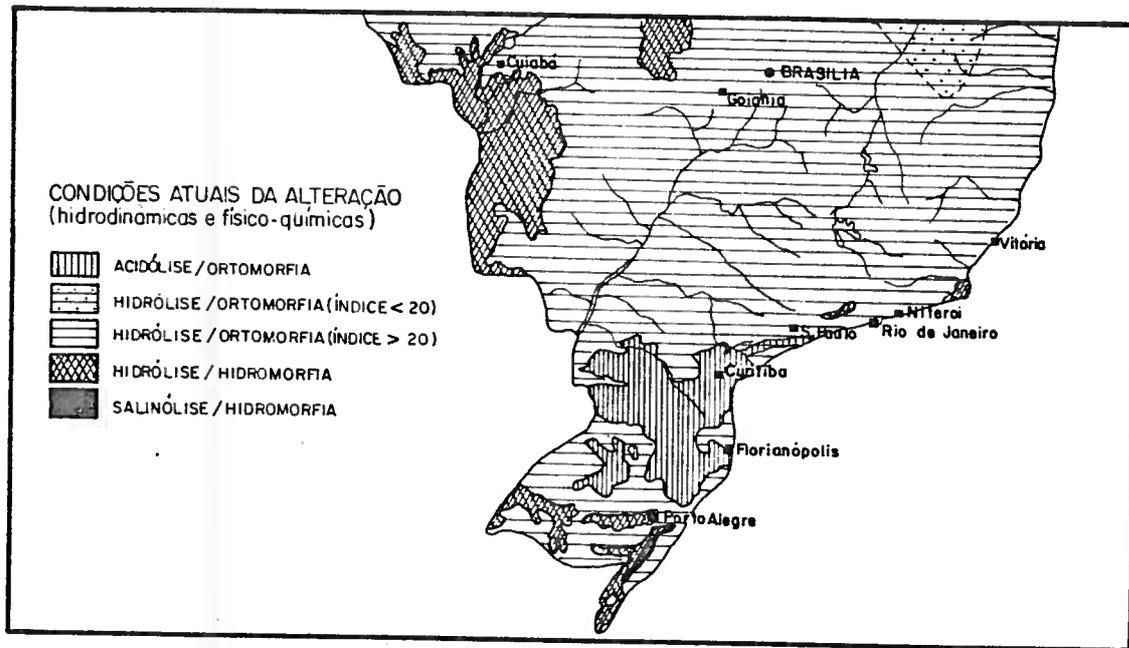


FIGURA 3 - CONDIÇÕES ATUAIS DA ALTERAÇÃO (EXTRAÍDO DE MELFI E PEDRO, 1978).

Mecanismo físico-químico		Características gerais dos reativos de alteração (pK)	Natureza dos reativos gerais
Autogênese	Acidólise	$pK < pK_{Al}$	Ácido orgânico hidrossolúvel (complexólise ácida). Ácido Mineral (acidólise mineral)
	Hidrólise	$pK_{Al} < pK < pK_{1_{Si(OH)_4}}$	Águas mais ou menos carregadas de CO_2
Halogênese	Salinólise	$pK_{Al} < pK < pK_{1_{Si(OH)_4}}$	Águas contendo sais de ácidos fortes-cloretos (NaCl...), sulfatos (Na_2SO_4 , $CaSO_4$)
	Alcalinólise	$pK > pK_{Si(OH)_4}$	Águas contendo sais de ácidos fracos - carbonatos (Na_2CO_3)

TABELA 2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS REATIVOS QUE INTERVEM NOS DIVERSOS MECANISMOS (EXTRAÍDO MELFI E PEDRO, 1978).

te remobilizados. Os compostos orgânicos não solúveis permanecem nos solos, sendo importantes do ponto de vista puramente pedológico, "solos negros", não se constituindo em elementos de evolução geoquímica.

De acordo em as condições atuais de alteração superficial prevalentes no Brasil, conforme mapa constante em MELFI e PEDRO, op. cit., um dos ambientes mais fortemente aluminizados do Brasil Meridional, corresponde a altitudes superiores a 500 metros, com temperaturas relativamente frias, inferiores a 18°C, onde se desenvolvem florestas de araucária e campos de altitude. Nessas regiões a decomposição de resíduos vegetais origina ácidos orgânicos bastante agressivos, propiciando a ACIDÓLISE (Figura 3).

A acumulação de matéria orgânica nos solos do 1º, 2º e 3º planaltos do Paraná, "solos negros", onde se verificam altitudes superiores a 500 metros, são fatos que corroboram os dados constantes da Figura 3. A região de São Luiz do Purunã, no 2º planalto, onde ocorrem as argilas caulínicas aqui enfocadas, situa-se a uma altitude média superior a 800 metros, com clima do tipo sub-tropical úmido, onde a temperatura do mês mais quente está abaixo de 22°C e a precipitação média anual é da ordem de 1.300 mm (no litoral do Paraná alcança até 4.000 mm).

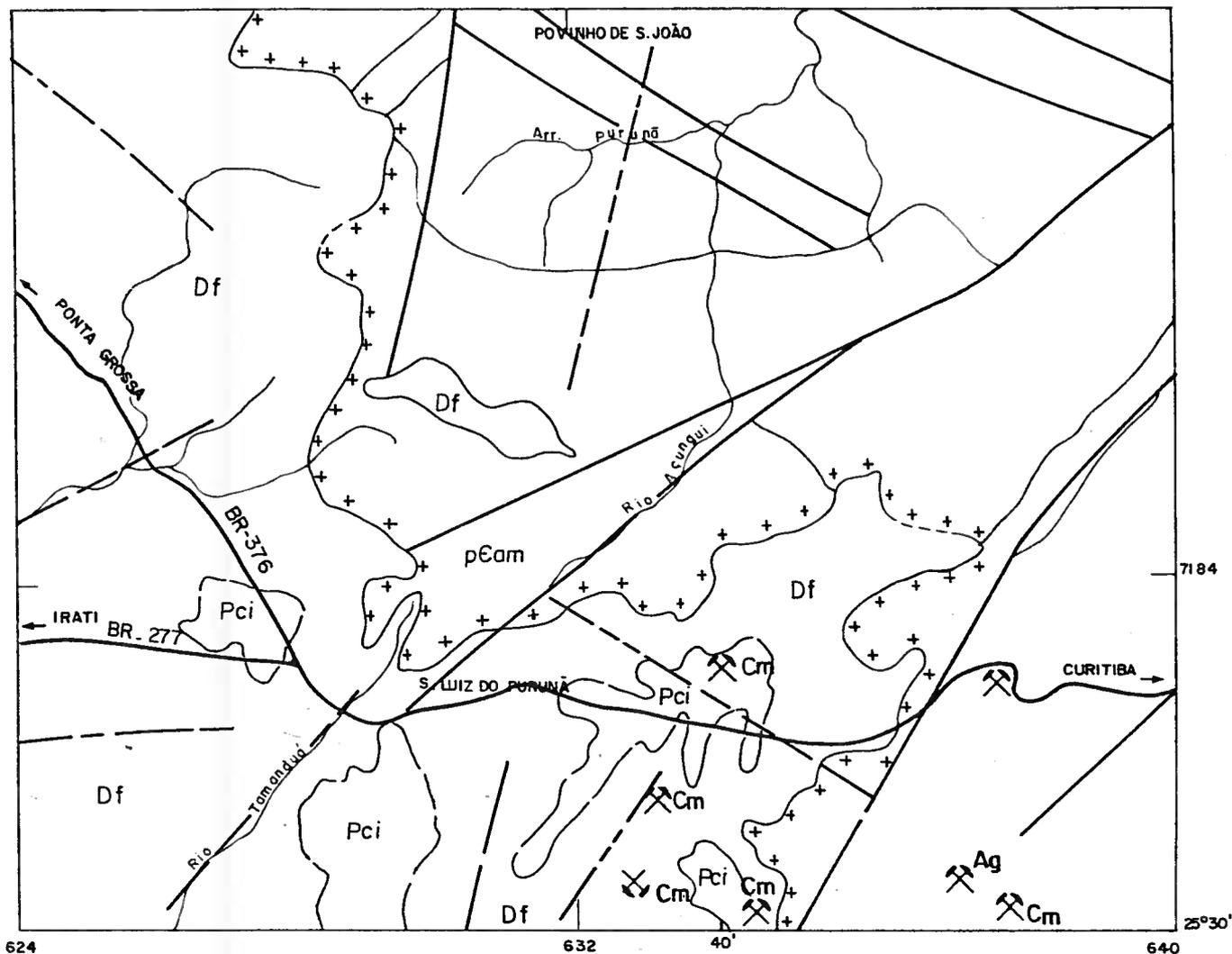
4 - SITUAÇÃO ESPACIAL E CARACTERIZAÇÃO DOS DEPÓSITOS

As argilas caulínicas explorados nas proximidades da localidade de São Luiz do Purunã, município de Balsa Nova-PR, situam-se entre essa localidade e a escarpa devoniana do 2º planalto, a sul da BR-277, em altitudes entre 1000 e 1100 metros (Figuras 1, 4 e 5).

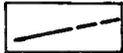
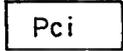
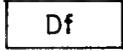
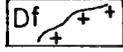
Como pode ser visto na Figura 4, essas argilas tem sido mapeadas como pertencentes à parte basal da Formação Itararé. Isto se explica por estarem associadas a uma sequência de pelitos cinza-amarelados, em alguns locais da ordem de 10 metros de espessura, contendo imersos seixos e fragmentos de diversas litologias do embasamento, e tida como de origem glacial (Fotos 1 e 2).

Em observações por nós efetuadas na área constou-se apenas uma associação física entre essas duas entidades, sendo que geneticamente são dissociadas no tempo. Aliás, essa mesma sequência de pelitos foi também reconhecida nos municípios de Palmeira e Ponta Grossa. Em todos os casos ela é embasada e sobreposta por arenitos caulínicos do "tipo Furnas", o que pode ser facilmente depreendido do mapa da Figura 5 e através das fotos 3 e 4.

Como o tema central deste trabalho não é a questão estratigráfica,



EXTRAÍDO DA FOLHA GEOLÓGICA DE CAMPO LARGO 1:100.000 (CPRM - 1977)

- | | | | |
|---|--|---|-------------------|
|  | FALHA |  | MINA EM ATIVIDADE |
|  | FORMAÇÃO ITARARÉ |  | MINA ABANDONADA |
|  | FORMAÇÃO FURNAS |  | CAULIM |
|  | FORMAÇÃO FURNAS / EMBASAMENTO CRISTALINO | | |

Escala : 1 : 100.000



FIGURA 4 - Mapa Geológico 1:100.000, da área de estudo - CPRM-1977

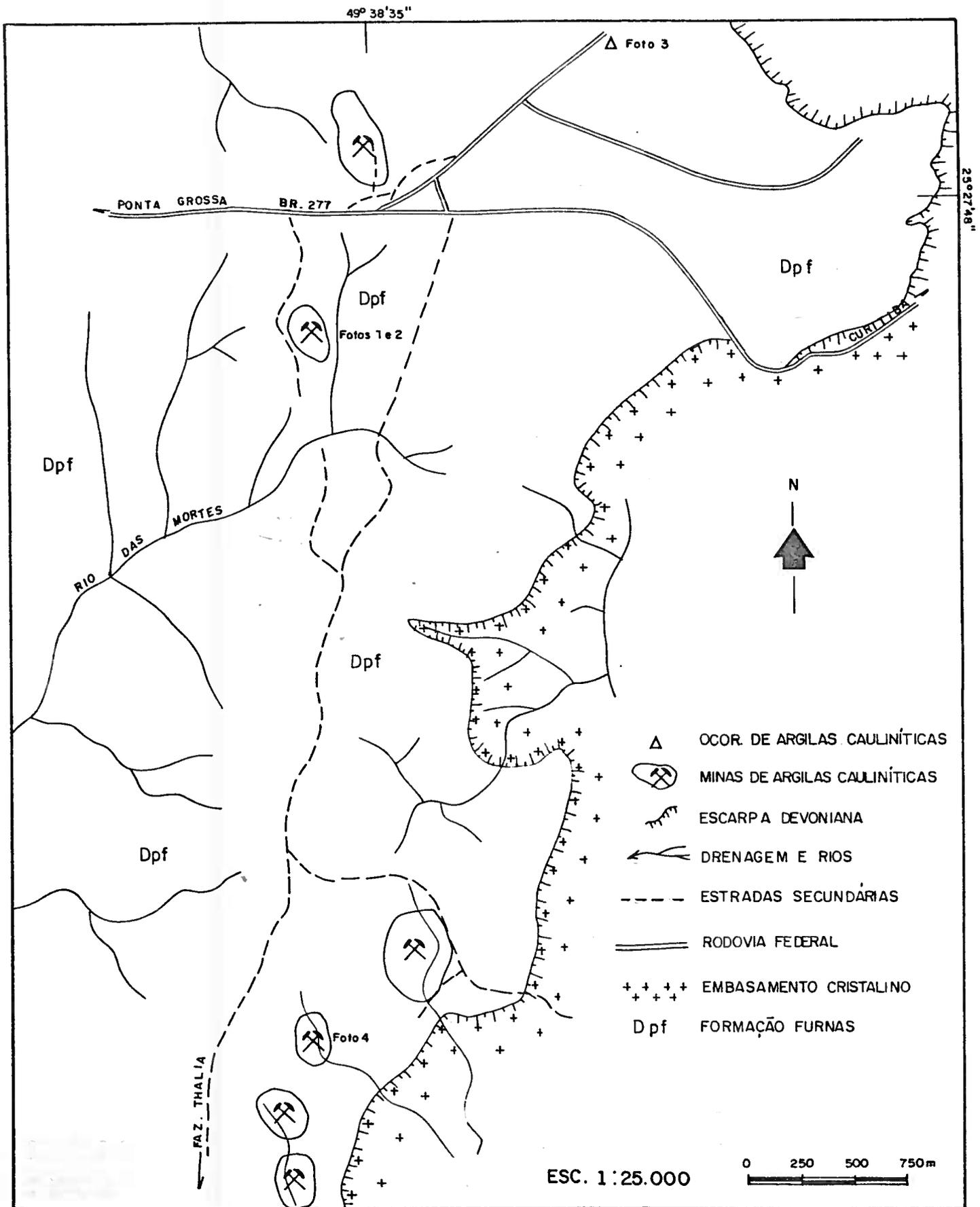


FIGURA 5 - Esboço Geológico da Área de Estudo.

e não tendo dados conclusivos a esse respeito, deixamos sugeridas duas possibilidades: a primeira é que a sequência referida seria um horizonte intercalado na base da Formação Furnas; a outra, que o horizonte argiloso, incluindo os arenitos subjacentes, constituiria uma unidade litoestratigráfica mais antiga que a Formação Furnas (Fotos. 1, 2, 3 e 4).

As ocorrências de argilas caulíníticas de São Luiz do Purunã são coincidentes com os vales das drenagens onde aflora a sequência pelítica descrita anteriormente. Esses locais são circundados, em níveis topográficos mais elevados, por arenitos do "tipo Furnas" e, em geral, estão saturados d'água e com coberturas de "solos negros", que aí são mais espessos do que nas áreas adjacentes. Os "solos negros" apesar de não constituírem elementos de evolução geoquímica, pois encerram compostos orgânicos não solúveis, são, entretanto, testemunhos locais da acumulação e degradação de matéria orgânica, que gerou ácidos orgânicos, elementos estes condicionantes do fenômeno da ACIDÓLISE na região.

A exploração de argilas caulíníticas é feita atualmente em 6 frentes. Os depósitos tem a forma de "bolsões", sem continuidade física entre si, porém todos relacionados ao horizonte pelítico, com seixos imersos, já mencionado. As argilas são de cor branca a bege, com as maiores espessuras, da ordem de 4 metros, na parte central dos bolsões. São capeadas por "solos negros", cuja espessura máxima é coincidente com o eixo central dos depósitos. Lateralmente tanto as argilas caulíníticas quanto os "solos negros", vão se adelgaçando, até darem lugar à sequência de pelitos cinza amarelados, horizonte estratigráfico do qual as argilas são derivadas (Fotos. 1, 2 e 3).

BERG, 1970, interpretando termogramas e difratogramas de raios X de 3 amostras de argilas de São Luiz do Purunã, retiradas de diferentes frentes de exploração, comparou-as aos caulins industriais brasileiros, classificando-as no grupo de argilas que contém essencialmente caulinita na sua constituição. Em 2 das amostras, a mineralogia demonstrada foi: caulinita, illita e quartzo e, na outra, "mica", caulinita e quartzo.

5 - CONCLUSÕES

Confrontando-se os diversos parâmetros de campo e laboratório, relacionados às argilas, com os modelos descritos no capítulo 3, podemos concluir que as argilas estudadas tem uma origem atual ou sub-atual. O posicionamento geográfico, morfológico, as relações com as unidades estratigráficas e com "solos negros", a forma dos depósitos e a mineralogia, con-

figuram um quadro característico de neofomações de caulinita, em perfis de alteração, no domínio da pedogênese. De fato, tais parâmetros nos deixam claro que as caulinitas que tipificam as argilas aqui enfocadas se originaram devido a processos recentes de alteração superficial, especificamente ACIDÓLISE (hidrólise ácida), a partir das "ilitas" componentes do horizonte pelítico, com seixos imersos, já tantas vezes mencionado.

Em função dos dados apresentados e dos resultados obtidos, é lícito afirmar que existe um grande potencial prospectivo para argilas caulínicas, semelhantes às discutidas, em regiões paranaenses com clima e quadro geológico similares ao da área estudada.



Foto 1 - Sequência de pelitos cinza-amarelados, com seixos e fragmentos imersos, tida como pertencente à base da Formação Itararé.



Foto 2 - "Bolsão" de argilas caulínicas brancas, capeado por espessa camada de "solos negros". Lateralmente os solos e as argilas desaparecem, cedendo lugar à sequência da foto 1.

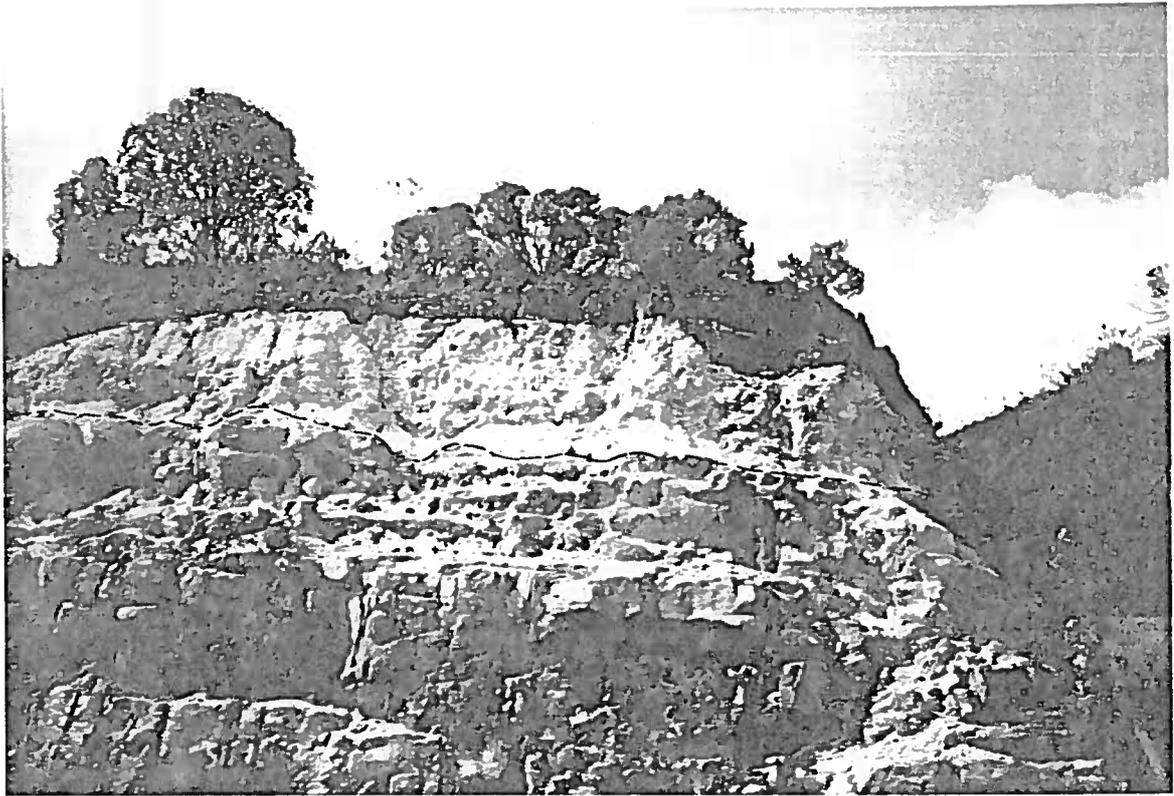


Foto 3 - Argilas caulíníficas brancas, capeadas por "solos negros", tendo na base arenitos do "tipo Furnas".

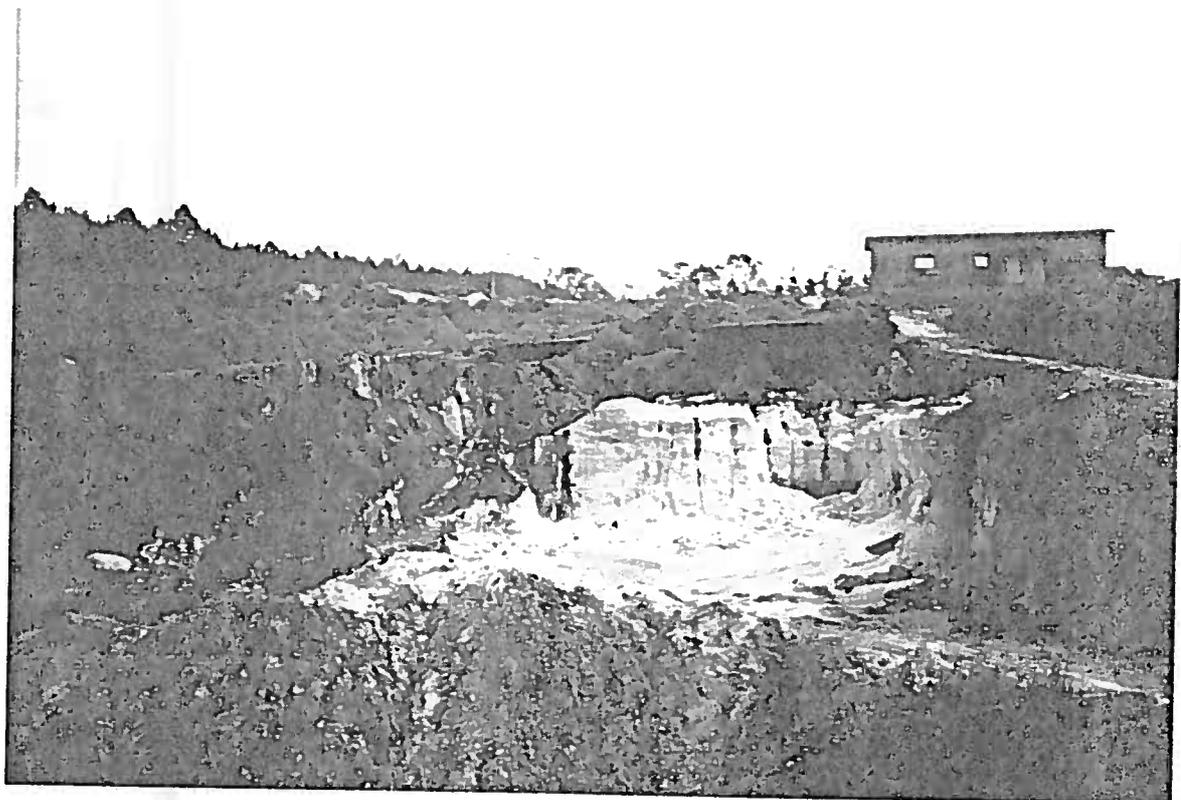


Foto 4 - Arenitos caulíníficos, do "tipo Furnas", em posição topográfica mais elevada que as argilas caulíníficas, exploradas na parte inferior da foto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BERG, Egon Antonio Torres. Estudo Tecnológico de Argilas do Estado do Paraná. São Paulo; USP, 1970. p. 133. Tese (Doutoramento). Departamento de engenharia química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1970.
- 2 - BERNARD, A. Les surfaces continentales et leur géochimie. Paleoalterations, mobilité des éléments et gisements per descensum. In: _____ . Recyclage Metallogenie. Nancy: Ecole Nationale Supérieure de Géologie Appliquée et de Prospection Minière de Nancy, 1972. n.p. 2-40 p.
- 3 - ERHART, H. La genèse des sols en tant que phénomène géologique: Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, Biostasie et rhéostasie. 10 ed. Rev. Corrigida e aumentada. Paris : Masson et C. 1967. 177 p.
- 4 - MELFI, Adolfo José, PEDRO, Georges. Estudo Geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil - Parte 1 : Caracterização e repartição dos principais tipos de evolução pedogeoquímica. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo. v. 7, n. 4, p. 271-286, dez. 1977.
- 5 - _____. Parte 2: Considerações sobre os mecanismos geoquímicos envolvidos na alteração superficial e sua repartição no Brasil. Revista Brasileira de Geociências. São Paulo. v.8 n. 1, p. 11-22, mar. 1978.
- 6 - MILLOT, Georges. Geology of clays. New York: Springer-Verlag. 1970. 429 p.
- 7 - MURATORI, Arsênio. Nota explicativa da folha geológica de Campo Largo. Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geologia. Curitiba, n. 21, p. 1-29., nov. 1966.
- 8 - TREIN, Elimar. Geologia da folha de Contenda - PR. Boletim da Universidade Federal do Paraná - Geologia. Curitiba, n. 27, p. 1-31. ago. 1967.