GILDO FERNANDO FUCK

NÃO CIRCULA

**ESTUDOS MINERALÓGICOS E TECNOLÓGICOS DOS
DEPÓSITOS ARGILOSOS PERMOCARBONÍFEROS
DO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ - SP.**

DEDALUS - Acervo - IGC

30900008381

Dissertação de Mestrado
apresentada ao Instituto
de Geociências da Uni-
versidade de São Paulo.

SÃO PAULO
1975

NÃO CIRCULA

À Eloíde Maria

ÍNDICE

	Página
INTRODUÇÃO	1
LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	2
TRABALHOS ANTERIORES	5
CAPÍTULO I	9
METODOLOGIA	9
1. AMOSTRAGEM	10
2. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	12
3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALÓGICA E QUÍMICA DAS AMOSTRAS	12
3.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	12
3.2 DIFRAÇÃO AOS RAIOS X	15
3.3 ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL	16
3.4 MICROSCOPIA ÓPTICA	17
3.5 ESTUDOS QUÍMICOS	18
4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS	18
4.1 VISANDO A UTILIZAÇÃO EM CERÂMICA	18
4.1.1 COM BASE EM CORPOS DE PROVA, MOL DADOS POR PRENSAGEM	21
4.1.2 COM BASE EM OUTROS PROCESSOS DE MOLDAGEM	24
4.2 VISANDO A UTILIZAÇÃO EM AGREGADOS LEVES	24
CAPÍTULO II	27
ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS	27

CAPÍTULO III	31
BACIA GLACIAL	31
3.1 FISIOGRAFIA	31
3.1.1 GEOMORFOLOGIA	31
3.1.2 CLIMA E VEGETAÇÃO	35
3.1.3 SOLOS	35
3.2 ANÁLISE LITOLÓGICA DE BACIA GLACIAL	37
3.2.1 GEOLOGIA DAS ROCHAS E FORMAÇÕES CIRCUNVIZINHAS	38
3.2.1.1 ROCHAS METAPELÍTICAS	38
3.2.1.2 ROCHAS METAPSAMÍTICAS	40
3.2.1.3 METABASITOS	41
3.2.1.4 ROCHA GRANITÓIDE	41
3.2.1.5 SEDIMENTOS NEOCENOZÓICOS	43
3.2.1.6 SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS	47
3.3 GEOLOGIA DAS ROCHAS SEDIMENTARES DO GRUPO TUBARÃO	48
3.3.1 DIACMITITOS	
3.3.2 SILTITO	
3.3.3 FOLHELHO	
3.3.4 RITMITO	
CAPÍTULO IV	75
ESTUDOS TECNOLÓGICOS	75
4.1 ENSAIOS TECNOLÓGICOS VISANDO A UTILIZAÇÃO CERÂMICA DAS ARGILAS DO GRUPO TUBARÃO - RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
DISCUSSÃO	84

4.2 ENSAIOS TECNOLÓGICOS VISANDO A UTILIZAÇÃO DAS ARGILAS DO GRUPO TUBARÃO PARA A FABRICAÇÃO DE AGREGADOS LEVES	95
4.2.1 ENSAIOS PRELIMINARES - RESULTADOS E DISCUSSÃO	99
4.2.1.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA	99
4.2.1.2 COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	106
4.2.1.3 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA	109
4.2.1.4 ENSAIOS TECNOLÓGICOS DE QUEIMA LENTA	113
4.2.2 ENSAIOS ESPECÍFICOS	114
 CAPITULO V	 124
 CONCLUSÕES	 124
 AGRADECIMENTOS	 127
 BIBLIOGRAFIA	 129

ÍNDICE DAS FIGURAS

	Página
FIGURA 1 - Localização da área estudada.	4
FIGURA 2 - Mapa de localização de amostras.	11
FIGURA 3 - Fluxograma de preparação das amostras.	13
FIGURA 4 - Mapa geológico.	33
FIGURA 5 - Curvas acumulativas das análises granulométricas das amostras de sedimentos neoceno ^z óicos.	44
FIGURA 6 - Termograma da amostra nº 25 (sedimento neoceno ^z óico).	45
FIGURA 7 - Difrato ^g rama da amostra nº 25 (sedimen ^{to} neoceno ^z óico).	46
FIGURA 8 - Difrato ^g rama da amostra nº 2 (sedimen ^{to} aluvionar).	49
FIGURA 9 - Classificação textural dos diacmitito e siltito, de acordo com a granulometria (segundo SHEPARD, 1954).	51a
FIGURA 10 - Curvas acumulativas e histogramas das análises granulométricas de amostras do diacmitito.	52a
FIGURA 11 - Curvas acumulativas e histogramas das análises granulométricas de amostras do siltito.	53

FIGURA 12 - Difrátogramas de amostras do siltito.	54
FIGURA 13 - Classificação textural do folhelho, de acordo com a granulometria (segun <u>do</u> do SHEPARD, 1954).	57
FIGURA 14 - Curvas acumulativas das análises gra nulométricas de amostras do folhelho.	58
FIGURA 15 - Histogramas das análises granulométri cas de amostras do folhelho.	59
FIGURA 16 - Difrátogramas de amostras típicas do folhelho.	63
FIGURA 17 - Termogramas de amostras típicas do folhelho.	64
FIGURA 18 - Classificação textural do ritmito, de acordo com a granulometria (segundo SHEPARD, 1954).	68
FIGURA 19 - Curvas acumulativas das análises gra nulométricas de amostras do ritmito.	69
FIGURA 20 - Histogramas das análises granulométri cas de amostras do ritmito.	70
FIGURA 21 - Difrátogramas de amostras típicas do ritmito.	71
FIGURA 22 - Termogramas de amostras típicas do rit mito.	72

FIGURA 23 - Localização de amostras do ritmito e do folhelho do Grupo Tubarão, nas Zonas de RILEY e WILSON.	104
FIGURA 24 - Composição granulométrica dos ritmitos e dos folhelhos do Grupo Tubarão, lançados do Diagrama Triangular de SCHELLMANN e FASTABEND (1972).	111
FIGURA 25 - Classificação textural das amostras do ritmito e do folhelho tecnologicamente estudadas, de acordo com a granulometria (segundo SHEPARD, 1954).	112

ÍNDICE DAS FOTOS

FOTO 1 - Diacmitito de matriz silte-argilosa, Nova Odessa, Jundiaí.	50
FOTO 2 - Dobramento atectônico, causado por compactação diferencial, provocada pela presença do "fóssil eskers" de natureza diferente do material <u>so</u> toposto.	55
FOTO 3 - Laminação cruzada, apresentada <u>pe</u> lo siltito.	55
FOTO 4 - Afloramento do Folhelho do Grupo Tubarão: observar a intensa <u>desa</u> gregação desta rocha.	55

ÍNDICE DAS TABELAS

	Página
TABELA 1 - Classificação preliminar de argilas para o uso em cerâmica vermelha com base nas cores após queima, segundo SOUZA e SOUZA SANTOS (1964).	22
TABELA 2 - Valores limites de aplicabilidade nos sub-grupos da cerâmica vermelha, segundo SOUZA e SOUZA SANTOS (1964).	23
TABELA 3 - Balanço hídrico, segundo THORNTHWAITE e MATHER (1955), para a Estação Experimental de Jundiaí - Apresentado por VALADARES <i>et al.</i> (1971).	36
TABELA 4 - Composição granulométrica e litológica dos seixos inclusos no diacmitito.	51
TABELA 5 - Composição granulométrica dos seixos inclusos no folhelho do Grupo Tubarão.	60
TABELA 6 - Composição litológica dos seixos inclusos no folhelho do Grupo Tubarão.	61
TABELA 7 - Minerais identificados por difração aos Raios X nas amostras de folhelho.	65
TABELA 8 - Minerais identificados por difração aos Raios X nas amostras de ritmito.	73
TABELA 9 - Caracterização cerâmica realizada com corpos de prova de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm moldados por prensagem sob pressão de 200kgf/cm ² .	77

TABELA 10 - Caracterização cerâmica realizada com corpos de prova de 20,0 x 2,0 x 0,5cm moldados manualmente.	80
TABELA 11 - Características cerâmicas realizadas com corpos de prova de 20,0 x 2,0 x 1,0 cm moldados por extrusão.	81
TABELA 12 - Características cerâmicas realizadas com corpos de prova de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm moldados manualmente.	82
TABELA 13 - Características cerâmicas realizadas com corpos de prova de 7,0 x 2,0 x 1,0 cm moldados por extrusão.	83
TABELA 14 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-1.	85
TABELA 15 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-2.	86
TABELA 16 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-3.	87
TABELA 17 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-4.	88
TABELA 18 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-5.	89
TABELA 19 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-6.	90

TABELA 20 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-7.	91
TABELA 21 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-8.	92
TABELA 22 - Conclusões sobre a aplicabilidade da amostra GF-9.	93
TABELA 23 - Composição química dos ritmitos e folhelhos do Grupo Tubarão de Nova Odessa, Jundiaí.	100
TABELA 24 - Composição química recalculada para o diagrama triangular de RILEY.	102
TABELA 25 - Comparação com o conteúdo em óxidos principais publicados por alguns autores.	103
TABELA 26 - Argilo-minerais e minerais formadores de gás presentes em rochas expansíveis segundo diversos autores.	107
TABELA 27 - Características termoplásticas dos ritmitos e folhelhos obtidas por ensaios de queima lenta.	115
TABELA 28 - Características termoplásticas dos ritmitos e folhelhos obtidas por ensaios de queima rápida.	117
TABELA 29 - Correlação das características tecnológicas das amostras de ritmitos e folhelhos estudadas a partir dos resultados mineralógicos e granulométricos.	122

INTRODUÇÃO

A ocorrência de pequenos corpos sedimentares argilosos de origem glacial encravados em rochas precambrianas do Estado de São Paulo, vem há muito tempo despertando a atenção dos pesquisadores e merecendo inúmeros estudos, pelo fato de apresentarem grande interesse, seja no campo acadêmico seja no campo econômico.

Do ponto de vista acadêmico, estas pequenas áreas assumem um papel de relevante importância paleogeográfica, pois atestam uma maior extensão da ocorrência dos sedimentos glaciais permo-carboníferos da Bacia do Paraná, além de darem informações sobre o relevo dominante no fim do Paleozoico.

Do ponto de vista econômico tais sedimentos apresentam características físico-químicas, mineralógicas e tecnológicas adequadas para a indústria cerâmica e para a fabricação de agregados leves.

Esta variabilidade de utilização tecnológica, bem como, ocorrências restritas e a proximidade da cidade de São Paulo, grande centro consumidor, fazem com que depósitos como este apresentem enorme interesse econômico.

Na bibliografia especializada, verifica-se que a maioria dos autores procuram caracterizar as propriedades tecnológicas das matérias-primas dando maior ênfase ao aspecto de industrialização. Quase nada se tem publicado em relação às características geológicas de ocorrências destes sedimentos, nem dos trabalhos de pesquisas necessárias à sua caracterização tecnológica.

Dessa forma, julgou-se oportuna a realização do presente trabalho, que sem esgotar o assunto, procurou fornecer inúmeras técnicas e resultados, os quais, poderão servir à localização de depósitos técnica e economicamente aproveitáveis.

O presente trabalho teve como objetivo principal não somente a discussão genética da bacia glacial de Nova Odessa, município de Jundiáí, mas, sobretudo a caracterização mineralógica, física, química e tecnológica dos sedimentos argilosos que a constituem.

Para atingir tais objetivos foi necessário, de início, a realização de um levantamento geológico preliminar, com a finalidade de delimitar a área total da bacia, bem como estabelecer seus contatos com as formações precambrianas.

Posteriormente, foram realizadas coletas de amostras representativas, que no laboratório tiveram suas propriedades físicas, químicas, mineralógicas e tecnológicas determinadas através da utilização de uma metodologia adequada.

LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área estudada situa-se no bairro Nova Odessa localizada a 10 km a noroeste do município de Jundiáí.

Esta área abrange 48 km² da Folha de Jundiáí de nomenclatura SF-23-Y-C-III-1 e limitada pelos meridianos 46°46'03" a 46°50'43" de longitude oeste e 23°07'14" a 23°10'30" de latitude sul.

Diversas estradas municipais e particulares cortam a área em diversas direções.

As vias de acesso principais à área podem ser feitas ou pela estrada Jundiaí-Mirim-Jariru que corta a área, no sentido oeste-leste, ou pela estrada que liga o bairro Nova Odessa ao município de Campo Limpo localizado ao sul da área estudada (Figura 1).

Fig. 1- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

LEGENDA

- Área estudada
- Cidades principais
- Rodovias
- Rios principais
- Limites de Estados

ESCALA
0 50 100 km.

TRABALHOS ANTERIORES

Existem vários trabalhos a respeito da ocorrência de depósitos de origem glacial encravados em regiões precambrianas, que atestam uma maior extensão para os sedimentos da Bacia do Paraná em épocas pretéritas. Destacam-se os de ALMEIDA (1952) admitindo a origem flúvio-lacustrina de idades pliocênicas para esta ocorrência. MARTIN *et al.* (1959) abordando mais especificamente a área, detiveram-se nos estudos estratigráficos, caracterizando a origem glacial para estes sedimentos. LEINZ (1937), PETRI (1964) e ROCHA-CAMPOS (1967) procuraram sistematizar a distribuição e a estratigrafia destes sedimentos para o Estado de São Paulo e para o sul do Brasil. PAIVA NETO *et al.* (1965) caracterizaram a composição mineralógica de fração argilosa de argilas da área ao estudarem os "taguás" do Estado de São Paulo. SOUZA SANTOS (1966a e 1966b) apresentou algumas análises químicas e termogramas, destacando-se pela contribuição pioneira da utilização destas argilas para a fabricação de agregados leves. SOUZA SANTOS e MITIDIERI (1973) apresentam inúmeras características da matéria-prima argilosa fornecendo ainda, dados sobre o projeto e produção da Fábrica de Agregados Leves da Cinasa localizada na área do presente estudo.

Quanto a trabalhos geológicos da áreas correlatas destacam-se os trabalhos de BARBOSA e ALMEIDA (1948, 1949 e 1953), de AMARAL (1955), MELFI *et al.* (1962) e os trabalhos regionais de HASUI *et al.* (1969), COUTINHO (1972), WERNICK (1972) e HASUI (1973) descrevendo as rochas precambrianas da região e as ocorrências do Grupo Tubarão a NW e a SE da área de objeto do presente estudo.

Quanto a mapeamentos geológicos da área em questão bem pouco se tem até o presente. O Instituto Geográfico

e Geológico apresentou em 1947, um mapa geológico do Estado ao milionésimo, no qual esta ocorrência aparecia como sedimentos permo-carboníferos. Posteriormente, em 1954, na Folha Geológica de Jundiá na escala 1:100.000 confeccionada pelo mesmo Instituto, esta ocorrência aparecia como sedimentos terciários. HASUI *et al.* (1969) apresentaram um mapa geológico, em escala 1:100.000 o qual atingiu a área na porção NE.

Técnicas de caracterização das propriedades cerâmicas das argilas já têm sido tema de inúmeros trabalhos por todo o mundo. Dos trabalhos pioneiros, nacionais, neste campo, podem ser mencionados os de BARZAGHI e SALGE (1947 e 1948) ao descreverem técnicas de moldagem e as determinações das características cerâmicas. Entretanto, foi com SOUZA e SOUZA SANTOS (1964), SOUZA SANTOS e SOUZA SANTOS (1966) e SOUZA (1966) que estas técnicas obtiveram maiores objetividades além de fornecer maiores subsídios para o desenvolvimento tecnológico cerâmico das argilas.

Para a utilização das matérias-primas para a fabricação de agregados leves encontram-se publicados na literatura internacional, inúmeros trabalhos de importância indiscutível. RILEY (1951) apresenta uma pesquisa na qual, aspectos químicos e mineralógicas servem como parâmetros de determinação das características termoplásticas. Outro trabalho de grande importância foi o de ROSENBERG (1969), no qual o autor procura estabelecer em laboratório composições químicas, mineralógicas e granulometrias próprias para a expansão, fornecendo ainda os conhecimentos científicos apresentados por SOLONINKO (1957), KRUSEL (1958) e muitos outros. Nos trabalhos de FASTABEND e RUYTER (1958), e de SCHELLMANN e FASTABEND (1972) são apresentados dados químicos, mineralógicos e granulométricos característicos das argilas expansíveis. A maioria dos autores já mencionados além de RUDNAI (1963), EVERHART *et al.* (1958), GRIM (1962), EHLERS (1958) e

outros procuraram obter agregados leves a partir de misturas adequadas procurando, em cada caso, explicar as principais reações da produção de gás. COLE e ZELLERSTRON (1950) apresentaram um dos mais importantes trabalhos sob o ponto de vista tecnológico, pois apresentou as características termoplásticas de uma matéria-prima relacionando-a com a sua aplicabilidade industrial. SCHMIDT (1970) publicou um resumo, no qual apresentou todos os conhecimentos científicos no campo da tecnologia das argilas expansíveis, sendo pois, uma importante fonte de referência.

Autores brasileiros que merecem destaque, neste campo de pesquisas são relativamente poucos. Trabalhos pioneiros foram realizados por SOUZA (1966a e 1966b) nos quais o autor salienta os conhecimentos existentes sobre a caracterização da matéria-prima para a fabricação de argilas expandidas e as normas técnicas elaboradas por diversos países. SOUZA (1966) e SOUZA e LOURENÇO (1971 e 1973) divulgaram trabalhos sobre matéria-prima do Recôncavo Baiano, visando a fabricação de agregados leves. ALBRECHT (1968) e FORMOSO (1970) apresentaram características de algumas matérias-primas argilosas coletadas no Rio Grande do Sul visando a utilização em concretos leves.

ROSSO (1973), SOUZA SANTOS (1973), VASCONCELOS (1973) e DINIZ (1973) apresentaram, no Colóquio sobre agregados leves patrocinado pela IBRACON - Instituto Brasileiro de Concreto, conferências sobre vários aspectos relacionáveis a matéria-prima para a fabricação de agregados leves.

SOUZA SANTOS e MITIDIERI (1973) apresentaram importante trabalho sobre o desenvolvimento da pesquisa industrial na fabricação de agregados leves.

TESUKA (1973) apresentou uma dissertação de Mestrado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, sobre

bre concretos leves de argilas expandidas.

DAMASCENO (1973) elaborou sua Tese de Livre Do
cência para a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
na qual forneceu valiosa colaboração para o estudo tecno
lógico e geológico das rochas argilosas, principalmente do
Grupo Tubarão, encontradas no Estado de São Paulo.

Normas técnicas sobre agregados leves foram ela
boradas por diversos países dentre as quais podem ser desta-
cadas as de A.S.T.M., DIN, GOST e de A.B.N.T. (Associação Brasileira
de Normas Técnicas - 1969).

CAPÍTULO I

METODOLOGIA

Para os trabalhos de campo foi inicialmente realizada a fotointerpretação da área. Nesta verificação preliminar procuraram-se observar as características fotogeológicas que serviram como elementos de reconhecimento das diferentes unidades geológicas a serem mapeadas.

As observações de campo foram feitas ao longo das estradas. Estas observações visaram definir os tipos litológicos e seus contatos, variações estruturais e as relações espaciais, bem como, uma coleta de amostras para os estudos de laboratório.

Exploração de rochas inalteradas não são frequentes, sendo que grande parte das observações foram feitas a partir de solos estruturados ou de rochas semi-decompostas.

Os dados geológicos obtidos no campo foram lançados sobre uma planta base elaborada a partir de todos os elementos cartográficos disponíveis, tais como:

a. fotografias aéreas e fotomosaico em escala 1:25.000 da Aerofoto Natividade Ltda. executadas para o Instituto Agrônomo de Campinas, em 1962;

b. mapas editados pelo Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, em escala 1:100.000 (Folha de Jundiaí, 1954) e em escala 1:50.000 (Folha de Jundiaí, 1971).

Em vista da existência de espessa cobertura de

solo e de sedimentos neocenoicos, parte dos contatos foram extrapolados mesmo após verificacao no campo. Deste modo, os contatos lançados no mapa geológico foram classificados como "observados" quando vistos no campo e como "prováveis" quando é admitida imprecisão de até 20 metros.

1. AMOSTRAGEM

Na coleta de amostras procurou-se tomar um volume de material adequado para melhor representatividade da sequência estratigráfica em todas as camadas aflorantes. Nas exposições naturais, esta sequência se apresentou em parte encoberta. Em vista disso as amostras, mais representativas foram coletadas preferencialmente em frentes de exploração das indústrias cerâmicas locais.

Para a caracterização global das amostras foi coletada em média 3 quilos, que após preparação e quarteação sofreram diferentes ensaios de laboratório. Para as amostras submetidas a testes tecnológicos foram coletados de 30 a 50 quilos.

O método de amostragem realizado neste trabalho foi basicamente e do tipo composto; em alguns cortes de estradas a amostragem foi pontual.

Foram coletados também, materiais de aluvião e amostras dos demais tipos litológicos existentes na área, a fim de serem, em laboratório, determinadas suas características, sedimentológicas e petrográficas, respectivamente (Figura 2).

2. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

No laboratório as amostras foram secadas ao ar (e ao sol quando possível), até poderem ser desagregadas e homogeneizadas. A desagregação foi realizada manualmente ou com o auxílio de um martelo de madeira até a granulação máxima de 5 a 10 cm de diâmetro.

Cada amostra foi posta a secar em uma superfície limpa (madeira ou bandeja de plástico cobertos por papel de embrulho ou jornal), e deixada em ambiente livre de poeiras e com circulação de ar.

Pequena porção de cada amostra quando seca, foi arquivada e o restante separado em duas porções: a primeira destinada a caracterização química, física e mineralógica e a segunda, destinada à caracterização tecnológica.

As amostras reservadas para os estudos tecnológicos, quando secas, foram passadas em um britador de mandíbulas e posteriormente, num moinho de discos. A moagem foi realizada para todo o material passar na peneira U.S.S. de abertura de 0,177 mm (nº 80). Como resultado destas etapas de trabalho são calculadas, quando necessário, as umidades de britagens e de moagem (Figura 3).

3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, MINERALÓGICA E QUÍMICA DAS AMOSTRAS

3.1 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Duas seções colunares e 36 amostras foram analisadas granulometricamente.

FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Figura 3

Em virtude da heterogeneidade granulométrica apresentada pelas amostras, tornou-se necessária a combinação de dois métodos de análise sedimentológica. Desta forma, para a separação das frações grosseira e fina, usou-se respectivamente, o processo de peneiramento a úmido e o processo de decantação.

Por conveniência prática tomou-se como limite das frações grosseira e fina, o diâmetro de $+4\phi$ (0,062 mm). Este valor corresponde à separação entre as classes areia-silte na classificação de Wentworth. Além disso, esta granulação está próxima do limite de aplicabilidade da lei de Stokes. Obedecendo, também, a validade da lei de Stokes para partículas menores do que 2 microns a menor fração granulométrica para todas as pipetagens foi de 2 microns.

No processo de peneiramento a úmido foram utilizadas peneira Granutest, cujas aberturas coincidiam com os intervalos propostos pela classificação de Wentworth.

No processo de decantação, baseado na lei de Stokes, foi utilizado o método tradicional de pipetagem, utilizando-se o pirofosfato de sódio como anti-floculante.

Os resultados granulométricos assim obtidos foram lançados em histogramas e em curvas acumulativas, usando-se respectivamente, escalas em milímetros e de probabilidade aritmética, em ambos os casos, na escala granulométrica proposta por Wentworth transformada em escala ϕ por KRUMBEIN (1934).

Diferentes diagramas triangulares foram construídos com o destino de determinar a classe textural e correlacionar as amostras tecnologicamente caracterizadas com as demais coletadas, comparando-as também, com os resultados apresentados por SCHELLMANN e FASTABEND (1972), DAMASCENO

(1973) e muitos outros autores.

De um modo geral, os resultados obtidos para algumas amostras de folhelho do Grupo Tubarão, devem ser analisadas com alguma reserva, dadas as dificuldades encontradas na desagregação das amostras. Neste caso, a desagregação pelas técnicas já mencionadas foi incompleta, restando sempre fragmentos agregados, que tiveram necessidade de ser submetidos a uma fragmentação sob a pressão de um pistilo de borracha.

As análises realizadas basearam-se, sobretudo, em KRUMBEIN e PETTIJOHN (1938), TWENHOFEL e TYLER (1941), MULLER (1967), KRUMBEIN e SLOSS (1956 e 1963) e SUGUIO (1973).

3.2 DIFRAÇÃO AOS RAIOS X

A difração aos raios X foi o método empregado na caracterização mineralógica das frações silte e argila.

Para a obtenção dos diagramas foi utilizado o equipamento Norelco, da North American Phillips Company, funcionando com tubo emissor de raios-X de ânodo de cobre, na potência de 35 Kv e 15 mA, radiação monocromática ou cobre ($\lambda = 1,5481 \text{ \AA}$) com filtro de níquel e abertura $1/2'$.

Para a caracterização mineralógica inicial usou-se o material natural, finamente moído (pó), ainda úmido, colocado, sem orientação preferencial, no suporte do difratômetro Norelco. Os registros obtidos entre ângulos 2θ , variando de 2° até 65° tiveram a finalidade de captar os espaçamentos interplanares largos até o espaçamento correspondente ao plano (060) dos argilo-minerais presentes bem como as reflexões basais características dos demais minerais porventura existentes.

Com a finalidade de caracterizar os argilo-minerais presentes, identificados pelo espaçamento basal de 14; de 10 e de 7,2 Å foi necessário o emprego das técnicas apresentadas por WARSHAW e ROY (1961). Para tanto, as argilas foram dispersas em água (com hidróxido de amônio), de modo a formar uma suspensão bem concentrada.

Uma porção adequada desta suspensão é pipetada e espalhada em uma lâmina de vidro. A secagem destas lâminas de vidro devidamente coberta com a suspensão, é feita ao ar, num ambiente limpo, de modo a permitir que as partículas dos argilos-minerais obtenham uma orientação preferencial e consequente intensificação das reflexões basais.

As técnicas apresentadas pelos autores acima mencionados baseiam-se na contração e na expansão do espaçamento basal por meio de moléculas polares (por exemplo, glicol etilênico) e pelo tratamento térmico.

Para a caracterização mineralógica dos difratogramas obtidos, foram utilizados o fichário da A.S.T.M., BROWN (1961), CAILLÈRE e HÉNIN (1963), GRIM (1968) e WARSHAW e ROY (1961).

3.3 ANÁLISE TÉRMICA DIFERENCIAL

Esta técnica foi empregada como auxiliar na determinação qualitativa de minerais termicamente ativos. Serve como um importante instrumento de pesquisa em cerâmica, pois permite acompanhar as transformações que sofrem as argilas e as massas cerâmicas durante a queima.

O equipamento utilizado foi Rigaku Thermoflex com termopar de cromel-alumel e provido de registro gráfico. As condições de funcionamento foram as seguintes: taxa de aquecimento de 10° C/min na escala A.T.D. de 250 e 500 µV.

A interpretação dos termogramas se basearam so
bretudo em MACKENZIE (1957), BROWN (1961), GRIM (1968) e
CAILLÈRE e HÉNIN (1963).

3.4 MICROSCOPIA ÓPTICA

Este tipo de estudo foi empregado na caracterização qualitativa e em alguns casos, semiquantitativa dos minerais existentes em todas as amostras coletadas.

Para o estudo, em secções delgadas, das rochas metamórficas e ígneas utilizou-se um microscópio polarizador Leitz, modelo Dialuz-Pol, e as técnicas convencionais para caracterização da mineralogia, texturas e estruturas.

Para o estudo dos sedimentos glaciais e quaternário utilizou-se uma lupa binocular.

As descrições mineralógicas e morfoscópicas dos minerais foram feitas em todos os resíduos de peneiras obtidos.

Na determinação mineralógica utilizaram-se técnicas adicionais como separação magnética, separação de minerais pesados com bromofórmio e ataque de HCl conc. + Sn para a eliminação de produtos ferruginosos. Além disso, foram efetuadas contagens de um grande número de grãos a fim de possibilitar avaliações semi-quantitativas, cujos resultados são expressos em percentagem de volume para todas as amostras estudadas.

As determinações mineralógicas se basearam so
bretudo em HEINRICH (1956) e a terminologia petrográfica em
WILLIAMS *et al.* (1954) e WINKLER (1967).

As determinações de arredondamento se basearam

na carta visual apresentada por KRUMBEIN e SLOSS (1956).

3.5 ESTUDOS QUÍMICOS

A determinação da composição química dos materiais estudados foi baseada em análises realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas e nos apresentadas por SOUZA SANTOS e MITIDIERI (1973).

A capacidade de troca ou cations, além de interpretação geológica das argilas estudadas se basearam principalmente em CAILLÈRE e HÉNIN (1963), MILLOT (1964), SOUZA SANTOS (1966a) e GRIM (1968).

A interpretação das diferentes análises se basearam principalmente sob o ponto de vista tecnológico. De tal forma, procuraram-se correlacionar os resultados obtidos com diversos pesquisadores que estudaram o conteúdo mais adequado para as argilas expansíveis. Dentre estes autores encontram-se RILEY (1951) e WILSON (1954) que apresentaram diagramas ternários, nos quais recomendaram o uso favorável, por meio de zona, as argilas que podem apresentar as propriedades termoplásticas. Além destes autores têm-se ainda, SCHULZ (1969), SCHELLMANN e FASTABEND (1972), SOLONINKO (1957) e KRUSEL (1958).

Os resultados de análise química e as conclusões também foram, comparados com o trabalho de DAMASCENO (1973).

4. ENSAIOS TECNOLÓGICOS

4.1 VISANDO A UTILIZAÇÃO EM CERÂMICA

Os ensaios de queima dos corpos de prova, moldados sob diferentes métodos visam essencialmente a verificação:

a) da simples possibilidade de utilizar as rochas siltosas e argilosas como matéria-prima na manufatura de tijolos de alvenaria, tijolos furados, telhas e ladrilhos de piso;

b) verificar as características individuais das amostras estudadas com o intuito de sugerir misturas econômicas e adequadas para a utilização tecnológica desejada.

A determinação das características tecnológicas envolve mineral variável, a qual condiciona não só os resultados como também conseqüentes interpretações das possíveis aplicações das matérias-primas estudadas.

Entre os fatores mais importantes podemos destacar:

- constituição original da amostra responsável pela retração linear e empenamento dos corpos de prova a cru; pelas proporções das frações mais grosseiras (silte e areia) determinantes da falta de plasticidade e de coesão adequada para estudos posteriores; pela presença de trincas e empenamentos dos corpos de prova, após queima.

- Tipo de atmosfera durante o aquecimento.

- Padronização da velocidade de aquecimento.

- Estabilização, por três horas, da temperatura desejada.

- Cuidados adicionais como: as características da queima das amostras e a distribuição da temperatura no forno se fazem necessários.

Estas precauções devem ser tomadas não só quanto a materiais de diferentes origens como também, a um mesmo ma

terial, moldado por diferentes processos. Com isto podem-se evitar contaminações, as mais diferentes, tais como: contaminação dos corpos de provas fundidos com os demais presentes na queima e também com as resistências do forno.

Para a realização dos estudos tecnológicos dos materiais os equipamentos utilizados podem ser divididos em dois tipos principais:

a) moldagem dos corpos de prova segundo os valores padronizados pela American Ceramic Society (1928) e usados pela Divisão de Cerâmica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Os corpos de prova de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm foram moldados sob pressão de 200 kg/cm² em massa semi-secas. Os resultados obtidos por este tipo de moldagem podem ser extrapolados a empregos que, na indústria, utilizam argilas moldadas por outros métodos e mesmo outras temperaturas de queima (SOUZA SANTOS, 1966).

Para conferir as previsões feitas nos ensaios anteriores bem como, para detectar defeitos como trincas, empenamento, formação de bolhas e outros, os quais, possivelmente podem ser, mascarados pelos corpos de provas de pequenas dimensões e moldados por prensagem, foram realizados ensaios cerâmicos com corpos de prova moldados por extrusão e manualmente. Os corpos de prova moldados por extrusão e manualmente apresentam-se sob a forma de barra prismática de dimensões de 20,0 x 2,0 x 1,0 cm e barras de perfis retangulares com dimensões de 7,0 x 2,0 x 1,0 cm e de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm moldados respectivamente por extrusão e manualmente, em massas plásticas.

b) Fornos elétricos de resistências de Kanthal em atmosfera oxidante, no qual foram efetuadas queimas de 950°C

a 1 250° C. Para cada temperatura o período total de queima durou 10 horas com velocidade de aquecimento constante sendo estabilizado por 3 horas na temperatura desejada.

Para as temperaturas de 1 350° C e 1 450° C foi utilizado forno a gás sempre em atmosfera oxidante. As características do período de queima são as mesmas que as descritas anteriormente sendo a leitura da temperatura realizada por meio de um pirômetro óptico.

4.1.1 COM BASE EM CORPOS DE PROVA, MOLDADOS POR PRENSAGEM

A moldagem dos corpos de prova para este ensaio foi feita por prensagem das frações moídas (maiores do que 0,177 mm), obtidas nas condições anteriormente descritas, levemente umedecidas. Esta moldagem foi realizada, segundo normas estabelecidas pelo I.P.T., na forma de pequenas barras com dimensões de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm sob pressão de 200kgf/cm².

Da secagem destes corpos de prova a 110° C e ao ar, obtém-se, a umidade de prensagem, módulo de ruptura à flexão, retração linear de secagem, além de permitirem a rápida queima a 950° C, 1 250° C e 1 450° C.

Com os corpos de prova queimados a 950° C, 1 250° C e 1 450° C foram medidas as seguintes características cerâmicas: a) cor; b) perda ao fogo; c) retração linear; d) módulo de ruptura à flexão; e) absorção de água; f) porosidade aparente e g) densidade aparente.

Com os valores numéricos das características cerâmicas das nove amostras estudadas foi feita a comparação com os valores estabelecidos pelo I.P.T. expressos nas Tabelas 1 e 2.

TABELA 1

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR DE ARGILA PARA O USO EM CERÂMICA VERMELHA COM BASE NAS CORES APÓS QUEIMA SEGUNDO SOUZA & SOUZA SANTOS (1964)

TIPOS DE MATERIAL	seca a 110°C	Cor do corpo* de prova após a queima a		
		950°C	1250°C	1450°C
Telhas e Tijolos	preta, cinza avermelhada, outras cores exceto a branca	vermelha	marrom, preta superqueima(S.Q.)	preta, marrom com perda de forma (S.Q.) ou fusão total
Manilhas	preta, cinza avermelhada, outras cores exceto a branca	vermelha amarela-escura	marrom, preta superqueima(S.Q.)	marrom, preto com perda de forma (S.Q.) ou fusão total
Ladrilhos de Piso**	verde, marrom, vermelha, variegadas, violácea	vermelha	vermelha-escura marrom, superqueima(S.Q.)	marrom, preto com perda de forma (S.Q.) ou fusão total

* Corpos de prova de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm moldados sob pressão de 200 kg/cm²

** Vitrifica a cerca de 1050°C com cor vermelha viva sem mancha.

TABELA 2

VALORES LIMITES DE APLICABILIDADE NOS SUBGRUPOS DA CERÂMICA VERMELHA, SEGUNDO
SOUZA & SOUZA SANTOS (1969)

Massa cerâmica (manual, extrudida, prensada)	para tijolos de alvenaria	para tijolos furados	para telhas	para ladrilhos de piso vermelho
Módulo de ruptura da massa se- ca a 110°C (mínimo)	15 kgf/cm ²	25 kgf/cm ²	30 kgf/cm ²	-
Módulo de ruptura da massa após a queima (mínimo)	20 kgf/cm ²	55 kgf/cm ²	65 kgf/cm ²	-
Absorção de água da massa após a queima (máxima)	-	25,0 %	20,0 %	abaixo de 1,0 %
Côr após a queima	Vermelha	Vermelha	Vermelha	Vermelha sem man- chas pretas

4.1.2 COM BASE EM OUTROS PROCESSOS DE MOLDAGEM

a. Confeção dos corpos de prova moldados manualmente

A argila após ser britada e moída até passar na peneira de abertura 0,177 mm (U.S.S. nº 80) é misturada com quantidade adequada de água, durante 24 horas, posteriormente é amassada manualmente até uma homogeneização de umidade com toda a argila até a ausência de bolhas de ar, verificado através de um corte de um corpo de prova com um fio de aço. Em seguida são moldados os corpos de prova de 20,0 x 2,0 x 1,0 cm conforme as normas da America Ceramic Society e posteriormente os corpos de prova de 6,0 x 2,0 x 0,5 cm.

b. Confeção dos corpos de prova moldados por extrusão

Com a fração de material estudado menor do que 0,177 mm é misturada água até atingir o estado plástico adequado para a extrusão. As características principais deste estado foram observadas após a extrusão pela superfície lisa e pela inexistência de "dentes de dragão" (pequenas fissuras subparalelas orientadas segundo o maior comprimento) nas arestas dos corpos de prova. Uma vez atingida a plasticidade adequada foram extrusados corpos de prova de 20,0 x 2,0 x 1,0 cm e 7,0 x 2,0 x 1,0 cm.

4.2 VISANDO A UTILIZAÇÃO EM AGREGADOS LEVES

A determinação de possível utilização das amostras coletadas para agregados leves baseia-se na verificação das características termoplásticas destes materiais por meio de inúmeras técnicas de aquecimento. A utilização desta técnica em laboratório tem sido o procedimento usado pela maioria dos pesquisadores, por tratar-se de critérios de fáceis realizações, mais econômicos e mais rápidos do que os

critérios químicos, físicos e mineralógicos anteriormente descritos. Além disso, a técnica de aquecimento permite a verificação direta dos agregados leves obtidos.

No presente estudo foram utilizadas, para a verificação de expansibilidade termoplástica do ritmito e do folhelho, as técnicas adotadas pela Divisão de Cerâmica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e recomendadas, inclusive por SOUZA SANTOS (1966a e 1966b), SOUZA e LOURENÇO (1971) e FORMOSO (1970). As propriedades expansivas destas argilas foram caracterizadas por meio de dois ensaios tecnológicos: a) ensaios tecnológicos de queima lenta ou preliminar e b) ensaios tecnológicos de queima rápida ou específico.

Para a caracterização das propriedades termoplásticas das amostras através de ensaios tecnológicos ou queima lenta foram utilizados os resultados obtidos nos ensaios tecnológicos para uso cerâmico anteriormente descritos.

Para a caracterização destas propriedades termoplásticas das argilas do Grupo Tubarão através de ensaios tecnológicos de queima rápida foram usados fornos elétricos tubulares com resistência Kanthal. Neste forno, o material argiloso foi submetido a rápido aquecimento durante os tempos de 3, de 10 e de 15 minutos nas seguintes temperaturas de ensaio: 1 050, 1 100, 1 150 e 1 250° C. Para a realização destes ensaios foram confeccionados corpos de prova sob forma de "pelotas" de 1 a 2 cm de diâmetro obtidas por extrusão em massa plástica de argila moída (malha U.S.S. nº 80).

Para a avaliação ao grau de expansão observou-se o aumento do diâmetro, a densidade aparente menor do que a densidade da água, e a resistência à compressão avaliada pela resistência ao esmagamento de cada pelota quando comprimida entre os dedos (KLINEFELTER *et al.*, 1947; HEMLIN *et al.*, 1962). Procurou-se também, indicar as características técnicas

cas segundo os índices de avaliação visual sugerido por
SCHELLMANN e FASTABEND (1972) que são os seguintes:

não sinterizados	= 1
levemente	= 2
sinterizados	= 3
levemente fundidos	= 4
fundidos	= 5

Segundo aqueles autores, as amostras favoráveis para este uso tecnológico deve apresentar a soma destes índices igual ou superior a 8, em temperatura de 1 100°, 1 200° e 1 300° C. No presente trabalho foram consideradas favoráveis as amostras que apresentaram o índice igual ou superior a 8, nas temperaturas de 1 100°, 1 250° e 1 350° C extrapolando-se os valores obtidos para as temperaturas acima mencionadas.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GEOLÓGICOS REGIONAIS

A litologia da região é caracterizada por metamorfitos que integram o Bloco Jundiá (HASUI *et al.*, 1969). Trata-se, sobretudo de mica-xistos ora mais, ora menos feldspatizados, quartzo xistos, quartzitos micáceos e quartzitos associados a gnaisses e anfibolitos com menor representatividade local. Nos metapelitos e metapsamitos tanto a xistosidade, sempre ligeiramente ondulada, como o acamamento, mostram direção geral NW e mergulho para SW.

Numerosos pequenos corpos graníticos penetraram nesses metamorfitos. HASUI *et al.*, 1969, reconheceram três tipos distintos: os tardi-tectônicos cataclasados ("stocks" Guapeva e Guaxatuba) os pós-tectônicos tipo Jundiá ("stocks" Jundiá, Cachoeira, Terra Nova e Ribeirão) e o pós tectônico alaskítico (Batólito de Itu). A norte de Jundiá aparecem os maciços graníticos de Jaguariuma, Morungaba e Socorro, os quais foram selecionados por WERNICK (1967), ao Batólito de Itu.

A idade dos metamorfitos não está ainda claramente definida. HASUI e HAMA (1972) obtiveram no anfibolito Ermida uma idade K-Ar de 1 036 m.a., o que parece indicar uma vinculação com eventos tecto-orogênicos pré-brasileiros. Os granitos classificados como pós-tectônicos têm idades relacionadas ao Ciclo Brasileiro, parecendo então que o conjunto pré-brasileiro teria sido envolvido pelo último ciclo que afetou a Plataforma Sul Americana.

Como cobertura da Plataforma no Bloco Jundiá, se

gundo HASUI *et al.*, 1969, aparecem rochas sedimentares do Grupo Tubarão, sedimentos neoceno-zóicos e quaternários.

O Grupo Tubarão foi descrito por muitos autores, me recendo destaque os trabalhos de LEINZ (1937), PETRI (1964) e ROCHA-CAMPOS (1967) que procuraram sistematizar os conhecimen tos destes sedimentos no sul do Brasil e para o Estado de São Paulo.

HASUI *et al.* (1969) relacionaram os sedimentos do Grupo Tubarão que se encontram de Sorocaba a Itu, à Formação Itu de BARBOSA e ALMEIDA (1953).

Importante trabalho de cunho tecnológico foi apre sentado por DAMASCENO (1973), no qual apresenta interessantes dados físicos, químicos e mineralógicos além de fornecer da dos para a prospecção dos sedimentos do Grupo Tubarão encon trados em São Paulo e principalmente em Sorocaba.

WERNICK (1972a) correlacionou os sedimentos do Grupo Tubarão encontrados nas regiões de Morungaba, com a Forma ção Itu de BARBOSA e ALMEIDA (1949), na base do subgrupo Ita raré de PETRI (1964) ou na Formação Itararé de LANDIM (1970).

A área de ocorrência dos sedimentos glaciais, obje to do presente estudo, já foi anteriormente descrita por MARTIN *et al.* (1959). Naquele trabalho, os autores detiveram-se prin cipalmente, na caracterização da origem de tais sedimentos. Segundo eles, trata-se de uma bacia atectônica, relacionada a deposição de sedimentos glaciais e periglaciais dentro de um vale pré-glacial. As conclusões obtidas naquele estudo basea ram-se principalmente nas exposições encontradas na porção sul as quais estão em contato direto, com diferentes rochas do Pré cambriano. Maiores considerações sobre o trabalho de MARTIN *et al.* serão apresentadas, no decorrer do pre

sente trabalho.

Outra ocorrência isolada, bastante remelhante com anterior, foi descrita por MELFI e BITTENCOURT (1962) localizada no distrito de Souza, no município de Campinas.

Tais ocorrências acima citadas foram integradas ao subgrupo Itararé de PETRI (1964) por ROCHA-CAMPOS (1967).

HASUI *et al.* (1969) admitiram que os sedimentos do Grupo Tubarão não foram afetados pelos falhamentos transcorrentes de Pirai, Taxaquara, Pirapora e Jundiuvira.

HASUI (1973) relacionou os lineamentos existentes na cobertura da plataforma a reativações das estruturas do embasamento.

Os sedimentos neoceno-zóicos desde há muito tempo têm sido objeto de inúmeros trabalhos dentre os quais observou-se a existência de pelo menos duas distintas formações.

Inicialmente podemos mencionar os estudos de MORAES REGO (1933), ALMEIDA (1952 e 1955), LEINZ e CARVALHO (1957) e PENALVA (1969). Trata-se da Formação de São Paulo que, em via de regra, apresenta arenitos e sobretudo argilitos e siltitos inferiormente limitados por uma linha de seixos.

Autores como FREITAS (1951), ALMEIDA (1955) e principalmente HASUI *et al.* (1969) admitem uma fase trafo-gênica na qual desenvolveram-se condições propícias à sedimentação flúvio-lacustrina de tais sedimentos. HASUI (1973) reconhece que a existência de diferentes litologias com diferentes resistências à erosão é também responsável por muitas ocorrências destes sedimentos.

Inúmeros outros estudos, como os de BJÖRNBERG

(1965-1969), BJÖRNBORG e LANDIM (1966a e 1966b); MELFI *et al.* (1966), CHRISTOFOLETTI e QUEIROZ NETO (1966) e CARVALHO *et al.* (1967) se detiveram principalmente nas caracterizações mineralógicas, sedimentológicas e pedológicas dos sedimentos neoceno-zóicos das diferentes áreas estudadas. Estes sedimentos representam-se como depósitos incipientemente consolidados, pobres em estruturas sedimentares, caracterizados por uma rápida variação litológica e normalmente com um baixo grau de seleção. Na maioria das vezes, exibem, no contato com as rochas subjacentes um conglomerado basal o qual varia desde uma pequena linha de seixos até cascalheira de vários metros de espessura.

A origem de tais sedimentos tem sido admitida pela maioria dos autores como sendo pedimentar (CHRISTOFOLETTI e QUEIROZ NETO, 1966; BJÖRNBORG, 1965; MELFI *et al.*, 1966; CHRISTOFOLETTI, 1968). Entretanto, FULFARO e SUGUIO (1968) e BJÖRNBORG (1969) admitem condicionamento tectônico para tais sedimentações. Segundo BJÖRNBORG e LANDIM (1966) estes sedimentos devem ser correlacionados com a Formação Rio Claro.

Os trabalhos apresentados por WERNICK (1967 e 1972a) mencionam a existência de tais sedimentos neoceno-zóicos a norte da área do presente trabalho.

Os sedimentos quaternários são representados principalmente pelas aluviões ao longo dos rios. São depósitos inconsolidados de cascalho, areia e argila, cuja deposição está relacionada às inúmeras soleiras como, por exemplo, o batólito granítico de Itu com relação ao rio Jundiaí.

ALMEIDA (1967) sugeriu que o Quaternário representa o início de uma nova fase de estabilidade da Plataforma Brasileira.

CAPÍTULO III

BACIA GLACIAL

3.1 FISIOGRAFIA

3.1.1 GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da área foi analisada por vários autores, entre os quais podemos destacar, MARTIN *et al.* (1959), ALMEIDA (1964) e HASUI *et al.* (1969).

Conforme ALMEIDA (1964), a área estudada pode ser enquadrada próximo ao limite da Zona do Cristalino Norte com a Serraria de São Roque pertencente à Província Geomorfológica do Planalto Atlântico.

A superfície de erosão presente é a do Itaguá, que tem sido admitida como resultado da glaciação Permo-Carbonífera. O relevo ali existente é praticamente uniforme e com seus acidentes topográficos no máximo atingindo a uma centena de metros. A inclinação desta superfície com relação ao interior da Bacia do Paraná, localizada a oeste da área atinge valor da ordem de 3,6 m/km. As maiores inclinações desta superfície são verificadas quando correlacionadas às serras de Itaguá e do Japi localizadas a sudoeste da área, cujos valores estão na ordem de 5,8 m/km e 15,3 m/km para leste.

Foi reconhecida uma superfície mais jovem, presumivelmente neoceno-zoica, recobrendo praticamente toda a área estudada.

A erosão atual vem entalhando tais superfícies, resultando na formação de colinas e pequenas planícies de inundação que estão relacionadas a atividade sobretudo fluvial, como também a variabilidade litológica e das estruturas presentes, além do clima. As elevações formadas pelas rochas metapelíticas permitem um entalhamento sob a forma de morretes ou colinas abauladas. Esta forma de relevo sustenta as maiores altitudes locais e é o resultado do tipo litológico bem como das estruturas presentes.

O "stock" granítico de Campo Verde aparece como colina de altitude menor do que as máximas encontradas nas rochas metapelíticas.

Os espigões das colinas de rochas metapelíticas e graníticas apresentam-se, de um modo geral, orientados no sentido NE-SW.

As rochas sedimentares da Bacia Glacial ocorrem como colinas muito abauladas observadas unicamente na porção sul. Estas colinas apresentam os espigões, nitidamente orientados no sentido NW-SE alinhados segundo uma direção N 35-50W e com acamamento das litologias presentes junto ao eixo principal da bacia de N 50-60° E 8° NW. A direção obtida para estas colinas representam os valores apresentados por ALMEIDA (1948) para as estrias das rochas "moutonnée" de Salto. As atitudes destes sedimentos mostraram-se muito variadas não podendo ser dada ênfase para nenhum deles, sendo que os valores encontrados na maior elongação da principal ocorrência da bacia glacial, representados na Figura 4.

As variações de atitudes das rochas do Grupo Tubarão estão relacionadas entre outros fatores a acomodação atectônica destes sedimentos sobre um substrato levemente acidetado. Este fato pode ser comprovado pelas diferenças de nível obtido nos afloramentos de diacmitito, no qual obteve-

-se, por altimetria, diferenças de 4,0 metros mais elevado na ocorrência localizada na porção norte da bacia glacial.

A possibilidade de eventual origem tectônica para explicar tais variações relacionadas ao vale do rio Jundiaí-Mirim foi cuidadosamente explorada durante a realização do presente trabalho (Figura 4).

A origem de tal bacia, já mencionada por MARTIN *et al.* (1959) e com base nas evidências observadas, deve ser considerada como atectônica dos sedimentos glaciais e periglaciais em uma "bacia" pré-glacial.

O sistema de diaclasamento apresentado pelos ritmitos e folhelhos quando comparado com o sistema das rochas precambrianas mostrou-se bastante coincidente. O resultado desta observação sugere possíveis reativações destes sistemas mais antigos de diaclasamento e de fraturamento, os quais afetaram estas rochas sedimentares. A duração destas reativações, entretanto, não atingiram os sedimentos neocenozóicos.

A área é banhada pelos rio Jundiaí-Mirim e seus afluentes. Esta drenagem é de natureza consequente e de um padrão aproximadamente dendrítico, bem integrado, de baixa densidade controlado pelas características estruturais e pela variabilidade litológica. Para estes dois fatores de controle pode-se admitir uma maior influência do primeiro para a parte norte e o segundo para a parte sul da área.

A planície aluvial do rio Jundiaí-Mirim e do Ribeirão do Perdão é controlada na área mapeada pelo "stock" Granítico de Campo Verde. Esta planície, juntamente com a do rio Jundiaí se estendem para oeste da área até a soleira formada pelo Granito de Itu.

3.1.2 CLIMA E VEGETAÇÃO

O clima da área está sujeito a contínuas variações e uma determinação aproximada do mesmo pode ser obtida através dos dados fornecidos pela Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agrônomo de Campinas e VALADARES *et al.* (1971).

Segundo a classificação de KOPPEN, a área apresenta clima mesotérmico de inverno seco, C_{Wa}, isto é, tropical de altitude, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18° C, e a do mês mais quente superior a 22° C, sendo que a precipitação total do mês mais seco é inferior a 30mm conforme Tabela 3 (KOPPEN, 1948; SERV.NAC.PESQ.AGRON., 1960; e ANDRADE, 1964).

Conforme os resultados apresentados nas tabelas acima mencionadas, a área pode ser caracterizada segundo critérios estabelecidos por PELTIER (1950) e WILSON (1968), como sendo uma região morfogenética temperada. Segundo os mesmos autores, estes processos morfogenéticos relacionam-se principalmente a efeito da água corrente.

A cobertura original foi de floresta latifoliada tropical (SERV.NAC.PESQ.AGRON., 1960). Atualmente, a vegetação predominante é a do tipo capoeira rala, encontrando com mata secundária com reflorestamento (eucalipto e pinheiro do Paraná) e com a horticultura.

3.1.3 SOLOS

As variações pedológicas existentes na área, não foram objeto de estudos detalhados. Procurou-se simplesmente correlacionar os solos desenvolvidos a partir das diferentes litologias com aquelas descritas pela Comissão de Solos (1960), MELFI *et al.* (1962) e por VALADARES *et al.* (1971).

TABELA 3

BALANÇO HÍDRICO, SEGUNDO THORNTWHAITE & MATHER (1955)
 PARA A ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE JUNDIAI APRESENTADO POR VALADARES *et al* (1971)*

mes	temp °C	EP mm	P mm	ER mm	PEF mm	EXC mm
Janeiro	22,3	111	234	111	0	123
Fevereiro	22,3	97	201	97	0	69
Março	21,7	94	163	94	0	0
Abril	19,9	72	59	72	0	0
Maio	17,2	51	43	50	1	0
Junho	15,8	43	47	43	0	0
Julho	15,5	42	33	40	2	0
Agosto	16,8	53	29	48	5	0
Setembro	18,5	66	49	59	7	0
Outubro	19,7	82	226	82	0	0
Novembro	20,9	92	123	92	0	23
Dezembro	21,9	109	200	109	0	97

* Latitude: 23°08'S; Longitude: 46°55'W; Altitude: 700 m

Fonte e período: CIA, 1942-1968

De uma maneira geral os solos da região são bem desenvolvidos e profundos podendo, via de regra, atingir dezenas de metros de profundidade. Nas cotas inferiores a 760 metros são frequentes os fenômenos de remanejamento e os solos são formados sobre sedimentos neoceno-zoicos.

Conforme os dados apresentados pelos autores acima mencionados a área estudada pode ser caracterizada pela existência de inúmeras variedades pedológicas. Deste modo, os solos relacionados a "Bacia Glacial", podem ser situados no grande Grupo Podzólico Vermelho-Amarelo. (MELFI *et al.* 1962). As rochas xistosas e as rochas gnaissicas recobertas por sedimentos neoceno-zoicos encontrados a oeste da área por VALADARES *et al.* (1972) respectivamente como Latosol fase -substrato fítilo xisto e Podzólico Vermelho-Amarelo-Orto. Os solos graníticos encontrados na porção centro leste se correlacionam com solos podzolizados com cascalhos (COMISSÃO DE SOLOS, 1960). Além destas inúmeras variações temos solos aluvionais e coluvionais relacionados ao rio Jundiá-Mirim e seus afluentes.

3.2 ANÁLISE LITOLÓGICA DA BACIA GLACIAL

Nos estudos litológicos da "Bacia" Glacial teceremos considerações sobre a litologia das formações circunvizinhas.

Este estudo será iniciado pela análise das rochas precambrianas que representam as rochas encaixantes desta ocorrência glacial e que sem dúvida foram as responsáveis pelas características mineralógicas apresentadas pelas rochas sedimentares.

As rochas precambrianas presentes são representadas por metamorfitos e por rochas granitóides. Os metamorfitos são as unidades rochosas de distribuição regional e que

para efeito de descrição serão agrupados como metapelitos, metapsamitos e metabasitos. Introduzidos nestes metamorfitos aparece o "stock" granítico de Campo Verde observado na porção centro leste da área.

Como cobertura do embasamento precambriano foram caracterizados sedimentos relacionados ao Grupo Tubarão depósitos neocenozóicos e quaternários.

3.2.1 GEOLOGIA DAS ROCHAS E FORMAÇÕES CIRCUNVIZINHAS

3.2.1.1 Rochas Metapelíticas

Correspondem às unidades rochosas de distribuição regional e dentre os metamorfitos são as rochas predominantes. Trata-se principalmente de quartzo-micaxistos e de biotita gnaisses, aflorantes respectivamente na porção sul e norte da área.

Os xistos representam a unidade predominante. Ocorrem por toda a porção sul e nos extremos noroeste, norte e nordeste da área. Possuem granulação média a grossa ao sul e média a fina ao norte. As cores encontradas geralmente representando produto de intemperismo, variam de tonalidades avermelhadas ou amarronzadas a amareladas, as quais estão intimamente relacionadas com as variações granulométricas e mineralógicas presentes.

Os xistos se compõem essencialmente de quartzo, biotita e moscovita (e/ou sericita) em proporções variáveis. O quartzo caracteriza-se por grãos xenomórficos ocorrendo disseminado na rocha ou como agregados lenticulares concordantes com a xistosidade. Exibe extinção levemente ondulante ao microscópio e aproximadamente equigranular. Dos minerais do grupo das micas, a biotita é a mais abundante sendo encontrada por toda a área e, secundariamente, aparece a mos

covita ou a sericita. Estes minerais micáceos possuem arranjo planar e são os principais responsáveis pela xistosidade da rocha.

A proporção destes minerais é variável, havendo graduação entre termos essencialmente micáceos, aflorando sobretudo na porção nordeste e termos quartzosos encontrados em toda a porção sul, chegando-se geralmente a quartzo-micaxistos.

Dos acessórios, o mais importante é a granada, ocorrendo aproximadamente equigranular, hipautomórfica a automórfica e disseminada por toda a rocha. Os demais acessórios encontrados são os minerais opacos (principalmente, magnetita), plagioclásios (indeterminado devido o grau de alteração; provavelmente seja um oligoclásio), zircão e eventualmente sillimanta.

Os gnaisses foram encontrados na porção norte da área nas localidades denominadas de Roseira e Tem-Tem. Estas rochas apresentam-se de granulação média a fina, estrutura bandeada e textura geral inequigranoblástica (porfiroblásticos e microporfiroblásticos). Não menos rara são as texturas poiquiloblásticas, mortar e em mosaico. Microclíneo peritizado, quartzo, biotita, plagioclásio e moscovita constituem seus minerais essenciais. Percentualmente o microclíneo pertítico (40%) e o quartzo (35%) perfazem 75% do total mineral sendo a percentagem restante constituída por plagioclásio ($\leq 10\%$) biotita (8%), moscovita (3%) e pelos minerais acessórios ($\leq 4\%$).

O microclíneo pertítico aparece como porfiroblastos ou, microporfiroblastos, xenomorfos e hipautomorfos exibindo geminação em grade e também Carlsbad. O quartzo ocorre inequigranular, sendo comum a textura mortar, xenomórfica e com leve extinção ondulante. O plagioclásio exibe forma ine-

quigranular, hipautomorfos a xenomorfos e com geminações segundo as leis Albita, Albita-Carlsbad e Albita-Periclíneo dentro dos limites albita-oligoclásio. A biotita ocorre ora disseminada e levemente orientada por toda a rocha, ora formando concentrações caracterizando a textura lepidoblástica. De modo geral aparece com cor marrom, inequigranular e hipautomórfica. A moscovita caracteriza-se por apresentar-se equigranularmente, hipautomórfica e ocorrendo em geral associada com minerais opacos (pirita e magnetita), biotita, apatita e esfeno, os quais correspondem aos principais minerais acessórios da rocha. Estes minerais, com exceção do esfeno que se apresenta hipautomorfo a automorfo e atingindo dimensões de até 2,3 mm, aparecem hipautomorfos e de diâmetros inferiores a 0,5 mm.

Nos metapelitos descritos, não raro ocorrem veios de quartzo e pegmatitos concordantes ou discordantes com a xistosidade e com a estratificação reliquiar.

3.2.1.2 Rochas Metapsamíticas

Intercalando-se com os xistos, aparecem camadas de espessuras variando de milímetros a dezenas de metros de quartzitos micáceos.

São quartzitos de cores branca ou cinza clara. Quando intemperizados apresentam-se com tons amarelados ou acastanhados. Como principais constituintes temos o quartzo e a biotita e não raro o feldspato. Acessórios encontrados aparecem perfazendo percentagens pequenas, tais como, moscovita, hornblenda, minerais opacos, apatita e zircão.

O quartzo é xenomorfo e com extinção ondulante. A biotita dispõe-se de maneira orientada fornecendo a foliação à rocha. O plagioclásio, bastante alterado, sempre presente é o oligoclásio inequigranular e xenomórfico. Os demais

acessórios presentes aparecem como pequenos cristais, equi granulares e hipautomórficos a automórficos.

3.2.1.3 Metabasitos

Os dois corpos de anfibolitos foram identificados nas porções centro-oeste e nordeste da área. São corpos res tritos e discordantes com a rocha xistosa encaixante. Exibem textura nematoblástica de granulação média a fina. O anfi bório (hornblenda verde) e o plagioclásio (quase sempre ande sina), representam aproximadamente 91,0% do total da rocha. Na percentagem restante foram encontrados piroxênio, epídoto, quartzo, biotita, apatita, minerais opacos, zircão e even tualmente, granada e clorita. O anfibório quase sempre auto morfo, encontrando-se isorientado perfaz 65% do total da rocha. O plagioclásio apresenta-se xenomórfico a hipau tomórfico, maclado na maioria das vezes, segundo a lei Albita em lamelas finas e flexuradas e saussuritizados. Den tre os acessórios o mais comum é o quartzo, representando 8,5% do total da rocha, ocorrendo com leve extinção ondulan te e xenomórfico.

Minerais opacos, apatita e zircão ocorrem em per centagens mínimas ($< 1,0\%$) e em pequenos cristais automórfi cos. A clorita e a biotita também aparecem em percentagem muito pequena ($< 0,2\%$), xenomórficos, dispersos e sem orien tação preferencial.

3.2.1.4 Rocha granitóide

O "stock" de Campo Verde localiza-se logo a leste da ocorrência do sedimento do Grupo Tubarão, exibindo forma irregular a qual destaca-se no relevo por possuir um alonga mento na direção NE-SW.

O contato com a rocha xistosa encaixante foi difi

cultada pela variação destes dois tipos de rocha em pequena distância, além de estar recoberto por uma espessa cobertura vegetal e por sedimentos neoceno-zóicos.

A rocha é leucocrática, rósea acastanhada mosqueada com preto, de granulação fina a média, textura granítica, homogênea sem ser perceptível, estruturas preferenciais, porém, localmente apresentando pequenos alinhamentos como consequência do arranjo das micas.

O conteúdo mineralógico foi estimado nas seguintes proporções: de 20 a 30% de ortoclásio peritítico, de 15 a 20% de microclíneo, de 20 a 35% de plagioclásio (An-12-28), de 25 a 30% de quartzo, 6% de biotita e 3% incluindo moscovita, esfero, apatita, zircão, rutilo e minerais opacos (magnetita e pirita, principalmente).

Os cristais de microclíneo aparecem xenomórficos e em geral ocupando espaços intersticiais. A biotita é acastanhada, xenomorfa e aparecendo levemente orientada. Os plagioclásios aparecem como cristais xenomorfos, em geral, zonados, fortemente sericitizados e ocorrendo com frequência intercrescimento mirmequítico. A deformação reticular do quartzo e do feldspato, bem como o esmagamento de rocha caracterizada pela textura mortar evidenciam a ocorrência de esforços tectônicos.

Segundo HASUI *et al.* (1969) admite-se que esse tectonismo brando relaciona-se a prováveis falhamentos posteriores ao período orogênico, isto é, ao final do Ciclo Brasileiro, durando até a deposição do Grupo Tubarão.

Os estudos de campo e de laboratório permitiram concluir que o presente "stock" representa um corpo circunscrito, discordante, pós-tectônico e cuja composição mineralógica permite denominar como "adamelito" ou oligoclásio -

- granito "sensu stricto".

Este "stock" apresenta características geológicas e petrológicas bastante semelhantes ao "stock" de Jundiá e Terra Nova de HASUI *et al.* (1969). Esta similaridade pode sugerir que o presente "stock" também possa relacionar a uma mesma fase magmática que teria originado a bossas do batólito que constitui o substrato da Serra do Japi, sugerida por aqueles autores.

3.2.1.5 Sedimentos neoceno-zóicos

Foi observada a existência de pelo menos duas formações distintas destes sedimentos.

A formação mais antiga, localizada na porção centro-leste da área, capeia discordantemente com atitudes de N 50W 8° NE, as rochas do Grupo Tubarão. A espessura máxima registrada nesta ocorrência não ultrapassa a dois metros. Esta formação, que lembra a Formação São Paulo, é representada por depósitos de pequena compactação e consolidação, constituída por sedimentos estratificados. Os estratos aparecem com espessuras variáveis. As classes texturais encontradas do topo à base foram as seguintes: argila arenosa, areia argilosa, argila arenosa, argila siltica e argila arenosa conforme pode ser observado na Figura 5.

Mineralogicamente estes sedimentos se caracterizam pela presença de gibbsita, somente nas duas amostras coletadas no topo da sequência, e por argilo-mineral do grupo das caolinitas, micas e quartzo. As frações silticas e argilosas aparecem formadas principalmente por quartzo, magnetita, limonita, micas e por percentagens muito pequenas de feldspato (Figuras 6 e 7).

No limite inferior foi observada a presença de li

AREIA				SILTE				ARGILA	
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	

Fig. 5 CURVAS ACUMULATIVAS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS NEOCENOZÓICOS

Fig. 6 TERMOGRAMA DA AMOSTRA n°25 (Sedimento neocenoico)

Fig. 7 DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA nº 25
(sedimento neocenoico)

nha de seixos constituída por seixos e grânulos rolados e subangulares principalmente de quartzitos.

A formação mais jovem destes sedimentos neocenozóicos foi encontrada recobrimdo as elevações até a cota de 760 m, e cujas espessuras máximas observadas não ultrapassaram a 4 metros. Trata-se de uma formação constituída por depósitos incipientemente consolidados, pobres em estruturas sedimentares de pequena variação vertical. Trata-se de sedimentos argilosos, constituídos por minerais do grupo da caolinita, mica, gibbsita e quartzo (Figura 7.)

No limite inferior desta formação existe uma linha de seixos de espessura média de 30 cm constituída principalmente por seixos rolados e subangulares de quartzo e quartzito.

Estes sedimentos neocenozóicos encontrados a norte da área estudada foram descritos por WERNICK (1967 e 1972a) que as correlacionou com a Formação Rio Claro.

3.2.1.6 Sedimentos Quaternários

Os sedimentos quaternários são representados, principalmente pelas aluviões do rio Jundiaí-Mirim e de seus afluentes. Constituem-se, em geral, por areias, silte, argilas, turfas e cascalhos.

As áreas de maiores exposições destes sedimentos são os vales do rio Jundiaí-Mirim e do Ribeirão dos Perdões, cuja deposição esta relacionada à presença do batólito granítico de Itu e localmente, a presença do "stock" granítico de Campo Verde.

As ocorrências turfosas localizadas junto ao rio Jundiaí-Mirim apresentaram-se constituídas por caolinita, mica,

cas, quartzo e pequena percentagem de montmorillonita (Figura 8). Estas turfas apresentam-se com uma classe textural argilosa com pequena variação vertical e com 3 metros de espessura média.

3.3 GEOLOGIA DAS ROCHAS SEDIMENTARES DO GRUPO TUBARÃO

As rochas do Grupo Tubarão presentss foram caracterizadas como diacmititos, folhelho e ritmitos e em menor expressão por siltitos, formados em ambiente glacial e periglacial.

A seguir será realizado um estudo mineralógico e sedimentológico destas diferentes litologias.

3.3.1 DIACMITITOS

As observações referem-se praticamente a três afloramentos, que estão em contato direto com as rochas precambrianas. Trata-se de uma rocha avermelhada pelo intemperismo e ocorre sempre alterada (Foto 1).

As espessuras aflorantes variam de 2 a 6 metros, porém, valores maiores foram encontrados na porção sudeste da área e no poço realizado na casa do Sr. David Brugnolli na porção centro sul onde foram encontradas respectivamente 12 metros e espessura superior a 15 metros.

Granulometricamente trata-se de uma rocha silte-argilosa (possuindo inúmeros seixos e caracterizando-se pela ausência de classificação dos grãos segundo o tamanho, fato mencionado por LEINZ (1937) (Figuras 9 e 10). Observações das características granulométricas destes seixos evidenciou a existência de tamanhos milimétricos até 35 cm com predomínio das dimensões próximas a 4,0 cm. Resultados deste estudo bem

Fig. 8 DIFRATOGRAMA DA AMOSTRA nº 2
(sedimento aluvionar)

FOTO 1 - Diacmitito de matriz silte-
argilosa, Nova Odessa, Jundiaí

como a respectiva composição litológica percentual estão re-
presentadas na Tabela 4.

TABELA 4
COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA E LITOLÓGICA DOS SEIXOS INCLUSOS
NO DIACMITITO

Composição granulométrica percentual segundo a clas- sificação de Wentworth		Composição litológica	
Areia muito grossa	8%	Gnaisse	47%
Grânulo	11%	Seixo	15%
Seixos	67%	Quartzito	12%
Cascalho	9%	Granito	8%
Matacão	5%	Granito pórfiro	8%
		Arenito arcoziano	5%
		Quartzo	5%

A forma desses seixos é bastante variável, porém
intimamente relacionada ao tipo litológico.

Utilizando-se a classificação proposta por ZINGG
(1935) verificou-se que em sua grande maioria são alongados,
lamelares e alguns esféricos e de um modo geral, apresentavam
um elevado grau de alteração.

Por difração aos raios X a amostra de diacmitito
analisada mostrou-se constituída por argilo-mineral do grupo
das caolinitas, micas/ilita, grupo das "smectitas" e/ou cama-
das interestratificadas e quartzo.

Por microscopia óptica observou-se um predomínio do
quartzo e micas/moscovita sobre os demais minerais. Como cons-
tituintes secundários, constatou-se a presença de biotita, mag-
netita, minerais opacos e turmalina.

Fig. 9 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DOS DIACMITITO E SILTITO, DE ACORDO COM A GRANULOMETRIA
(seg. SHEPARD, 1954)

Os grãos de quartzo, apresentam-se em sua maioria hialinos e com baixo grau de arredondamento.

3.3.2 SILTITOS

Estas rochas foram encontradas na porção norte e centro oeste da ocorrência glacial cujas observações referem-se praticamente a três afloramentos.

Trata-se de rochas de ocorrências restritas de coloração amarelada e de texturas silte-argilosa e argilo-siltosa (Figuras 9 e 11).

Estas rochas são ricas em estruturas sedimentares primárias e secundárias. As estruturas primárias mais importantes foram caracterizadas como estratificação cruzada com seixos pingados e "fossil eskers" frequentemente interpretadas como de origem flúvio-glacial (ROCHA-CAMPOS, 1967; FRANKES *et al.*, 1967) (Fotos 2 e 3).

A estrutura denominada de "fossil eskers" ocorre como uma alongada e estreita elevação de dimensões aproximadas de 3,0 metros de largura, 5 metros de altura e 50 metros de comprimento. Os lados deste corpo são escarpados e a crista é levemente sinuosa cuja orientação varia de N 5° a 20° W. O "fossil eskers" ocorre encaixado nos folhelhos e ritmitos. Estruturas de origem secundária causadas por compactação diferencial são responsáveis pela presença de dobramento junto ao "fossil eskers".

A composição mineralógica desta rocha é bastante simples. Por difração aos raios X foram caracterizadas a presença de minerais do grupo da caolinita, micas/ilita e quartzo e somente em uma das amostras vestígios de argilo-minerais do grupo da "smectita" ou camadas interestratificadas (Figura 12).

AREIA				SILTE				ARGILA	
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	

Fig.10 CURVAS ACUMULATIVAS E HISTOGRAMAS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DO DIACMITITO

AREIA				SILTE				ARGILA	
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	

Fig.11 CURVAS ACUMULATIVAS E HISTOGRAMAS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DO SILTITO.

Fig 12 DIFRATOGRAMAS DAS AMOSTRAS DO SILTITO

FOTO 2 - Dobramento atectônico, causado por compactação diferencial, provocada pela presença do "fóssil eskers" de natureza diferente do material sotoposto

FOTO 3 - Laminação cruzada apresentada pelo siltito

FOTO 4 - Afloramento do Folhelho do Grupo Tubarão: observar a intensa desagregação desta rocha

Na fração arenosa foi caracterizada a presença pre dominante de quartzo e mica/moscovita sendo, o feldspato, a biotita e minerais opacos os constituintes secundários pre sentes.

3.3.3 FOLHELHO

Esta rocha foi encontrada na maioria das vezes nas ocorrências em vias de exploração para a fabricação de produ tos cerâmicos ou de agregados leves (Foto 4).

Foram estudadas todas as ocorrências de folhelho em exploração como também os pequenos afloramentos encontra dos ao longo da estrada Jundiá-Jarinú.

O folhelho quando ainda não intemperizado apresen ta coloração acinzentada ou cinza escura, sendo as colora ções amarronzadas, esverdeadas, avermelhadas ou mesmo amare ladas relacionadas às alterações superficiais.

Os resultados apresentados pelas análises granulo métricas de inúmeras amostras desta rocha mostraram-se tra tar de argilas e argilo-siltosa segundo a classificação tex tural de SHEPARD (1954) (Figura 13).

As Figuras 14 e 15 permitem afirmar que esta rocha apresenta uma granulação muito fina a mediana e as demais medidas de tendência central localizam-se na fração argila e que trata-se de uma distribuição tipicamente unimo dal.

Um aspecto bastante interessante, resultante de in terpretação granulométrica, relaciona-se a pequena variação textural apresentada por esta rocha por toda a ocorrência gla cial da área. Este fato indica um ambiente calmo de forma ção que se relaciona com uma lenta sedimentação provavelmente

AREIA				SILTE				ARGILA	
+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	

Fig.14 CURVAS ACUMULATIVAS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS DO FOLHELHO

Fig.15 HISTOGRAMAS DAS ANÁLISES GRANULOMETRICAS DE AMOSTRAS DO FOLHELHO

uma lagoa sedimentada pelas águas provenientes da argila.

A presença de seixos pingados é bastante frequente nesta rocha. Trata-se principalmente de seixos a blocos es parsos, entretanto, matacões com diâmetros próximos a 95 cm já foram encontrados durante as extrações destas argilas pa ra as indústrias cerâmicas locais.

A distribuição granulométrica de 173 seixos e blo cos coletados pode ser expressa percentualmente conforme Ta bela 5.

TABELA 5

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SEIXOS IN
CLUSOS NO FOLHELHO DO GRUPO TUBARÃO

	Diâmetro (cm)	Percentagens Simples	Percentagens Total
SEIXO	0.4 - 1.0	1,8	92,7
	1.0 - 2.0	35,7	
	2.0 - 3.0	29,4	
	3.0 - 4.0	14,	
	4.0 - 5.0	7,3	
	5.0 - 6.4	3,7	
PEDRAS	6.4 - 7.0	2,8	7,1
	7.0 - 8.0	1,8	
	8.0 - 9.0	1,8	
	9.0 -25.6	0,7	
MATACÃO	25.6	0,2	0,2

A Tabela 6, mostra a composição litológica per centual dos seixos glaciais.

TABELA 6.

COMPOSIÇÃO LITOLÓGICA DOS SEIXOS INCLUSOS
NO FOLHELHO DO GRUPO TUBARÃO

Quartzito	31%
Arenito arcoziano	17%
Siltito	17%
Granito	13%
Xisto	9%
Quartzo	8%
Gnaisse	3%
Conglomerado	2%

Este resultado é bastante semelhante ao apresentado por MARTIN *et al.* (1959). A composição litológica destes seixos apresenta elevada percentagem de rochas sedimentares a qual, como já foi citado pelos autores acima mencionados, representa um fato raro no Brasil (LEINZ, 1937; MAACK, 1946; MAU, 1958), podendo estar relacionado ao retrabalhamento do próprio glacial.

Utilizando-se da classificação proposta por ZINGG (1935) a maioria destes seixos pode ser classificada como esféricos e secundariamente como alongados.

Estes seixos apresentaram-se, ainda, com faces polidas e, em 14% do total, estriados. Percentagens elevadas de seixos estriados quando comparado com os valores estimados por LEINZ (1937) podem ser relacionados principalmente pela composição litológica dos seixos glaciais encontrados na área estudada. Casos semelhantes já foram mencionados por MAU (1958) e FARJALLAT (1970).

A composição mineralógica do folhelho mostrou-se bastante homogênea.

Por difração aos raios X e segundo a micrografia eletrônica apresentada por SOUZA SANTOS e MITIDIERI (1973), esta rocha é constituída por caolinita mal cristalizada, isto é, caolinita com desordem ao largo do eixo "b" (BRINDLEY e ROBINSON, 1946), micas/ilita, minerais do grupo das "smectitas" e as camadas interestratificadas e quartzo. As proporções e as interrelações destes minerais foram bastante variáveis. Na Tabela 7 encontram-se relacionados os argilo-minerais identificados por difração de raios X nesta rocha, na ordem decrescente com a intensidade dos picos característicos observados no diagrama. Esta Tabela fornece, portanto, além da composição mineralógica presente, uma idéia das proporções relativas dos constituintes minerais, visto que todas as amostras foram preparadas e analisadas pelo mesmo processo.

O principal argilo-mineral de $14 \text{ \AA}$ reconhecido nos difratogramas foi caracterizado, segundo as técnicas descritas no Capítulo II, como pertencentes ao grupo das "smectitas".

Ainda dentre os minerais que ocorrem na reflexão de $14 \text{ \AA}$ foram encontrados os minerais vermiculita e clorita. A vermiculita identificada como dioctaédrica foi caracterizada por apresentar um pico a $11 \text{ \AA}$ após o aquecimento a 550° C e a clorita foi caracterizada por apresentar o pico a $14 \text{ \AA}$ após o aquecimento a 550° C .

Os argilo-minerais interestratificados presentes nesta rocha foram identificados como sendo normalmente constituídos por camadas mistas do tipo ilita-montmorillonita (Figuras 16 e 17).

M = Mica
 Mo= Montmorillonita
 Vd= Vermiculita dioctaédrica
 Cl= Clorita
 Qz= Quartzo
 K = Caolinita

Fig.16 DIFRATOGRAMAS DE AMOSTRAS TÍPICAS DO FOLHELHO

Fig.17 TERMOGRAMAS DE AMOSTRAS TÍPICAS DO FOLHELHO

TABELA 7

MINERAIS IDENTIFICADOS POR DIFRAÇÃO AOS
RAIOS X, NAS AMOSTRAS DE FOLHELHO

Amostra nº	Minerais argilosos e argilo-minerais
4	quartzo, caolinita, ilita
5	quartzo, caolinita, ilita
8b	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita)
13	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita)
14	quartzo, ilita, caolinita
16	quartzo, ilita, caolinita
20	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita-vermi- culita)
35	quartzo, ilita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita-vermiculita diactaédrica)
37	ilita, quartzo, caolinita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita)
40	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita + clo- rita)
42	quartzo, caolinita, ilita, montmorillonita, camadas mistas (ilita-montmorillonita)
44	quartzo, montmorillonita, ilita, camadas mis- tas (ilita-montmorillonita-vermiculita), caolinita
GF-3	quartzo, ilita, montmorillonita, camadas mis- tas (ilita-montmorillonita) caolinita
GF-4	quartzo, montmorillonita, ilita, caolinita
GF-5	quartzo, montmorillonita, ilita, caolinita
GF-7	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita

As frações areia e silte desta rocha são constituídas quase que exclusivamente por quartzo e micas/moscovita e/ou sericita. Entretanto, percentagens variáveis de outros minerais também foram observadas dos quais destacam-se feldspatos caolinitizados e biotita baueritizada além de percentagem muito pequena de magnetita, agregados ferruginosos, minerais opacos e matéria orgânica.

3.3.4 RÍTMITO

O ritmito representa a rocha de maior expressão na sequência do Grupo Tubarão na área estudada.

Trata-se de uma rocha sedimentar, consolidada, cuja ritmicidade é constituída por lâminas ou estratos de diferentes granulações e mineralogia, em sua maior parte encontrada em elevado grau de alteração, com excelente fissilidade e atravessada por inúmeras e bem desenvolvidas diáclases.

Caracteriza-se por apresentar lâminas ou estratos de cores cinza clara e amarelada de textura siltosa e cores avermelhadas ou amarronzadas de textura argilosa. As espessuras encontradas variam de submilimétricas a centimétricas, dentro de uma faixa da ordem de 0,5 mm e 3,5 cm.

Os valores obtidos pela espessura aflorante e pelos poços e sondagens existentes na área ainda são insuficientes para a determinação da espessura máxima desta rocha na área. Entretanto, admite-se que estas espessuras sejam em média, na parte central da ocorrência principal, superiores a 15 metros e grandezas da ordem de 3 a 5 metros nas bordas da bacia.

A existência de seixos e pedras pingados nesta rocha é pouco comum, mas quando presentes, provocam a deformação em média de 2,0 centímetros abaixo e acima. Estes

materiais pingados atestam a presença pretérita durante a formação desta rocha de gelos flutuantes.

Segundo os resultados granulométricos apresentados nas Figuras 18, 19 e 20 esta rocha pode ser caracterizada por apresentar uma granulação fina, por possuir a mediana e demais medidas de tendência central dentro ou próximo à fração argila, de distribuição granulométrica tipicamente unimodal e uma assimetria negativa.

Trata-se de uma rocha de distribuição granulométrica bastante variegada que no presente estudo foi enquadrada nas classes texturais argilosa, argila siltosa, silte argiloso e mais raramente pela argilo-arenosa (Figura 18) fato este diferente daqueles já apresentados por MAACK (1946) e BJORNBERG *et al.* (1966).

A composição mineralógica desta rocha é relativamente simples e de distribuição praticamente homogênea. Por difração aos raios X foram caracterizadas a presença, em todas as amostras estudadas, os minerais do grupo das caolinitas, mica/ilita e quartzo e secundariamente pela presença de minerais do grupo das smectitas e/ou camadas interestratificadas (Figuras 21 e 22).

Na Tabela 8 podem ser observado os minerais identificados por difração aos raios X colocados na ordem decrescente de intensidade dos picos característicos registrados no difratograma.

O mineral do grupo da caolinita presente é provavelmente uma caolinita mal cristalizada com deslocamento segundo o eixo "b" (BRINDLEY e ROBINSON, 1940).

A fração silte e areia examinada sob microscópio óptico demonstraram que as lâminas claras do ritmito são

Fig.21 DIFRATOGRAMAS DE AMOSTRAS TÍPICAS DO RITMITO

Fig. 22 TERMOGRAMAS DE AMOSTRAS TÍPICAS DO RITMITO

MINERAIS IDENTIFICADOS POR DIFRAÇÃO AOS
RAIOS X NAS AMOSTRAS DE RITMITO

Amostra nº	Minerais argilosos e argilo-minerais
GF-1	quartzo, ilita, caolinita
GF-2	quartzo, ilita, caolinita, montmorillonita (ou camadas interestratificadas)
GF-6	quartzo, ilita, caolinita
GF-8	quartzo, ilita, caolinita (montmorillonita)
6	caolinita, quartzo, ilita
7	caolinita, quartzo, ilita, camadas interes- tratificadas (ilita-montmorillonita)
9	ilita, quartzo, caolinita
10	quartzo, caolinita, ilita, camadas interes- tratificadas (ilita-montmorillonita)
15	quartzo, ilita, caolinita
29	quartzo, caolinita, ilita
30	ilita, quartzo, caolinita
34	caolinita, ilita, quartzo
39	quartzo, caolinita, ilita
43	quartzo, caolinita, ilita
45	quartzo, ilita, caolinita

constituídas, em sua maioria, por quartzo e mica/sericita e secundariamente aparecem o feldspato altamente caolinitizado biotita baueritizada magnetita, agregados ferruginosos, e, mais raramente turmalina, granada e rutilo; nas lâminas escuras observou-se a mesma composição mineralógica, porém, diferindo no conteúdo dos minerais opacos e do conteúdo dos materiais carbonosos que é maior nestas lâminas. Nas amostras coletadas próximas à superfície, nas frações mais grosseiras e junto às diáclases, observou-se um aumento percentual dos minerais limoníticos e óxidos de manganês. Os valores percentuais médios encontrados foram na ordem de 40%, porém, eventualmente atingem a 70% do conteúdo mineral nas frações grosseiras, como é o caso das amostras coletadas à porção sudeste da ocorrência glacial.

CAPÍTULO IV

ESTUDOS TECNOLÓGICOS

Os estudos tecnológicos visaram caracterizar a aplicabilidade das argilas do Grupo Tubarão para o uso cerâmico (cerâmica vermelha) e não cerâmicos (na fabricação de agregados leves).

Para atingir estas finalidades foram coletadas e caracterizadas nove amostras, das quais quatro representam diferentes tipos de ritmitos e quatro de folhelhos. Uma nona amostra foi coletada numa frente de trabalho de exploração de argila, representando uma amostra média para ensaios de laboratório.

Estudos complementares foram realizados com o objetivo de melhor caracterizar todas as transformações envolvidas nos processos tecnológicos. Procurou-se também, dentro destes estudos correlacionar as demais amostras coletadas com as nove amostras descritas acima, quanto aos possíveis usos em cerâmica vermelha e na fabricação de agregados leves.

4.1 ENSAIOS TECNOLÓGICOS VISANDO A UTILIZAÇÃO CERÂMICA DAS ARGILAS DO GRUPO TUBARÃO - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização dos usos prováveis destas argilas em cerâmica, foi feita por meio de ensaios preliminares e ensaios complementares.

Com os resultados obtidos nos ensaios preliminares efetuaram-se previsões quanto ao uso das argilas nas diferentes indústrias de cerâmica vermelha. Contudo, é sabido que boa parte destas indústrias cerâmicas utilizam as matérias-primas argilosas em diferentes processos de moldagens e temperaturas de queima. Dentre os processos de moldagens mais comuns encontram-se: a) moldagem plástica, manual ou por extrusão; b) moldagem por prensagem com diferentes teores de umidade, de materiais inertes e plastificantes; c) moldagem por colagem em barbotina defloculantes por compostos químicos.

Os ensaios tecnológicos complementares foram efetuados com finalidade de confirmar o uso provável obtido pelo ensaio anterior, bem como, detectar defeitos tais como, trincas, empenamentos, formação de bolhas e outros que possivelmente possam ser mascarados em corpos de prova de pequenas dimensões.

Nos ensaios preliminares é feita a previsão dos usos prováveis das argilas do Grupo Tubarão com base nas cores e nas medidas das características cerâmicas após queima nas temperaturas de 110°, 950°, 1 250° e 1 450° C, em corpos de prova de dimensões 6,0 x 2,0 x 0,5 cm moldados sob pressão de 200 kgf/cm², em massas semi-secas. Estes resultados acham-se na Tabela 9. Nesta tabela não estão representadas as características cerâmicas obtidas após queima a 1 450°C, porque todas as amostras superqueimaram com fusão parcial ou total a 1 350° C. Entretanto, no intuito de identificar a faixa de melhor aplicabilidade destas amostras, foram representadas nesta tabela, as características cerâmicas obtidas nas temperaturas de 1 050° e 1 150° C.

Pela comparação das amostras com os valores limites recomendados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (SOUZA e SOUZA SANTOS, 1964) todas as amostras foram classi

TABELA 9

CARACTERÍSTICAS CERÂMICAS REALIZADAS COM CORPOS DE PROVA DE 6,0x2,0x0,5 cm MOLDADOS POR PRENSAGEM SOB PRESSÃO DE 200kg/cm²
APÓS A SECAGEM A 110°C

AMOSTRA Nº	UNIDADE DE MOLDAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	UNIDADE NATURAL DE SECAGEM AO AR	COR
GF-1	18,9	-0,4	18	17,4	vermelha 10,0R 6/4
GF-2	5,7	-0,8	20	15,3	amarela 2,5YR9/4 5,0YR7/3
GF-3	16,9	0,4	46	16,8	marrom 5,0YR 6/3
GF-4	14,7	0,2	36	16,4	marrom avermelhada 2,5YR 5/2
GF-5	15,0	0,3	48	19,0	amarela (verde) 5,0Y 6/3
GF-6	16,8	-0,7	30	18,7	avermelhada 2,5YR 6/6
GF-7	13,7	-0,4	32	18,3	avermelhada 2,5YR 6/6
GF-8	16,8	0,6	83	18,5	marrom avermelhada 2,5YR 5/4
GF-9	15,8	-0,2	35	18,9	marrom avermelhada 2,5YR 6/4

APÓS A QUEIMA A 950°C

AMOSTRA Nº	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	DENSIDADE APARENTE (g/cm ³)	PERDA AO FOGO (%)	COR APÓS A QUEIMA	OBSERVAÇÃO
GF-1	1,8	78	20,4	36,0	1,77	6,6	vermelha clara 10,0R 6/8	manchas claras
GF-2	-1,1	24	21,6	36,4	1,69	4,3	vermelha clara 5,0YR 7/8	-
GF-3	4,5	154	11,6	23,5	2,02	5,6	vermelha clara 2,5YR 6/8	-
GF-4	4,1	149	4,3	9,8	2,28	5,4	vermelha 2,5YR 5/6	trincas
GF-5	2,4	117	13,4	26,1	1,95	5,0	vermelha clara 5,0YR 7/8	-
GF-6	2,5	181	16,4	30,8	1,88	7,3	vermelha 10,0R 6/8	-
GF-7	2,8	158	16,6	31,0	1,87	5,8	vermelha 2,5YR 6/10	-
GF-8	3,7	157	15,2	28,9	1,90	5,6	vermelha clara 2,5YR 6/8	-
GF-9	3,1	156	15,7	29,9	1,90	5,8	vermelha 10,0R 6/8	-

APÓS A QUEIMA A 1050°C

GF-1	6,4	163	2,9	7,0	2,39	7,1	vermelha 2,5YR 7/6	manchas claras
GF-2	-0,3	37	19,9	34,5	1,73	4,3	vermelha 5,0YR 7/6	-
GF-3	9,4	215	3,8	9,0	2,39	6,4	vermelha 2,5YR 5/6	-
GF-4	7,8	156	2,9	6,8	2,38	6,1	vermelha 2,5YR 4/6	trincas
GF-5	7,8	244	4,2	9,8	2,34	5,8	vermelha clara 2,5YR 5/8	-
GF-6	7,8	226	0,1	0,3	2,65	6,3	vermelha 20,0R 5/8	-
GF-7	10,2	299	1,0	2,7	2,53	7,7	vermelha clara 2,5YR 5/8	-
GF-8	8,3	235	6,5	14,4	2,21	5,9	vermelha clara 2,5YR 5/8	manchas escuras
GF-9	7,3	180	1,2	3,0	2,49	6,2	vermelha 10,0R 5/8	-

APÓS A QUEIMA A 1150°C

GF-1	11,5	287	0,2	0,6	2,54	7,0	vermelha 10,0R 5/6	manchas claras
GF-2	0,4	65	18,1	32,2	1,78	4,2	vermelha 10,0R 7/8	-
GF-3	5,4	155	0,9	1,7	1,93	6,4	vermelha escura 2,5YR 3/4	fusão incipiente com formação de bolhas (S.Q.).
GF-4	-7,5	110	0,8	1,0	1,28	6,1	vermelha escura 2,5YR 3/4	fusão incipiente (S.Q.).Com formação de bolhas
GF-5	4,0	242	0,4	0,8	2,01	5,6	vermelha escura 2,5YR 3/6	fusão incipiente(S.Q.).Com formação de bolhas.
GF-6	14,8	436	0,2	0,4	2,66	7,9	vermelha 10,0R 4/6	-
GF-7	11,0	299	1,9	4,6	2,44	6,2	vermelha escura 2,5YR 4/6	fusão incipiente (S.Q.).Com formação de bolhas.
GF-8	10,8	272	1,2	2,8	2,37	6,2	vermelha escura 2,5YR 4/6	manchas escuras
GF-9	10,9	282	1,2	3,1	2,48	6,1	vermelha 10,0R 4/6	-

APÓS A QUEIMA A 1250°C

GF-1	11,1	284	0,3	0,8	2,40	7,2	vermelha escura 10,0R 4/2	fusão incipiente (S.Q.).Com colagem e formação de bolhas.
GF-2	4,0	135	8,3	17,1	2,06	4,2	creme escuro 2,5Y 7/4	manchas pretas
GF-3	-5,8	116	20,6	27,5	1,36	8,1	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente (S.Q.).Com colagem e formação de bolhas
GF-4	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/2	fusão total
GF-5	-0,8	115	8,2	12,3	1,51	2,8	marrom escuro 2,5YR 3/2	fusão incipiente(S.Q.).Com colagem e formação de bolhas
GF-6	11,7	300	1,6	3,8	2,31	8,2	vermelha escura 10,0R 4/3	fusão incipiente(S.Q.).Com colagem e formação de bolhas
GF-7	6,2	198	1,4	2,7	1,95	6,5	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente(S.Q.). Com colagem e formação de bolhas
GF-8	3,6	207	0,9	1,7	1,85	6,4	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente (S.Q.).Com formação de bolhas, trincas e com colagem.
GF-9	6,7	168	0,7	1,5	2,03	6,5	vermelha escura 10,0R 3/4	fusão incipiente(S.Q.).Com formação de bolhas, com colagem e com aparecimento de trincas.

ficadas como de uso provável dentro do grupo das cerâmicas vermelhas e também dentro deste grupo na fabricação de tijolos de alvenaria, telhas e ladrilhos de piso. Estas conclusões acham-se representadas esquematicamente nas Tabelas 14 a 22.

Argilas para fabricação de tijolos

Para esta finalidade se enquadram todas as amostras estudadas. A resistência mecânica no estado cru (secas a 110°C) variam de 18 kgf/cm^2 a 83 kgf/cm^2 .

Argilas para fabricação de telhas

Todas as amostras estudadas se enquadram para este uso com exceção da amostra GF-2 devido ao baixo valor de tido ao módulo de ruptura à flexão nas temperaturas de 110°C e a 950°C e por possuir absorção de água a 950°C pouco acima dos limites estabelecidos por SOUZA e SOUZA SANTOS (1964). Para os demais módulos de ruptura à flexão a 950°C variou de 78 kgf/cm^2 a 181 kgf/cm^2 e os valores de absorção de água e porosidade aparente variam, respectivamente, de 4,3% a 20,4% e 9,8% a 36,0% a 950°C .

Argilas para a fabricação de ladrilhos de piso

O esquema de classificação preliminar de argilas para uso cerâmico proposto por SOUZA e SOUZA SANTOS não se enquadra totalmente no caso de argilas para a fabricação de ladrilhos de piso, porque as temperaturas usadas na prática variam de $1\ 000^{\circ}\text{C}$ a $1\ 100^{\circ}\text{C}$. Nesta faixa de temperatura de queima, as argilas moldadas por prensagem adquirem características desejáveis tais como, absorção de água e porosidade aparente menores do que 5,0%, devido ao elevado grau de vitrificação e consequentemente elevada resistência à abrasão. Além disso, cor uniforme e baixa retração linear possibilitam a fabricação de ladrilhos de dimensões e cores uni

formes.

Entretanto, estes ensaios preliminares podem fornecer algumas evidências sugerindo a utilização destas argilas para uso cerâmico. Entre estas evidências temos a cor vermelha sem manchas após queima, baixa absorção de água e porosidade aparente na temperatura de 950°C e finalmente a 1250°C a vitrificação total, superqueima ou fusão parcial nesta temperatura ou abaixo dela.

Em vista destas considerações iniciais podemos admitir que todas as amostras estudadas com exceção da GF-2, devido a elevada absorção de água e da cor após queima, podem ser usadas na fabricação de ladrilhos de piso. Isto porque a vitrificação ocorre em temperaturas próximo aos limites desejados possibilitando a obtenção de valores de absorção de água e módulo de ruptura à flexão desejados. Entretanto, são indispensáveis ensaios específicos ou complementares.

Os ensaios cerâmicos complementares foram realizados em corpos de prova, moldados manualmente e por extrusão, em massas plásticas de dimensões de $20,0 \times 2,0 \times 1,0$ cm. Para as determinações das diferentes características cerâmicas estas dimensões não são adequadas e cujos valores variam de acordo com a porosidade interna dos corpos de prova pelo fato de se trabalhar apenas com parte dos mesmos. Em vista disto, também foram feitos ensaios cerâmicos em corpos de prova em formas de barras retangulares de dimensões de $6,0 \times 2,0 \times 0,5$ cm e de $7,0 \times 2,0 \times 1,0$ cm moldados respectivamente pelos processos manual e por extrusão, em massas plásticas.

Os resultados das características cerâmicas obtidos por estes ensaios complementares acham-se nas Tabelas 10, 11, 12 e 13.

Pela comparação destas características com os va

TABELA 10
CARACTERÍSTICAS CERÂMICAS REALIZADAS COM CORPOS DE PROVA DE 20,0x2,0x1,0 cm MOLDADOS MANUALMENTE
APÓS A SECAGEM A 110°C

TRA Nº	UNIDADE DE MOLDAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MODULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	COR
F-1	38,6	6,2	15	vermelha 10,0R 6/4
F-2	28,3	4,2	16	amarela 5,0YR 7/3
F-3	38,4	7,3	37	marrom 5,0YR 6/3
F-4	32,8	5,5	33	marrom avermelhado 2,5YR 5/2
F-5	30,2	4,4	30	amarela(verde) 5,0YR 6/3
F-6	42,5	7,2	28	avermelhada 2,5YR 6/6
F-7	39,2	6,9	32	marrom avermelhado 2,5YR 6A
F-8	41,6	8,4	44	marrom avermelhado 2,5YR 5A
F-9	38,2	7,6	43	marrom avermelhado 2,5YR 6A

APÓS A QUEIMA A 950°C							COR	OBSERVAÇÃO
TRA Nº	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	DENSIDADE APARENTE (g/cm ³)	PERDA AO FOGO (%)	APÓS A QUEIMA	
GF-1	8,3	86	21,9	37,4	1,71	7,2	vermelha 10,0R 6/8	trincas
GF-2	5,1	28	23,3	38,1	1,64	4,8	vermelha 5,0YR 7/8	trincas
GF-3	12,6	139	14,2	28,1	1,99	6,2	vermelha 2,5YR 6/8	trincas
GF-4	14,0	170	4,3	9,4	2,21	5,8	vermelha 2,5YR 5/6	trincas
GF-5	6,5	68	18,8	33,4	1,77	5,3	vermelha 5,0YR 7/8	trincas
GF-6	12,1	152	19,7	34,9	1,77	7,6	vermelha 10,0R 6/8	trincas
GF-7	12,0	140	15,5	28,9	1,87	5,9	vermelha 2,5YR 6/8	-
GF-8	10,8	111	18,9	33,6	1,78	5,8	vermelha 2,5YR 6/8	-
GF-9	10,6	188	15,7	29,3	1,86	6,1	vermelha 10,0R 6/8	-
APÓS A QUEIMA A 1050°C								
GF-1	17,4	262	5,2	11,9	2,29	7,5	vermelha 10,0R 5/8	-
GF-2	6,2	38	20,6	35,0	1,70	4,4	vermelha 5,0YR 7/6	-
GF-3	16,4	204	3,3	7,5	2,28	6,3	vermelha 2,5YR 4/6	trincas
GF-4	14,5	180	2,9	6,6	2,26	6,2	vermelha 2,5YR 4/6	trincas
GF-5	12,2	105	8,6	18,3	2,12	5,6	vermelha 2,5YR 6/8	trincas
GF-6	18,9	253	0,8	2,2	2,59	8,1	vermelha 10,0R 4/8	trincas
GF-7	18,0	331	0,6	1,5	2,48	6,2	vermelha 2,5YR 5/8	-
GF-8	17,7	208	7,2	15,7	2,17	6,6	vermelha 2,5YR 5/8	-
GF-9	17,4	295	7,9	17,8	2,25	6,3	vermelha 10,0R 5/8	-
APÓS A QUEIMA A 1150°C								
GF-1	18,5	292	0,5	1,4	2,51	7,6	vermelha 10,0R 4/6	usão incipiente(S.Q.) com empenamento
GF-2	9,1	116	19,1	33,3	1,74	4,6	vermelha 10,0R 6/8	trincas
GF-3	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha 2,5YR 3/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e trincas
GF-4	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
GF-5	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
GF-6	19,0	232	0,8	1,9	2,55	7,9	vermelha 10,0R 4/6	trincas
GF-7	16,0	206	0,8	1,9	2,29	6,5	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
GF-8	18,0	253	2,7	6,4	2,35	6,3	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
GF-9	15,9	298	0,6	1,6	2,42	6,3	vermelha 10,0R 4/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
APÓS A QUEIMA A 1250°C								
GF-1	18,3	184	5,7	11,4	2,01	7,7	vermelha 10,0R 4/1	usão incipiente (S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-2	11,8	144	8,6	17,7	2,04	4,9	creme escuro 2,5YR 7/4	manchas pretas
GF-3	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-4	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão total
GF-5	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-6	16,0	196	5,1	10,7	2,08	8,2	vermelha escura 10,0R 4/3	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-7	12,8	139	10,3	17,8	1,78	6,4	marrom escuro 10,0R 3/3	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-8	18,0	253	2,7	6,4	2,35	6,3	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-9	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 10,0R 3/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem

BELA 11 - CARACTERÍSTICAS CERÂMICAS REALIZADAS COM CORPOS DE PROVAS DE 20,0 x 2,0 x 1,0 cm MOLDADOS POR EXTRUSÃO
APÓS A SECAGEM A 110°C

LA Nº	UMIDADE DE MOLDAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MODULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	COR
-1	33,6	6,9	20	vermelha 10,0R 6/6
-2	29,7	7,6	30	amarela 5,0YR 7/3
-3	39,5	8,6	74	marrom avermelhado 2,5YR 6/3
-4	32,7	6,2	70	marrom avermelhado 2,5YR 5/2
-5	28,9	5,7	38	amarela (verde) 5,0Y 6/3
-6	41,2	7,4	30	avermelhada 2,5YR 6/6
-7	35,5	7,5	52	marrom avermelhado 2,5YR 6/4
-8	37,8	8,4	62	marrom avermelhado 2,5YR 5/4
-9	38,7	8,2	80	marrom avermelhado 2,5YR 6/4

APÓS A QUEIMA A 950°C								
TRA	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	POROSIDADE APARENTE (%)	DENSIDADE APARENTE (g/cm ³)	PERDA AO FOGO (%)	COR APÓS A QUEIMA	OBSERVAÇÃO
-1	9,4	90	21,5	36,7	1,71	7,9	vermelha 10,0R 6/6	-
-2	7,8	42	22,6	37,1	1,64	6,0	vermelha 5,0YR 7/8	-
-3	12,7	291	12,9	22,6	1,85	6,3	vermelha 2,5YR 5/6	trincas
-4	10,8	101	6,8	11,9	1,71	6,1	vermelha 2,5YR 5/6	-
-5	8,2	119	15,4	29,0	1,97	5,3	vermelha 5,0YR 7/8	-
-6	11,2	263	16,3	30,7	1,88	7,5	vermelha 10,0R 6/8	-
-7	10,4	233	12,6	24,9	1,97	5,9	vermelha 2,5YR 6/8	-
-8	10,7	212	13,6	25,9	1,90	5,6	vermelha 2,5YR 6/8	-
-9	10,4	268	13,8	26,4	1,67	6,2	vermelha 10,0R 6/8	-
APÓS A QUEIMA A 1050°C								
F-1	16,3	446	5,7	12,9	2,28	8,0	vermelha 10,0R 5/6	usão incipiente(S.Q.) com empenamento
F-2	9,6	49	20,4	34,5	1,69	5,7	vermelha 5,0YR 7/6	-
F-3	14,4	119	13,2	23,0	1,78	6,8	vermelha 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com trincas
F-4	8,9	56	14,3	18,7	1,42	6,1	vermelha 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento
F-5	13,2	211	4,3	9,9	2,29	5,7	vermelha 2,5YR 5/8	-
F-6	19,2	340	0,2	0,5	2,65	7,7	vermelha 10,0R 5/8	-
F-7	16,1	276	0,2	0,5	2,54	6,5	vermelha 2,5YR 5/8	-
F-8	16,4	291	2,6	6,0	2,32	6,1	vermelha 2,5YR 5/8	-
F-9	16,1	387	0,3	0,7	2,49	6,5	vermelha 10,0R 6/8	-
APÓS A QUEIMA A 1150°C								
GF-1	17,0	304	6,4	16,1	2,50	8,1	vermelha 10,0R 4/6	usão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas
GF-2	11,8	85	15,6	28,6	1,89	5,0	vermelha 10,0R 6/8	trincas transversais
GF-3	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento, formações detriticas
GF-4	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-5	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha escura 2,5YR 3/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-6	17,9	475	0,1	0,4	2,51	7,6	vermelha 10,0R 4/6	usão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas e colagem
GF-7	14,7	253	0,4	1,0	2,26	6,3	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas e colagem
GF-8	15,8	255	0,3	0,6	2,24	6,9	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas
GF-9	16,4	329	0,2	0,5	2,41	6,3	vermelha 10,0R 4/6	usão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas
APÓS A QUEIMA A 1250°C								
GF-1	14,7	170	7,7	15,1	1,90	8,4	vermelha escura 10,0R 4/1	usão incipiente com extrusão e formação de bolha (S.Q.)
GF-2	14,5	149	7,3	14,6	2,09	5,7	creme escuro 2,5YR 7/4	manchas pretas
GF-3	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/4	usão incipiente com inchamento e colagem (S.Q.)
GF-4	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão total
GF-5	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão incipiente com inchamento e colagem (S.Q.)
GF-6	15,9	244	5,9	12,2	2,07	7,9	vermelha escura 7,5YR 4/2	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-7	11,0	134	13,4	22,2	1,66	6,4	marrom escuro 10,0R 3/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-8	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/4	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem
GF-9	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 4/2	usão incipiente(S.Q.) com inchamento e colagem

TABELA 12

CARACTERÍSTICAS CERÂMICAS REALIZADAS COM CORPOS DE PROVA DE 6,0x2,0x0,5 cm MOLDADAS MANUALMENTE
APÓS A SECAGEM A 110°C

AMOSTRA N°	UNIDADE DE HOLDAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO 'DE RUPTURA (kgf/cm ²)	COR
GF-1	38,6	6,4	20	vermelha 10,0R 6/4
GF-2	28,3	4,7	24	amarela 5,0 Y 7/3
GF-3	38,4	7,6	48	marrom 5,0 YR 6/2
GF-4	32,8	6,7	72	marrom avermelhado 2,5 YR 5/2
GF-5	30,2	5,9	36	amarela(verde) 5,0 YR 6/3
GF-6	42,5	7,5	32	avermelhada 2,5 YR 6/6
GF-7	39,2	8,5	48	marrom avermelhado 2,5 YR 6/4
GF-8	41,6	8,8	60	marrom avermelhado 2,5 YR 5/4
GF-9	38,2	8,0	40	marrom avermelhada 2,5 YR 6/4

AMOSTRA Nº	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	APÓS A QUEIMA A 950°C		PERDA AO FOGO (%)	COR APÓS A QUEIMA	OBSERVAÇÃO
				POROSIDADE APARENTE (%)	DENSIDADE APARENTE (g/cm ³)			
GF-1	8,6	167	18,7	33,5	1,79	7,3	vermelha 10,0R 6/8	-
GF-2	4,9	34	22,0	36,7	1,67	5,0	vermelha 5,0YR 7/6	-
GF-3	10,8	186	13,0	25,7	1,97	5,9	vermelha 2,5YR 6/8	trincas
GF-4	13,0	227	4,3	9,8	2,26	5,8	vermelha 2,5YR 5/6	-
GF-5	7,3	80	18,6	33,3	1,79	5,3	vermelha 5,0YR 7/8	-
GF-6	11,0	206	19,7	34,9	1,77	7,6	vermelha 10,0R 6/8	-
GF-7	9,8	216	15,5	28,9	1,87	5,8	vermelha 2,5YR 6/8	-
GF-8	10,0	144	18,4	32,7	1,78	6,1	vermelha 2,5YR 6/8	-
GF-9	8,4	175	15,6	29,3	1,86	6,0	vermelha 10,0R 6/8	-

APÓS A QUEIMA A 1050°C								
GF-1	16,1	247	10,8	22,5	2,16	7,8	vermelha 10,0R 5/6	empenamento
GF-2	5,0	49	19,8	34,2	1,73	4,9	vermelha 5,0 YR 7/6	-
GF-3	16,4	271	1,9	4,5	2,33	6,5	vermelha 2,5 YR 4/6	trincas
GF-4	14,8	282	3,9	8,9	2,34	6,0	vermelha 2,5 YR 4/6	trincas
GF-5	11,2	152	10,9	22,0	2,02	6,4	vermelha 5,0 YR 6/8	-
GF-6	19,7	309	0,1	0,3	2,61	8,0	vermelha 10,0R 4/8	-
GF-7	16,5	497	2,2	5,3	2,39	6,1	vermelha 2,5 YR 5/8	-
GF-8	14,3	235	9,3	19,5	2,09	6,6	vermelha 2,5 YR 5/8	trincas
GF-9	17,5	249	7,9	17,8	2,26	6,3	vermelha 10,0R 5/8	-

APÓS A QUEIMA A 1150°C								
GF-1	17,4	412	0,2	0,6	2,53	7,9	vermelha 10,0R 4/6	fusão incipiente com empenamento (S.Q.)
GF-2	7,5	106	17,4	31,1	1,79	4,7	vermelha 10,0R 6/8	trincas
GF-3	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	6,5	vermelha escura 2,5YR 3/6	fusão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas, com trincas e com colagem
GF-4	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha escura 2,5YR 3/6	fusão incipiente (S.Q.) com formação de bolhas
GF-5	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha escura 2,5YR 3/6	fusão incipiente(S.Q.) com formação de bolhas e com trincas
GF-6	19,6	448	0,1	0,3	2,60	7,7	vermelha 10,0R 4/6	trincas em todas as direções
GF-7	17,8	386	0,4	0,8	2,42	6,2	vermelha escura 2,5YR 4/6	fusão incipiente com empenamento (S.Q.)
GF-8	18,1	407	2,4	5,8	2,38	6,5	vermelha escura 2,5YR 4/6	fusão incipiente com inchamento e com trincas em todas as direções (S.Q.)
GF-9	17,0	240	0,4	1,1	2,46	6,3	vermelha 10,0R 4/4	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento

APÓS A QUEIMA A 1250°C								
GF-1	14,1	224	0,7	1,5	2,05	8,1	vermelha escura 10,0R 4/2	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-2	11,5	176	11,1	21,9	1,98	4,7	creme escuro 2,5YR 7/4	manchas pretas
GF-3	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-4	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/2	fusão total
GF-5	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/2	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-6	17,3	266	5,6	11,7	2,09	8,3	vermelha escura 10,0R 4/3	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-7	12,9	251	8,5	15,5	1,82	6,3	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-8	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	marrom escuro 2,5YR 3/4	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem
GF-9	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	n.det	vermelha 10,0R 3/4	fusão incipiente(S.Q.) com inchamento e com cola gem

ABELA - 13 - CARACTERÍSTICAS CERÂMICAS REALIZADAS COM CORPOS DE PROVA DE 7,0 x 2,0 x 1,0 cm MOLDADAS POR EXTRUSÃO
APÓS A SECAGEM A 110°C

STRA Nº	UNIDADE DE MOLDAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	COR
GF-1	33,6	5,1	18	vermelha 10,0 R 6/6
GF-2	29,7	6,0	38	amarela 5,0Y 7/3
GF-3	39,5	9,2	58	marrom avermelhado 2,5YR 6/3
GF-4	32,7	9,1	60	marrom avermelhado 2,5YR 5/2
GF-5	28,9	6,8	32	amarela(verde) 5,0Y 6/3
GF-6	41,2	11,1	28	avermelhada 2,5YR 6/6
GF-7	35,5	9,3	62	marrom avermelhado 2,5YR 6/4
GF-8	37,8	8,3	70	marrom avermelhado 2,5YR 5/4
GF-9	38,7	9,0	82	marrom avermelhado 2,5YR 6/4

STRA Nº	RETRAÇÃO LINEAR (%)	MÓDULO DE RUPTURA (kgf/cm ²)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	APÓS A QUEIMA A 950°C POROSIDADE APARENTE (%)	DENSIDADE APARENTE (g/cm ³)	PERDA AO FOGO (%)	COR APÓS A QUEIMA	OBSERVAÇÃO
F-1	7,0	126	21,8	37,7	1,73	7,4	vermelha 10,0R 6/8	-
F-2	7,3	37	22,3	36,8	1,63	4,9	vermelha 5,0YR 7/8	-
F-3	12,4	176	9,5	19,1	2,01	6,1	vermelha 2,5YR 6/8	-
F-4	13,7	129	2,5	5,3	2,07	5,7	vermelha 2,5YR 5/6	-
F-5	9,2	161	13,3	26,0	1,95	5,4	vermelha 5,0YR 7/8	-
F-6	13,5	242	14,7	28,4	1,93	7,6	vermelha 10,0R 6/8	-
F-7	12,8	411	11,2	22,8	2,04	5,9	vermelha 2,5YR 6/8	-
F-8	11,5	237	12,2	23,8	1,95	5,5	vermelha 2,5YR 6/8	-
F-9	10,9	283	11,8	23,0	1,95	6,5	vermelha 10,0R 6/8	-
APÓS A QUEIMA A 1050°C								
GF-1	14,7	322	7,0	15,3	2,20	7,9	vermelha 10,0R 5/6	empenamento
GF-2	6,6	56	21,0	35,4	1,69	5,3	vermelha 5,0YR 7/6	-
GF-3	15,7	119	0,7	1,1	1,99	6,6	vermelha 2,5YR 4/6	trincas
GF-4	11,2	210	17,7	20,6	1,17	5,9	vermelha 2,5YR 4/6	usão incipiente(S.Q.)com inchamento
GF-5	15,0	202	2,5	6,0	2,37	5,9	vermelha 2,5YR 5/8	-
GF-6	21,0	396	0,2	0,5	2,53	7,7	vermelha 10,0R 4/8	-
GF-7	17,9	426	0,1	0,2	2,62	6,1	vermelha 2,5YR 5/6	-
GF-8	17,2	303	0,8	1,9	2,38	5,9	vermelha 2,5YR 5/8	-
GF-9	16,1	344	0,1	0,4	2,51	6,2	vermelha 10,0R 6/8	-
APÓS A QUEIMA A 1150°C								
GF-1	15,9	364	8,3	20,8	2,50	7,7	vermelha 10,0R 4/6	empenamento
GF-2	9,8	96	16,5	29,4	1,81	4,8	vermelha 10,0R 6/8	manchas pretas
GF-3	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente com for- mação de bolhas (S.Q.)
GF-4	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente com for- mação de bolhas (S.Q.)
GF-5	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	vermelha escura 2,5YR 3/6	usão incipiente com for- mação de bolhas (S.Q.)
GF-6	20,3	427	0,1	0,2	2,64	7,6	vermelha 10,0R 4/6	usão incipiente com for- mação de bolhas (S.Q.)
GF-7	16,0	281	0,1	0,3	2,09	6,1	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente com for- mação de bolhas (S.Q.)
GF-8	15,4	262	0,2	0,4	2,20	6,0	vermelha escura 2,5YR 4/6	usão incipiente com for- mação de bolhas e com em- penamento (S.Q.)
GF-9	15,8	299	0,1	0,2	2,34	6,2	vermelha 10,0R 4/6	-
APÓS A QUEIMA A 1250°C								
GF-1	13,5	228	6,1	12,8	2,10	7,9	vermelha escura 10,0R 4/1	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-2	12,3	150	7,7	15,9	2,07	4,8	creme escuro 2,5YR 7/4	manchas pretas
GF-3	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/4	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-4	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão total
GF-5	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-6	17,5	245	3,0	6,4	2,11	8,1	vermelha escura 7,5YR 4/2	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-7	11,9	166	9,9	15,4	1,57	6,3	marrom escuro 2,5YR 3/2	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-8	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 3/4	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem
GF-9	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	n.det.	marrom escuro 2,5YR 4/2	usão incipiente(S.Q.)com inchamento e com colagem

lores recomendados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas para o grupo de cerâmica vermelha foi esquematizado o uso provável nas Tabelas 14 a 22. Nesta comparação observou-se que principalmente o módulo de ruptura à flexão e a absorção de água calculadas nos corpos de prova queimados nas diferentes temperaturas, se encontram dentro dos limites recomendados, concluindo-se daí que, com exceção das argilas GF-1 e GF-2, as demais amostras podem ser usadas para a fabricação de tijolos de alvenaria e furados, telhas e ladrilhos de pisos pelos processos de moldagens, manual e por extrusão.

As amostras GF-1 e GF-2 apresentaram baixo módulo de ruptura à flexão a cru e, no caso da GF-2 uma cor inadequada para o uso no grupo de cerâmica vermelha. Os baixos valores do módulo de ruptura à flexão a cru foram tanto nos corpos de prova de maiores dimensões como nos de dimensões reduzidas, moldados pelos processos utilizados.

Todas as amostras, entretanto, vitrificaram e expandiram, respectivamente a $1\ 050^{\circ}$ e $1\ 150^{\circ}$ C, apresentando quase sempre nestas temperaturas fusão parcial com empenamento. A $1\ 250^{\circ}$ C, com exceção da amostra GF-2, todas as demais superqueimaram apresentando fusão parcial e no caso da GF-4 fusão total, com expansão termoplástica interna.

Infelizmente, não foi possível realizar ensaios específicos para ladrilhos de piso e ensaios com tijolos e telhas com dimensões padronizadas a fim de poder verificar, principalmente nas amostras GF-3, GF-4, GF-5 e GF-7, se os valores encontrados para as características cerâmicas satisfazem as exigências da A.B.N.T.

DISCUSSÃO

Determinadas as características cerâmicas destas amostras moldadas em corpos de prova pelos três processos

TABELA 14
CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-1

	P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E			
Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	PM	PM	PI
1050°C	P	PM	PM	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	PM	PM	PI
1050°C	P	PM	PM	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	PM	I
1050°C	P	PI	PM	P
1150°C	P	PI	PM	P
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	I	I	PI
extrudada	P	I	I	PI
prensada	P	PI	I	P

Observações: Válidas para as amostras de GF-1 a GF-9

P = Possível para o processo de moldagem aplicado

PI = Processo inadequado

I = Inadequado por não satisfazer as especificações estabelecidas

PC = Possível com restrição de cor

PM = Possível com restrição ao módulo de ruptura à flexa, a crú

TABELA 15

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-2
PARA A FABRICAÇÃO DE

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados*	Telhas**	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	PC	I	I	PI
1050°C	PC	I	I	PI
1150°C	PC	PM	PM	PI
1250°C	PC	PM	PM	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	PC	I	I	PI
1050°C	PC	PC	I	PI
1150°C	PC	PC	PC	PI
1250°C	PC	PC	PC	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	I	I
1050°C	P	PI	I	I
1150°C	P	PI	PC	I
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	I	I	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	I	P

Observações: * a cor após a queima varia de um vermelho claro

** os corpos de prova. moldados por extrusão apresentaram após a queima trincas trans-versais

TABELA 16

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-3

P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
--------------------------	-------------------------	--------------------	--------	----------------------

Massa Cerâmica Moldada Manualmente

950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI

Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão

950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI

Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem

950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	I	PI	I	I
1250°C	I	PI	PI	I

Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C

manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 17

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-4

P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
--------------------------	-------------------------	--------------------	--------	----------------------

Massa Cerâmica Moldada Manualmente

950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI

Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão

950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI

Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem

950°C	P	PI	P	P
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	I	PI	I	I
1250°C	I	PI	PI	I

Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C

manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 18

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-5

P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	I	PI	I	I
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 19

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-6				
PARA A FABRICAÇÃO DE				
Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	P	PI	P	P
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 20
CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-7

P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E				
Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	I	PI	I	I
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 21

CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-8

P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	II	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	PA
1150°C	P	PI	P	P
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

TABELA 22
CONCLUSÕES SOBRE A APLICAÇÃO DA AMOSTRA GF-9
P A R A A F A B R I C A Ç Ã O D E

Temperatura de queima	Tijolos de alvenaria	Tijolos furados	Telhas	Ladrilhos de piso
Massa Cerâmica Moldada Manualmente				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Extrusão				
950°C	P	P	P	PI
1050°C	P	P	P	PI
1150°C	I	I	I	PI
1250°C	I	I	I	PI
Massa Cerâmica Moldada Por Prensagem				
950°C	P	PI	P	I
1050°C	P	PI	P	P
1150°C	P	PI	P	P
1250°C	I	PI	PI	I
Módulo de Ruptura de Massa Seca a 110°C				
manual	P	P	P	PI
extrudada	P	P	P	PI
prensada	P	PI	P	P

descritos, bem como, pela comparação com os valores limites estabelecidos por SOUZA e SOUZA SANTOS (1964), conclui-se que:

a) todas as amostras analisadas podem ser empregadas na fabricação de tijolos de alvenaria pelos diferentes processos de moldagens;

b) com exceção das amostras GF-1 e GF-2 que possuem módulo de ruptura à flexão a cru abaixo do mínimo recomendado, as demais amostras podem ser usadas pelo processo de moldagem manual para fabricação de tijolos furados, fato que não constitui prática usual;

c) com exceção das duas amostras acima citadas, que apresentam, ainda, como no caso específico da GF-2, temperaturas elevadas de cozimento para obtenção das condições mecânicas adequadas e uma cor amarelada, as demais amostras podem ter emprego na fabricação de tijolos furados, moldados por extrusão;

d) as amostras GF-3 a GF-9 podem ser utilizadas para a fabricação de telhas pelos três processos de moldagens. Testes específicos para caracterização mais vigorosa devem ser realizados com as amostras GF-3, GF-4, GF-5 e GF-7 em virtude da presença de smectitas, as quais, produzem trincas e empenamento indesejáveis antes da queima;

e) com exceção da amostra GF-2 que possui elevada absorção de água, as demais amostras apresentaram as características cerâmicas adequadas para a fabricação de ladrilhos de piso entre 1 050° e 1 150° C. Ensaio específico para este uso devem ser realizados nas amostras GF-3, GF-4, GF-5 e GF-7 pelos mesmos motivos acima mencionados;

f) todas as amostras, com exceção da GF-2 vitrificaram e expandiram respectivamente a 1 050° e a 1 150° C.

apresentando desde 1 100^o a 1 250^o C fusão incipiente com formação de bolhas, empenamento, colagem e fusão total a 1 350^o C. A amostra GF-4 apresentou o início de superqueima a temperaturas mais baixas com expansão a 1 050^o C e com fusão total a 1 250^o C.

4.2 ENSAIOS TECNOLÓGICOS VISANDO A UTILIZAÇÃO DAS ARGILAS DO GRUPO TUBARÃO PARA A FABRICAÇÃO DE AGREGADOS LEVES

Os estudos a serem realizados numa argila para a previsão do seu uso como agregado leve são divididos em ensaios preliminares e ensaios específicos. Os ensaios preliminares visam fornecer uma seleção prévia onde são eliminadas as amostras que não apresentam os requisitos mínimos considerados adequados para os ensaios específicos.

Os ensaios preliminares, mais importantes na escolha destas argilas são as características mineralógicas, granulométricas e químicas e determinados resultados obtidos nos ensaios de queima lenta anteriormente descritos. Estas características já foram estudadas por inúmeros autores, os quais, apresentaram resultados importantíssimos prestando assim uma colaboração neste campo de pesquisa.

Segundo RILEY (1951), o processo de expansão termoplástica de uma argila deve-se à liberação de gases em temperatura de queima coincidentes com o estado de fusão incipiente do material. Nestas condições a viscosidade do material deve ser adequada para evitar ao máximo o escapamento dos gases. Deste modo, a argila deve adquirir uma estrutura interna porosa, envolvida por uma capa externa vítrea, o que determina baixa densidade aparente e máxima resistência mecânica.

Por motivos econômicos estas condições de intumes

cência para a fabricação de agregados leves devem ser atingidas em temperatura mais baixa possível. Além disso, o intervalo existente entre o início da expansão termoplástica e a fusão total deve ser superior a 20° C evitando-se assim que o material aglutine e provoque uma interrupção no processo de fabricação segundo COLE e ZELLERSTROM (1956).

Um fato discutível é a existência de limites adequados dos componentes químicos de uma argila expansível, acima da qual a fusão somente ocorrerá a temperaturas elevadas ou não fornecerá a esta argila viscosidade adequada durante a fusão para reter o gás. RILEY (1951) foi um dos primeiros a tentar precisar estes limites. Esse autor, traçou dentro de um diagrama triangular, tendo no vértice os teores de SiO_2 , Al_2O_3 e fundentes obtidos na análise química, a área na qual se encontram as matérias-primas adequadas.

Mesmo sendo de uso corrente e aceito pela maioria dos pesquisadores, as conclusões obtidas com o uso deste diagrama devem sempre ser tomadas como um dos critérios preliminares de previsão ao uso das matérias-primas argilosas segundo SOUZA SANTOS (1966a e 1966b); SOUZA e LOURENÇO (1971); SCHELLMANN e FASTALBEND (1972); SOUZA e MITIDIERI (1973); DAMASCENO (1973) e outros.

WILSON (1954), modificou ligeiramente o diagrama de RILEY, usando os mesmos componentes dos vértices.

A avaliação das propriedades termoplásticas das argilas tem também sido feita, pelo conteúdo dos principais óxidos obtidos na análise química. Entre os pesquisadores que se destacaram neste tipo de correlação encontram-se SCHULZ (1969), SCHELLMANN e FASTABEND (1972), PILTZ e SCHMIDT, SOLONINKO (1957, *in* ROSENBERGER, 1969) e KRUSEL (1958, *in* ROSENBERGER, 1969) transcritos na Tabela 25.

Para alguns autores a composição mineralógica das matérias-primas utilizadas na obtenção de produtos cerâmicos e não cerâmicos são de importância relativa. Entretanto, um conhecimento prévio destes materiais é indiretamente muito importante pois permite acompanhar as transformações sofridas durante a queima. Estas informações podem ser obtidas pelo emprego simultâneo de técnicas como a difração de Raios X e a análise térmica diferencial.

Nos diagramas triangulares propostos por RILEY e WILSON, Figura 23 pode-se observar que a mica/ilita e as smectitas são os argilo-minerais que teoricamente mais se aproximam destes limites estabelecidos do possível inchamento termoplástico.

Segundo inúmeros autores, apresentados na Tabela 26 a composição mineralógica necessária para a obtenção de argilas expansíveis são representadas pelo argilo-mineral smectitas e pela mica/ilita, notando-se a presença da caolinita, como constituinte de importância secundária.

Inúmeros pesquisadores, tais como RILEY (1951); EVERHART *et al.* (1958), RUDNAI (1963) e muitos outros procuraram através de misturas e em matérias-primas adequadas segundo o diagrama ternário anteriormente mencionado, verificar as características de expansibilidade. Concluíram após vários ensaios que seria necessária a presença de minerais formadores de gases para se obter agregados leves de boas propriedades. Dentre os minerais mais importantes assinalaram a pirita, a calcita, dolomita, hematita, gipsita e a magnetita, além de produtos não minerais adicionados como diversos tipos de óleo, betume e carvão com soda cáustica.

Segundo RILEY (1951), a reação mais importante para a produção de gás, responsável pela expansão termoplástica da argila, é a reação expressa pela equação:

ROSENBERGER (1969) também apresentou esta reação de redução do óxido de ferro como sendo uma das principais fontes de gases. Segundo este autor, reações de oxi-redução entre óxidos de ferro e substâncias orgânicas seriam outra fonte considerável de gases.

EHLERS (1958) e ROSENBERGER (1969) atribuem como uma outra ocorrência de gás a decomposição de carbonatos (calcita ou dolomita, principalmente) liberando o CO_2 .

RILEY (1951) e ROSENBERGER (1969) discutem a dissociação de sulfetos (pirita e pirrotita) e sulfatos (gipsita) com liberação de vapores de SO_2 e oxigênio.

Diversos autores mencionam, embora em diferentes conclusões, a importância da fração argilosa ($< 2 \mu$) na obtenção de argilas expansíveis para a fabricação de agregados leves. Segundo FASTABEND e RUYTER (1959) o conteúdo percentual de fração argilosa ($< 2 \mu$) necessária para esta expansibilidade varia de 30% a 35%. SCHULZ (1969), entretanto, admitiu que um conteúdo mínimo de 30% desta fração granulométrica, seria suficiente para a obtenção de agregados de peso específico normal. ROSENBERGER (1969) relacionou as características de expansão e composição granulométrica por meio de um diagrama ternário que possui nos vértices: os diâmetros $< 2\mu$, 2μ a 20μ e $> 20\mu$. As conclusões propostas por ROSENBERGER foram posteriormente modificadas por SCHELLMANN e FASTABEND (1972) ao estudarem as propriedades tecnológicas e granulométricas de uma série de amostras coletadas na Alemanha Ocidental. Segundo estes autores 40%

de granulação $< 20 \mu$ seria o suficiente para produzirem argilas expansíveis e que não existe relação direta entre expansibilidade e fração granulométrica $< 2 \mu$.

Como podem ser observados os resultados obtidos a partir da composição mineralógica, granulométrica e química e dos ensaios de queima lenta empregado no "ensaio tecnológico para uso cerâmico" servem apenas como caracterizações preliminares para a fabricação de agregados leves, sendo, necessário ensaios específicos para uma caracterização mais segura.

4.2.1 ENSAIOS PRELIMINARES.- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nestes ensaios são feitas correlações dos resultados químicos, mineralógicos e granulométricos com os critêrios já estabelecidos por inúmeros pesquisadores, como também verificações das características termoplásticas, apresentadas pelos ensaios tecnológicos anteriormente descritos.

4.2.1.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Na Tabela 23 estão representadas as composições químicas das amostras estudadas pelos ensaios tecnológicos anteriormente descritos. Os resultados apresentados nesta Tabela foram examinados segundo critérios estabelecidos por diversos autores, os quais, são os seguintes:

Comparação das zonas de expansibilidade proposta por RILEY

Comparação com o conteúdo limite dos óxidos

TABELA 23
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS RITMITOS E FOLHELHOS DO GRUPO TUBARÃO DE NOVA ODESSA, JUNDIAI

Amostra Estudada	GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	GF-5	GF-6	GF-7	GF-8	GF-9	GF-10
Perda ao Fogo	6,78	3,93	5,31	5,94	5,39	8,00	6,46	5,63	6,93	8,26
SiO ₂	61,6	77,0	55,3	59,2	62,2	50,7	62,7	62,8	61,3	48,8
Al ₂ O ₃	21,3	11,5	19,3	20,1	17,0	25,4	20,0	16,9	20,8	29,2
Fe ₂ O ₃	6,52	4,60	9,08	7,36	6,77	9,30	5,72	8,17	5,33	5,58
TiO ₂	0,90	0,89	0,72	0,60	0,75	1,15	0,90	0,95	0,60	0,86
CaO	tr	tr	0,61	tr	0,25	tr	tr	tr	0,11	0,43
MgO	0,10	0,10	3,70	2,71	3,08	1,35	1,00	2,05	1,71	2,11
Na ₂ O	0,18	0,07	0,92	0,13	0,56	0,12	0,12	0,13	0,12	0,35
K ₂ O	2,51	1,80	4,87	3,96	4,01	3,85	3,02	3,30	3,16	4,44
MnO	0,05	0,03	0,10	0,08	0,08	0,04	0,05	0,08	0,03	nd
Umidade	17,4	15,3	16,8	16,4	19,0	18,7	18,3	18,5	18,9	27,2
Materia Organica (% C x 1,72)	0,10	0,07	0,29	0,14	0,21	0,15	0,09	0,14	0,12	nd
Capacidade de troca de cations (meq.por 100g de mat.)	27,2	27,3	26,0	27,5	30,1	39,3	19,5	34,4	18,9	nd
Troca de Cations										
Al	0,014	0,021	0,003	0,023	0,001	0,018	0,032	0,059	0,007	nd
Fe	0,002	0,003	0,037	0,032	0,045	0,025	0,020	0,040	0,055	nd
Ca	0,029	0,029	0,143	0,048	0,071	0,085	0,068	0,052	0,045	nd
Mg	0,049	0,048	0,225	0,120	0,169	0,049	0,062	0,059	0,050	nd
Na	0,017	0,019	0,030	0,025	0,033	0,038	0,034	0,030	0,014	nd
K	0,023	0,021	0,043	0,037	0,056	0,036	0,031	0,034	0,027	nd
	Ritmito	Ritmito	Folhelho	Folhelho	Folhelho	Ritmito	Folhelho	Ritmito	Ritmito	Ritmito

Comparação com a zona de expansibilidade proposta por RILEY

As análises químicas apresentadas na Tabela 25 foram recalculadas segundo o critério estabelecido por RILEY (1951) e lançadas no diagrama triangular da Figura 23. No diagrama triangular foram demarcadas duas zonas favoráveis à expansibilidade, quais sejam: a de RILEY (1951) e a de WILSON (1954) segundo as quais concluiu-se o seguinte:

a) das amostras estudadas somente as GF-2, GF-6 e GF-10 não se encontraram dentre os limites das zonas de expansibilidade já descritas.

b) as amostras GF-1, GF-4, GF-5, GF-7, GF-8 e GF-9 encontraram-se dentro dos limites estabelecidos por RILEY e por WILSON.

c) A amostra GF-6, mesmo não se encontrando dentro dos limites de expansibilidade de RILEY, apresentou características de expansibilidade adequadas nos ensaios cerâmicos de queima lenta já descritos.

d) Segundo os resultados fornecidos por DAMASCENO (1973) verificou-se que a GF-5 e a GF-8 são as que se encontram mais próximos das melhores amostras descritas por aquele autor.

e) SOUZA SANTOS e MITIDIERI (1973), representaram neste diagrama triangular três composições químicas do ritmo de área estudada, cujos resultados representam valores intermediários das amostras GF-6 e GF-8.

Podemos assim concluir que o diagrama triangular proposto por RILEY, no estudo das rochas expansivas, tem uma grande utilidade. Entretanto, os resultados obtidos com o uso deste triângulo não são conclusivos, fornecendo apenas

TABELA 24

COMPOSIÇÃO QUÍMICA RECALCULADA PARA O DIAGRAMA TRIANGULAR DE RILEY

Amostra	GF-1	GF-2	GF-3	GF-4	GF-5	GF-6	GF-7	GF-8	GF-9	GF-10
SiO_2	66,1	80,2	58,5	62,9	65,7	55,2	67,0	66,5	65,8	53,2
Al_2O_3	22,9	12,0	20,4	21,3	18,0	27,6	21,4	17,9	22,3	31,8
$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} +$ $+ \text{Mg} + (\text{Na}; \text{K})_2\text{O}$	11,0	7,8	21,1	15,8	16,3	17,2	11,6	15,6	11,9	15,0
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

TABELA 25

COMPARAÇÃO COM O CONTEÚDO EM ÓXIDOS PRINCIPAIS PUBLICADOS POR ALGUNS AUTORES

	Schellmann e Fastabend				Schulz	Soloninko	Krusel	GF-1	GF-2*	GF-3	GF-4	GF-5	GF-6	GF-7	GF-8	GF-9	GF-10
	argilas expansíveis		argilas não expansíveis														
SiO ₂	42,8 a 67,2	42,4 a 84,7			50 a 60	50 a 80	54,7 a 70	61,6	77,0	55,3	59,2	62,2	50,7	62,7	62,8	61,3	48,8
Al ₂ O ₃	13,2 a 21,2	8,6 a 25,5			16 a 24	8 a 25	12 a 23	21,3	11,5	19,3	20,1	17,0	25,4	20,0	16,9	20,8	29,2
Fe ₂ O ₃	4,15	8,92	0,83	3,76	} 5 a 10	3 a 12	} 4,8 a 9,5	6,52	4,60	9,08	7,36	6,77	9,30	5,72	8,17	5,33	5,58
FeO	nd a 3,08	0,36 a 3,67															
CaO	0,70 a 5,86	9,20 a 17,45	0,5 a 3,0		} 3 a 6	} 2 a 4,5		tr	tr	0,61	tr	0,25	tr	tr	tr	0,11	0,43
MgO	1,30 a 3,62	1,74 a 0,22	1,5 a 4,0														
Na ₂ O	0,32 a 1,10	0,32 a 0,95			} 2 a 7	2 a 6	2 a 3,5	0,18	0,07	0,92	0,13	0,56	0,12	0,12	0,13	0,12	0,35
K ₂ O	2,20 a 3,40	1,35 a 2,72															
C.org.	0,92 a 3,83	0,13 a 3,20	1 a 3,5	6 a 12			-	0,10	0,07	0,29	0,14	0,21	0,15	0,09	0,14	0,12	nd

* Argila não expansível

Fig.23 LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DO RITMITO E DO FOLHELHO DO GRUPO TUBARÃO, NAS ZONAS DE RILEY E WILSON

uma visualização de possíveis soluções para o aproveitamento das rochas com expansibilidade inadequadas. Como exemplo prático desta situação é a amostra GF-9 que representa uma amostra homogeneizada de todas as GF estudadas, verificando-se, neste caso um aproveitamento do conteúdo da GF-2 e GF-6.

Comparação com os conteúdos limites dos óxidos

Procuram-se comparar os conteúdos dos óxidos obtidos na análise química com os valores limites apresentados por SCHELLMANN e FASTABEND (1972), SCHULZ (1969), SOLONINKO e KRUSEL (in ROSENBERGER, 1969). Como resultado desta comparação exposta na Tabela 25 observou-se que:

a) nenhuma amostra estudada satisfaz completamente a todas as estipuladas pelos diferentes autores;

b) com exceção das amostras GF-3 e GF-4 as demais amostras estudadas não satisfizeram os limites estabelecidos por SCHULZ ao SiO_2 . Além disso, a amostra GF-10 só se encontrou nos limites estabelecidos por SCHELLMANN e FASTABEND;

c) quanto ao Al_2O_3 , somente as amostras GF-2, GF-6 e GF-10 não satisfizeram todos os limites;

d) a amostra GF-2 encontrou-se com o conteúdo de ferro total abaixo dos limites estabelecidos;

e) somente a amostra GF-3 apresentou seu conteúdo em Ca próximo dos valores mínimos estabelecidos por SCHELLMANN e FASTABEND.

O conteúdo em MgO , com restrição à GF-5, é deficiente em todas as amostras restantes.

f) Com exceção de GF-3, GF-5 e GF-10 as demais amostras não se apresentaram com o conteúdo de Na_2O recomendados. As duas últimas amostras citadas encontram-se com percentagem deste óxido acima dos valores limites estipulados por KRUSEL.

Somente as amostras GF-7, GF-8 e GF-9 foram as que se apresentaram com valores de K_2O segundo os limites estabelecidos.

g) Para todas as amostras estudadas o conteúdo de matéria orgânica foi carente, situando-se, muito abaixo dos mínimos estabelecidos.

4.2.1.2. COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

Inúmeros pesquisadores procuraram relacionar a composição mineralógica com as propriedades termoplásticas das matérias-primas argilosas. A maior dificuldade encontrada durante esta correlação relaciona-se as inúmeras variáveis química, mineralógica e granulométrica envolvidas nas propriedades térmicas destes materiais. Contudo, parece comum para a maioria dos autores citados a presença de argilo-minerais do grupo das smectitas e mica/ilita e, por minerais formadores de gases.

No presente trabalho procurou-se identificar to das as amostras representativas relacionadas ao ritmito e ao folhelho do Grupo Tubarão. A caracterização mineralógica des tas rochas já foram discutidas no capítulo anterior cujos re sultados foram os seguintes:

a) como possíveis formadores de gases (Tabela 26) nas amostras de ritmito e folhelho estudados foram encontra dos nas frações areia e silte, os seguintes minerais: felds

TABELA 26

ARGILO-MINERAIS E MINERAIS FORMADORES DE GÁS PRESENTE EM ROCHAS EXPANSÍVEIS SEGUNDO DIVERSOS AUTORES

Autor	Argilo-Minerais	Formadores de Gás
Conley <i>et al</i> (1948)	argilas montmoriloníticas	-
Riley (1951)	mica/ilita	pirita, hematita, dolomita, siderita(?) e magnesita(?)
Stanzak (1956)	mica/ilita e montmorilonita	-
Albert (1957)	montmorilonita	-
Fastabend e Ruvter (1959)	mica/ilita e montmorilonita	-
Grim (1962)	mica/ilita, montmorilonita, clorita, vermiculita, e de atapulgita-sepiolita	metais alcalinos - alcalinos terrosos e minerais de Fe
Souza Santos (1966a e 1966b)	mica/ilita - montmorilonita, vermiculita, atapulgita, sepiolita e clorita	pirita, calcita, dolomita, hematita(?) gipsita(?), magnetita (?) e matéria orgânica.
Schulz (1969)	"smectitas", glauconita, mica/ilita e hidro-clorita	-
Rosenberger (1969)	mica/ilita, montmorilonita	limonita, pirita, marcasita, siderita, dolomita, calcita, gipsita, feldspato e matéria orgânica.
Formoso (1970)	mica/ilita, montmorilonita	-
Baudet (1971)	mica/ilita, ilita-caulinita, montmorilonita, clorita e vermiculita	calcita, dolomita, magnesita, ankerita, siderita.
Souza e Lourenço (1971)	ilita, montmorilonita ou ilita-montmorilonita com pouca caulinita	-
Schellmann e Fastabend (1972)	caulinita e mica/ilita	carbonato de cálcio, matéria orgânica e granulometria
Souza e Lourenço (1973)	caulinita-montmorilonita e ilita-montmorilonita	-
Souza Santos e Mitidieri (1973)	ilita, montmorilonita, caulinita	matéria orgânica
Damasceno (1973)	montmorilonita, mica/ilita, vermiculita	sulfetos

patos alterados, biotita baueritizada, magnetita, agregados ferruginosos e hematita além de pequena quantidade de matéria orgânica. Nas amostras de folhelho também foram encontradas pirita e calcita, porém em percentagem muito reduzida. Também foram observadas a presença de rutilo, grana-da, turmalina, porém em percentagem variada, dos quais, não se tem nenhum dado sobre suas influências na expansibilidade.

b) A fração argilosa das amostras de ritmitos apresentaram-se constituídas, em percentagens variadas, por argilo-minerais do grupo das caolinitas e mica/ilita e por quartzo. A presença de argilo-minerais do grupo das smectitas e minerais de camadas interestratificadas foi observada em algumas amostras (Tabela 8).

c) na fração argilosa das amostras do folhelho foram caracterizadas a presença de caulinita mal cristalizada ("fire clays"), de mica/ilita, de argilo-minerais do grupo das smectitas e minerais de camadas interestratificadas e quartzo. Foi também, em somente duas amostras, identificada a presença de vermiculita e clorita, porém em percentagens muito pequenas (Tabela 7).

d) nos termogramas (Figura 22) das amostras do ritmo observou-se as seguintes características principais:

- a existência de um pico endotérmico, de intensidades variáveis, com máximos a 110°C (perda de umidade e de água de adsorção);

- na faixa de 560° a 590°C ocorrem as intensidades máximas dos picos endotérmicos. Estes picos de um modo geral, caracterizam-se por apresentarem intensidades variáveis e por representarem a faixa de desoxidação;

- na faixa de 850° a 970° C ocorrem os valores máximos dos picos endo-exotérmicos, de intensidades variáveis (formação do espinélio e ou nucleação da mulita).

e) Nos termogramas (Figura 17 das amostras de folhelho, observou-se que:

- a 110° C todas as amostras apresentaram reflexões endotérmicas que se apresentaram sob a forma de picos ou de bandas, de intensidades variáveis, e podendo ser simples ou duplas (perda de umidade e a água de adsorção);

- de 200 a 500° C aparece uma banda exotérmica de pequena intensidade, formada devido a remoção dos componentes voláteis das substâncias orgânicas e sulfetos presentes;

- na faixa de 520° a 575° C ocorrem os picos endotérmicos relacionados a desidroxilação dos argilo-minerais presentes;

- na faixa de 860° a 955° C foram observadas a presença das reflexões endo-exotérmicas, de intensidades variáveis (formação do espinélio e ou formação de mulita.

4.2.1.3 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA

Como já foi anteriormente mencionado a composição granulométrica apresentada por uma matéria-prima argilosa e as condições termoplásticas foram consideradas por diversos autores como consequência da presença dos constituintes mineralógicos de granulação fina. À vista dessa observação foi determinada a composição granulométrica de 34 amostras de ritmitos e folhelhos da área. Os valores granulométricos uma vez obtidos pelos métodos tradicionais descritos no Capítulo II, foram plotados no diagrama triangular de SCHELLMANN e

FASTABEND (1972) apresentados pela Figura 24. A construção deste diagrama triangular teve como finalidade o de fornecer uma visualização global de todas as amostras de ritmitos e folhelhos analisadas e de correlacionar os valores obtidos com aqueles apresentados por outros pesquisadores.

Os resultados granulométricos permitiram observar que:

a) as amostras estudadas de ritmitos e ou folhelhos podem ser classificadas, segundo SHEPARD (1954) como possuidoras de texturas argilosa, argilo-siltosa e silto-argilosa, com uma única exceção que é a GF-8 de textura argilo-arenosa; (Figura 25);

b) a percentagem de ocorrência destas três classes texturais é crescente, no sentido dos sedimentos mais finos;

c) as amostras de ritmitos, caracterizadas pelos diferentes ensaios tecnológicos e preliminares, apresentaram amostras correspondentes às quatro classes texturais acima mencionadas;

d) e, para as amostras de folhelho somente a GF-5 não foi classificada na classe textural argilosa;

e) na Figura 24 pode ser observada uma concentração das amostras GF-3, GF-4, GF-5, GF-7 e GF-9, correspondentes às amostras de folhelho e à amostra homogeneizada. As amostras do ritmito ocorrem, com exceção da GF-2, próximas ao vértice relativo à fração menor do que 2μ ;

f) a única amostra que apresentou características desfavoráveis de expansão também apresentou o maior conteúdo de fração arenosa;

Fig. 24 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS RITMITOS E DOS FOLHELHOS DO GRUPO TUBARÃO, LANÇADO NO DIAGRAMA TRIANGULAR DE SCHELLMANN E FASTABEND (1972)

Fig. 25 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO RITMITO E FOLHELHO TECNOLOGICAMENTE ESTUDADAS, DE ACORDO COM A GRANULOMETRIA. (seg. SHEPARD 1954)

g) como pode ser observado no diagrama triangular da Figura 24 quase todas as amostras analisadas situaram-se próximo ao vértice da fração argilosa com exceção das amostras de números 6, 7, 10, 38 e 41 mais siltosas e a GF-2 amostra mais arenosa (ritmito e siltito);

h) as amostras estudadas no presente trabalho localizam-se em uma área diferente daquela obtida por DAMASCENO (1973) mostrando alguma aproximação com determinadas amostras apresentadas por SCHELLMANN e FASTABEND (1972);

i) os resultados granulométricos obtidos não devem ser, entretanto, considerados exclusivos para a caracterização das propriedades expansíveis, uma vez que não foram correlacionados os resultados granulométricos das amostras expansíveis com as rochas não expansíveis. Entretanto, pode-se prever a percentagem da fração argilosa necessária sendo, de menor importância das demais frações granulométricas.

4.2.1.4 ENSAIOS TECNOLÓGICOS DE QUEIMA LENTA

Para a caracterização das propriedades térmicas do ritmito e do folhelho utilizaram-se os resultados obtidos nos "Ensaio Tecnológicos Preliminares e Complementares para uso cerâmico" anteriormente descritos. Técnica semelhante, é adotada pela Divisão de Cerâmica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

Das rochas estudadas somente a amostra GF-2 não apresentou características térmicas preliminares consideradas satisfatórias, com índice igual ou superior a 8, de acordo com as normas estabelecidas por SCHELLMANN e FASTABEND (1972). Os ritmitos, em geral, apresentaram densidade aparente, após queima acima dos valores padronizados para os agregados leves. As variedades mais favoráveis, caracteriza

das por este ensaio de queima lenta foram os folhelhos (Tabela 27).

Os ensaios de queima lenta são bastante úteis não só para a caracterização cerâmica do material investigado como também, permite a realização de uma seleção prévia das amostras favoráveis para a fabricação de agregados leves. Além disso, fornecem indicações adicionais sobre o comportamento térmico destes materiais na faixa de temperatura da expansão-fusão. Na prospecção de argilas para a fabricação dos agregados leves esta técnica não é a mais recomendada pela morosidade dos ensaios, pois cada determinação demanda elevado tempo de cozimento.

4.2.2 ENSAIOS ESPECÍFICOS

A caracterização termoplástica do ritmito e do folhelho do Grupo Tubarão

Os ensaios de queima rápida realizados neste trabalho foram feitos segundo técnicas semelhantes as adotadas pela Divisão de Cerâmica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

As temperaturas dos ensaios foram as seguintes: 1 250°, 1 150°, 1 100° e 1 050° C obtidas por um forno elétrico tubular de resistência Kanthal. O tempo de cada ensaio foi de 3, 10 e 15 minutos após o qual o material era retirado do forno e examinadas as propriedades termoplásticas.

Além da verificação do comportamento termoplástico de cada amostra, o presente estudo teve como finalidade de caracterizar as influências das composições químicas, mineralógicas e granulométricas na formação de agregados leves como um método de futuras prospecções geológicas.

TABELA 27

CARACTERÍSTICAS TERMOPLÁSTICAS DOS RITMITOS E FOLHELHOS OBTIDAS NOS ENSAIOS DE QUEIMA LENTA

Amostra	Material	Índice (Schellmann e Fastabend, 1972)	Temperatura Final (°C)	Observações
GF-1	Ritmito	9	1250°C	Boa expansão com distribuição levemente irregular; resistência mecânica boa; boas porificações interna e vitrificação.
GF-2	Ritmito	6	1250°C	Não expandiu
GF-3	Folhelho	11	1250°C	Boa expansão com distribuição regular; resistência mecânica e densidade aparente adequadas; boa porificação interna e vitrificação. tendência ao arredondamento. Densidade aparente $< 1 \text{ g/cm}^3$. As condições piroclásticas ocorrem em temperaturas mais baixas (1050°C).
GF-4	Folhelho	12	1250°C	Boa expansão com tendência ao arredondamento; vitrificação e porificação adequada e densidade aparente menor do que a da água; boa resistência mecânica.
GF-5	Folhelho	11	1250°C	Idem GF-3
GF-6	Ritmito	10	1250°C	Boa expansão com distribuição regular; resistência mecânica e porificação interna e vitrificação adequadas; densidade aparente $< 1 \text{ g/cm}^3$
GF-7	Folhelho	11	1250°C	Idem GF-3
GF-8	Ritmito	10	1250°C	Idem GF-6
GF-9	Ritmito (homogeneo)	10	1250°C	Idem GF-6

Os resultados obtidos neste ensaio estão esquematizados na Tabela 28 das quais concluem-se que:

a) a expansão foi favorável em apenas seis das nove amostras analisadas, as quais apresentaram um aumento de volume superior a 70%.

Das amostras consideradas favoráveis observou-se que os melhores resultados foram obtidos das amostras de folhelho GF-4 em especial. Entretanto, as demais amostras de folhelho e a amostra GF-8 também apresentaram condições favoráveis para fabricação de agregados leves.

A razão pela qual as demais amostras de ritmito, ou seja, a GF-1, a GF-2 e a GF-6 não apresentaram expansão termoplástica relaciona-se principalmente à forma de ocorrência de cada amostra. Como se sabe, os ritmitos representam rochas de sequências alternadas de argilo e silte localmente fraturados com intensa lixiviação. As amostras GF-1 e GF-2 justamente procuram caracterizar, em porções diferentes, os sedimentos destes ritmitos em zonas intensamente fraturadas e a GF-6 e a GF-8 nos ritmitos sem essas perturbações. A amostra GF-9 foi coletada em toda uma frente de trabalho visando uma distribuição de toda a matéria-prima com o intuito de melhor caracterizar o comportamento médio da argila. Como é de uso prático, a seleção entre as camadas estêreis ou mesmo capeamento estêreis, sem características expansíveis, e a rocha aproveitável não deve ultrapassar a 1:1;

b) para os tipos de rochas estudadas a obtenção de agregados leves arredondados a partir de "pelotas" mostrou ser o processo de moldagem mais adequado;

c) segundo os dados estabelecidos pela American Society for Testing Materials, somente a amostra GF-2, não pode ser usada para fabricação de agregados leves;

TABELA 28
CARACTERÍSTICAS TERMOPLÁSTICAS DOS RITMITOS E FOLHELHOS OBTIDAS POR ENSAIO DE QUEIMA RÁPIDA

AMOSTRA	T E M P E R A T U R A (° C)				Peso específico aparente das ar- gilas expandidas (g/cm ³)	OBSERVAÇÕES
	1050°	1100°	1150°	1250°		
GF-1	n.exp.	n.exp.	n.exp.	exp.	0,90 - 1,10	Porosidade, vitrificação e forma irregulares
GF-2	n.exp.	n.exp.	n.exp.	n.exp.	-	Não expandem
GF-3	n.exp.	exp.	n.det.	exp.	0,48 - 0,62	Boa expansão, porosidade e vitrificação. Acima de 1150° verifica-se leve colagem
GF-4	exp.	n.det.	n.det.	exp.	0,40 - 0,55	Idem GF-3
GF-5	n.exp.	exp.	n.det.	exp.	0,50 - 0,64	Idem GF-3
GF-6	n.exp.	n.exp.	n.exp.	exp.	0,80 - 0,95	Porosidade e vitrificação regulares. Forma irregular e pequena expansão
GF-7	n.exp.	n.exp.	exp.	exp.	0,68 - 0,83	Porosidade e vitrificação regulares. A expansão é menor do que as demais amostras de Folhelho, a forma é irregular
GF-8	n.exp.	n.exp.	exp.	exp.	0,70 - 0,85	Porosidade e vitrificação regulares. A forma é arredondada e a expansão é aproximadamente de 80%
GF-9	n.exp.	n.exp.	exp.	exp.	0,65 - 0,75	Idem GF-8

d) a porificação e a vitrificação apresentaram-se com distribuição bastante regular;

e) a resistência ao esmagamento obtido pelas amostras foi boa, estando diretamente relacionadas com o modo de expansão, com a regularidade da porosidade e com a capa vitrificada;

f) a adição de óleo nas pelotas antes da queima, mostrou-se adequada e facilitou a formação dos agregados leves de todas as amostras estudadas.

Através destes ensaios tecnológicos procuraram-se determinar quais as condições mineralógicas, granulométricas, químicas e moldagem mais apropriada para a fabricação de agregados leves a partir de ritmitos e folhelhos do Grupo Tubarão. Além disso, com os resultados obtidos procuraram-se prever quais as ocorrências mais adequadas, dentro da área estudada para este emprego.

Como já foi descrito no presente trabalho, as características termoplásticas das argilas são provavelmente resultantes da composição química adequada, que por sua vez é resultante de composição mineralógica presente. A composição mineralógica para esta finalidade tecnológica apresenta-se mais complexa do que aquelas necessárias para os empregos cerâmicos, pois evolue determinados argilo-minerais e de minerais produtores de gás em temperaturas elevadas.

a) Nas amostras de ritmito, em especial a GF-6 GF-8 e a GF-9, constatou-se a presença, em diferentes proporções de misturas de mica/ilita de minerais do grupo cao

linita e de quartzo na fração argilosa. A presença de pequenas percentagens de minerais do grupo das smectita foi observada nas amostras GF-2 e GF-8. Estes minerais, também foram encontrados nas frações silte-arenosa juntamente com feldspatos alterados, biotita baueritizada hematita, limonita e magnetita, os quais juntamente com o quartzo representam os primeiros minerais nesta granulometria. Além disso, constatou-se em algumas amostras a presença em percentagens muito pequenas de granada, rutilo e turmalina. A quantidade de matéria orgânica nos ritmitos é pequena estando representada na Tabela 24.

b) Nas amostras de folhelho observou-se que, em sua maioria, misturas de quartzo, mica/ilita smectitas além de caolinita mal cristalizada e de argilo minerais de interesse de estratificação camadas em percentagem variáveis de ocorrência. A fração silte-arenosa apresentou quartzo, aglomerados argilosos, limonita, magnetita, rutilo, feldspato caolinitizado e biotita baueritizada em proporções variáveis não só de uma amostra para a outra como também nas diferentes frações granulométricas. O conteúdo orgânico, pirita e calcita ocorrem em pequenas percentagens.

c) A formação de CO_2 ou O_2 tanto nos ritmitos como nos folhelhos, pelos fatos vistos anteriormente, pode ser resultante do fenômeno de oxi-redução das substâncias orgânicas e óxidos de ferro segundo as reações discutidas no presente capítulo, os quais podem ser os efeitos responsáveis pela expansão termoplástica.

d) As amostras expandiram em diferentes temperaturas. As amostras de ritmitos GF-8 e GF-9 expandiram a $1\ 150^\circ\text{C}$, porém obtiveram melhores características a $1\ 250^\circ\text{C}$ e as amostras GF-1 e GF-6 expandiram a $1\ 250^\circ\text{C}$ com peso específico aparente próximo a $1,0\ \text{g/cm}^3$. Estas diferenças podem ser relacionadas à presença, em diferentes proporções de cao

linita e de quartzo, pois, como é sabido, a caolinita e a haloisita são os argilo-minerais os mais refratários. Além do modo de ocorrência, as amostras GF-8 e GF-9 diferem das demais amostras de ritmito pela presença de montmorilonita e pela menor percentagem de caolinita.

As amostras de folhelho, também expandiram em temperaturas diferentes como pode ser observado na Tabela 28. Estas variações podem também estar relacionadas as percentagens diferentes de caolinita.

e) Granulometricamente observou-se que as amostras de folhelho e a GF-9 encontraram-se bastante próximas e as amostras de ritmito restantes aparecem com valores extremos como pode ser observado na Figura 24. As amostras GF-2 e GF-8 foram as que melhores se aproximaram dos valores obtidos por DAMASCENO (1973). A amostra GF-6 foi aquela que obteve textura mais fina.

f) Observou-se que somente as amostras GF-2 e GF-6, não se enquadraram na zona de expansibilidade proposta por RILEY. Após os diferentes ensaios tecnológicos complementares e específicos, verificou-se que a única amostra inadequada para a fabricação de agregados leves é a GF-2 e que as amostras GF-1 e GF-6, expandiram com peso específico aparentes elevados.

g) Um controle indireto da qualidade das propriedades pirolásticas pode ser feito pelo conteúdo limite dos óxidos apresentado por vários autores (Tabela 25). Nesta tabela observou-se que as amostras de folhelho são as que melhor satisfazem a maioria dos limites para cada óxido assinalado. A maior deficiência destas rochas relaciona-se aos fundentes ao conteúdo de matéria orgânica. No caso de ritmito somente as amostras GF-1, GF-8 e GF-9 também são carentes nestes elementos. As amostras GF-2 e GF-10 aparecem com

valores fora dos limites estabelecidos para todos os óxidos. Como pode ser observado o controle de matéria-prima para a produção de agregados leves apresenta-se como um fator importante não somente sob o ponto de vista econômico permitindo o consumo controlado de "matéria-prima de boas características expansíveis" como também na produção de produtos de características térmicas conhecidas e parcialmente padronizadas e temperaturas de queimas mais baixas.

h) Nos estudos mineralógicos realizados nas de mais amostras de ritmito da área mapeada, constatou-se, basicamente, a presença de quartzo, mica/ilita e caolinita e, eventualmente, montmorilonita. Granulometricamente esta rocha apresentou-se bastante variável com tendências para a granulometria argilosa. Comparando-se estas características mineralógicas e granulométricas com aquelas obtidas pelas amostras tecnologicamente caracterizadas, pode-se obter correlações com previsão dos possíveis usos cerâmicos e não cerâmicos (Tabela 29).

i) Os resultados obtidos pelos ensaios tecnológicos que visaram a utilização para a fabricação de produtos cerâmicos a partir das amostras de folhelhos podem ser correlacionados para todas as amostras estudadas, devido a regularidade mineralógica e granulométrica apresentada. Entretanto, visando o emprego destas rochas para a fabricação de agregados leves pode-se concluir que as amostras nrs. 5, 14 e 16, possivelmente não possuem as propriedades termoplásticas desejadas. Isto se deve à presença de percentagens elevadas de caolinita e pela ausência de montmorilonita, composição que torna as amostras mais refratárias. Mineralogicamente e granulometricamente estas amostras, nrs. 5, 14 e 16 podem ser correlacionadas com a amostra GF-6 (Tabela 22).

j) Os resultados obtidos pelos ensaios preliminares para a fabricação de agregados leves no presente trabalho

TABELA 29

CORRELAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DAS AMOSTRAS DE RITMITOS E FOLHELHOS ESTUDADAS A PARTIR DOS RESULTADOS MINERALÓGICOS E GRANULOMÉTRICOS

Amostras estudadas por diversos ensaios tecnol _{ógicos}	Unidade	Amostra
GF-1	Ritmito	6, 15, 34, 38 e 39
GF-2	Ritmito	10 e 41
GF-6	Ritmito	9, 11, 29, 30 e 45 (5, 14 e 16)
GF-8	Ritmito	7
GF-3	Folhelho	35
GF-4	Folhelho	44
GF-5	Folhelho	44
GF-7	Folhelho	4, 8b, 13, 20, 37, 40 e 42

lho, apresentaram-se em certos aspectos bastante semelhantes aos apresentados por DAMASCENO (1973).

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem esboçar as seguintes conclusões gerais mais importantes.

As inúmeras ocorrências de rochas permocarboníferas, na área estudada, atestam a existência pretérita de uma bacia glacial de maior expressão geográfica. Sua forma atual, representada pelas posições das diversas manchas glaciais e pela direção dos seus respectivos divisores de água, concordam com a xistosidade e com o sistema de fraturamento das rochas precambrianas. A origem desta bacia acredita-se ser atectônica.

O ritmito corresponde à unidade geológica de maior expressão em área, e conseqüentemente de maior importância econômica. Esta rocha representa quase que a totalidade da matéria-prima argilosa extraída na área. As caracteristícas mineralógicas, físicas e tecnológicas variam de acordo com a espessura e composição mineralógica das lâminas, revelando a necessidade de um controle da exploração e de uma homogeneização periódica desta rocha.

Os ensaios tecnológicos, visando à utilização ceramica das argilas permocarboníferas, permitiram definir as características cerâmicas em matérias-primas de diferentes texturas granulométricas e composição mineralógica. Possibililitou, também, a identificação de misturas adequadas ao uso tecnológico desejado as quais, envolvem explorações programadas.

A grande influência da composição mineralógica nos resultados dos ensaios cerâmicos é atestada pela presença do argilo-mineral do grupo das smectitas, principalmente no cau

so do folhelho.

Os ensaios tecnológicos de queima rápida permitiram a caracterização das propriedades termoplásticas das amostras, através de choques térmicos realizados sob diferentes temperaturas. Essa técnica tem sido largamente usada por ser mais econômica, de mais fácil e mais rápida execução do que as demais técnicas conhecidas.

Para esses ensaios de queima rápida, a confecção de pelotas obtidas por extrusão do material argiloso misturado com óleo, permitiu a obtenção de agregados leves de melhores características, especialmente quanto à forma e à resistência mecânica.

As amostras de folhelho e ritmito que apresentaram as propriedades termoplásticas adequadas expandiram em temperaturas que se situam entre 1 050° a 1 150° C.

A expansão das pelotas foi de 80 a 150%, tendo sido o peso específico mínimo encontrado de 400 g/l nas pelotas de resistência mecânica adequada.

Quanto à composição mineralógica, as rochas estudadas que apresentaram melhores características termoplásticas são constituídas principalmente por quartzo, mica/ilita, caolinita e smectita, em diferentes proporções, além de feldspato, biotita, hematita, magnetita e outros de menor importância tecnológica. Os folhelhos são os que melhor atendem a essas condições. Os ritmitos, na maioria dos casos observados, não apresentaram a smectita.

As pelotas das rochas estudadas, que apresentaram melhores características termoplásticas, foram as que possuíam teores em argila superior a 60%. Constatou-se também que a

única amostra que não apresentou as características termoplásticas apresentava teores em materiais da fração $> 20\mu$ próximo aos limites estabelecidos por SCHELLMANN e FASTABEND. Sob o ponto de vista químico, os folhelhos e os ritmitos apresentam resultados que concordam apenas parcialmente com os limites estipulados por SCHELLMANN e FASTABEND, SCHULZ, SOLONINKO e KRUSEL dos quais discordam principalmente no conteúdo dos fundentes e matéria orgânica. Tais fatos mostram que os limites estabelecidos por diferentes autores para composição de matérias-primas adequadas para a fabricação de agregados leves estão longe de ser definitivos.

As argilas expandidas, obtidas mediante o aquecimento das amostras representativas de toda a frente de trabalho, devidamente analisadas, mostraram características compatíveis com as normas previstas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, segundo as especificações em uso em concreto estrutural.

AGRADECIMENTOS

Na elaboração do presente trabalho o autor contou com a valiosa colaboração e incentivo de inúmeras pessoas e entidades, às quais, com enorme satisfação, julgou-se necessário os agradecimentos.

Ao Professor Doutor Adolpho José Melfi, do Departamento de Geologia Geral, pela dedicação com que nos orientou, pelos incentivos e inúmeras sugestões prestadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Doutor Yociteru Hasui, do Departamento de Geologia Geral, que também nos conduziu de maneira segura durante certa época de nossas pesquisas.

Ao Professor Doutor Sérgio Estanislau do Amaral que colaborou através de inúmeras críticas e sugestões durante o andamento da pesquisa.

Ao Professor Doutor Pêrsio de Souza Santos que forneceu valiosas informações e sugestões para a realização do presente trabalho.

Ao Senhor Ismael Diniz Filho, à Senhora Melany Thereza Isauk, ao Senhor Jaime de Souza Marcos, à Senhorita Itacy Krohne, ao Senhor Paulo Ernesto Mori, à Senhora Ruth Martins dos Santos e ao Senhor Jayme Alves da Silva, representantes das inúmeras Seções do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, os quais não mediram esforços quando solicitados.

À Senhora Nair de Campos Louzada e ao Senhor José Ponchirolli pela valiosa ajuda dispensada pelo serviço de

datilografia.

À Senhora Eloide Maria Fuck pelo dedicado trabalho relativo às análises granulométricas e às análises térmicas diferenciais e, que durante o desenvolvimento do estudo nunca faltou com seu apoio e incentivo.

A todos os que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho o autor consigna sua profunda gratidão.

BIBLIOGRAFIA

- ALBERT, J. - 1957 - Duzzasztott agyag - Eptőanyag, 221 p., Budapest (*in* ROSENBERGER, 1969).
- ALBRECHT, H. - 1969 - Concretos leves. Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul. Boletim 43.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1948 - A "roche moutonnée" de Salto, Estado de São Paulo. Geol. e Met., Bol. 5.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1952 - Novas ocorrências de camadas suportes pliocênicas nos Estados de São Paulo e Paraná. Bol. Soc.Bras.Geol., v. 1, n. 1, pp. 53-58.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1955 - As camadas de São Paulo e a tectônica da Serra da Cantareira. Bol. Soc.Bras.Geol., v. 4, n. 2, pp. 23-40, São Paulo.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista, *in* Geologia do Estado de São Paulo. Instituto Geogr. e Geol., Bol. 41, pp. 167-266.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1967 - Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Bol. 241, DNPM/DGM, Rio de Janeiro.
- AMARAL, S.E. do - 1965 - Nova ocorrência de "roche moutonnée" em Salto, SP., Bol.Soc.Bras.Geol., v. 14, n: 1-2, São Paulo.
- AMERICAN CERAMIC SOCIETY - 1928 - The standards report for the American Ceramic Society. J.Amer.Cer .Soc. 11, 331-448.
- ANDRADE, G.O. - 1964 - Os climas no Brasil, a terra e o homem. v. 1, 446 - Cia. Editora Nacional, São Paulo.
- BARBOSA, O. e ALMEIDA, F.F.M. de - 1948 - Nota sobre a estratigrafia da Série Tubarão no Estado de São Paulo Anais Acad.Bras.Ciên., XXI, 1, pp. 65-68, Rio de Janeiro.
- BARBOSA, O. e ALMEIDA, F.F.M. de - 1949 - A Série Tubarão na bacia do rio Tietê, Estado de São Paulo, DNPM. Div.Geol.Miner., Minist.Agricultura. Notrs Prelim. e Est., n. 48, p. 16, Rio de Janeiro.

- BARBOSA, O. e ALMEIDA, F.F.M. de - 1953 - Geologia das quad
drículas de Piracicaba e Rio Claro. Bol. 153, Div.
Geol. Min., Dep.Nac.Produção Mineral.
- BARZAGHI, L. e SALGE, A. - 1947 - Resistência à flexão e mol
dagem de argilas. Anais Assoc.Química do Brasil,
6 270.
- BARZAGHI, L. e SALGE, A. - 1948 - Argilas para materiais de
Construção. Anais da Assoc.Química do Brasil. VII,
pp. 38-49.
- BAUDET, G. - 1971 - Les matiêres premiêres expansibles. Bulet
in du B.R.G.M., Section II, n. 5, pp. 1-8.
- BJORNBERG, A.J.S. - 1965 - Sedimentos post-cretáceos do les-
te de São Paulo. Tese de Livre-Docência apresentada
à E.E.S.C., USP.
- BJORNBERG, A.J.S. - 1966 - Varvitos na Bacia do Rio Mogi-Guaçu
(SP). Ciênc.Cult., v. 18, n. 3, São Paulo.
- BJORNBERG, A.J.S. e LANDIM, P.M.B. - 1966a - Contribuição ao
estudo da Formação Rio Claro (Neocenozóico). Bol.Soc.
Bras.Geol., v. 15, n. 4, pp. 43-68.
- BJORNBERG, A.J.S. e LANDIM, P.M.B. - 1966b - A Formação Rio
Claro (Neocenozóico) no interior do Estado de São Paul
o. Núcleo Rio de Janeiro, Soc.Bras.Geol., Bol. 1,
pp. 67-69.
- BJORNBERG, A.J.S. - 1969 - Contribuição ao Estudo do Cenozói
co Paulista: Tectônica e Sedimentologia. Tese de Prof
essor Titular - Esc.Eng. São Carlos, USP.
- BRINDLEY, G.H. e ROBINSON, K. - 1946 - Randomness in the
structure of kaolinitic clay mineral. Trans. Faraday
Soc., 428, pp. 198-205.
- BROWN, G. - 1961 - The X-Ray identification and crystal
structures of clay minerals. Miner.Soc. (Clay Minerals
Group), London.
- CAILLERE, S. e HÉNIN, S. - 1963 - Minéralogie des Argiles
Masson et Cie., Éditeurs, Paris.

- CARVALHO, A., e MELFI, A.J., BITTENCOURT, I., QUEIROZ NETO, J. P. e NAKASHIMA, R. - 1967 - Sedimentos Neoceno^zóicos na área de Campinas. Bol. Paran. Geoc., 26, pp. 71-72.
- CHRISTOFOLETTI, A. e QUEIROZ NETO, J.P. - 1966 - Os sedimentos da Serra de Santana. Bol. Paran. Geogr. Bol. 18/20, pp. 231-245.
- CHRISTOFOLETTI, A. - 1968 - O fenômeno morfogenético no município de Campinas. Tese de Doutorado apresentada à Fac. Fil. Ciên. Letras de Rio Claro.
- COLE, W.A. e ZETTERSTRON, J.D. - 1964 - Investigation of lightweight aggregates of north and south Dakota. U. S. Bureau Mines. R.I. 5 065.
- CONLEY, J.E., WILSON, H., KLINEFELTER, T.A. e outros - 1948 - Production of lightweight concrete aggregates from clays, shales, slates, and other materials. U.S. Bureau of Mines, R.I. 4 401, pp. 1-119.
- COUTINHO, J.M.V. - 1972 - Petrologia do Precambriano em São Paulo e arredores. Bol. Inst. Geociências, USP, n. 3, pp. 5-100.
- DAMASCENO, E.C. - 1973 - Pesquisa de algumas matérias-primas para agregados leves. Tese de Livre-Docência apresentada ao Dep. Engenharia de Minas da Escola Politécnica da U.S.P.
- DINIZ, A.C.M. - 1973 - Produção e usos de argila expandida da CINASA. Conf. proferida no Colóquio sobre "Concretos Leves" do IBRACON, São Paulo.
- EHLERS, E.G. - 1968 - The mechanism of lightweight aggregate formation. Am. Ceramic Soc. Bull. v. 37.
- EVERHART, J.O., EHLERS, F.C., JOHNSON, J.E. e RICHARDSON, J. H. - 1958 - A study of lightweight aggregates. Ohio State Univ. Eng. Experiment Station. Bull. 169, Columbus.
- FARJALLAT, J.E.S. - 1970 - Diamictitos neopaleozóicos e sedimentos associados do sul de Mato Grosso. DNPM. Div. Geol. e Mineral., Bol. 250, Rio de Janeiro.

- FASTABEND, H. e RUYTER, J.L.- 1959 - Untersuchungen über die Bläheigenschaften von Marschtonen - Tonindustrie Zeitung, vol. 83, n. 22, pp. 532-535.
- FORMOSO, M.L.L. - 1970 - Argilas expandidas para concreto leve. Assoc.Bras. Cimento Portland, São Paulo.
- FRAKES, L.A., FIGUEIREDO FILHO, P.M. de e FULFARO, V.J. -1967- Fossil eskers and associated features from Paraná basin, Brazil. Jour. Sed.Petrol., *in press*. (*in* ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1967 - Problems in Brazilian Gondwana Geology).
- FREITAS, R.O. - 1951 - Sobre a origem da Bacia de São Paulo. Bol.Paul.Geogr., 9, pp. 60-64.
- FULFARO, J.V. e SUGUIO, K. - 1968 - A Formação Rio Claro (Neocenoico) e seu ambiente de deposição . Rev. DGG, 20, pp. 45-60.
- GRIM, R.E. - 1962 - Applied Clay Mineralogy. McGraw Hill Book Comp. Inc., New York.
- GRIM, R.E. - 1968 - Clay Mineralogy. McGraw Hill Book Comp. Sec. Edition.
- HAMLIN, H.P. e TEMPLIN, G. - 1962 - Evaluating Raw Materials for Rotary - Kiln Production of hightweight aggregate U.S.Bureau of Mines, I.C., 8122, pp. 1-23.
- HASUI, Y., PENALVA, F. e HENNIES, W.F. - 1969 - Geologia do Grupo São Roque. Anais do XXIII Cong.Bras.Geol., pp. 101-134.
- HASUI, Y., HAMA, M. - 1972 - Geocronologia do Grupo São Roque pelo método do K-Argônio. Rev.Bras.Geoc., vol. 2, pp. 18-24.
- HASUI, Y. - 1973 - Tectônica da área das Folhas de São Roque e Pilar do Sul. Tese apresentada ao Concurso de Livre Docente no DGG, Inst.Geociências, USP.

- HEINRICH, E.W. - 1956 - Microscopic petrography. McGray Hill Book Co.
- KLINEFELTER, T.A. e HAMLIN, H.P. - 1947 - Testing of Southern Clays for Light-weight Aggregate. Reprinted for the Forty-Minth Annual Meeting. - "The American Ceramic Society", Atlantic City, N.J.
- KOPPEN, W. - 1948 - Climatologie - com um estudio de los cli mas de la Tierra, Fondo de Cultura Economica. Panuco, 63, México, D.F.
- KRUMBEIN, W.C. - 1934 - Size frequency distribution of sedi- ments. Journal of Sed. Petrol., 4, pp. 65-77.
- KRUMBEIN, W.C. e PETTIJOHN, F.J. - 1938 - Manual of sedimen tary Petrography. New York. Appleton Century Crofts Inc., 549 p.
- KRUMBEIN, W.C. e SLOSS, L.L. - 1956 - Stratigraphy and Sedi mentation. W.H. Freeman and Co. 1a. Ed.
- KRUMBEIN, W.C. e SLOSS, L.L. - 1963 - Stratigraphy and Sedimentation. W.H. Freeman and Co., 2a. Ed.
- KRUSEL, L.E. - 1958 - Gliny zapadnych oblstej Ud S.S.R. kak dlja proiswodstva legkourisnych isdely zapolnitelnej dlja betona-materialy. Sowestsdaniga po isledowaniju glin, pp. 436-442 (in ROSENBERGER, 1969).
- LANDIM, P.M.B. - 1970 - Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão. Tese de Livre-Docência, Fac.Fil. Ciên.Letras de Rio Claro.
- LEINZ, V. e CARVALHO A.M.V. de - 1957 - Contribuição à Geolo gia da Bacia de São Paulo. Bol. 205 - Geologia n. 15, Fac.Fil.Ciên.Letras, USP.
- LEINZ, V. - 1937 - Estudos sobre a glaciação permocarbonífera do sul do Brasil. DNPM, Bol. 21, 47 p., Rio de Janeiro.
- MAACK, R. - 1946 - Geologia e geografia da região de Vila Ve lha, Estado do Paraná e considerações sobre a glacia ção carbonífera no Brasil. Arq. Mus.Paranaense, vol. 5, Curitiba.

- MACKENZIE, R.C. - 1957 - The Differential. Thermal Investigation of clays mineralogical. Soc. (clay minerals group), London.
- MARTIN, H., MAU, H. e BJÖRNBERG, A.J.S. - 1959 - Vale Prê-Glacial a noroeste de Jundiaí, SP. Bol.Soc.Bras.Geol. vol. 8, n. 2, pp. 35-40, São Paulo.
- MAU, H. - 1958 - Contribuição à geologia da região de Ibaití. Bol.Soc.Bras.Geol., v. 7, n. 1, São Paulo.
- MELFI, A.J. e BITTENCOURT, I. - 1962 - Geologia e Pedologia da Bacia glacial no distrito de Sousas, Campinas, SP. Bragantia, vol. 21, n. 46.
- MELFI, A.J., BITTENCOURT, I. e QUEIROZ NETO, J.P. - 1966 - Observações sobre a sedimentação post-cretácea na região de Campinas, SP. Bol. Soc.Bras.Geol., Núcleo Rio de Janeiro, 1, pp. 83-85.
- MORAES REGO, L.F. - 1933 - As formações cenozóicas de São Paulo. Separata do Anuário da Escola Politécnica de São Paulo.
- MULLER, G. - 1967 - Methods in sedimentary petrography (Part I). New York, Hafner Publishing Co., 283 p.
- PAIVA, J.E. e NASCIMENTO, A.C. - 1955 - Contribuição ao estudo de alguns taguás no Estado de São Paulo. Rev. Bras. de Cerâmica, 2, pp. 50-77.
- PELTIER, L.C. - 1950 - The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. Annals Assoc.American Geographers, nº 40, pp. 214-236.
- PENALVA, F. - 1969 - Sedimentos neocenozóicos dos rios Jundiaí, Atibaia e Jaguari. Tese apresentada ao XVIII Congr. Bras.Geol. Poços de Caldas, MG.
- PENALVA, F. - 1971 - Sedimentos neocenozóicos nos vales dos rios Jundiaí, Atibaia e Jaguari (Estado de São Paulo). Bol. Paulista de Geografia, n. 46, pp. 107-138.
- PETRI, S. - 1964 - Grupo Tubarão in Geologia do Estado de São Paulo. Bol. 41, Inst.Geogr.Geol., pp. 56-63, São Paulo.

- PETTIJOHN, F.J. - 1957 - Sedimentary rocks, 2a. Ed., New York, Harper and Brothers.
- PILTS, G. e SCHMIDT, H. - Über die Herstellung leichter Baustoffe aus Ton. Institut für Ziegelforschung Essen, Alemanha. (in DAMASCENO, 1973).
- RILEY, C.M. - 1951 - Relation of Chemical Properties to Bloating of Clays. Journ. of the American Ceramic Society. Vol. 34, n. 4.
- ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1967 - The Tubarão Group in the Brazilian Portion of the Paraná Basin. Reprinted from "Problems in Brazilian Gondwana Geology." International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology Curitiba, Paraná, Brazil.
- ROSENBERGER, H. - 1969 - Chemische und Mineralogische Zusammensetzung sowie Korngrössenaufbau von Blähtonen-Zeitschrift für Angewandte Geologie. Vol. 15, n. 5.
- ROSSO, T. - 1973 - Classificação e características gerais dos concretos leves e aplicações na construção civil. Publ. avulsa - Colóquio "Concretos leves". IBRACON, São Paulo.
- ROSSO, T. - 1973 - Concretos leves. Publ. avulsa. Colóquio "Concretos leves". IBRACON, São Paulo.
- RUDNAI, G. - 1963 - Lightweight Concrets. Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest.
- SHELLMANN, W. e FASTABEND, H. - 1972 - Laboratoriumsuntersuchungen zur Beurteilung. Von Blähtonen. Ziegelindustrie, n. 2.
- SCHMIDT, H. - 1970 - Herstellung und Verwendung von Blähtongranulat in Spiegel der Literatur- Die Ziegelindustrie n. 21/22, pp. 463-471.
- SCHULZ, H. - 1969 - Geologische und verfahrenstechnische Voraussetzungen für die Prognose und Suche von natürlichen Rohstoffen zur Herstellung von Rorensister Zeitschrift für Angewandte Geologie, vol. 15, n. 4.

- SERVIÇO NACIONAL DE PESQUISAS AGRONÔMICAS - 1960 - Comissão de Solos. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Min. da Agricultura, 634 p. Bol. n. 12, Rio de Janeiro.
- SHEPARD, F.P. - 1954 - Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. Petrol., 24, pp. 151-158.
- SOLONINKO, I.S. - 1957 - Problema Issledowanija Syreurych resursow, glin i slantschew mestoroshajnij U. d S.S. R. dlja proizvodstva legkjesnych stroilelnych materialow - Sovestsdanije po issledowaniju i ispolsovaniju glin izd. Lwowakowo Univ. (in ROSENBERGER, 1969).
- SOUZA, J.V. e SOUZA SANTOS, P. - 1964 - Ensaios preliminares de argilas visando a utilização cerâmica. Rev. Cerâmica 10, n. 38, p. 2.
- SOUZA, J.V. - 1966 - Estudo tecnológico de algumas argilas e caulins do Recôncavo do Estado da Bahia. Tese de doutoramento apresentada à Escola Politécnica da USP. Publ. pelo DNPM, GB - Minist. das Minas e Energia.
- SOUZA, J.V. e LOURENÇO, O.B. - 1971 - Notas preliminares sobre o emprego de argilas e folhelhos do Recôncavo do Estado da Bahia para a fabricação de agregados leves. Cerâmica, 17 (66), pp. 174-186.
- SOUZA, J.V. e LOURENÇO, O.B. - 1973 - Notas preliminares sobre o emprego de argilas e folhelhos do Recôncavo da Bahia para a fabricação de agregados leves. Publ. avulsa - Colóquio "Concretos Leves", IBRACON, São Paulo.
- SOUZA SANTOS, P. - 1962a- Tecnologia de argilas (apostila do Curso de Pós-Graduação). Inst. de Tecnologia de São Paulo e Escola Politécnica de Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba.
- SOUZA SANTOS, P. - 1966b - Argilas para fabricação de agregados leves. Cerâmica 12 (47/48), p. 281.
- SOUZA SANTOS, P. e SOUZA SANTOS, H.L. - 1966 - Desenvolvimento de argilas brasileiras para diversos usos tecnológicos. Cerâmica 11 (46), p. 50.

- SOUZA SANTOS, P. - 1973 - Argilas para a fabricação de agregados leves. Publ.avulsa. Colóquio "Concretos Leves", IBRACON, São Paulo.
- SOUZA SANTOS, P. e MITIDIERI, A. - 1973 - Desenvolvimento de uma fábrica de agregado leve em São Paulo. Cerâmica, 19 (73), pp. 29-45.
- STANZAK, W. - 1956 - Porensinter - ein Zuschlagstoff für Leichtbeton, Bauzeitung, pp. 501-504 (in ROSENBERGER, 1969).
- SUGUIO, K. - 1973 - Introdução à Sedimentologia. Editora Edgard Blücher Ltda. Editora da USP.
- TEZUKA, Y. - 1973 - Concreto leve à base de argila expandida. Dissertação de Mestrado. EPUSP. São Paulo.
- THORNTHWAITE, C.W. e MATHER, J.R. - 1955 - The water balance, Centerton, New Jersey, Drexel Inst. of Technology 104 p. (Publications in Climatology, v. 8, n. 1).
- TWENHOFEL, W.H. e TYLER, S.A. - 1941 - Methods of study of sediments. McGraw-Hill Book Company Inc., New York and London.
- VALADARES, J., HEPSCH, I.F. e KUPPER, A. - 1971 - Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Jundiaí, SP. Separata Bragantia, v. 30, n. 25, pp. 337-386.
- VASCONCELLOS, A.C. - 1973 - Cálculo estrutural de concretos leves de argila expandida. Publ.avulsa. Colóquio "Concretos Leves", IBRACON, São Paulo.
- WARSHAW, C.M. e ROY, R. - 1961 - Classification and a scheme for the identification of layer silicates. Geol.Soc. Am. Bull., v. 72, pp. 1455-1492.
- WERNICK, E. - 1967 - A geologia da região de Amparo, leste do Estado de São Paulo. Tese de doutoramento apresentada à Fac.Fil.Ciën.Letras de Rio Claro.
- WERNICK, E. - 1972a - A geologia do Maciço Granítico de Morungaba, leste do Estado de São Paulo. Geol. n. 16, Escola de Eng. São Carlos, USP.

- WERNICK, E. - 1972b - Granitos pórfitos dos arredores de Serra Negra, Valinhos e Amparo e suas relações com o maciço de Morungaba, leste do Estado de São Paulo. Rev. Bras.Geociências, v. 2, n. 2, pp. 129-138.
- WILLIAMS, H., TURNER, F.J. e GILBERT, C.M. - 1954 - Petrography. W.H. Freeman and Co.
- WILSON, H.S. - 1954 - The British Clayworker. V. 63, n. 750, pp. 218-219 (*in* DAMASCENO, 1973).
- WILSON, L. - 1968 - "slopes" *in* Encyclopaedia of Geomorphology (FAIRBRIDGE, R.W. org.) Reinhold Book Corporation, New York, USA, pp. 1002-1020.
- WINKLER, H.G.F. - 1967 - Petrogenesis of metamorphic rocks. 2a. Ed., rev., Springer-Verlag.
- ZINGG, T.H. - 1935 - Beitrag zur Schotteranalyse Schweiz. Mineralog.Petrog.Mitt., Bd., 15, pp. 39-140 (*in* SUGUIO, 1973).