

MATÉRIA-PRIMA DA FORMAÇÃO CORUMBATAÍ NA REGIÃO DO PÓLO CERÂMICO DE SANTA GERTRUDES (SP) COM CARACTERÍSTICAS NATURAIS PARA FABRICAÇÃO DE ARGILA EXPANDIDA

M. M. T. MORENO ⁽¹⁾, A. ZANARDO ⁽¹⁾; R. R. ROCHA ⁽¹⁾; C. D. ROVERI ⁽¹⁾

Avenida 24-A, 1515 – 13506-900 – Rio Claro – SP – Caixa Postal 178

Fone: (19) 3526-2827– mmoreno@rc.unesp.br

Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

Departamento de Petrologia e Metalogenia

RESUMO

Estudou-se um material da base da Formação Corumbataí, proveniente de uma mineração de argila, que apresenta restrições de uso em cerâmica devido à sua dureza e, principalmente, ao alto conteúdo de matéria orgânica. A caracterização da matéria-prima e do produto foi realizada mediante análise de carbono orgânico, difração de raios X, microscopia ótica e testes de queima. Foram determinadas as condições de queima para obter argila expandida, utilizando forno mufla de queima rápida e forno a rolos, ambos de laboratório, obtendo corpos com densidade variável (que podem chegar a valores menores que 0,5g.cm⁻³) até o limite de expansão. Esta densidade é possível pela formação de poros fechados e uma película externa vítrea, que proporcionam uma resistência mecânica ao material. Verificou-se que o material apresenta características naturais ótimas para a fabricação de argila expandida a partir de fragmentos de rocha, mostrando comportamento piropástico com expansão significativa se submetido a queima rápida.

Palavras-chave: argilito, Formação Corumbataí, argila expandida, agregado, queima

INTRODUÇÃO

A Formação Corumbataí é caracterizada pela presença de cores avermelhadas, amarronzadas e arroxeadas, com porções creme ou esverdeada, excetuando a porção basal onde a cor cinza é comum. Nas regiões próximas ao contato com a Formação Irati (calcários e folhelhos), afloram siltitos illíticos duros e com teor alto de matéria orgânica, quando comparados à parte superior, não sendo adequadas para uso na fabricação de revestimentos pelas indústrias do pólo cerâmico de Santa Gertrudes.

Entretanto, testes de queima mostraram seu potencial para fabricação de argila expandida.

Segundo Santos (1992) a composição da fração fina do material para a fabricação de argila expandida deve ser próxima à da illita para obter uma viscosidade adequada durante a queima, também deverá conter compostos que liberem gases e textura densa e compacta para retardar a liberação dos gases e vapores. Quanto à composição dos minerais acessórios o ferro é importante para liberar oxigênio assim como o teor de alcalinos e alcalino-terrosos que determinam o grau de fusão.

Os principais usos das argilas expandidas são: na construção civil para preparar concreto leve, para fabricação de blocos, pisos, guias, telhas e lajes de concreto, para determinados enchimentos leves, lavanderias industriais (estonagem de jeans), jardinagem, paisagismo e horticultura, além de outros usos de menor porte. O uso de agregado leve no concreto, além de reduzir o peso, faz com que este seja mais flexível, também a quantidade de aço necessária é menor devido ao menor peso, sendo também menores os custos operacionais e de transporte. Além disso, este produto é melhor isolante acústico e aumenta em quatro vezes o seu poder como isolante térmico, tudo isto sem reduzir as propriedades do concreto. Por ter sido submetido a altas temperaturas é estável quimicamente e resistente a altas temperaturas.

Sendo um produto que apresenta muitas vantagens de utilização, no Brasil é pouco usado devido ao alto custo e ao fato de haver um único fabricante, assim esta matéria-prima torna-se importante, uma vez que sua composição natural permite a obtenção de argila expandida da melhor qualidade. Por outra parte, devido ao alto teor de matéria orgânica, não é utilizada na indústria cerâmica, pois o processo usado pela maioria das indústrias da região (monoqueima rápida) não permite a liberação satisfatória dos gases provocando defeitos pontuais e coração negro, significando que atualmente não existe um uso definido para tal matéria-prima.

MATERIAIS E MÉTODOS

§ Coleta de amostras de argilas da base da Formação Corumbataí, bancadas 1 e 2 de uma mina da região;

§ Descrição geológica das rochas;

§ Análise mineralógica por DRX (amostra total, fração argila, silte, tratamento térmico a 500°C, tratamento com etilenoglicol);

§ Análise química dos elementos maiores por Espectrometria de Fluorescência de Raios X e do carbono orgânico quimicamente oxidável (Método Walkley-Black), conforme Jackson (1958);

§ Aquecimento de amostras a 500°C, 550°C e 600°C por 2h para determinar o intervalo de temperatura onde a matéria orgânica é eliminada;

§ Microscopia ótica na argila expandida e na matéria-prima natural utilizando lâminas e líquidos de imersão de densidade conhecida;

§ Britagem em britador de mandíbulas ajustado para obter fragmentos numa faixa cujo tamanho máximo foi de aproximadamente 5 cm na maior dimensão;

§ Secagem dos fragmentos de rocha a 110°C por 1h antes da queima;

§ Testes preliminares de queima em forno estático de laboratório com temperatura programável, variando a temperatura máxima;

§ Teste de imersão em água por 30 minutos para avaliar a absorção de água

§ Medida da densidade aparente dos fragmentos expandidos visando estabelecer os limites para obtenção da máxima expansão e avaliação da temperatura a ser utilizada no forno contínuo a rolos;

§ Queima no forno contínuo a rolos, realizada sem separação por tamanho, exceto a fração mais fina (<3 mm). A temperatura máxima na zona de aquecimento direto (1,3m) foi 1130°C, percorrida a uma velocidade de 20 cm/min. Para acomodar os fragmentos foram usadas placas refratárias de 30x30cm introduzidas em seqüência e sem espaço entre elas, colocando 800g sobre cada uma.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A porção basal da Formação Corumbataí, com aproximadamente 8 m de espessura, não é utilizada como matéria-prima cerâmica por ser muito dura e conter carbono orgânico em excesso, provocando coração negro e defeitos pontuais nucleados por fragmentos maiores que não sofreram decomposição completa. Atualmente seu uso é para cascalhar estradas e preenchimento da cava, uma vez que tem que ser removido para a exploração do calcário dolomítico ao qual está sobreposto. Este tipo de material é observado em outras minas que tem como contato inferior a Formação Irati, da qual se extrai calcário para fins agrícolas, apresentando variações decorrentes do grau de alteração da rocha. Na mina Cruzeiro, onde foi coletado o material estudado, o pacote de rochas argilosas da base da Formação é dividido em duas bancadas denominadas 1 (inferior) e 2 (superior).

A Bancada 1 é mais porosa (Figura 1) e, conseqüentemente, sujeita a maior percolação de fluídos. Apresenta cor cinza esverdeado e bandamento pouco evidente e é formada por estratos de siltitos mais granulares e porosos, com pontos ou manchas escuras ricas em matéria orgânica que desaparecem entre 550 e 600°C, conforme testes de queima realizados, o material é intercalado por lentes e leitos de textura mais fina e homogênea, semelhante à dos estratos do topo da porção basal (Figura 2).

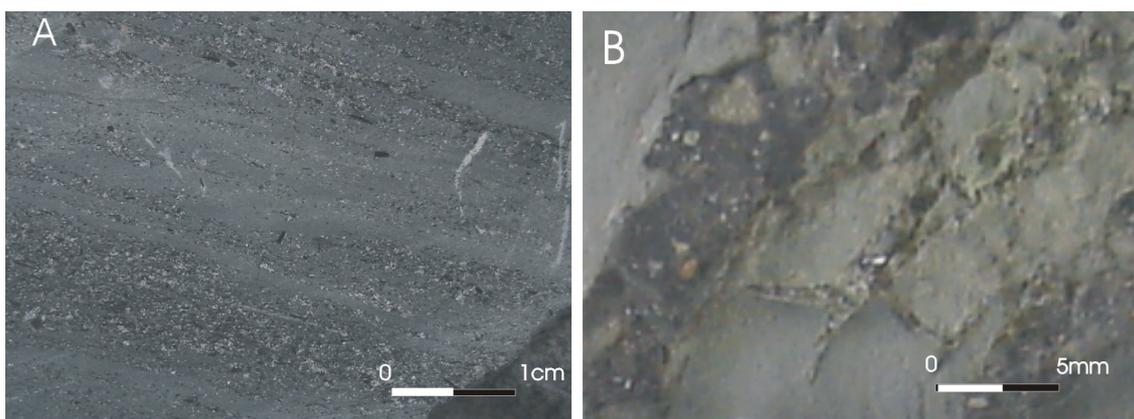


Figura 1: Rochas da bancada 1 mostrando: (a) Porosidade e alteração com formação de clorita e (b) Veios preenchidos com calcita e quartzo e manchas escuras com maior conteúdo de matéria orgânica.

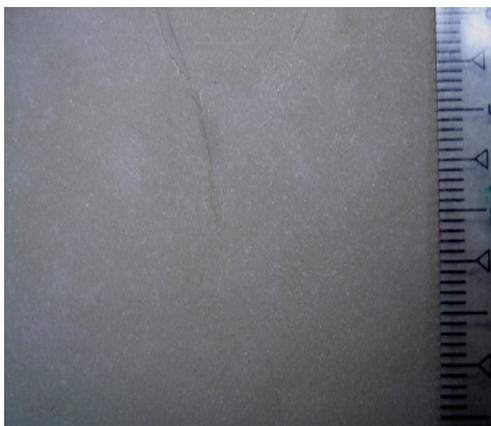


Figura 2: Amostra da bancada 2 mostrando a textura fina da rocha.

A caracterização mineralógica por difração de raios X mostrou como componentes principais: illita, clorita, estratificados irregulares, quartzo e feldspatos (Figura 3). Nas partes mais alteradas e fraturas da bancada 1 foram identificados também: calcita, hematita, clorita expansiva, apatita e anatásio amostrando, por raspagem, pontos localizados ou fraturas. Na figura 3A observa-se que a proporção de argilominerais cristalinos entre as duas bancadas não é muito diferente, porém o quartzo e feldspato apresentam maior altura de pico na amostra da bancada 1. A maior alteração nesta amostra é notória quando se compara a cristalinidade na fração menor que $2\ \mu\text{m}$ das duas amostras (Figura 3A, 3B e 3C), onde a percolação de fluídos foi mais intensa devido à textura grossa.

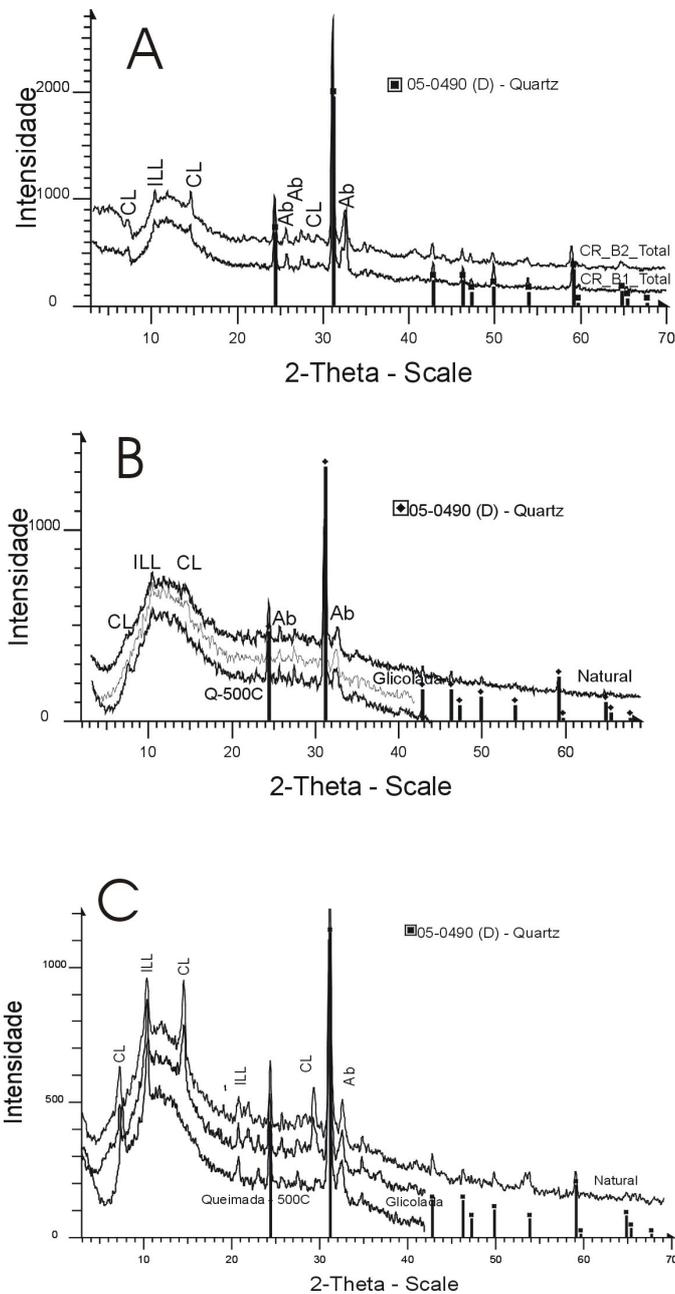


Figura 3: Gráficos de difração de raios X das amostras: A) total das duas bancadas, B) fração menor que 2:m da bancada 1 e C) fração menor que 2:m da bancada 2. Radiação $CoK\alpha$ e velocidade de $3^\circ(2\theta)/\text{minuto}$, onde CL=clorita; ILL=illita, Ab=albita(representando os feldspatos).

A microscopia ótica, onde foram utilizadas seções delgadas obtidas de amostras representativas de estratos e veios, permitiu obter dados texturais e mineralógicos, estes complementando a difração de raios X. Para a visualização e determinação do material encontrado em algumas fraturas foi realizada imersão de fragmentos micrométricos em líquidos com densidade conhecida, desta forma identificou-se biotita,

muscovita e clorita detrítica (1 a 3%), além de illita como fase predominante entre os filossilicatos diagenéticos. Opticamente é possível observar que a maior parte dos feldspatos, trata-se de albita neoformada, e que existem feldspatos detríticos (microclínio e plagioclásios), em quantidade menor que de quartzo detrítico (Figura 4A). Que os fragmentos de origem orgânica são freqüentes, bem maiores que os grãos detríticos terrígenos, e constituídos predominantemente por fosfato de cálcio e quitina (Figura 2B), excetuando um tipo de micro fósil, que possui a forma de bastonete e mostra ser constituído por sílica microcristalina (calcedônia). Esse micro fósil chega a ser o principal componente de um estrato, de aspecto arenoso, presente na bancada 1 (Figura 4B).

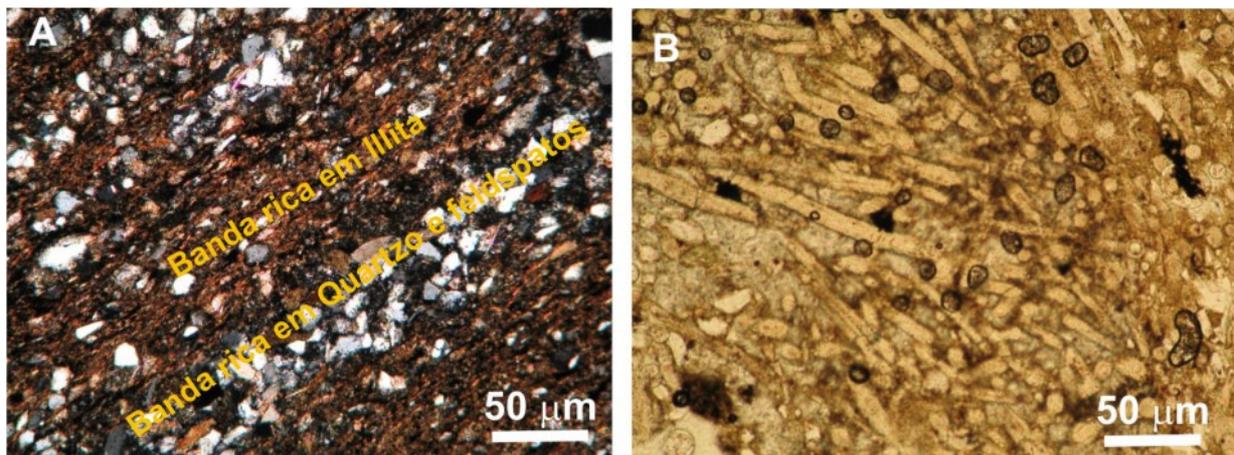


Figura 4: Fotomicrografias dos materiais estudados. A) aspectos gerais do material ao microscópio óptico, com nicóis cruzados. Observa-se a predominância de illita e faixas ricas em quartzo e feldspatos detríticos. B) Microfósseis tubulares encontrados na amostra e em toda a extensão da Formação Corumbataí.

O teor de carbono orgânico em amostras das duas bancadas variou de 0,50 a 0,56%, maior que nos extratos usados na indústria cerâmica (menor que 0,20%). A determinação do carbono orgânico de uma amostra obtida raspando as manchas escuras contidas nas amostras da bancada 1 resultou em 1,41% confirmando sua maior concentração e heterogeneidade, devido à maior porosidade da amostra.

A bancada 2, por seu teor de illita e clorita, conteúdo de matéria orgânica e textura fina e homogênea, reúne os requisitos necessários para expandir em altas temperaturas, entretanto, testes foram realizados com amostras de ambas bancadas, constatando-se que o material poroso dominante na bancada 1 não retém os gases, conforme era previsto.

Desta forma os testes de expansão foram realizados com o material homogêneo de textura fina da bancada 2, sendo que após a britagem apresentou 7% de resíduo de fragmentos menores que 3 mm. A Secagem prévia é importante para evitar que o vapor de água dentro dos fragmentos vaporize violentamente explodindo dentro do forno.

Corpos de prova de 7x2x1cm preparados por prensagem com material moído da bancada 2 mostraram considerável expansão, indicando que outros processos de

fabricação de argila expandida podem ser aplicados ao mesmo material, sem necessidade de aditivos, permitindo também a utilização do resíduo da britagem.

Foram realizados testes preliminares de queima (Figura 5) usando aproximadamente 100g de fragmentos em forno de queima rápida de laboratório (estático) e temperaturas que variaram de 1020 a 1100°C, programado para um minuto de permanência na temperatura máxima, resultando em variação da densidade aparente até um valor mínimo de $0,5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. A temperaturas maiores que 1100°C o grau de fusão parcial começa a ser excessiva aparecendo nas peças maiores (de menor densidade), uma leve deformação da superfície arredondada, configurando o limite de temperatura para as condições de queima dos fragmentos de 5 cm na dimensão máxima.

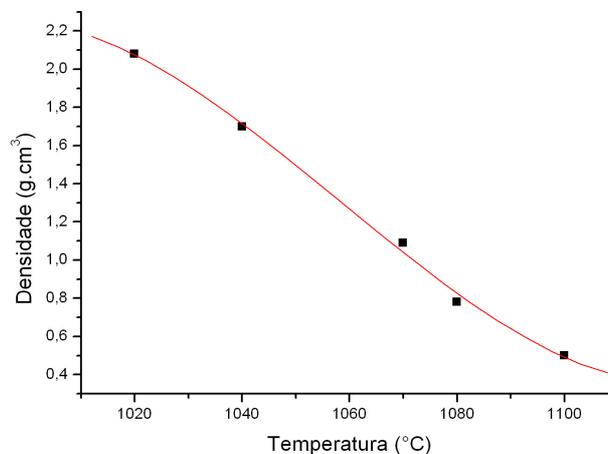


Fig. 5: Variação da densidade dos fragmentos após queima, na etapa de testes, realizada em forno estático de queima rápida para laboratório.

A partir dos resultados obtidos foi feita uma equivalência da temperatura entre os fornos estático e contínuo, de maneira a obter peças com a máxima expansão.

O material britado e seco foi queimado a 1130°C no forno contínuo, sendo mostrada na figura 5, a argila expandida obtida. Observam-se corpos arredondados de diferentes tamanhos com densidade média de $0,5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ uma vez que não foi feita separação por tamanho. É importante ressaltar que as partículas expandidas permaneceram “soltas”, apesar de terem sido colocadas superpostas, isto é devido ao grau de fusão nessa temperatura e à alta viscosidade do fundido. Testes de absorção de água realizados mantendo os corpos imersos por meia hora resultaram em valores de aproximadamente 2%, mostrando que os poros são fechados e que o valor obtido corresponde basicamente à retenção de água na superfície, considerando que não é lisa (Figura 6).

O aumento de volume aproximado é mostrado na figura 7, onde a proveta (A) contém 300g de fragmentos de argila no seu estado natural e em cada uma das outras (B-C-D-E) colocou-se a mesma massa de fragmentos expandidos, separados por tamanho. A figura também mostra a redução da densidade com o aumento do tamanho

das peças de argila expandida, uma vez que os tamanhos são variados. Para tamanhos de fragmentos selecionados pode haver variação nas condições de queima.

O material expandido apresenta estrutura escoriácea, formada por vazios (poros), normalmente, esféricos a semi-esféricos de diferentes dimensões (micrométricos a milimétricos, podendo alcançar mais de 1 cm), delimitados por material vítreo contendo grãos residuais (não fundidos) de quartzo e em menor quantidade de feldspatos e micas detríticas. Não existe comunicação entre os poros (são fechados), fato comprovado pela imersão em água. Observação microscópica mostra que os filossilicatos diagenéticos (illita e clorita) foram quase que totalmente destruídos juntamente com parte dos cristais de feldspatos e quartzo, resultando em fundido de grande viscosidade.

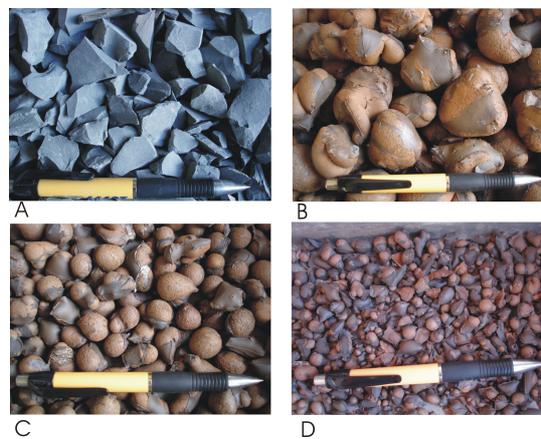


Fig.6: Fragmentos de rocha de diferentes tamanhos (A), queimados simultaneamente em forno a rolos à temperatura máxima de 1030°C (B, C, D).

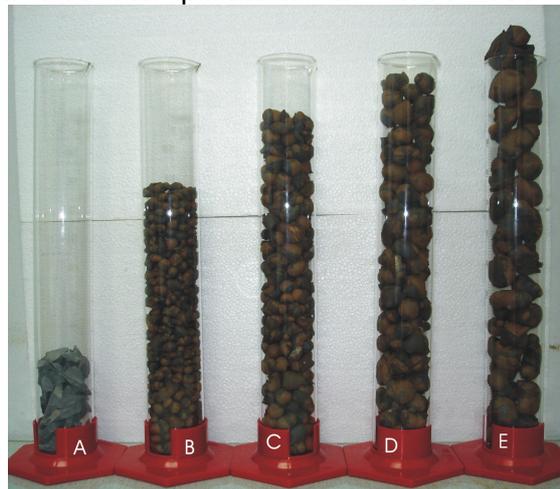


Fig. 7: Variação de volume das peças (300g) antes (A) e depois da queima (B, C, D, E) em forno a rolos para laboratório, a 1130°C e separados por tamanho.

CONCLUSÕES

A matéria-prima da bancada 2 possui características naturais ótimas para fabricação de argila expandida para usos diversos, podendo inclusive ser aproveitado o material fino resultante da britagem, depois de moído, para produzir bolinhas expandidas de tamanhos pré-determinados. Resultaria mais barata que a disponível atualmente no mercado devido à preparação da matéria-prima ser simples, visto que possui naturalmente os requisitos necessários;

Este material é abundante e atualmente não tem uma utilidade definida, uma vez que a indústria cerâmica exclui este nível por seu teor excessivo de carbono orgânico;

Permite a obtenção de um produto com densidade aproximada de $0,5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ou menor semelhante ao preparado através de pelletização/extrusão cujo processo eleva os custos de produção;

Esta baixa densidade proporciona um rendimento maior que 300% causando menos desgaste nos meios de transporte quando comparado à brita;

A densidade das partículas pode ser controlada variando a temperatura máxima, tempo de permanência na mesma, tamanho e quantidade de fragmentos da rocha;

Pode ser fabricado tanto em fornos rotativos como em fornos contínuos movidos a rolos, sendo que para aplicação deste último processo, podem ser usados fornos que ficaram obsoletos após a aquisição de equipamentos de última geração pelas indústrias cerâmicas de revestimentos, necessitando de adaptações e estudos sobre a viabilidade econômica;

Conforme mostra a figura 5, uma mesma temperatura permite expansão de fragmentos de tamanho variado, permitindo a seleção do tamanho dos fragmentos tanto antes quanto depois da queima.

Com o produto desta matéria-prima pode ser obtido agregado leve de excelente qualidade envolvendo custos menores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP e ao CNPQ pelos projetos de pesquisa concedidos.

BIBLIOGRAFIA

JACKSON, M.L., Soil Chemical Analysis, Prentice Hall, New Delhi, 1967, 498p (pag. 219)

MORENO, M.M.T., ZANARDO, A., RUEDA, J.R.J., Caracterização Mineralógica de Rochas Sedimentares da Base da Formação Corumbataí na Mina Cruzeiro - Limeira (SP) In: XLIII Congresso Brasileiro de Geologia, Aracaju (SE),v.1, p.229, 2006

SOUZA SANTOS, P., Ciência e Tecnologia de Argilas, Ed. Edgard Blücher Ltda. 1992 v. 1 e 2

SEDIMENTARY ROCKS FROM CORUMBATAÍ FORMATION (PARANÁ BASIN – BRAZIL) WITH NATURAL CHARACTERISTICS TO PRODUCE EXPANDED CLAY LIGHTWEIGHT AGGREGATE.

ABSTRACT

This paper refers to the study of the bases material of the Corumbataí Formation (Parana Basin) from a clay mine, which presents limits for its use in ceramic tiles in dry grinding process due to its hardness and, especially, the high content of organic matter in relation to the clay overlaid. The characterization of the raw material and the product was accomplished by organic carbon analysis, X-ray diffraction, optical microscopy and test-firing. Firing conditions were determined to get expanded clay, using fast firing static kiln and a continuous roller kiln, both from laboratory equipment, getting samples with variable density up to the limit of expansion, with density that can reach values lower than 0,5g.cm⁻³ because of the formation of closed pores and an external vitreous foil which provide a high mechanical resistance to the particles.

Keywords: claystone, Corumbataí Formation, expanded clay, aggregate, firing