

Caracterização das Argilas da Mina Sartori (Rio Claro - SP) para Otimização do seu Uso na Indústria de Revestimentos

**L.A. Gaspar Júnior, M.H.O. Souza, M.M.T. Moreno
e J.V. Valarelli**

DPM-IGCE/UNESP

Av. 24-A, 1515, Cx.P. 178, 13506-900 Rio Claro - SP

e-mail: mmoreno@rc.unesp.br

Resumo: No Brasil, os minerais industriais produzidos principalmente material argiloso de uso cerâmico, nem sempre tem as aplicações mais adequadas devido à falta de conhecimentos sobre a matéria-prima utilizada. Isto leva a grandes perdas do produto final comprometendo a sua qualidade. Nos tempos atuais devido à competitividade, o consumidor exige, cada vez mais, produtos de qualidade. Isto significa que são necessários estudos mais profundos das matérias-primas utilizadas. O presente trabalho analisou química e mineralogicamente as argilas da mina Sartori (Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes, SP), bem como a caracterização cerâmica e possível utilização de aditivos nestas mesmas argilas, se isto for necessário para a correção de eventuais problemas na massa cerâmica. Após a caracterização química e mineralógica, foram confeccionados corpos de prova, submetidos ao processo cerâmico por via seca em escala de laboratório. Finalmente, foram identificados os níveis argilosos promissores da mina, a fim de se otimizar o produto final e também racionalizar o uso da mina em questão.

Palavras-chaves: *argilas, matéria-prima, controle de qualidade*

Introdução

As argilas são as principais matérias-primas para a confecção de massas para cerâmica vermelha. Como a indústria de cerâmica vermelha caracteriza-se por processar grandes volumes de matérias-primas, a baixo preço no mercado, é necessário que o custo de produção seja competitivo no mercado consumidor. Por isso, as argilas devem ter as características necessárias para atender o mercado ao menor custo possível. As indústrias cerâmicas geralmente estão localizadas junto às minas, que vêm sendo exploradas quase sempre pelos próprios donos das cerâmicas, caracterizando uma integração vertical no setor cerâmico.

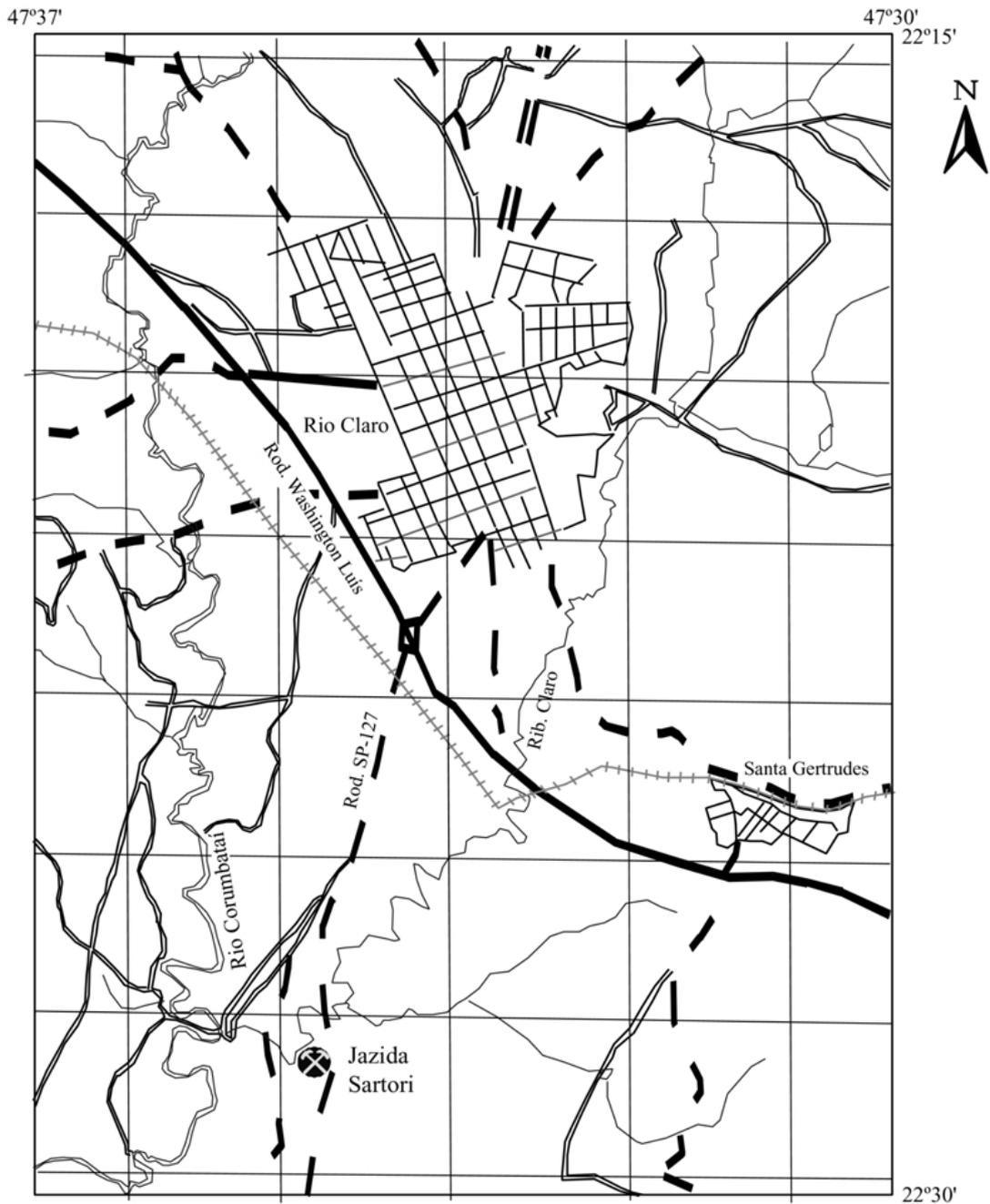
A Produção Anual (estimada) das argilas do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes é da ordem de mais de 2.000.000 t/ano. Com base nas reservas atuais (tabela I), pode-se estimar uma vida útil de 30 anos para estas minas, mantendo-se a atual produção, após o que as empresas cerâmicas deste Pólo precisarão utilizar matérias-primas de novos depósitos (relativamente perto, para não encarecer o custo total) para atender a demanda do mercado cerâmico.

A Mina Sartori, localizada no distrito de Assistência, pertencente ao município de Rio Claro (SP) (figura 1), é explorada a céu aberto, em tiras, com uso de retroescavadeiras. Sua produção mensal é de cerca de 18.000 t/mês, e

Tabela I. Reservas de Argila no Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes.

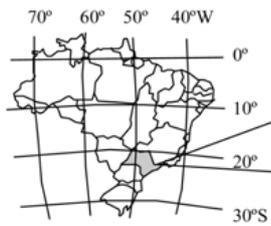
Município	Quantidade (t)		
	Medida	Indicada	Inferida
Cordeirópolis	35.465.204	12.248.625	11.345.866
Iracemápolis	344.360	—	—
Leme	1.992.517	—	—
Limeira	5.102.511	3.861.691	583.700
Pirassununga	786.000	889.000	645.000
Rio Claro	6.125.327	3.572.564	670.632
Santa Gertrudes	5.016.959	1.474.990	46.678
Total	54.832.878	22.046.870	13.291.876

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro DNPM, 1997.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia
Folha Topográfica de Rio Claro (1969)

0 1000 2000 3000m
Escala 1:50.000



SF-23-M-1.1	SF-23-M-1.1.1	SF-23-M-1.2
Itirapina	Rio Claro	Araras
S. Pedro	Piracicaba	Limeira

Área de estudo

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

perfaz 20% da massa cerâmica da UNICER. A mineração no Pólo de Santa Gertrudes é considerada como seletiva, pois nas minas, do pacote argiloso (frentes de exploração de 10 a 25 m em geral) são aproveitados apenas os níveis mais basais, com aproximadamente de 5 a 10 m de espessura, na confecção de massas cerâmicas.

O presente trabalho caracterizou química, mineralógica e tecnologicamente os diferentes níveis argilosos da Mina Sartori, pertencentes à Formação Corumbataí, para determinação da viabilidade no mercado de revestimentos cerâmicos.

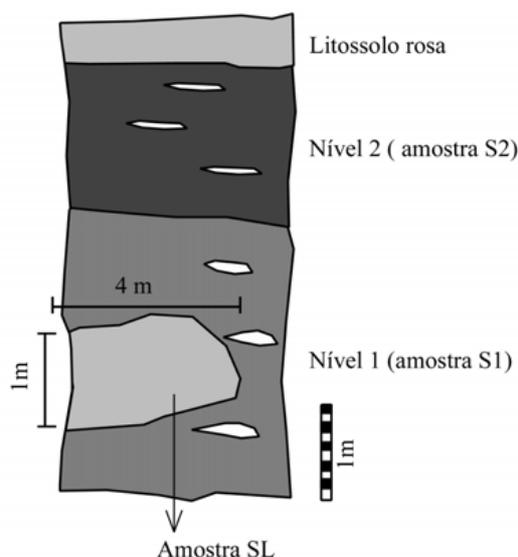
Metodologia

A metodologia empregada foi baseada na bibliografia^{1,2,3} e consistiu de três diferentes modalidades: Coleta de Amostras, Análise Mineralógica (composta pela Difração de Raios-X e nas Análises Termo Diferencial e Termo Gravimétrica), Análise Química (composta por Fluorescência por Raios-X, Capacidade de Troca Catiônica e Análise de Carbono Orgânico) e Análise Tecnológica Cerâmica (composta por ensaios de Distribuição Granulométrica de Partículas, Módulo de Ruptura à Flexão, Absorção de Água, Porosidade Aparente, Retração Linear de Queima, Cor de Queima e Dilatação Térmica Linear, entre outros).

A coleta de amostras foi efetuada na Mina Sartori, que é composta por uma frente de exploração de 7 m de altura. Dividiu-se a mina em três diferentes níveis argilosos (figura 2): o nível basal (S1), com aproximadamente 4m de espessura e consistindo de um siltito arroxeadado, de granulação fina, aspecto maciço e pouco alterado; o nível superior (S2), com aproximadamente 3 m de espessura e consistindo de um siltito variando do cinza ao amarelo, de granulação muito fina, aspecto empastilhado e fraturado e muito alterado; e a lente argilosa (SL), contida no nível S1, com aproximadamente 1,5 m de espessura e 5 m de largura, consistindo de um siltito ocre de granulação muito fina e aspecto maciço. A coleta foi realizada na forma de calha, para garantir maior representatividade nos ensaios.

A Difração de Raios-X foi realizada sob duas condições: Amostra Total (para identificação de todos os minerais presentes na amostra) e Fração Argila (para identificação especial dos argilominerais; as amostras foram analisadas de maneira natural, glicolada, para identificação de minerais expansivos, e aquecida, para identificação da caulinita e minerais expansivos)⁴. O equipamento utilizado foi o Difrátometro Siemens D5000 e os resultados foram processados pelo *software* EVA 2.0 for Windows.

As análises Térmicas Diferencial e Gravimétrica visam determinar os fenômenos ocorridos por aquecimento uniforme que envolvem liberação ou absorção de energia nas amostras. Tais análises são importantes para verificar o comportamento térmico das argilas e confirmar a presença dos argilominerais dominantes identificados na Difração de



Nível 1: Siltito cinza, laminado de granulometria fina, com alternância de alguns níveis esbranquiçados resultantes da alteração de feldspatos, apresenta-se extremamente fraturado. Nesse nível está inserida uma lente de um siltito amarelado, maciço, de granulometria fina, bem fraturado, mais arenoso que o níveis 1 e 2.

Nível 2: Siltito bem fino, mais plástico, cor variando do amarelo ao róseo, mais argiloso, empastilhado, com laminação incipiente (menos laminado que o nível 1), com uma capa de ferro avermelhada (Fe_2O_3), apresenta níveis esbranquiçados, devido à alteração de feldspatos, apresenta-se cortado por pequenas fraturas.

Figura 2. Perfil esquemático da mina Sartori.

Raios-X e os amorfos (que não aparecem na DRX). As análises foram feitas no Analisador Térmico Diferencial e Gravimétrico Shimadzu (DTA-50 e TGA-50) e os resultados foram processados pelo *software* TasyS-50 for Windows.

A análise de Fluorescência por Raios-X tem por função determinar os elementos maiores das amostras, assim como o teor de voláteis através da perda ao fogo. As amostras são prensadas em pastilhas e analisadas pelo Espectrofotômetro PHILIPS. A Capacidade de Troca Catiônica (método do Acetato de Amônio) é considerada como um complemento para a FRX, sendo utilizada para verificar a tendência de expansividade dos argilominerais (os cátions trocáveis Na^+ , o K^+ , o Ca^{2+} e o Mg^{2+} foram analisados pelo Espectrofotômetro de Absorção Atômica GBC-906), ao passo que a Análise de Carbono Orgânico visa quantificar o teor de matéria orgânica da amostra argilosa, como uma futura prevenção de defeitos cerâmicos do produto final. O método utilizado para o Carbono Orgânico foi o de Walkley-Black e utilizou-se dicromato de potássio em meio fortemente ácido e difenilamina como indicador.

A Análise Tecnológica Cerâmica foi o último passo da metodologia, e certamente o mais importante de todos. As

amostras foram inicialmente britadas, moídas e prensadas no formato de corpos de prova com dimensões de 7 x 2 cm, em escala de laboratório, com controle da Densidade Aparente a cru.

Ainda com o corpo de prova a cru (ou seja, recém-saído da prensa) analisou-se o módulo de ruptura à flexão, além da distribuição granulométrica de prensagem, que é importante para verificar se há uma uniformidade na granulometria, que é necessária para haver uma boa compactação da peça cerâmica. Utilizou-se as peneiras ABNT 35, 60, 120 e 230, além do prato.

Após a determinação destes parâmetros, as peças foram submetidas a um aquecimento de 110 °C durante 24 h em estufa, para fins de secagem. Com a peça seca, determinou-se novamente o módulo de ruptura à flexão, além da retração linear de secagem.

O próximo passo consistiu na queima dos corpos de prova em forno de laboratório, a três diferentes temperaturas: 1020 °C, 1070 °C e 1120 °C, sendo esta última a que mais se aproxima das temperaturas utilizadas pelos fornos das indústrias do pólo. Com a queima efetuada, determinou-se os ensaios descritos a seguir:

- Módulo de Ruptura à Flexão: para determinar a resistência mecânica da peça. Utilizou-se o Flexômetro BP;
- Porosidade Aparente e Absorção de Água: para determinar o volume de poros e a quantidade de água absorvida pela peça, a fim de verificar se a prensagem da peça foi adequada. As duas análises são obtidas conjuntamente;
- Retração Linear de Queima: para medir por meio de paquímetro a retração da peça acarretada pela queima;

- Cor de Queima: Análise empírica relacionada com o teor de álcalis e de ferro;
- Dilatação Térmica Linear: para determinar a dilatação da peça em função do calor e do acoplamento esmalte-peça cerâmica.

Resultados

Em relação à Difração de Raios-X, a mineralogia é semelhante para três amostras, consistindo basicamente de quartzo, hematita, magnetita, feldspatos (microclínio ou anortoclásio) e traços de calcita e brucita, além dos argilominerais illita (predominante em S2), caulinita (predominante em S1) e esmectita (subordinada em S1 e S2, mas predominante em SL juntamente com a illita) (figura 3).

Em relação às Análises Térmicas, os termogramas são semelhantes e apontam predominância de caulinita e illita, destacando-se uma possível desidroxilação de hidróxidos de ferro em S1 (pico endotérmico suave a 347 °C).

Em relação à FRX, nota-se que os níveis são muito homogêneos quimicamente, apresentando teores quase idênticos de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O e K₂O, além do teor de voláteis (figura 4).

Em relação à CTC, a diversidade de valores é maior, especialmente na amostra SL, que possui altos valores de Mg²⁺ (devido à maior presença de brucita e esmectita), e em menor escala S2 (pelo mesmo motivo de SL) (figura 5).

Em relação à análise do carbono orgânico, os valores apresentados para as três amostras é idêntico (0,01%), sendo um valor muito baixo, e dificilmente ocorrerão defeitos cerâmicos devido a este fator (geralmente valores acima de 0,56% tendem a apresentar problemas) (Masson, 1998⁵).

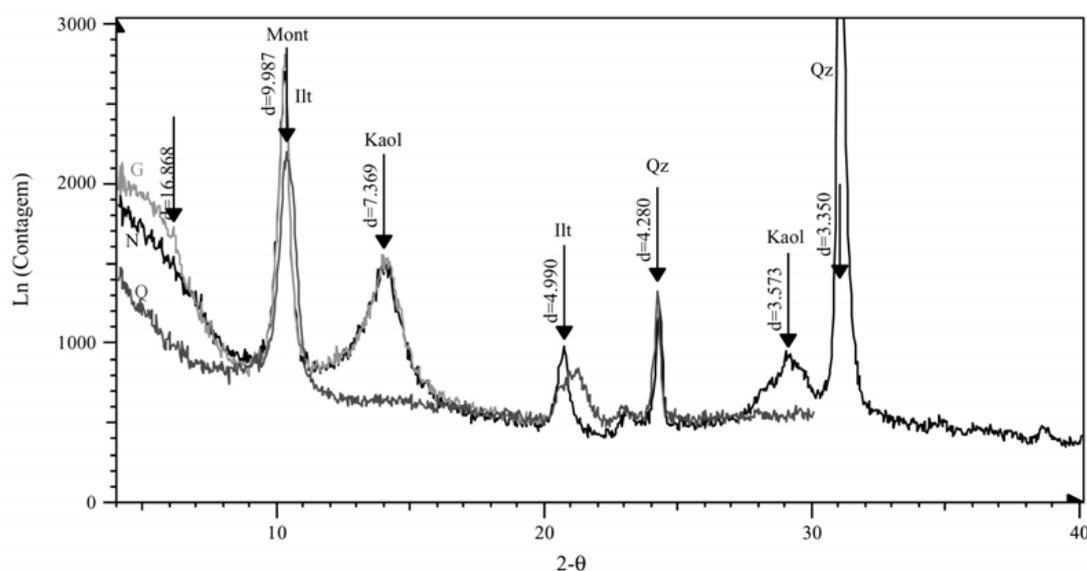


Figura 3. Difratograma de fração argila da amostra S1.

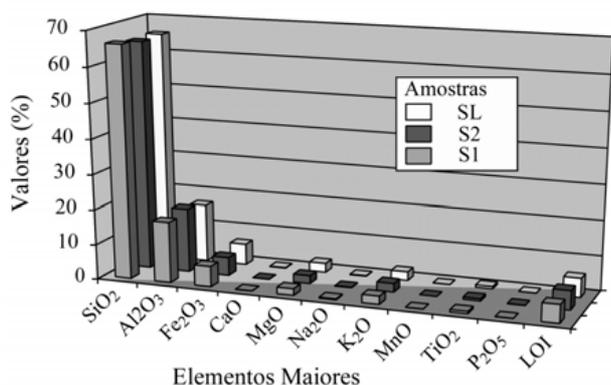


Figura 4. Análise química dos elementos maiores das amostras coletadas.

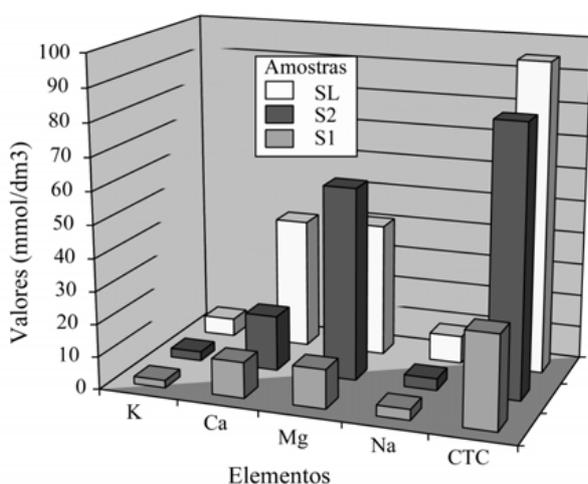


Figura 5. Valores de CTC das amostras coletadas.

Em relação às análises tecnológicas cerâmicas, verificou-se que os parâmetros das amostras são muito próximos (devido à grande homogeneidade mineralógica e química das mesmas), sendo que a amostra S2 se sobressai ligeiramente, especialmente quanto ao módulo de ruptura à flexão e à porosidade aparente (figura 6). O único parâmetro que varia consideravelmente é a Dilatação Térmica Linear, que é maior em S1, intermediário em S2 e menor em SL. Vale lembrar que, para as argilas do Pólo de Santa Gertrudes, os valores considerados ideais de Dilatação Térmica Linear devem estar na faixa de 70 a 80 x 10⁻⁷/°C; através da figura 7, nota-se que, sob este ponto de vista, apenas a amostra S1 se encaixa neste intervalo (a amostra S2 quase atinge o valor mínimo recomendado, enquanto que a amostra SL está consideravelmente abaixo do valor mínimo). O problema de argilas com valores de dilatação abaixo de 70 x 10⁻⁷/°C está relacionado com o tipo de esmalte empregado pelas indústrias do pólo (cujo valor de dilatação é próximo do valor acima), o que acarreta problemas de acoplamento peça-esmalte. Uma solução alternativa seria a

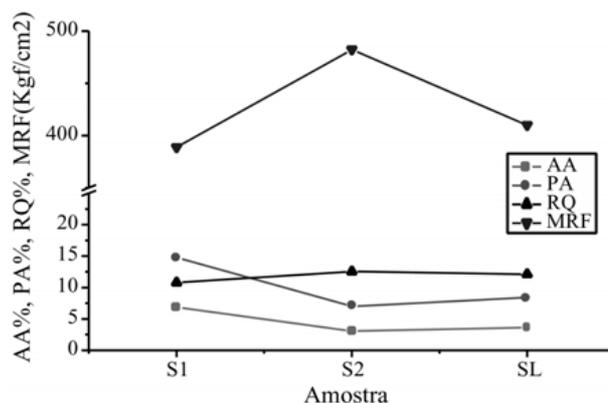


Figura 6. Gráfico das propriedades físicas das amostras coletadas.

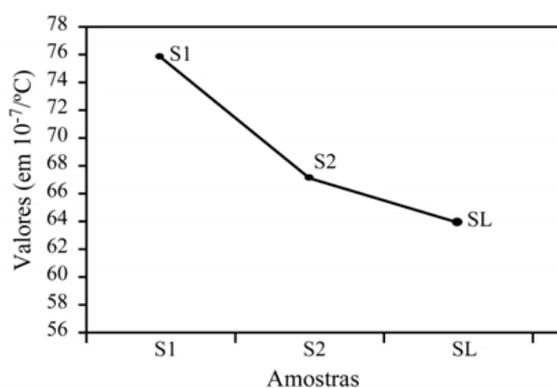


Figura 7. Valores de dilatação térmica linear das amostras coletadas.

introdução de aditivos que aumentem o valor de dilatação (por exemplo, quartzo).

Conclusões

Pode-se concluir que:

- Os três níveis estudados são muito semelhantes, tanto mineralógica quanto quimicamente, o que conseqüentemente reflete-se nos valores semelhantes de parâmetros físicos; sobressai-se ligeiramente a amostra S2 em relação aos valores de módulo de ruptura à flexão, porosidade aparente e absorção de água. As argilas da Mina Sartori, são consideradas adequadas para utilização cerâmica; são plásticas, apresentam baixo teor de óxidos de ferro e presença elevada de feldspatos, o que torna a cor de queima mais clara e, conseqüentemente, valoriza o produto final;
- O único problema apontado são os valores baixos de dilatação térmica linear para as amostras S2 e SL; uma possível solução seria a adição de quartzo para aumentar estes valores ou mistura com uma argila arenosa ou mesmo arenito;
- Pelos dados disponíveis, as atuais reservas de argilas do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes têm uma vida útil máxima de 30 anos, se mantidos os atuais níveis de

consumo. É necessário formular novos padrões de produção de argilas, devendo-se levar em conta a possibilidade de realizar misturas de níveis atualmente considerados problemáticos ou mesmo a adição de minerais não argilosos na massa cerâmica, a fim de preservar ao máximo as reservas de argila.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro oferecido.

Referências Bibliográficas

1. P.S. Santos, Ciência e Tecnologia de Argilas, 2^a Edição, v.1, Editora Büchler, São Paulo, Brasil, (1989), 499p.
2. Universidade Louis Pasteur, Technique de Préparation des minéraux argileux en vue de l'analyse par diffraction des rayons-X, CNRS, Strasbourg, France, (1978), 34p.
3. L.A. Gaspar Jr., Estudo Mineralógico, Químico e Textural das Rochas Sedimentares da Formação Corumbataí (Mina Peruchi) e suas implicações como matéria-prima para cerâmica vermelha. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP, *campus* de Rio Claro, 156p.
4. L.A. Gaspar Jr., M.H.O. Souza, S.R. Christofolletti, M.M.T. Moreno, Anais do 41º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Paulo (SP), Junho de 1997, vol. 2, pp. 696-699.
5. M.R. Masson, Rochas da Formação Corumbataí como matéria-prima para indústria cerâmica de revestimentos: sua influência na qualidade dos produtos. Dissertação de Mestrado, IGCE/UNESP, *campus* de Rio Claro, 143p.