

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA DE UMA ARGILA COM A INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS DE BLOCOS CERÂMICOS QUEIMADOS

Orley Magalhães de Oliveira², Rubem Mateus Crivelari³, Antônio Hortêncio Munhoz Junior³, Maria das Graças da Silva-Valenzuela^{1, 4}, Francisco Rolando Valenzuela-Díaz¹

- 1) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- 2) IFBa – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista, Bahia.
- 3) Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil.
- 4) Centro Universitário Estácio Radial, São Paulo
E-mail: orleye10estudo@yahoo.cpm.br

Uma das partes importantes no processo de fabricação de um produto cerâmico estrutural é a sua conformação. A argila que é a base para esses produtos precisa ter uma plasticidade adequada. Nas Indústrias Cerâmicas que produzem blocos e telhas cerâmicas a plasticidade da argila é uma propriedade fundamental para esta produção. Nesta Indústrias existem uma grande quantidade de peças que não passam no controle de qualidade por não apresentarem aspecto visual uniforme ou apresentam pequenas trincas, esses lotes são geralmente descartados, o que leva ao desperdício do material e origina uma grande quantidade de rejeito. O objetivo deste trabalho é o estudo do comportamento dos índices de consistência, limite de plasticidade (LP); o limite de liquidez (LL) e o índice de plasticidade (IP) de uma argila de Vitória da Conquista, Bahia, com a adição de diversas porcentagens de resíduo de blocos cerâmicos queimados e moídos. Nossos resultados demonstram que a adição do rejeito só prejudica a plasticidade da argila a partir de um acréscimo de mais de 100%, o que torna possível sua incorporação na massa cerâmica.

Palavras chave: Indústria Cerâmica, Fabricação, Rejeitos, Plasticidade.

INTRODUÇÃO

Atualmente existe um grande número de indústrias de cerâmica vermelha no Brasil. O déficit habitacional, o crescimento, o surgimento de novas empresas e a indústria crescendo, são fatores que fazem com que haja a necessidade de fabricação de materiais cerâmicos para atender a essa grande demanda. Nesta fabricação alguns

lotes dessa produção não passam no controle de qualidade por não apresentarem aspecto visual uniforme. Esses lotes são geralmente descartados, o que leva ao desperdício do material e origina uma grande quantidade de rejeito.

Nos últimos anos o surgimento de uma série de novos materiais faz da área de pesquisa e desenvolvimento de materiais uma das mais importantes para que se obtenha uma boa relação custo *versus* benefício no que diz respeito aos materiais e suas aplicações. Tendo em vista que grande parte dos processos de produção já estão consolidados, o desafio tecnológico consiste no desenvolvimento de materiais ainda mais sofisticados e especializados, bem como considerações em relação ao impacto ambiental da produção dos materiais (CALLISTER, 2002).

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas duas amostras disponíveis de argilas coletada na cidade de Encruzilhada, distante 90 Km da cidade de Vitória da Conquista, sudoeste da Bahia, uma amostra de resíduos de cerâmica vermelha de indústrias da mesma região e uma amostra de argila desta cerâmica vermelha..

Obtenção da amostra natural

As amostras da argila e do rejeito da indústria foram coletada na cidade de Encruzilhada, distante 90 Km da cidade de Vitória da Conquista, Bahia. Foram coletados aproximadamente 50 Kg de cada amostra.

Os resíduos de cerâmica vermelha que foram coletados na indústria cerâmica da região, resíduos estes descartados na natureza e que não são reutilizados, e juntamente com estes resíduos, foram coletadas também amostras das argilas, matéria-prima desta cerâmica vermelha.

Preparação da amostra de argila

A amostra da argila depois de seca em estufa com temperatura de 100°C, foi moída em um moinho de bolas (diâmetro igual a 18 cm.), colocou-se no moinho 25% de material acima do volume das bolas e 50% do volume preenchido com bolas de diferentes diâmetros (4,2 cm e 2,6 cm). O ângulo de queda das esferas (β) foi de 70 a 85° que é o ângulo recomendado para moagem a seco, a rotação crítica (W_c) do

moinho de bolas foi ajustada de acordo com a expressão $Wc = (60/2\pi)(2.g/D)^{1/2}$ onde D é o diâmetro do moinho. Esta moagem ocorreu durante 24 horas.

Caracterização da amostra:

A amostra de argila moída foi caracterizada por meio das seguintes técnicas:

Análise Térmica: As análises térmicas são métodos muito úteis na caracterização de argilas^(2,3). A análise de calorimetria exploratória diferencial (DSC) e a análise termogravimétrica (TG) foram realizadas de acordo com as normas de caracterização térmica de materiais (ASTM D3417 e ASTM D3418) em equipamento DTA/TGA/DSC da NETZSCH modelo STA409C. A razão de aquecimento utilizada foi de 10 °C/min, em atmosfera de nitrogênio. As temperaturas inicial e final da análise foram 20°C e 1300°C, respectivamente.

Difração de raiosX: A difração de raios X pelo método do pó é uma técnica muito importante na caracterização de materiais cerâmicos cristalinos e argilas^(4,5). A amostra de argila moída foi analisada utilizando um difratômetro de raiosX Rigaku MultiFlex com monocromador. As condições experimentais foram: 40kV, 20mA, $20^\circ \leq 2\theta \leq 80^\circ$, $\Delta 2\theta = 0.02^\circ$, $\lambda_{CuK\alpha}$, fenda de divergência = 0.5°, fenda de recepção = 0.3 mm e tempo de contagem 6 s. Os dados obtidos foram comparados com os dados do ICDD (*International Center for Diffraction Data*).

Ensaio de limites de consistência: os Limites de consistência dos solos são teores de umidade que definem, de forma empírica, a mudança de estado dos solos. Três são os limites de consistência dos solos, a saber: Limite de Liquidez - NBR - 06459 (1984) - Limite entre o estado líquido e o estado plástico; Limite de Plasticidade - NBR - 07180 (1984) - Limite entre o estado plástico e o estado semi-sólido; Limite de Contração - NBR - 07183 (1982) - Limite entre o estado semi-sólido e o estado sólido.

Os solos que apresentam uma textura com certa porcentagem de finos, que é o caso das argilas, para caracterizá-los devemos descobrir qual a sua plasticidade que é definida como uma propriedade que consiste na maior ou menor capacidade de serem eles moldados, sob condições de umidade, sem alteração de volume. (CAPUTO, H.P.,2011)

A fração fina tem importância no comportamento do solo, e em especial nas argilas, sendo assim, só a distribuição granulométrica não é suficiente para determinar o mesmo. Sendo a umidade de um solo muito elevada, ela se apresenta como um fluido denso e se diz no estado líquido. À medida que evapora a água, ele se endurece e, para um certo $h = LL$ (limite de liquidez), perde sua capacidade de fluir, porém pode ser moldado facilmente e conservar sua forma. O solo encontra-se, agora, no estado plástico. A continuar a perda de umidade, o estado plástico desaparece até que, para $h = LP$ (limite de plasticidade), o solo se desmancha ao ser trabalhado. Este é o estado semi-sólido. Continuando a secagem, ocorre a passagem gradual para o estado sólido. O limite entre os dois estados é um teor de umidade $h = LC$ (limite de contração). Conforme o gráfico abaixo. (CAPUTO, H.P. 2011)

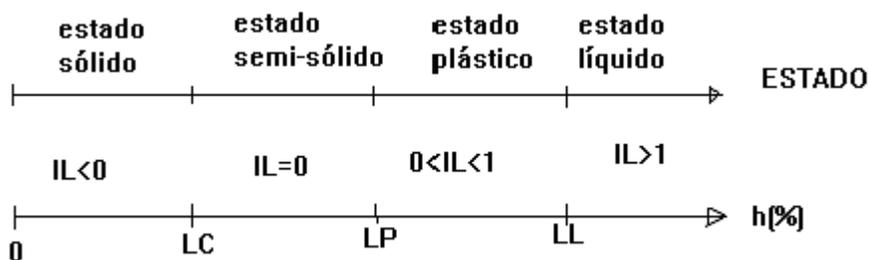


Gráfico de Limites de consistência

As argilas são tanto mais compressíveis quanto maior for o índice de plasticidade (IP), fracamente plástica o IP está entre 1 a 7, medianamente plástica o IP está entre 7 e 15 e altamente plástica se o IP estiver acima de 15. O IP é determinado pela diferença entre o limite de liquidez (LL) e o limite de plasticidade (LP). A determinação do limite de liquidez (LL) é feita pelo aparelho de Casagrande (Figura 3). O limite de plasticidade é determinado pelo cálculo da porcentagem de umidade para a qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar, com ele, um cilindro de 3mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises térmicas.

Foram realizados os ensaios de análises termogravimétrica (TG) e a (DTA) nas amostras da argila natural e nas do rejeito de cerâmica vermelha (Figuras 2 e 3)

Argila natural

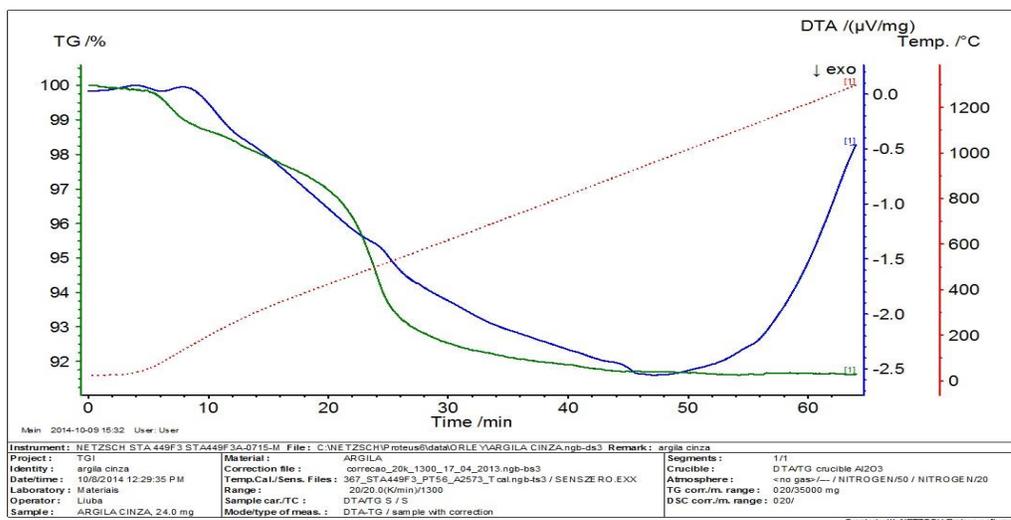


Figura 1: TG e DTA Argila natural

Rejeito Cerâmica Vermelha

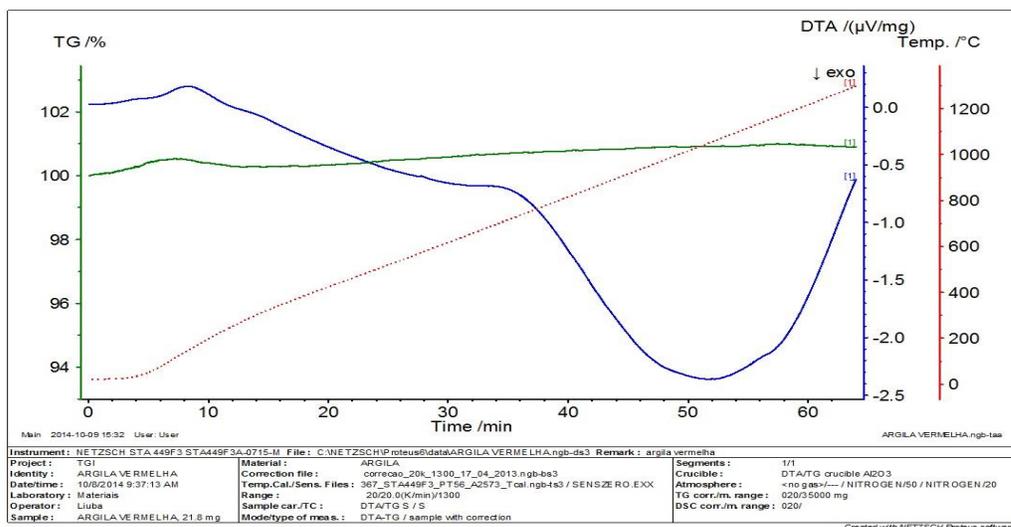


Figura 2: TG e DTA Rejeito Cerâmica Vermelha

Nas Figuras 1 e 2 que a argila apresenta perda total de massa na queima de aproximadamente 8% em massa, No rejeito, que já foi queimado na indústria , não se observa alteração da massa, assim como não são mais observadas as alterações correspondentes à desidroxilação da argila observadas na Figura 1 entre as temperaturas aproximadas de 400 a 600 .°C.

Difração de raios-X.

Foram realizados os ensaios de difração de raios X com amostra de argila natural e com o rejeito da Indústria Cerâmica.

O difratograma obtido (cor vermelha), onde são analisadas as linhas de difração correspondentes às fases identificadas (cada fase em uma cor distinta) é apresentado abaixo.

Argila natural:

Resultado DRX :

ICDD	Nome do composto	Fórmula Química
01-086-1629	Quartzo	SiO ₂
01-074-1784	Caulinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
00-019-0932	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈
01-076-1819	Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)
01-075-0948	Muscovita	KAl ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂

Difratograma:

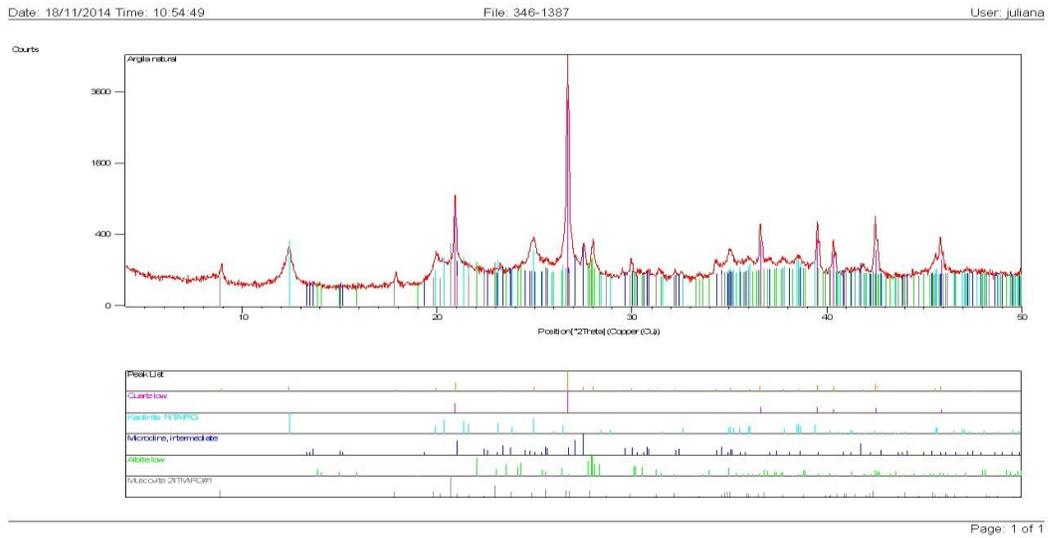


Figura 4: DRX Argila natural

Rejeito cerâmica vermelha:

Resultado DRX :

ICDD	Nome do composto	Fórmula Química
01-086-1629	Quartzo	SiO ₂
00-019-0932	Microclínio	KAlSi ₃ O ₈
01-076-1819	Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)
00-007-0025	Muscovita	KAl ₂ Si ₃ AlO ₁₀ (OH) ₂

Difratograma:

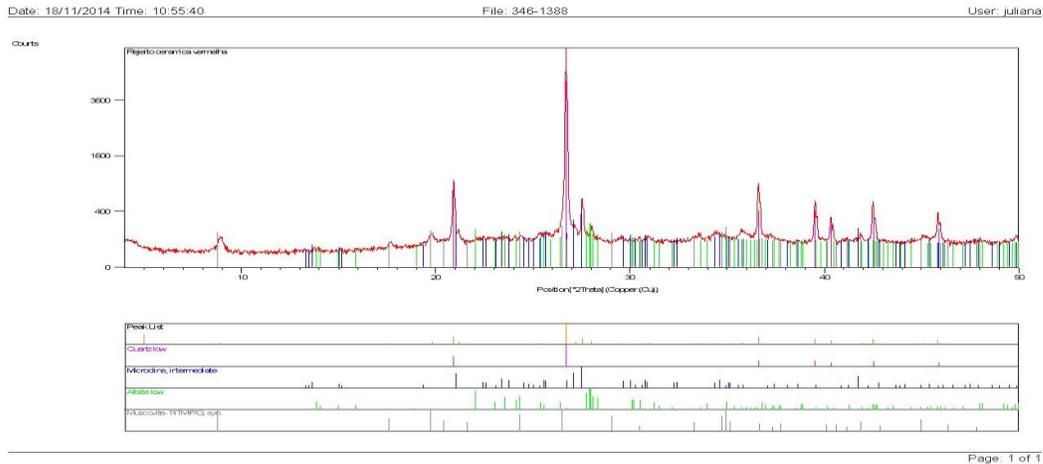


Figura 5: DRX Rejeito Cerâmica Vermelha

CONCLUSÕES

- Apesar de conseguir perceber que com a adição do reciclado de tijolo moído afeta a plasticidade da argila, não é possível representar graficamente através do ensaio de limite de plasticidade, pois, trata-se de um ensaio antigo que limitado a influência de quem opera o ensaio, fazendo com que, para se obter o limite de plasticidade do solo, utilize-se o menor resultado inteiro, tanto para obtenção do limite de liquidez e do índice de plasticidade.

- Como ensaiado com várias argilas e como mostra a bibliografia, dependendo do argilomineral, é necessária uma pequena porção de argila para que se possa ter um material altamente plástico (dependendo do caso 30% de argila apenas) fazendo com que seja necessário uma adição muito grande de reciclado para um decaimento da plasticidade. No caso do seu material, foi necessário adicionar o equivalente a 3 vezes o peso de material reciclado em relação a argila na própria argila para que esta começasse a perder plasticidade.

- Como o reciclado é um argilomineral sinterizado e inerte, sua interação com a água é praticamente nula, possuindo um comportamento de areia fina ou até mesmo de silte,

além deste material não pertencer a argila, ou seja, não passou pelos mesmo intemperismos que a deixou com as características que ela possui hoje. Então, faz-se necessária uma avaliação granulométrica afim de saber se o material possui uma curva bem graduada, pois, segundo a bibliografia, uma distribuição heterogênea de tamanho de partículas também influencia na plasticidade do material. Para isso seria necessário analisar as curvas granulométricas tanto do reciclado, quanto da argila e, uma vez misturadas, novamente analisar a curva para que se obtenha uma curva bem graduada.

- Outro fator complementar ao ponto supracitado: A moagem também influencia, pois, o limite de plasticidade é obtido ensaiando grãos menores do que 0,42 mm, então, quanto mais grãos menores que 0,42 mm nós obtivermos de reciclado, menor será a quantidade necessária de reciclado para diminuir a plasticidade.

- O que podemos concluir é que a adição do reciclado reduz a plasticidade pois o mesmo é inerte e não interage com a água, impedindo a interação das lamelas de argilomineral entre si pela interferência da água, e pelo fato da argila em si ser altamente plástica, para um decaimento desta plasticidade, é necessária uma adição considerável de reciclado ou conseguir moer os grãos em tamanhos de siltes e argilas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a Universidade Presbiteriana Mackenzie e ao IFBa – Instituto Federal de Tecnologia e Ciências – Campus Vitória da Conquista, Bahia, pelo auxílio recebido.

REFERÊNCIAS

1. Marsis Cabral Junior, Anselmo Ortega Boschi, José Francisco Marciano Motta, Luiz Carlos Tanno, Ayrton Sintoni, José Mário Coelho, Marcelo Caridade; Panorama e Perspectivas da Indústria de Revestimentos Cerâmicos no Brasil, **Cerâmica Industrial**, Volume 15 - Número 3 - Maio/Junho - 2010
2. MOTHÉ, C. G.; AZEVEDO, A. D. de. **Análise Térmica de Materiais**. Artliber editora, São Paulo, 2009.
3. SOUZA SANTOS, P. de S. **Ciência e Tecnologia de Argilas**. Edgard Blucher: São Paulo, 1992.

4. CALLISTER. JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais Uma Introdução**, LTC, Rio de Janeiro, 2008.
5. Marília P. de Oliveira, Normando P. Barbosa; Potencialidades de um caulim calcinado como material de substituição parcial do cimento portland em argamassas **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.10, n.2, p.490–496, 2006.
6. GOMES, C.F.; ARGILAS, O que são e para que servem. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 1986.
7. LARSON, A.C. and Von Dreele, R.B. (1993) *GSAS, Generalized Structure Analysis System*, Document LAUR 86-748 (Los Alamos National Laboratory, Los Alamos)
8. PINTO, Carlos De Sousa. **Curso básico de mecânica dos solos: em 16 aulas : com exercícios resolvidos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 367 p
9. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 7180 - 2016 - Solo - Determinação do limite de plasticidade.
10. CAPUTO, H. P.; *Mecânica dos Solos e suas aplicações*, LTC, Vol. 1, 6ª ed. Rio de Janeiro, 2011.

ABSTRACT

One of the important parts in the process of manufacturing a structural ceramic product is its conformation. The clay which is the basis for these products need to have an appropriate plasticity. In Ceramics Industries that produce ceramic blocks and tiles plasticity clay and a key property for this production. This Industries are a lot of pieces that do not pass the quality control for not having a uniform visual appearance or have small cracks, these lots are usually discarded, which leads to material waste and produces a lot of waste. The objective of this work is the study of the behavior of consistency indexes, plastic limit (LP); the liquid limit (LL) and plasticity index (PI) of a Victory clay da Conquista, Bahia, with the addition of several waste percentages of burnt and ground ceramic blocks. Our results demonstrate that the addition of the reject only affect the plasticity of clay from an increase of over 100%, which makes possible its incorporation in ceramic paste.

Keywords: Ceramics Industry, Manufacturing, Tailings, Plasticity.