

CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS DO MUNICÍPIO DE CASTELO*

Euzébio Bernabé Zanelato

Jonas Alexandre

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Markssuel Teixeira Marvila

Gustavo de Castro Xavier

Niander Aguiar Cerqueira

Sergio Neves Monteiro

Lúcio José Terra Petrucci⁷

Resumo

A indústria cerâmica é um importante segmento da economia para muitas regiões do Brasil. No entanto, ainda é necessário expandir esse setor para algumas regiões do país, especialmente onde há fatores que o beneficiam. Um exemplo disso é a região sul do estado do Espírito Santo. Há pouca atividade das cerâmicas na região, fato que poderia ser potencializado para incorporação do resíduo de rocha ornamental nas cerâmicas. O objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar as argilas da região onde foram coletadas argilas em quatro jazidas do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. A justificativa é a verificação da viabilidade de utilização dessas argilas para uso em cerâmicas onde seria feito o aproveitamento do resíduo do corte das pedras ornamentais no local, já que Cachoeiro de Itapemirim - ES é o maior polo deste mercado. Os testes realizados consistem na caracterização física pelos limites de Atterberg, densidade real de grãos e tamanho de grão. A caracterização química foi realizada pelo ensaio de fluorescência de raios-X. Os resultados indicaram semelhanças de duas argilas locais com as argilas utilizadas na região do norte fluminense para uso na cerâmica. Pode-se concluir que existe potencial de crescimento desse segmento com o uso dessas argilas.

Palavras-chave: Cerâmica vermelha; argila; caracterização.

CHARACTERIZATION OF CLAYS OF CACHOEIRO DE ITAPEMIIM FOR FABRICATION OF CERAMIC PARTS

Abstract

The ceramic industry is an important segment of the economy for many regions of Brazil. However, it is still necessary to expand this sector to some regions of the country, especially where there are factors that benefit it. An example of this is the southern region of the state of Espírito Santo. There is little activity of the ceramics in the region, a fact that could be potentiated for the incorporation of the ornamental rock residue in the ceramics. The objective of this work was to identify and characterize clays in the region where clays were collected in four quarries of the municipality of Cachoeiro de Itapemirim – ES. The justification is the verification of the feasibility of using these clays for use in ceramics where the residue from the cut of the ornamental stones would be used, since Cachoeiro de Itapemirim - ES is the largest pole of this market. The tests performed consist of the physical characterization by the limits of Atterberg, real grain density and grain size. The chemical characterization was performed by the X-ray fluorescence assay. The results indicated similarities of two local clays with the clays used in the northern region of Rio de Janeiro for use in ceramics. It can be concluded that there is potential for growth of this segment with the use of these clays.

Keywords: Red-ceramic; Clay; characterization..

- ¹ *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ² *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ³ *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁵ *Engenheiro Civil, doutor em Geotecnia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil*
- ⁶ *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Redentor de Campos, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁷ *Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil*
- ⁸ *Engenheiro Civil, doutor em Ciência dos materiais, LAMA, Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil desenvolveu na última década um crescimento do setor da construção civil que o colocou entre um dos países com maior área construída em andamento, podendo-se observar grandes canteiros de obras por todas as regiões e o crescimento e surgimento de grandes construtoras e incorporadoras. Este fenômeno pode ser atrelado a diversos fatores, dentre eles os atrativos industriais.

O estado do Espírito Santo vem se destacando no cenário nacional com forte crescimento em diversas regiões devido à atração de grandes empresas e investimentos para o estado. A região Sul do Estado, que compreende os municípios de Castelo e Cachoeiro de Itapemirim entre outros, vem sendo fortemente observado o crescimento da construção civil, aumentando assim a demanda por insumos como blocos cerâmicos para abastecer o mercado e que tenham uma qualidade mínima requerida por estas empresas.

O crescimento nesta região é impulsionado mais especificamente pelo mercado de rochas ornamentais. O município de Castelo é um dos maiores exploradores de rochas para fins ornamentais do Brasil abastecendo boa parte das empresas de Cachoeiro de Itapemirim – ES, cidade esta que é o maior polo de rochas ornamentais do país. A exploração de pedreiras tem como finalidade abastecer com matéria prima bruta as empresas de corte e polimento. O corte e o polimento realizados por essas empresas geram resíduos em forma de pó, e em geral, são grandes poluentes causando sérios impactos ambientais na região.

O processo de produção dessas rochas ornamentais produz cerca de 800.000 toneladas por ano de resíduo nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Bahia e Ceará. Grande parte destes detritos é despejada no ambiente sem prévio tratamento, assim, o setor industrial vem sendo penalizado por ambientalistas pelos danos causados ao ecossistema da região.

Uma das formas de utilização e reaproveitamento deste resíduo é sua incorporação na construção civil [1]. Existem inúmeros resíduos utilizados na construção civil atualmente, visando à sustentabilidade e economia [2]. No entanto, antes de sua incorporação, é necessária uma extensa caracterização do material a ser trabalhado, tanto as argilas [3], quanto o resíduo [4]. A utilização do resíduo de rocha ornamental já foi testada e obteve excelentes resultados na incorporação em argamassas [5], concretos [6], blocos cerâmicos [7] e telhas [8]. Especificamente neste último trabalho, deixa claro não só a viabilidade do uso do resíduo de rocha ornamental em peças cerâmicas, assim como a melhora no desempenho quando o resíduo é incorporado, onde só foi possível a obtenção das propriedades mínimas limitadas pela norma para telhas quando foi incorporado 15% de resíduo de rocha ornamental.

Em continuidade ao trabalho realizado, também foi verificada se telhas fabricadas com o resíduo de rocha ornamental incorporadas à argila de Campos dos Goytacazes-RJ obteriam os resultados previstos pelo corpo de prova. Os resultados indicaram que a incorporação de 15% de resíduo de rocha ornamental aumentou a resistência e diminuiu a absorção se comparadas às telhas sem resíduo [9].

Considerando a viável e eficiente destinação do resíduo de rocha ornamental em peças cerâmicas, o objetivo deste trabalho é iniciar a caracterização das argilas disponíveis no município de Castelo – ES, por se tratar de um local com grande demanda de peças cerâmicas e com viabilidade de incorporação do resíduo de rocha ornamental das empresas de Cachoeiro de Itapemirim. Vale ressaltar que

mesmo com a proximidade das duas cidades, grande parte das empresas de rocha ornamental estão localizadas no trecho da estrada que liga as duas cidades. Esta localização é justamente para reduzir os custos de transporte dos blocos de rocha e que também possibilitarão redução de custo do transporte do resíduo para produção cerâmica. Devido ao grande tráfego de caminhões pesados, grande parte do trecho entre as duas cidades foi duplicado. A Figura 1 indica a grande disponibilidade de jazidas e indústrias do ramo de mármore e granito no trecho entre as duas cidades.



Figura 1 – Principais municípios produtores de mármore e granito do Espírito Santo. Fonte: Rota do mármore e granito (Adaptado).

A caracterização e mapeamento dos locais com disponibilidade de jazidas de argila tem como principal justificativa a diminuição dos custos de transporte do resíduo de Cachoeiro de Itapemirim – ES para Campos dos Goytacazes – RJ, transporte esse que já ocorre correntemente. Além disso, a atual fabricação de peças cerâmicas em Campos dos Goytacazes não supre a demanda de geração de resíduos em Cachoeiro de Itapemirim, assim, uma ampliação da demanda por resíduos é fundamental para diminuição dos impactos ambientais.

A caracterização e escolha das melhores argilas do município de Castelo é um trabalho fundamental para iniciar a incorporação do resíduo em peças cerâmicas produzidas no próprio município, sendo assim, serão realizados os ensaios de caracterização física pelos ensaios de granulometria, limites de Atterberg e densidade real dos grãos. A caracterização química será realizada pelos ensaios de análise química onde são identificados os óxidos presentes nas argilas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais

As argilas utilizadas no trabalho são provenientes de quatro jazidas situadas no município de Castelo– ES conforme Figura 2. Foi coletada uma quantidade de 15kg de argila em cada uma das jazidas. As jazidas foram selecionadas após extenso trabalho de campo pelo município para identificação de jazidas com volume considerável de argila, além de acessibilidade facilitada para produção e instalação de uma cerâmica.



Figura 2 – Localização do município de Castelo..
Fonte: Google Maps.

A argila “A” foi coletada numa jazida no distrito de Fazenda do Centro onde já existe atividade cerâmica.

A argila “B” foi retirada do distrito de Aracuí, local de fácil acesso, pois está no trecho que liga Castelo a Cachoeiro de Itapemirim.

A argila “C” é proveniente do distrito de Estrela, local próximo de Aracuí que acesso facilitado para Cachoeiro de Itapemirim.

A argila “D” foi retirada dentro da cidade no Bairro exposição, local de fácil acesso onde funcionava o Parque de Exposição que foi desativado.

2.2 Métodos

A caracterização dos materiais foi feita em duas etapas, a primeira física e a segunda química. A caracterização física é composta pelos ensaios de análise granulométrica, limites de Atterberg e densidade real dos grãos.

A análise granulométrica foi executada seguindo os padrões da norma NBR 7181 [10]. A fração retida do material na peneira de abertura 0,074mm (ABNT #200), as amostras foram classificadas por peneiramento. A fração passante do material na mesma peneira foi classificada por sedimentação. Para execução do ensaio de sedimentação foi feito o uso da substância hexametáfosfato de sódio, material com

ação defloculante. Para classificar o solo foi utilizado o padrão de Casagrande (1942) – Unified Soil Classification System. Classificação esta também utilizada pelo U.S. Army Corps of Engineers (Aeroportos) e U.S. Bureau of Reclamation (Barragens). O material utilizado nos limites de Atterberg foi destorroado e passado na peneira de abertura 0,42mm (ABNT #40). O ensaio de Limite de plasticidade foi realizado de acordo com a NBR 7180 [11], enquanto o limite de liquidez foi realizado de acordo com a NBR 6459 [12].

A determinação da densidade real dos grãos foi realizada conforme a NBR 6457 [13] e NBR 6458 [14], onde foi utilizado o picnômetro.

A caracterização química dos materiais foi composta pelo ensaio de determinação da composição química dos materiais, assim foi possível verificar os elementos químicos constituintes de cada argila e suas respectivas quantidades. A composição química foi obtida através da Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios X (EDX), no equipamento SHIMADZU EDX 700.

2.3 Resultados

A granulometria dos materiais pode ser verificada na Tabela 1. O ensaio fornece características fundamentais das argilas visando o seu adequado uso para fabricação de peças cerâmicas, que devem apresentar elevada constituição das frações síltes e argila.

Tabela 1 – Granulometria dos solos.

| Amostra | Porcentagens Granulométricas | | | | | | | Sílte | Argila |
|---------|------------------------------|-------|------|--------|-------|------|------|-------|--------|
| | Pedregulho | | | Areia | | | | | |
| | Grosso | Médio | Fino | Grossa | Média | Fina | | | |
| Arg A | - | - | - | - | 1,1 | 13,4 | 33,3 | 52,2 | |
| Arg B | - | - | - | 3,1 | 4,5 | 21,3 | 39,2 | 31,9 | |
| Arg C | - | - | - | 1,3 | 3,6 | 18,2 | 31,1 | 45,8 | |
| Arg D | - | - | - | 0,5 | 8,6 | 19,7 | 33,2 | 38,0 | |

As argilas B, C e D apresentaram consideráveis quantidades de fração areia, superiores a 28% para as argilas B e D e superior a 23% para a argila C. A argila A apresenta consideráveis quantidades de fração síltes + argila de 85,5%. A grande quantidade de fração areia das argilas B, C e D indicam uma menor plasticidade devido ao maior tamanho dos grãos, característica que foi verificada pelos limites de Atterberg.

A densidade real dos grãos e os limites de Atterberg encontrados neste artigo e por outros pesquisadores que analisaram argilas da região, PEDROTI [15], ALMEIDA [16] e ALEXANDRE, J. [8], são apresentados na Tabela 2. Analisar os limites de Atterberg é de fundamental importância na verificação da plasticidade das argilas, pois valores inferiores a 30% para o limite de liquidez e 15% para o limite de plasticidade indicam que o material apresenta rápida saturação com a água e, portanto, são de baixa plasticidade. Para uma melhor conformação durante a confecção das peças cerâmicas é necessário que as argilas apresentem adequada plasticidade.

Tabela 2 – Densidade real dos grãos e índices de Atterberg.

| | PESQUISA ATUAL | | | | PEDROTI ALMEIDA ALEXANDRE | | |
|-------------|----------------|-------|-------|-------|---------------------------|--------|--------|
| | Arg. A | Arg B | Arg C | Arg D | (2007) | (2012) | (2015) |
| | Arg. A | Arg B | Arg C | Arg D | ARGILA | ARGILA | ARGILA |
| LL | 47,5 | 20,4 | 26,3 | 23,2 | 59,5 | 59 | 73 |
| LP | 19,9 | 12,5 | 16,4 | 15,5 | 30,2 | 32,4 | 28,3 |
| IP | 27,6 | 7,9 | 9,9 | 7,7 | 29,3 | 26,6 | 44,7 |
| Yg | 2,83 | 2,67 | 2,75 | 2,74 | 2,81 | 2,64 | 2,60 |
| USCS | CH | CH | CH | CH | CH | CH | CH |

Como podem ser verificadas pela Tabela 2, as argilas B, C e D não estão dentro dos parâmetros recomendados para aplicação em cerâmica vermelha, 30 a 60% para LL, 15 a 30% para LP e 10 a 30% para IP. Verifica-se que a argila A tem elevada plasticidade, pois apresenta valores intermediários aos limites propostos pela cerâmica vermelha. Nenhuma das argilas selecionadas apresentou valores similares aos obtidos na região Norte Fluminense, que é o polo cerâmico mais próximo e com mais pesquisas em relação à caracterização e compatibilidade de utilização com o resíduo.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos na análise quantitativa dos elementos químicos presentes nos materiais estudados na pesquisa.

Tabela 3 – Composição química dos materiais.

| AMOSTRA | Elementos (%) | | | | | | | |
|--------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------|-------|------------------|--------|
| | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | K ₂ O | TiO ₂ | CaO | NaO ₃ | Outros |
| Arg A | 43,64 | 41,23 | 7,34 | 2,11 | 1,88 | 1,63 | 1,13 | 1,04 |
| Arg B | 75,31 | 18,03 | 1,44 | 0,31 | 1,54 | 1,52 | 1,44 | 0,41 |
| Arg C | 52 | 27,98 | 4,53 | 1,43 | 1,49 | 10,64 | 0,94 | 0,99 |
| Arg D | 81,09 | 11,08 | 2,04 | 0,53 | 1,45 | 1,33 | 1,56 | 0,92 |

A expressiva composição de óxido de silício e alumínio na argila A é um forte indicativo da presença de sílica livre e de argilominerais como, por exemplo, a caulinita (Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O), argilomineral comumente verificado por pesquisadores da região Norte Fluminense. O argilomineral caulinita fornece plasticidade satisfatória para execução de peças cerâmicas, portanto, sua presença é um forte indicativo de possibilidade de utilização para fabricação de peças cerâmicas. Já para as argilas B, C e D verifica-se predominância de óxido de silício, em vista do que foi apresentado no ensaio de granulometria, a presença do óxido pode ser justificada pela possível presença de areia quartzosa, mineral este de baixíssima plasticidade que normalmente não satisfazem aos requisitos de plasticidade para fabricação de peças cerâmicas.

3 CONCLUSÃO

Os resultados preliminares de caracterização das argilas do município de Castelo indicou a existência de uma jazida com potencial utilização, a argila A. Ensaio complementares de caracterização como difração de Raios-X e posteriormente a confecção das massas cerâmicas com a argila são fundamentais para atestar a qualidade das argilas para sua utilização em cerâmicas, no entanto, pelos testes realizados, a argila apresentou granulometria adequada, limites de Atterberg dentro dos padrões da bibliografia e presença de caulinita.

Os resultados obtidos na caracterização preliminar da argila B, C e D indicam problemas de plasticidade e granulometria elevada para utilização em cerâmica, onde as mesmas dificilmente poderiam ser utilizadas como matéria principal na fabricação de peças cerâmicas. A falta de plasticidade e a presença elevada de sílica corroboram para a dificuldade em sua utilização.

Pode-se concluir assim que existe potencial de aproveitamento do resíduo de rocha ornamental caso seja aproveitada as jazidas de Argila A. Com os resultados preliminares será possível dar prosseguimento na pesquisa com a confecção das massas cerâmicas utilizando a argila A com diferentes incorporações de resíduo para que seja possível o seu aproveitamento na fabricação de peças cerâmicas.

REFERÊNCIAS

- 1 A.R.G. Azevedo, B.R. França, J. Alexandre, M.T. Marvila, E.B. Zanelato, G.C. Xavier, Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction, *Journal of Building Engineering*, Volume 19, 2018, Pages 342-348.
- 2 B.R. França; A.R.G. Azevedo; S.N. Monteiro; F.C. Garcia; M.T. Marvila; J. Alexandre; E.B. Zanelato. Durability of Soil-Cement Blocks with the Incorporation of Limestone Residues from the Processing of Marble. *Materials Research-Ibero-american Journal of Materials*, v. 21, p. 1, 2018.
- 3 A.R.G. Azevedo; B. R. França; J. Alexandre; M.T. Marvila; E.B. Zanelato; G.C. Xavier. Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction. *Journal of Building Engineering*, v. 19, p. 342-348, 2018.
- 4 V. Corinaldesi, G. Moriconi, T. R. Naik. Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete, *Construction and Building Materials*, Volume 24, Issue 1, 2010, Pages 113-117.
- 5 Y. Singh, A.K. Vyas, K.I. S. A. Kabeer. Compressive Strength Evaluation of Mortars Containing ISF Slag and Marble Powder, *Materials Today: Proceedings*, Volume 4, Issue 9, 2017, Pages 9635-9639.
- 6 M. Singh, K. Choudhary, A. Srivastava, K. S. Sangwan, D. Bhunia. A study on environmental and economic impacts of using waste marble powder in concrete, *Journal of Building Engineering*, Volume 13, 2017, Pages 87-95.
- 7 M. J. Munir, S. M. S. Kazmi, Y. Wu, A. Hanif, M. U. A. Khan. Thermally efficient fired clay bricks incorporating waste marble sludge: An industrial-scale study, *Journal of Cleaner Production*, Volume 174, 2018, Pages 1122-1135.
- 8 Alexandre, J. ; Azevedo, A.R.G. ; Xavier, G.C. ; Zanelato, E.B. ; Manhaes, G. ; Oliveira, G. R. . Análise da incorporação de resíduo de fio diamantado na produção de telhas. In: 59º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2015.
- 9 Zanelato E.B., Azevedo A.R.G., Alexandre J., Xavier G.C., Aguiar, N. C., Petrucci, L.J.T. Avaliação da incorporação de resíduo de rocha na fabricação de telhas. In: 60º Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2016.

- 10 Associação brasileira de normas técnicas (2016). ABNT NBR 7181. Solo - Análise granulométrica.
- 11 Associação brasileira de normas técnicas (2016). ABNT NBR 7180. Solo — Determinação do limite de plasticidade.
- 12 Associação brasileira de normas técnicas (2016). ABNT NBR 6459. Solo — Determinação do limite de liquidez.
- 13 Associação brasileira de normas técnicas (2016). ABNT NBR 6457. Amostras de solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização.
- 14 Associação brasileira de normas técnicas (2016). ABNT NBR 6458. Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm - Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água.
- 15 PEDROTI, L. G. (2007). Estudo de conformidades em relação à ABNT de blocos cerâmicos prensados e queimados. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil – Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 106p.
- 16 ALMEIDA, F.F. (2012). Avaliação dos procedimentos convencionais e não convencionais de laboratório para determinação do comportamento mecânico e de durabilidade de materiais cerâmicos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ. 105p.