

CARACTERIZAÇÃO DE SOLO ARGILOSO PROVENIENTE DO MUNICÍPIO DE ITAPEMIRIM- ES *

*Markssuel Teixeira Marvila¹
Afonso Rangel Garcez de Azevedo²
Euzébio Barnabé Zanelato³
Thuany Espirito Santo Lima⁴
Jonas Alexandre⁵
Andreia Arenari de Siqueira⁶
Niander Aguiar Cerqueira⁷*

Resumo

O estado do Espírito Santo vem se destacando nos últimos anos na produção de peças cerâmicas voltadas para o crescente setor da construção civil, principalmente relacionado a região metropolitana de Vitória. O município de Itapemirim vem se destacando no cenário regional quanto à produção de artefatos cerâmicos, entretanto um grande entrava ao seu desenvolvimento se da pelas características da matéria prima disponível na região, muito heterogênea. Assim, este trabalho tem como objetivo a caracterização, através de ensaios de granulometria, Limites de Atterberg e análise química do solo proveniente do município de Itapemirim- ES além da avaliação de corpos de prova prismáticos produzidos pelo processo de extrusão e queimados a 700, 800 e 900 °C, avaliando a resistência mecânica e a absorção de água. Os resultados de caracterização mostraram que o solo apresenta potencialidade de uso para produção de artefatos cerâmicos, enquanto com o aumento da temperatura de queima a resistência mecânica e absorção de água melhoram substancialmente melhorando a qualidade do produto. Em menores temperaturas os corpos de prova não obtiveram desempenho satisfatório de acordo com as normas técnicas brasileiras.

Palavras-chave: Caracterização; Argila; Solo.

CHARACTERIZATION OF ARGILOUS SOIL FROM THE MUNICIPALITY OF ITAPEMIRIM - ES

Abstract

The state of Espírito Santo has been standing out in the last years in the production of ceramics pieces directed to the growing sector of the civil construction, mainly related to the metropolitan region of Vitoria. The municipality of Itapemirim has been standing out in the regional scenario regarding the production of ceramic artifacts, however a great obstacle to its development is due to the characteristics of raw material available in the region, very heterogeneous. Thus, the objective of this work is to characterize, by means of granulometric tests, Atterberg Limits and chemical analysis of the soil from the municipality of Itapemirim-ES, besides the evaluation of prismatic specimens produced by the extrusion process and burnt at 700, 800 and 900 oC, evaluating mechanical resistance and water absorption. The characterization results showed that the soil presents potentiality of use for the production of ceramic artifacts, while with the increase of the burning temperature the mechanical resistance and water absorption improves substantially improving the quality of the product. At lower temperatures, the specimens did not perform satisfactorily in accordance with Brazilian technical norms.

Keywords: Characterization; Soil; Clay.

- ¹ *Engenheiro Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ² *Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, TER, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.*
- ³ *Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁴ *Engenheira Civil, mestre em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁵ *Engenheiro Civil, doutor em Ciências de Engenharia, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁶ *Engenheira Civil, mestranda em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.*
- ⁷ *Engenheiro Civil, doutor em Engenharia Civil, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil..*

1 INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo vem se desenvolvendo com destaque no cenário nacional, seja quanto a sua atividade industrial ou até mesmo pela disponibilidade de matéria-prima com preços competitivos. Hoje o estado tem uma população de aproximadamente 4 milhões de habitantes e um grande desenvolvimento do setor da construção civil, seja por obras de infraestrutura ou de habitação visando sanar o déficit habitacional [1].

Hoje o estado do Espírito Santo conta com cerca de 40 empresas produtoras de cerâmica vermelha, revestimentos e porcelanas, que empregam hoje cerca de 3.500 pessoas, sendo uma atividade altamente geradora de recursos. Um dos grandes problemas relacionados ao processo produtivo no estado é o seu custo, no que tange ao energético e de transporte de material. Outro ponto é a sua proximidade do município de Campos dos Goytacazes – RJ, um dos maiores polos ceramistas do país, que acaba competindo de maneira direta com os produtos capixabas. O município de Itapemirim (Figura 1) tem se destacado no cenário produtivo estadual, sendo responsável pela presença de algumas indústrias cerâmicas [2 e 3].



Figura 1. Localização do município de Itapemirim/ ES.
Fonte: wikipedia

Sendo assim, as indústrias do Espírito Santo vêm buscando investir em pesquisas e tecnologia para competir em termos de qualidade final do produto, que é um ponto fraco da indústria fluminense. Uma das dificuldades refere-se à matéria-prima argilosa para produção dos artefatos cerâmicos, que deve possuir características compatíveis com a produção de peças de elevada qualidade. Sendo assim, estudos e pesquisas que visem o conhecimento da matéria-prima local são primordiais para possibilitar o avanço desse setor [3 e 4].

As argilas que apresentam limites de plasticidade dentro dos limites indicados para a produção de cerâmica vermelha são constituídas basicamente por caulinita, quartzo, mica e feldspatos, com pequena presença de goetita e hidróxido sílico-

aluminoso em alguns casos. O conhecimento das características do solo a ser utilizado é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável [5].

Assim este trabalho objetiva a caracterização da argila providente do município de Itapemirim-ES visando a observação da variação que a temperatura de queima (700, 800 e 900°C), ocasiona em propriedades dos artefatos cerâmicos, como a resistência mecânica a flexão e absorção de água, além de análises de caracterização do solo coletado, visando a aceitação final dos produtos.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos:

A matéria prima foi coleta na zona rural do município de Itapemirim- ES, a uma profundidade de cerca de um metro e meio da superfície. Essa profundidade foi motiva principalmente pela alta camada de aterro existente no local e presença de matéria orgânica, o que seria prejudicial às análises e poderia inviabilizar seu uso.

O solo foi coletado de cinco diferentes pontos, todos numa proximidade de cerca de 5 metros de raio, verificando a dispersão dos pontos de coleta. Logo após foi realizado o transporte e beneficiamento do mesmo, para isso o solo foi seco em uma estufa a 110°C por 24h, destorroado em almofariz de porcelana e peneirada de modo a obter a hogueinização [6].

Para a determinação da umidade do solo utilizado no processo de extrusão dos corpos de prova, foi comparado o peso do corpo de prova úmido (após a extrusão) e seco (após 24 horas em estufa), atentando que o mesmo deve secar ao ar livre antes de ser levado a estufa. Após o processo de beneficiamento, o solo foi dividido em duas partes, onde uma foi destinada aos ensaios de caracterização e outra a conformação dos corpos de prova prismáticos por extrusão [7].

O solo foi homogeneizado adicionando-se água às composições na quantidade suficiente para a obtenção de uma massa plástica [7] que possibilitasse a conformação de corpos-de-prova por extrusão com 10 cm de comprimento e secção reta de 1,8 x 2,8 cm. Um importante indicativo da quantidade de água a ser adicionada na mistura é o limite de liquidez que foi determinado.

Em sequência, após secagem em estufa a 110° C as peças foram medidas e pesadas, e em seguida queimadas a 700, 800 e 900°C, com uma taxa de aquecimento de 2°C/min e 180 min de tempo de patamar. As propriedades físicas e mecânicas avaliadas foram à absorção de água e tensão de ruptura por flexão a três pontos.

Para a carecterização do solo temo que no ensaio de granulometria, que é o processo que permite quantificar cada fração do solo compreendida entre diâmetros pré-estabelecidos e exprimi-las como porcentagem em relação à amostra total. Esse ensaio foi feito por meio de peneiramento via úmida e sedimentação seguindo os requisitos das normas brasileiras. A massa separa passou por um processo de destorroamento em um almofariz com mão de gral para se proceder ao peneiramento grosso e fino. Parte da amostra foi recolhida para verificação da umidade higroscópica e densidade real dos grãos. Outra parte foi colocada em um vidro com defloculante hexametafostato de sódio para a dispersão das partículas possibilitando assim o ensaio de sedimentação [8].

A determinação da Massa Específica Real dos Grãos, também denominada Densidade Real dos Grãos, foi feita de acordo com os preceitos normativos utilizando-se picnômetros.

Para os Limites de Atterberg foram utilizados parte do material passado na peneira nº 40 (0,42 mm). Foram feitos os ensaios para determinação do Limite de Liquidez (LL) e do Limite de Plasticidade (LP), obtendo-se então o Índice de Plasticidade (IP). Esses índices definem as umidades da amostra e a necessária no processo de confecção dos corpos de prova [9].

Uma parte da amostra do solo natural foi seca em estufa a 110°C por um período de 24 horas e moída em um moinho de esferas planetário da marca Fritsh Pulverisette a 200 RPM por 2 ciclos de 20 minutos cada. O material natural foi então passado na peneira nº 200 (0,075 mm) para a determinação da sua composição química.

A técnica utilizada foi Espectroscopia de Energia Dispersiva de Raios-X (EDX) em um equipamento Shimadzu EDX-700 sob condição de ajuste de vácuo de dois canais com o material em pó finíssimo colocado em um porta amostra.

2.2 Resultados e Discussões:

Os resultados obtidos para a caracterização da granulometria da matéria-prima estudada são apresentados em porcentagem das frações de areia, silte e argila, conforme visto na Tabela 1.

Tabela 1. Características Granulométricas

Diâmetro dos Grãos (mm) - ABNT NBR 6502:1995 – Rochas e Solos							
Argila	Silte	AREIA			PEDREGULHO		
		Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso
< 0,002	0,002	0,06	0,2	0,6	2	6	20
	a	a	a	a	a	a	a
	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60

Características Granulométricas do solo analisado							
Pedregulho			Areia			Silte	Argila
Gross	Médio	Fino	Grossa	Média	Fina		
-	-	-	-	4,5%	3,4%	22,40%	53,23%

O solo é classificado como uma argila siltosa pouco arenosa, apesar da pouca areia observada, esta se encontra em valores ligeiramente superiores a de outros da literatura, isso se deve a presença de uma camada de aterro na região, que pode ter mascarado a composição da fração areia. Observando-se os resultados obtidos na Tabela 1, a massa argilosa estudada, quando comparada aos resultados obtidos na região de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil, no estudo de argilas para aplicação em cerâmica vermelha ($30\% \leq \text{fração argila} \leq 70\%$), pode-se concluir-se que a massa argilosa avaliada possui faixa granulométrica recomendada para o uso em cerâmica vermelha em geral [10].

A Tabela 2 apresenta os valores da média de determinações dos Limites de Atterberg e a Massa Específica (Densidade) Real dos Grãos para a amteria prima estudada.

Tabela 2. Limites de Atterberg médio e Densidade Real dos Grãos

Limites de Atterberg			Densidade Real dos Grãos (g/cm ³)
Limite Liquidez (LL)	Limite Plasticidade (LP)	Índice Plasticidade (IP)	
65,40%	33,30%	32,1%	2,15

A classificação da massa argilosa pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (USCS) é que se trata de uma argila siltosa, pouco arenosa, de alta plasticidade (CH), uma vez que o seu Limite de Liquidez em todas as cinco amostras avaliadas, sendo o valor médio de 65,40%.

A Massa Específica Real dos Grãos média encontra-se dentro da faixa de valores para a densidade real dos grãos das argilas da região em estudo atendendo aos principais critérios para a aplicação desejada, valores de densidade muito elevados podem prejudicar a produção, principalmente pelo processo de extrusão [5]. A Tabela 3 apresenta a composição química do solo estudado.

Tabela 3. Composição química da massa argilosa natural (% em peso).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO ₂	CaO	MnO	V ₂ O ₅	ZrO ₂	SrO
44,20	38,18	7,97	2,87	1,19	1,00	0,34	0,01	0,18	0,10	0,003

Observa-se na Tabela 3 que a matéria prima avaliada tem uma quantidade elevada de sílica (SiO₂), o que indica a provável presença de argilominerais tais como: caulinita (Al₂O₃. 2SiO₂. 2H₂O) e illita, bem como a provável presença de quartzo livre na amostra total. A quantidade de alumina (Al₂O₃) presente nos solos sugere a formação de argilominerais e hidróxidos como gibsita Al(OH)₃. A quantidade de sílica e alumina somadas indica uma potencialidade na refratariedade da matéria-prima [4].

A possível composição caulinitica desse solo é um fator benéfico, que colabora para comparações com o solo utilizado na região de Campos dos Goytacazes, região competidora de mercado.

A cor avermelhada presente nos artefatos cerâmicos produzidos é devido à quantidade de óxido férrico (Fe₂O₃), tratando-se de um agente fundente, baixando o ponto de fusão da argila, podendo também indicar a presença de goetita (FeO.OH) [3].

A Figura 2 mostra os resultados da avaliação da absorção de água nos corpos de prova avaliados.

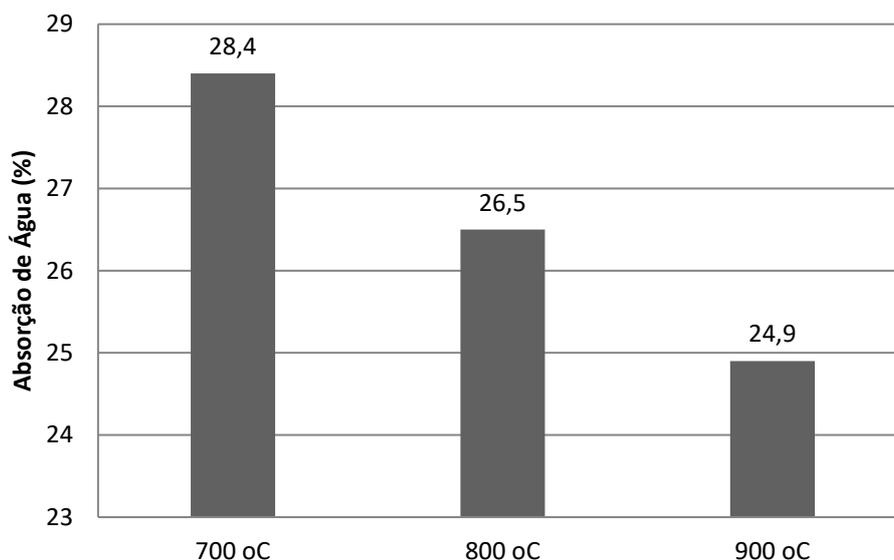


Figura 3. Avanço da absorção de água em função da temperatura de queima.

Observa-se na Figura 3 uma redução na absorção de água dos corpos de prova queimados, essa redução ocorreu dentro dos limites esperados e verificados

em outros trabalhos da literatura, atendendo as especificações das normas técnicas nacionais. Os corpos de prova submetidos à temperatura de 700 °C não atenderam aos critérios para serem utilizados como artefatos cerâmicos, devido a não ocorrência das transformações de fases necessárias ao enrijecimento da matriz [4 e 6].

A Figura 4 mostra os resultados de resistência mecânica de flexão a três pontos.

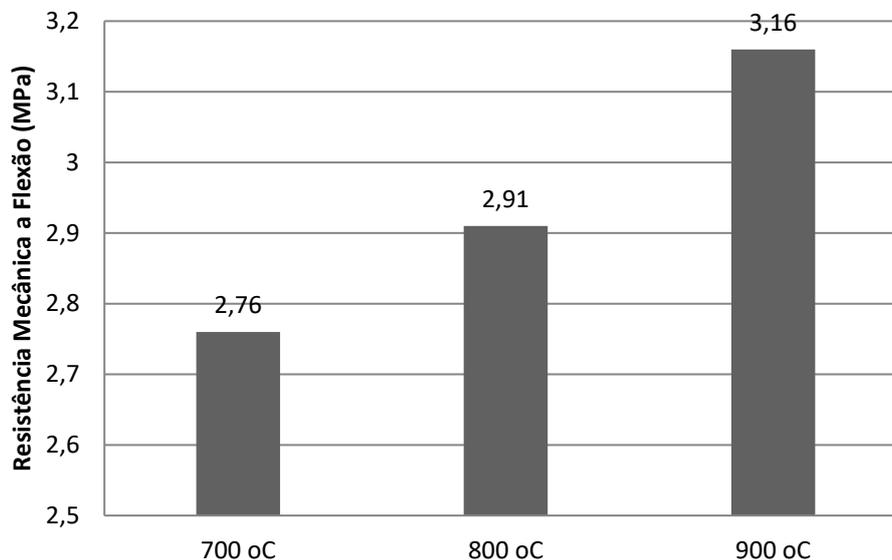


Figura 4. Avanço da resistência mecânica em função da temperatura de queima.

Observa-se um expressivo ganho de resistência, que tem correlação com o efeito deletério da porosidade aberta, ligada a absorção de água, sobre a resistência mecânica, pois os poros reduzem a área da seção cruzada onde a carga é aplicada e atuam como concentradores de tensão interna, sendo pontos frágeis dos materiais, em termos microestrutura. Corpos de prova sujeitos a temperaturas de queima mais elevadas reproduzem maior resistência, atendendo as especificações da norma brasileira, como na temperatura de 900 °C [3 e 6].

3 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que:

- Os resultados da caracterização mostram que o solo analisado é uma argila siltosa, pouco arenosa. A densidade real dos grãos encontra-se dentro da faixa de valores das argilas utilizadas na fabricação de artefatos cerâmicos, juntamente com as frações granulométricas, que também encontram-se dentro dos limites recomendados para a conformação de peças em cerâmica vermelha.
- A composição química da massa argilosa indica uma quantidade de sílica, alumina, óxido de ferro e outros óxidos numa proporção tal que permite a plasticidade necessária para a conformação dos blocos via processo de extrusão.
- A temperatura de queima exerce influencia nas propriedades tecnológicas dos artefatos cerâmicos, sendo de grande importância técnica e econômica, em vistas dos custos energéticos envolvidos.

- Quanto maior a temperatura de queima maior será a tendência de retração linear das peças diminuição da porosidade, e sua absorção de água, culminando em maiores resistências mecânicas, viabilizando seu uso.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPERJ, CNPq e CAPES pela ajuda e suporte financeiro a execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 MACEDO, R. S., MENEZES, R. R., NEVES, G. A., FERREIRA, H. C.; Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha, *Cerâmica* 54 (2008) 411-417.
- 2 SANTOS, I. M. G.; SILVA, J. M.; TRINDADE, M. F. S.; SOLEDADE, L. E. B.; SOUZA, A. G.; PASKOCIMAS, C. A.; LONGO, E.; Efeito da adição de rejeito na redução de coração negro em cerâmicas vermelhas, *Cerâmica* 51 (2005) 144-150
- 3 CABRAL JUNIOR, M., MOTTA, J. F., ALMEIDA, A. S., TANNO, L. C.; *Argilas para Cerâmica Vermelha, Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2005.*
- 4 Monteiro, S. N.; Vieira, C. M. F. Influence of firing temperature on the ceramics properties of clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied Clay Science*, v. 27, p. 229 – 334, 2004.
- 5 MARVILA, M.T.; ALEXANDRE, J.; A.R. G. Azevedo ; ZANELTO, E.B ; XAVIER, G.C; MONTEIRO, S.N. Study on the replacement of the hydrated lime by kaolinitic clay in mortars. *Advances in Applied Ceramics*, v. 10, p. 20-30, 2019
- 6 Azevedo, A.R.G.; FRANÇA, B.R. ; ALEXANDRE, J. ; MARVILA, M.T. ; Zanelato, E.B. ; Xavier, G.C. . Influence of sintering temperature of a ceramic substrate in mortar adhesion for civil construction. *Journal of Building Engineering*, v. 19, p. 342-348, 2018
- 7 SOUZA SANTOS, P *Ciência e Tecnologia das Argilas*. 3ª Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. Vol. 1, 499p. 1992.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *Solo* - esta Norma prescreve o método para análise granulométrica de solos, realizada por peneiramento ou por combinação de sedimentação e peneiramento: NBR 7181:1984. Versão Corrigida:1988. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- 9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984). *Solo* - esta Norma prescreve o método para a determinação do limite de plasticidade e para cálculo do índice de plasticidade dos solos: NBR 7180:1984 Versão Corrigida:1988. Rio de Janeiro, RJ, 1984
- 10 VIEIRA, C. M. F.; HOLANDA, J. N. F. de; PINATTI, D. G.. Caracterização de massa cerâmica vermelha utilizada na fabricação de tijolos na região de Campos dos Goytacazes – RJ. *Cerâmica* 46 (2000)...