

Avaliação de Argilas Caulínicas de Campos dos Goytacazes Utilizadas para Fabricação de Cerâmica Vermelha

C. M. F. Vieira*, R.M. Pinheiro, S. N. Monteiro

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF

Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV

Av. Alberto Lamego – 2000, 28013-602, Campos dos Goytacazes, Brasil,

*e-mail: vieira@uenf.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito da variação, na composição de massa cerâmica, dos dois principais tipos de argilas de Campos dos Goytacazes, norte do Estado do Rio de Janeiro, no processamento e na performance técnica da cerâmica vermelha. As argilas, denominadas de “forte” e “fraca”, foram inicialmente submetidas a ensaios de caracterização mineralógica, química e física. Em seguida, foram preparadas composições variando a quantidade das argilas. A plasticidade foi avaliada pelo método de Atterberg. Foram preparados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20MPa para queima a 900°C. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: retração linear, absorção de água e tensão de ruptura à flexão. Os resultados indicaram que as argilas são mineralogicamente semelhantes com a presença de caulinita, quartzo, gibsita e mica muscovita. A argila “fraca” reduz significativamente a absorção de água e retração linear de queima da cerâmica. Entretanto, ocorre também uma redução da resistência mecânica. Este comportamento é atribuído à maior presença de quartzo.

Palavras-chaves: argilas, caracterização, processamento, propriedades, telhas.

1 INTRODUÇÃO

No município de Campos dos Goytacazes são encontrados, basicamente, cinco tipos de argilas constantemente exploradas para a fabricação de cerâmica vermelha⁽¹⁻⁴⁾. À exceção da argila denominada de carolinho, às demais não apresentam uma denominação comum, sendo referenciadas comparativamente entre si pela maior ou menor teor de areia presente. As argilas mais arenosas são denominadas de “fraca” ou “magra”. Já as argilas menos arenosas são denominadas de “forte” ou “gorda”. Apesar da coloração das argilas não ser utilizada num consenso geral para denominá-las, pode-se correlacionar as argilas de coloração amarela como do tipo “fraca” e as argilas de coloração amarela-acinzentada, cinza e preta como do tipo “forte”. As argilas de Campos dos Goytacazes já foram extensivamente estudadas em trabalhos anteriores⁽¹⁻⁴⁾, sendo que apresentam como característica principal e comum, a predominância da caulinita.

As massas cerâmicas locais são geralmente elaboradas empiricamente pelas indústrias através da mistura das argilas “forte” e “fraca”. Eventualmente, algumas cerâmicas utilizam areia do tipo quartzosa na composição de massa. A composição desta mistura é bastante variável e depende do tipo de argila utilizada, do tipo de produto que se deseja fabricar e das próprias características das argilas na frente de lavra.

Neste sentido, este trabalho pretende determinar a composição de massa mais adequada entre as principais argilas de Campos dos Goytacazes que permita a fabricação de telhas cerâmicas com otimização da performance técnica sem afetar sua trabalhabilidade.

2 MATERIAIS e MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram elaboradas cinco formulações de massas cerâmicas utilizando argilas do município de Campos dos Goytacazes, denominadas de argila “forte” (Fo) e argila “fraca” (Fr). As massas diferenciam entre si pela porcentagem em peso das matérias primas da seguinte forma: 100% (Fo), 70% (7Fo3Fr), 50% (FoFr), 30% (3Fo7Fr) e 0% (Fr) de argila forte. Após coleta das matérias-primas nas jazidas, estas foram inicialmente secas em estufa a 110°C, desagregadas com pilão manual e submetidas a ensaios de caracterização: difração de raios-X, composição química, distribuição de tamanho de partícula, análises

termo-gravimétrica e termo-diferencial e plasticidade. Para os ensaios de difração de raios-X - DRX, foram utilizadas amostras em forma de pó em difratômetro marca Sheifert, modelo URD 65, operando com radiação de Cu - $K\alpha$ e 2θ variando de 5° a 40° . A composição química das massas foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios-X em equipamento Philips PW 2400. A distribuição de tamanho de partículas das foi determinada por combinação de técnicas de peneiramento e sedimentação de acordo com norma técnica⁽⁵⁾. As análises térmica-diferencial – ATD e termo-gravimétrica - TG foram realizadas num módulo de análise simultâneo, modelo SDT2960 da TA Instrumentos. A taxa de aquecimento empregada foi de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ com atmosfera de ar. A plasticidade das argilas foi determinada pelo método de Atterberg, de acordo com normas técnicas^(6, 7).

Após a formulação das cinco massas, estas foram homogeneizadas a seco em bateadeira durante 15 minutos. Foram confeccionados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20 MPa e com 8% de umidade em matriz de aço no tamanho $114,3 \times 25,4 \times 10 \text{ mm}^3$. Em seguida os corpos foram secos em estufa a 110°C até alcançarem peso constante. A queima foi realizada em forno de laboratório na temperatura de patamar de 900°C . Foi utilizada uma taxa de aquecimento/resfriamento de $3^\circ\text{C}/\text{minuto}$ e tempo de permanência na temperatura de patamar de 60 minutos. As propriedades tecnológicas avaliadas foram: absorção de água, retração linear e tensão de ruptura à flexão (3 pontos).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características das Argilas

A Figura 1 apresenta os difratogramas de raios-X das argilas “forte” - Fo e “fraca” - Fr. Observa-se que ambas as argilas apresentam composição mineralógica similar, sendo observados picos de difração correspondentes da caulinita – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, quartzo – SiO_2 , gibsita – $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ e mica muscovita – $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. A caulinita é o argilomineral presente no caulim e em muitas argilas utilizadas para fabricação de produtos cerâmicos destinados à construção civil. Este mineral é responsável pelo desenvolvimento de plasticidade e apresenta comportamento de queima refratário. O quartzo se constitui como a principal impureza presente nas argilas, atuando como matéria-prima não plástica e

inerte durante a queima. A gibsita contribui para o aumento da refratariedade das argilas e da perda de massa durante a queima. A mica muscovita é um mineral com textura lamelar que pode ocasionar o aparecimento de defeitos nas peças cerâmicas. Em tamanho de partícula reduzido, a mica muscovita pode atuar como fundente devido à presença de óxidos alcalinos.

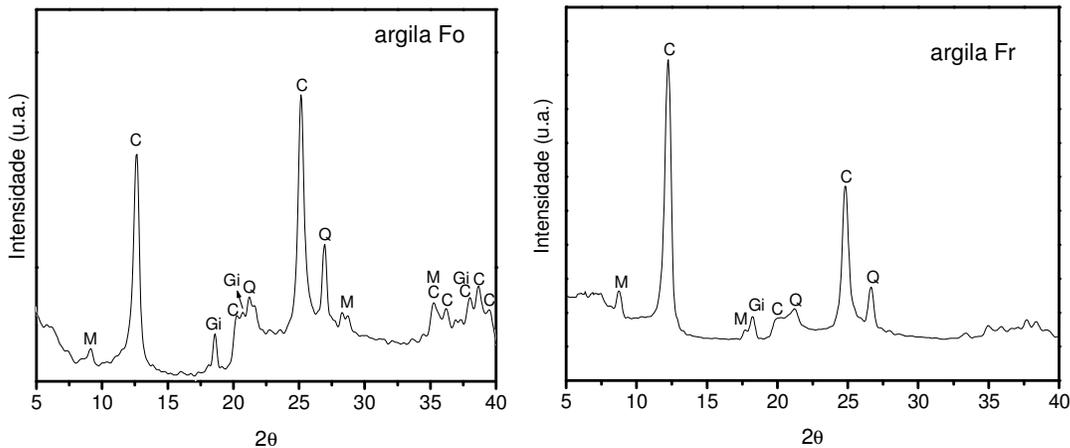


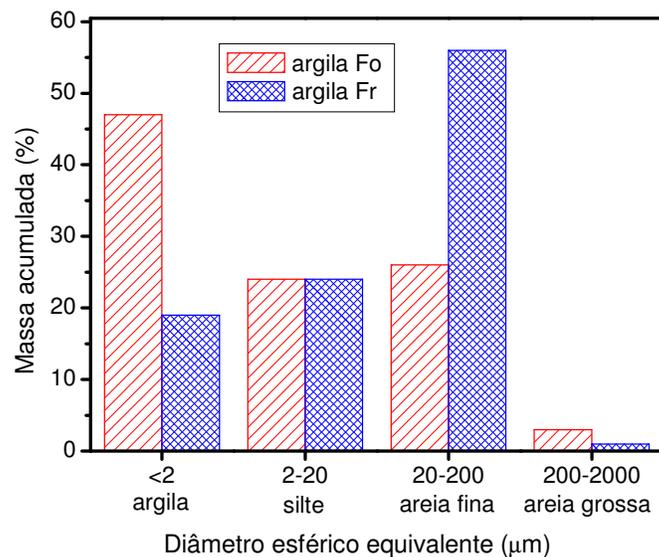
Figura 1: DRX das argilas. C = caulinita; Gi = gibsita; M = mica muscovita; Q = quartzo.

Observa-se, de acordo com a Tabela 1, que as argilas “forte” e “fraca” apresentam composição química tipicamente caulinitica, com elevado teor relativo de alumina (Al_2O_3), baixo percentual de sílica (SiO_2) e baixo teor de fundentes alcalinos ($\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$). Argilas ditas fundentes, de predominância ilítica, apresentam menor teor de Al_2O_3 e maiores teores de SiO_2 e óxidos alcalinos $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ que as argilas cauliniticas⁽⁸⁻¹⁰⁾. É possível notar na Tabela 1 que as argilas “forte” e “fraca” apresentam uma relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1,88 e 2,60, respectivamente. Quanto mais próxima for esta relação de 1,18, correspondente à caulinita teórica, maior será a quantidade de caulinita presente na argila. Desta forma, a argila “forte” possui maior quantidade de caulinita e menor teor de SiO_2 livre, na forma de quartzo, em comparação com a argila “fraca”. Observa-se ainda na Tabela 1 percentuais elevados de Fe_2O_3 , responsável pela coloração avermelhada da cerâmica após queima.

Tabela 1: Composição química das argilas (% em peso).

Matérias-primas	Determinações								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	PF
Argila Fo	48,84	25,94	9,14	1,30	0,30	0,83	1,91	0,46	12,06
Argila Fr	55,75	21,48	8,55	1,18	0,39	0,98	2,27	0,74	8,30

A Figura 2 apresenta a distribuição de tamanho de partículas das matérias-primas. Nesta figura as diferentes faixas de tamanho de partícula estão associadas à fração argila, silte e areia fina e areia grossa, de acordo com classificação granulométrica dos solos da International Society of Soil Science⁽¹¹⁾. Observa-se que a argila Fo apresenta maior teor de partículas com diâmetro esférico equivalente < 2 µm, as quais estão associadas predominantemente aos argilominerais. No caso das argilas estudadas, pode-se correlacionar esta fração granulométrica à caulinita. A argila Fo apresenta ainda menor teor de areia em comparação com a argila Fr. As partículas de areia, sobretudo, as de tamanho grosseiro são problemáticas para a etapa de queima da cerâmica devido ao risco de aparecimento de trincas causadas pela transformação alotrópica do quartzo em temperaturas da ordem de 570°C⁽¹²⁾, acarretando redução da resistência mecânica das peças. Por outro lado, a presença de areia é importante para ajustar a plasticidade/trabalhabilidade da argila e para reduzir a retração de secagem e queima. O percentual de areia presentes em massa de cerâmica vermelha normalmente situa-se aproximadamente entre 15 a 30%⁽¹³⁾.

**Figura 2:** Distribuição de tamanho de partículas das argilas (% em peso).

3.2 Características das Composições Investigadas

A Tabela 2 apresenta a plasticidade das argilas avaliadas pelos limites de Atterberg. A plasticidade das argilas se desenvolve quando se adiciona água em uma certa quantidade. Com isso, a mistura argila/água se constitui como uma massa coesiva que pode ser moldada com facilidade.

O desenvolvimento de plasticidade em argilas, em mistura com água, é de fundamental importância e fundamenta sua utilização desde a antiguidade para a obtenção de diversos produtos cerâmicos. O método de Atterberg⁽¹⁴⁾ determina o intervalo de umidade em que uma argila ou massa argilosa possa ser moldável. Para isso, defini-se um limite de plasticidade LP que indica a quantidade de água mínima para alcançar o estado plástico e o limite de liquidez LL que indica a quantidade máxima de água que o material suporta se alterar seu estado plástico. Acima deste limite, a argila ou massa argilosa não apresenta consistência para ser moldável. O índice de plasticidade IP se define como a diferença entre o LL e LP. Considera-se na literatura que as argilas ou massa argilosa deve apresentar um IP mínimo de 10%⁽¹⁵⁾. Valores abaixo disso, podem ser problemáticos para o processamento cerâmico, pois encontram-se dentro dos limites de tolerância utilizados pelas indústrias, podendo acarretar mudança de consistência da argila ou massa argilosa. Observa-se na Tabela 2 que as argilas apresentam IP superior a 10%. Já o limite de plasticidade recomendável situa-se entre 18 a 25%. Neste caso, as duas argilas apresentam um excessivo valor de LP que acarreta uma maior quantidade de água de conformação. A consequência disto é que haverá uma maior dificuldade de secagem.

Tabela 2: Plasticidade das argilas.

Limites de Atterberg	Argila Fo	Argila Fr
LP	32	26
LL	59	49
IP	27	23

A Figura 3 mostra as curvas ATD/TG/DTG das argilas Fo e Fr. É possível observar que as duas argilas apresentam comportamento térmico bastante semelhante, diferenciando basicamente no teor de perda de massa. Isto está associado a um menor teor de argilomineral do tipo caulinita na argila Fr. De acordo com a fig. 3, nota-se que as argilas apresentam dois picos endotérmicos bem próximos um do outro em temperaturas ao redor de 260°C. A existência destes picos está relacionada com a eliminação de água de hidróxidos de alumínio (gibbsite) e hidróxido de ferro (goetita). Estes picos endotérmicos estão associados a uma perda de massa de 2,2 e 3,2% para as argilas Fo e Fr, respectivamente. Outra reação endotérmica é observada nas curvas de ATD das argilas Fo e Fr em temperaturas próximas a 490°C. Esta reação é atribuída à eliminação das hidroxilas da caulinita. As correspondentes perdas de massa são de 9,1% e 6,8% para as argilas Fo e Fr, respectivamente. Por fim, as argilas apresentam um leve pico exotérmico em temperaturas ao redor de 950°C. Este pico é característico da formação de novas fases a partir da decomposição da metacaulinita.

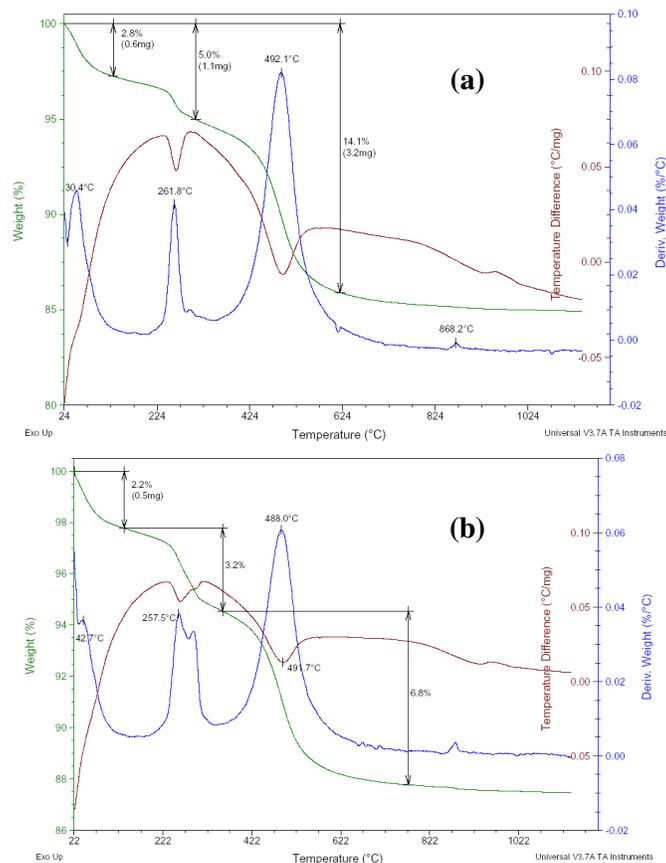


Figura 3: Curvas de ATD/TG das matérias-primas. (a) argila Fo; (b) argila Fr.

A Figura 4 apresenta a absorção de água das composições investigadas. Observa-se uma redução significativa na absorção de água de acordo com a diminuição no teor da argila “forte”. Como a absorção de água é uma propriedade relacionada com a porosidade aberta do material, este comportamento ocorre basicamente por dois motivos. O primeiro é atribuído ao menor grau de empacotamento a seco da argila Fo. O segundo é a contribuição da perda de massa durante a queima para o incremento da porosidade.

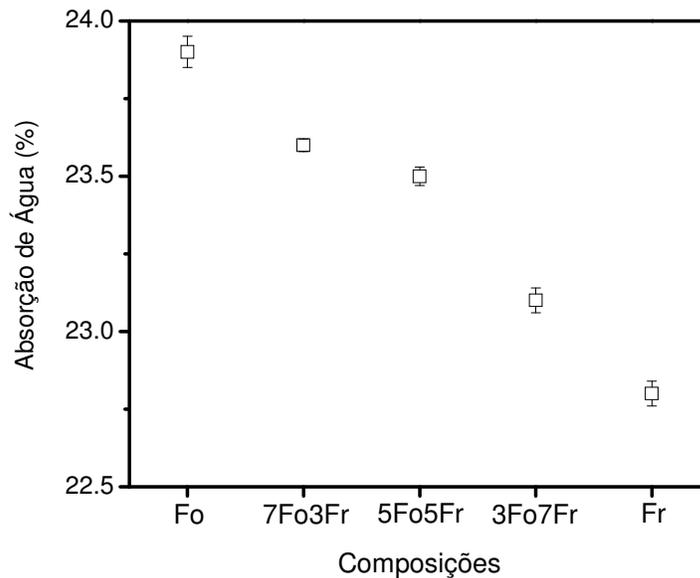


Figura 4: Absorção de água das composições.

Observa-se, de acordo com a Figura 5, uma redução na retração linear com a diminuição do teor da argila “forte”. Esta queda nos valores de retração linear se dá devido à redução da perda de massa para maiores percentuais de incorporação de argila “fraca” e à maior quantidade de areia que atua como inerte durante a queima. O maior grau de empacotamento a seco da argila “fraca” e comparação com a argila “forte” também contribui para este comportamento.

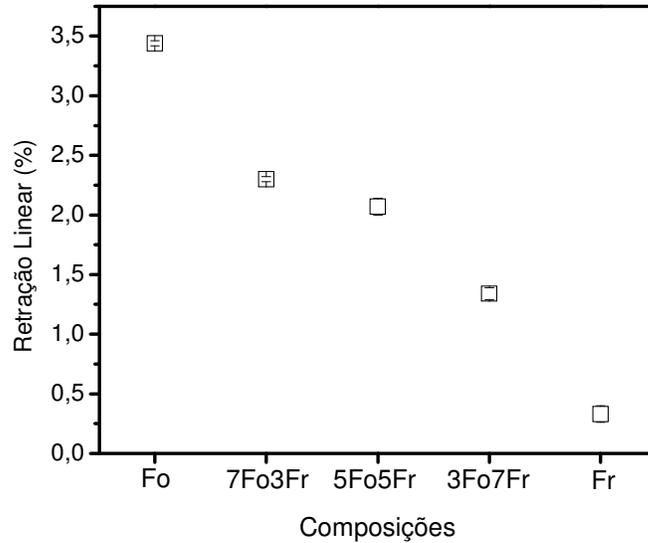


Figura 5: Retração linear das composições.

A Figura 6 apresenta a tensão de ruptura à flexão das composições. Observa-se que ocorre uma redução da resistência mecânica com o aumento do teor de argila “fraca”. Isto é atribuído à maior presença de areia nesta argila, conforme mostrado na Fig. 2. As partículas de areia na forma de quartzo apresentam um comportamento bem conhecido na literatura com alteração de volume, devido à transformação alotrópica, em temperaturas em torno de 573°C. Isto pode ocasionar trincas ao redor das partículas de quartzo, sobretudo durante o resfriamento.

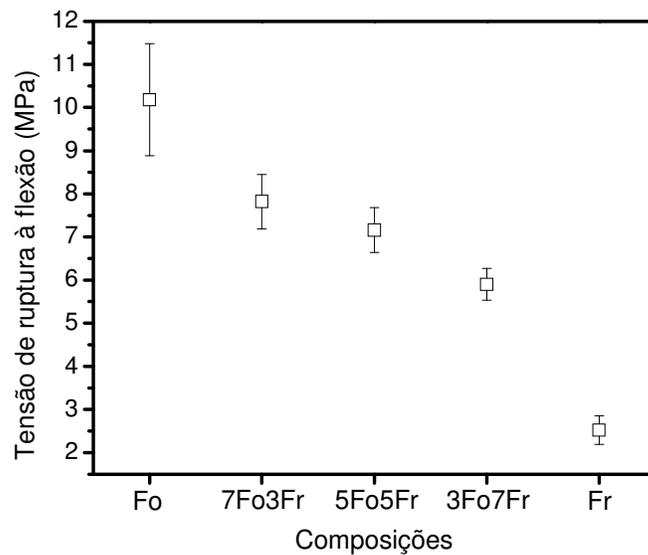


Figura 6: Tensão de ruptura à flexão das composições.

4 CONCLUSÕES

- As argilas Fo e Fr são tipicamente caulínicas. De acordo com a granulometria, a argila “forte” apresenta uma menor quantidade de quartzo em comparação com a argila “fraca” e maior quantidade de caulinita. Ainda de acordo com a granulometria, a argila “forte” se constitui como uma massa natural para fabricação de telhas. Entretanto, sua plasticidade é considerada excessiva para os parâmetros de processamento atualmente empregados pelas indústrias de ponta.
- Devido ao seu menor grau de empacotamento a seco e maior perda de massa durante a queima, a argila “forte” apresenta maiores valores de absorção de água e de retração linear de queima que a argila “fraca”. Entretanto, devido ao menor teor de areia, a argila “forte” apresenta maior resistência mecânica em comparação com a argila “fraca”.
- Apesar da redução da resistência mecânica, a utilização da argila “fraca” na composição da massa cerâmica para telhas se faz necessária para ajustar a plasticidade/trabalhabilidade da massa e reduzir a retração linear de queima e absorção de água. Entretanto, a absorção de água para todas as composições investigadas ainda é considerada excessiva.
- A obtenção de telhas cerâmicas com as argilas de Campos dos Goytacazes com percentual de absorção de água comparável com as melhores telhas nacionais só é possível com a incorporação de material fundente e com diminuição da plasticidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ, processo n. E-26/103.023/2008, e ao CNPq, processo n. 306027/2008-9.

5 REFERÊNCIAS

1. ALEXANDRE, J. ***Análise de Matérias-primas e Composições de Massa Utilizada em Cerâmicas Vermelhas***. 2000, 174p. Tese (Doutorado em Ciência de Engenharia), Universidade Estadual do Norte Fluminense, UENF, Campos dos Goytacazes-RJ.

2. MONTEIRO, S. N., VIEIRA, C. M. F. "Characterization of Clays from Campos dos Goytacazes, North Rio de Janeiro State (Brazil)", *Tile & Brick Int.* v. 18, n. 3, p.152-157, 2002.
3. CAPITANEO, J. L. **Formulação de Massas Cerâmicas para pisos Extrudados Semiporosos de Cor Clara Utilizando Fonolito e Argilas Cauliníticas.** 2003, Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Coppe/UFRJ, Rio de Janeiro-RJ,.
4. MONTEIRO, S. N., VIEIRA, C. M. F. Characteristics and Influence of Firing Temperature on the Properties of Clays from Campos dos Goytacazes, Brazil. *Applied Clay Science*, v. 27, n. 3-4, p. 229, 2004.
5. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Determinação da Análise Granulométrica dos solos**, NBR – 7181-84, 1984.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Determinação do Limite de Plasticidade**, NBR – 7180, Rio de Janeiro, 1984.
7. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **Determinação do Limite de Liquidez**, NBR – 6459, Rio de Janeiro, 1984.
8. SANTOS, C. V.; CHAGAS A. A. P.; CASTRAL JR, J. Estudo da Influência da Proporção Dos Argilo-Minerais Ilita/ Caulinita Nas Propriedades Físicas de Argilas da Região de Santa Gertrudes (Sp). **Anais** do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Florianópolis, SC, 1999, p. 1-12.
9. BELTRÁN, V.; BAGAN, V.; SANCHEZ, E.; NEGRE, F. Características técnicas de las arcillas utilizadas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerâmicos en pasta roja. **Tecnica Cerâmica**, 164, pp. 280-287, 1988.
10. C. R. OLIVEIRA, J. CASTRAL JR., C. V. DOS SANTOS, C. BOLFARINI, L. C. CHIARI, **Anais** do 44º Congresso Brasileiro de Cerâmica, São Pedro, SP, Junho de 2000, p. 19001.
11. SANTOS, P. S. **Ciência e Tecnologia das Argilas.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1989.
12. CARTY, W. M.; SENAPATI, U. Porcelain-raw materials, processing, phase evolution, and mechanical behavior. *J. Am. Ceram. Soc.* v. 81, n. 1, pp. 3-20, 1998.
13. FACINCANI, E. **Tecnología Cerámica – Los Ladrillos.** Barcelona: Faenza Editrice Iberica, 1997.

14. BARBA, A.; BELTRÁN, V.; FELIU, C.; GARCÍA, J.; GINÉS, F.; SÁNCHEZ, E.; SANZ, V. *Materias primas para la fabricación de soportes de baldosas cerámicas*, Instituto de Tecnología Cerámica-AICE, Castellón, 1997.
15. ABAJO, M. F. *Manual sobre Fabricación de Baldosas, Tejas y Ladrillos*. Beralmar S. A, Espanha, 2000.

Evaluation of Kaolinitic Clays from Campos dos Goytacazes Used for Red Ceramic Fabrication

ABSTRACT

This work has for objective to evaluate the effect of the variation, in the ceramic body composition, of the two main types of clays from Campos dos Goytacazes north of the State of Rio de Janeiro, in the processing and technical performance of the red ceramic. The clays designated as “strong” and “weak” were previously submitted to mineralogical, chemical and physical characterization tests. In the sequence, compositions were prepared varying the amount of the clays. The plasticity of the clays was determined by the Atterberg method. Specimens were prepared by uniaxial pressing at 20 MPa before firing at 900°C. The technological properties evaluates were: linear shrinkage, water absorption and flexural strength. The results showed that the clays are mineralogically similar with the presence of kaolinite, quartz, gibbsite and muscovite mica. The “weak” clay significantly decreases the water absorption and the firing linear shrinkage of the compositions. However, it was also observed a decrease in the mechanical strength. This behavior is due to the presence of quartz in a higher amount.

Keywords: clays, characterization, processing, properties, roofing tiles.