

## Massas cerâmicas para telhas: avaliação microestrutural

VIEIRA, C.M.F.; PINHEIRO, R.M.; MONTEIRO, S.N.

Laboratório de Materiais Avançados – LAMAV, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense LAMAV/CCT/UENF, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 28013-602  
e-mail: [vieira@uenf.br](mailto:vieira@uenf.br), [regina@uenf.br](mailto:regina@uenf.br), [sergio.neves@ig.com.br](mailto:sergio.neves@ig.com.br)

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a microestrutura de queima de cerâmicas argilosas utilizadas para fabricação de telhas por meio de ensaios de difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura e porosimetria ao mercúrio. Corpos-de-prova de quatro massas cerâmicas foram preparados por prensagem uniaxial e queimados a 975°C. Em seguida, foram submetidos a ensaio mecânico para determinação da tensão de ruptura à flexão. Os resultados indicaram que a massa cerâmica caulinítica proveniente de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, apresentou uma microestrutura com maior volume de poros em comparação com outras três massas cerâmicas. Entretanto, o menor teor de quartzo e o menor tamanho de poros foram predominantes para que a massa de Campos dos Goytacazes apresentasse uma melhor performance mecânica.

**Palavras-chaves:** cerâmica vermelha, telhas, microestrutura.

## Ceramic bodies for roofing tiles: microstructural evaluation

### ABSTRACT

This work has as its objective to evaluate the microstructure of fired clayey bodies used to the fabrication of roofing tiles by X-ray diffraction, scanning electron microscopy and mercury porosimetry analysis. Specimens of four roofing tiles bodies were prepared by uniaxial pressure and fired at 975°C. The mechanical test was accomplished to determine the flexural rupture strength. The results indicated that the kaolinitic ceramic body from Campos of Goytacazes, State of Rio de Janeiro, presents a microstructure with higher volume of pores. However, the lower amount of free quartz and pore size were predominant for the better mechanical performance of the body from Campos dos Goytacazes.

**Keywords:** red ceramic, roofing tiles, microstructure.

## 1 INTRODUÇÃO

O município de Campos dos Goytacazes, localizado no norte do estado do Rio de Janeiro apresenta uma grande reserva de argilas. Tal matéria-prima abastece o setor cerâmico de Campos, o qual é especializado na produção de tijolos e telhas e responde por 35% da produção estadual de cerâmica vermelha, que corresponde em média a 200 milhões de peças/mês, tendo mais de 100 indústrias cerâmicas sindicalizadas, gerando cerca de R\$ 168 milhões por ano [1].

Entretanto, existe na região uma grande dificuldade para produção de telhas dentro das especificações técnicas exigidas, principalmente no que se refere ao parâmetro de absorção de água que deve ser menor que 20%, para, por exemplo, telhas tipo romana [2]. Estes produtos são elaborados com argilas cauliníticas locais que são sedimentos quaternários de origem flúvio-lacustre [3]. A diversificação da produção de cerâmica vermelha, sobretudo com a fabricação de produtos de elevado valor agregado como as telhas cerâmicas, é uma das linhas de atuação do Laboratório de Materiais Avançados-LAMAV da Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF em parceria com empresas da região de Campos.

Neste sentido, foi elaborado um trabalho que teve por objetivo estudar comparativamente os resultados de caracterização de uma massa cerâmica para telhas do município de Campos-RJ com outras três massas cerâmicas para telhas de reconhecida qualidade técnica [7]. Foi observado que embora a massa cerâmica de Campos dos Goytacazes apresentasse uma maior absorção de água em relação às demais massas,

os valores de tensão de ruptura à flexão também foram superiores em todas as temperaturas de queima utilizadas, de 825 a 1075°C.

Este trabalho tem como objetivo avaliar comparativamente a microestrutura de uma massa cerâmica para telhas do município de Campos do Goytacazes com outras três massas cerâmicas para telhas, oriundas do Piauí, Santa Catarina e Portugal possibilitando assim compreender as propriedades físicas e mecânicas obtidas em trabalho anterior.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foi utilizada uma massa cerâmica para telhas proveniente de indústria do pólo cerâmico do município de Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro, a qual foi comparativamente avaliada com outras três massas cerâmicas para telhas provenientes de indústrias das regiões de: Teresina (Piauí), Morro da Fumaça (Santa Catarina) e Coímbra (Portugal). As quatro massas cerâmicas estudadas, elaboradas a partir da mistura de duas ou mais argilas, são utilizadas para fabricação de telhas com cor de queima avermelhada. A massa cerâmica Santa Catarina apresenta uma composição mineralógica bem simples, sendo identificada apenas presença de caulinita e quartzo. Nas massas Portugal e Piauí foram observadas além da caulinita e quartzo, a presença de picos de difração característicos de mica/ilita. Já na massa Campos, observa-se também picos de difração da gibsita (hidróxido de alumínio) e traços de minerais argilosos esmectíticos [7].

As massas cerâmicas foram coletadas na linha de produção após a etapa de extrusão, garantindo assim uma boa homogeneização. Após coleta das matérias-primas, estas foram inicialmente secas em estufa a 110°C e desagregadas com pilão manual.

Foram confeccionados corpos de prova por prensagem uniaxial a 20 MPa em matriz de aço no tamanho 114,3 x 25,4 x 10 mm<sup>3</sup> de forma que a densidade aparente a seco das peças fosse de 1,93 g/cm<sup>3</sup> com desvio-padrão de 0,03 g/cm<sup>3</sup>. Em seguida, os corpos de prova foram queimados em forno de laboratório a 975°C. Os corpos de prova foram mantidos na temperatura de patamar durante 2 horas. Utilizou-se uma taxa de aquecimento e de resfriamento de 4 °C/min.

Para os ensaios de difração de raios-X, foram utilizadas amostras em forma de pó em difratômetro marca SHEIFERT, modelo URD 65, operando com radiação de Cu-k<sub>α</sub>, e 2θ variando de 5° a 65° com varredura na forma de passo de 0,05° / 2 s.

A observação da superfície de fratura de amostras de corpos de prova queimados foi realizada por microscopia eletrônica de varredura utilizando um microscópio Zeiss modelo DSM 962.

A distribuição de tamanho de poros das cerâmicas queimadas foi obtida por porosimetria ao mercúrio utilizando um porosímetro Quantachrome Autoscan.

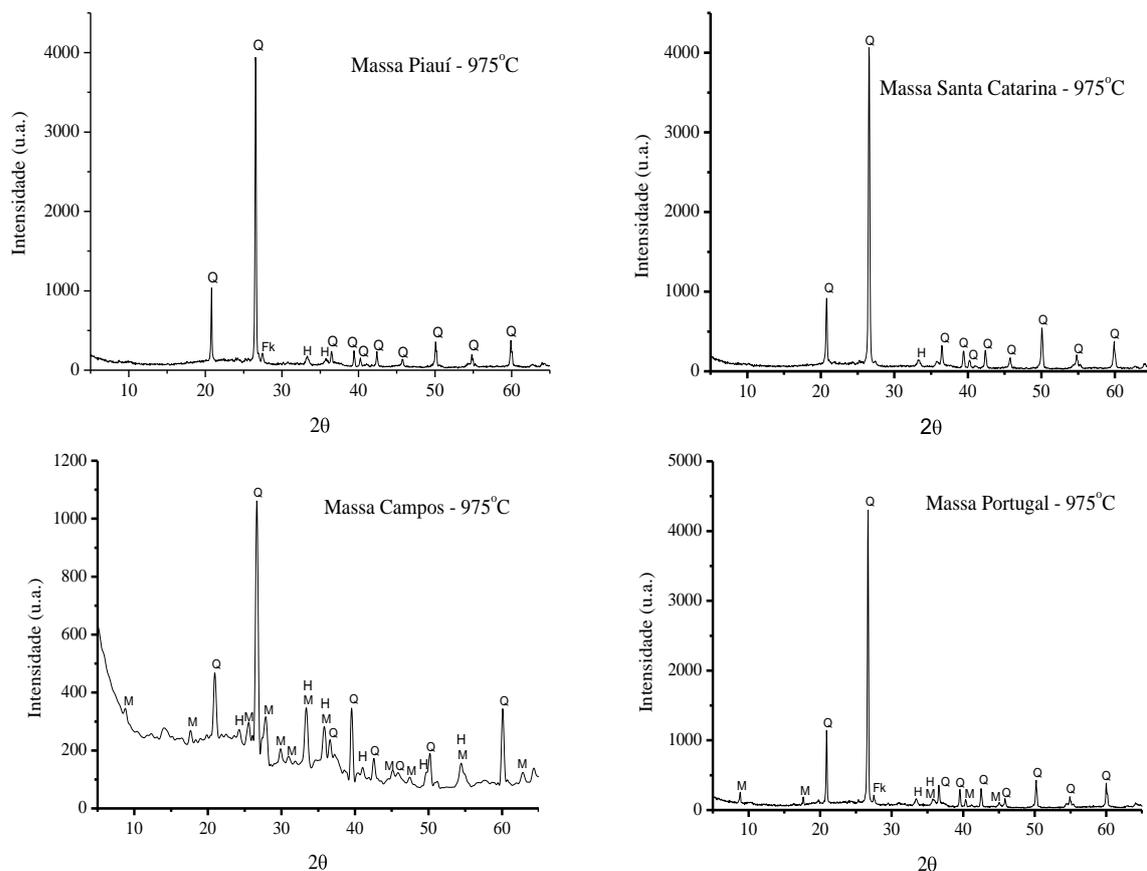
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Difração de raios-X

A Figura 1 apresenta os difratogramas de raios-X de queima das massas cerâmicas. A massa de Santa Catarina apresenta, na temperatura de 975°C, como fases cristalinas predominantes quartzo (Q) e hematita (H). Já a massa de Piauí apresenta além de Q e H, o feldspato potássico (Fk). A massa de Portugal além de Q, Fk e H, apresenta ainda um mineral micáceo (M). Já a massa de Campos é constituída predominantemente de Q, H e M.

O quartzo e o mineral micáceo, geralmente a mica muscovita, são fases ditas residuais, isto é, presentes inicialmente nas argilas em seu estado natural. Já a hematita e o feldspato potássico podem ser fases residuais ou formadas durante a etapa de queima. A hematita geralmente provém da decomposição dos hidróxidos de ferro ou da ilita. Já o feldspato potássico é formado em temperaturas ao redor de 700°C como consequência da reação de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e K<sub>2</sub>O [8]. Como estas fases não foram identificadas nos difratogramas das massas em seu estado natural [7], pode-se afirmar que no caso das massas investigadas estas fases são formadas durante a etapa de queima.

Analisando comparativamente todos os difratogramas apresentados, é possível notar uma semelhança das fases cristalinas de queima. Por outro lado, a massa de Campos apresenta uma quantidade de quartzo menor em relação às demais, conforme mostrado em trabalho anterior [7]. Notam-se ainda no difratograma da massa de Campos bandas largas que pode ser um indicativo de fase não cristalina. O argilomineral caulinita se transforma durante a queima na fase amorfa metacaulinita em temperaturas ao redor de 500°C. Como a massa de Campos apresenta uma maior quantidade de caulinita, espera-se uma maior presença de metacaulinita amorfa após queima.



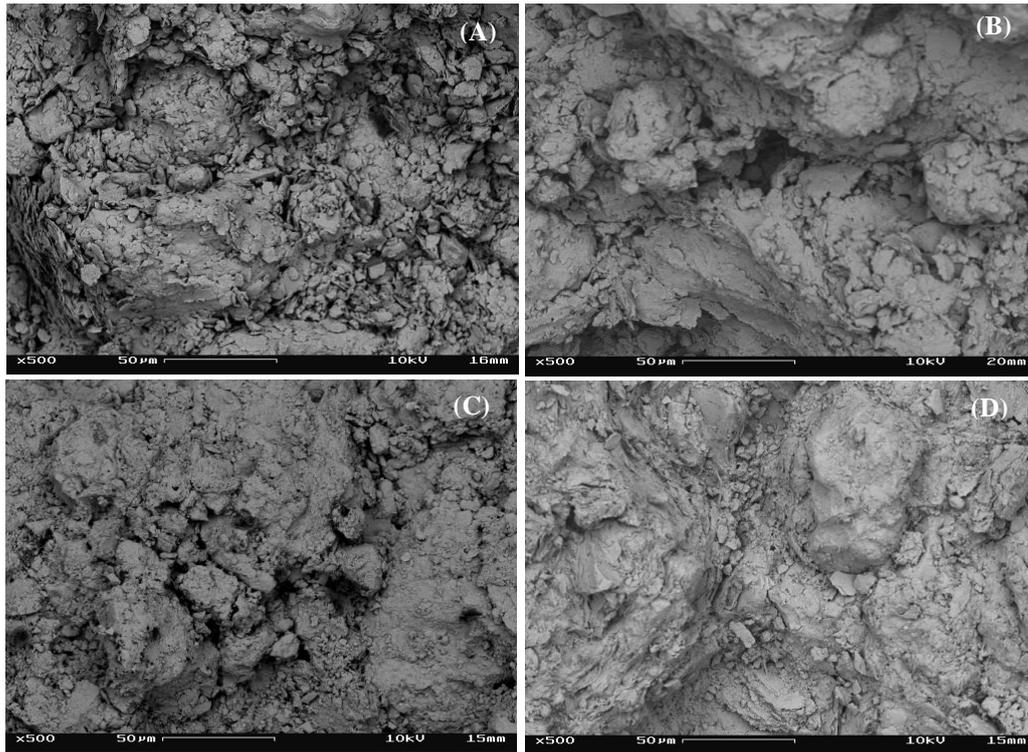
**Figura 1:** Difratograma de raios-X das massas cerâmicas queimadas a 975°C. Fk = feldspato potássico; H, = hematita; M = mineral micáceo; Q = quartzo.

### 3.2 Microscopia eletrônica de varredura

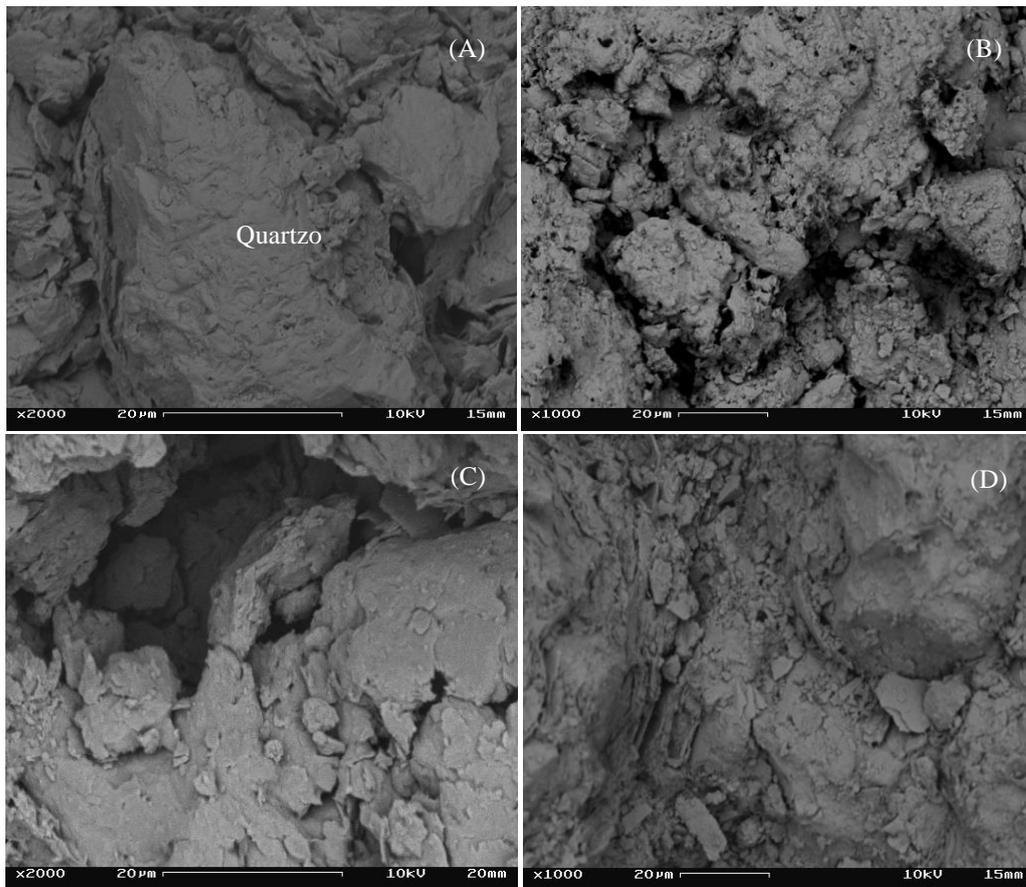
Para possibilitar a identificação das possíveis causas para a redução da resistência mecânica das massas cerâmicas provenientes de regiões que possuem reconhecida qualidade técnica na produção de telhas, foram realizadas observações por microscopia eletrônica de varredura das superfícies de fratura das cerâmicas queimadas a 975°C. A tensão de ruptura à flexão das massas Campos, Piauí, Santa Catarina e Portugal queimadas a 975°C foi de 6,96, 6,21, 4,16 e 4,12 MPa, respectivamente.

As micrografias da Figura 2 mostram que as massas apresentam uma superfície de fratura com textura bastante rugosa, evidenciando fratura do tipo intergranular e ocorrência de arrancamento de material durante a sollicitação mecânica.

As micrografias da Figura 3 correspondem a uma ampliação das regiões analisadas na Figura 2. A Figura 3(a), massa Portugal, evidencia um grão de quartzo com trincas ao seu redor. É sabido que o quartzo de elevado tamanho contribui efetivamente para a queda da resistência mecânica das cerâmicas [8]. As micrografias correspondentes às massas de Santa Catarina e Piauí, Figura 3(b) e Figura 3(c), respectivamente, mostram regiões de elevada porosidade, possivelmente formadas por descolamento de material como partículas de quartzo livre. Já a massa de Campos, Figura 3(d), apresenta uma superfície de fratura com ausência de poros de elevado tamanho, em comparação com às demais. Portanto, a menor quantidade de quartzo livre pode ser uma das razões para a maior resistência mecânica obtida para as massas de Campos. O quartzo possibilita o aparecimento tanto de trincas ao seu redor quanto de poros elevado tamanho proveniente do seu arrancamento da cerâmica.



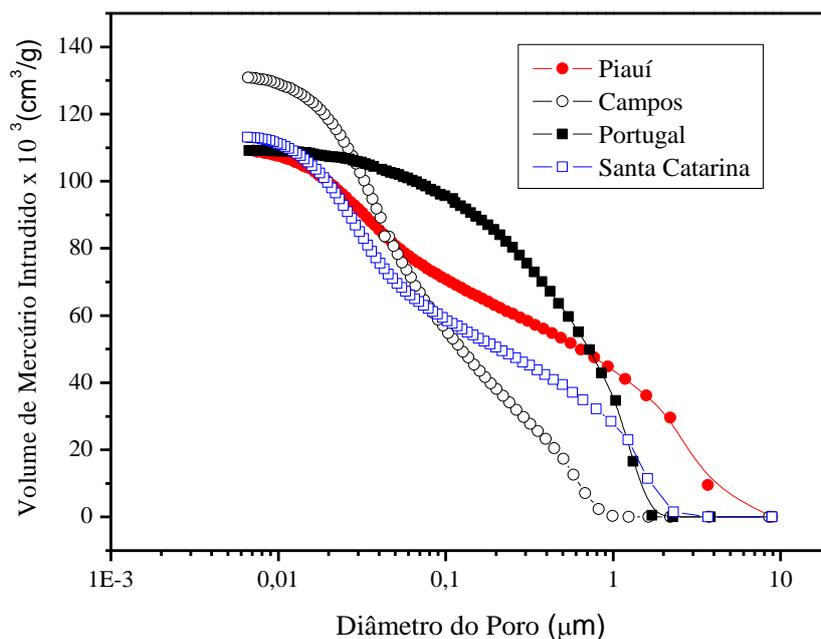
**Figura 2:** Micrografias obtidas por MEV da região de fratura das cerâmicas com aumento de 500 x: (a) Portugal; (b) Santa Catarina; (c) Piauí; (d) Campos.



**Figura 3:** Micrografias obtidas por MEV das massas cerâmicas com aumento de 1000 a 2000 x: (a) Portugal; (b) Santa Catarina; (c) Piauí; (d) Campos.

### 3.3 Porosimetria ao Mercúrio

A Figura 4 apresenta as curvas de distribuição de tamanho de poros das cerâmicas queimadas a 975°C. É possível observar que a massa Campos apresenta uma maior quantidade de poros abertos, aferido pelo maior volume de mercúrio intrudido, em comparação com as demais massas. Este resultado está de acordo com os maiores valores obtidos para a absorção de água [7], que também está associada à porosidade aberta da cerâmica. Por outro lado, a Figura 4 também mostra que embora a massa Campos apresente uma maior quantidade de poros, estes são de menor tamanho dentre todas as massas avaliadas. A massa Campos apresenta poros com tamanho máximo próximo a 1 µm, enquanto que a massa Piauí os poros alcançam tamanho próximo a 8 µm. Este resultado é uma das razões para a obtenção de maiores valores de resistência mecânica para a massa Campos. Na temperatura de 975°C, a massa Campos alcançou um valor de tensão de ruptura à flexão de 6,96 MPa. Já para as massas Piauí, Santa Catarina e Portugal estes valores foram de 6,21, 4,16 e 4,12 MPa, respectivamente [7].



**Figura 4:** Curvas de porosimetria ao mercúrio das cerâmicas queimadas a 975°C.

## 4 CONCLUSÕES

Neste trabalho de investigação da microestrutura de massas cerâmicas para telhas queimadas a 975°C, pode-se concluir que a massa de Campos apresenta uma maior quantidade de poros abertos em relação às demais massas investigadas de reconhecida qualidade. Entretanto, o menor teor de quartzo livre, bem como o menor tamanho de poro da massa cerâmica de Campos dos Goytacazes são os fatores responsáveis pela sua maior resistência mecânica. As fases cristalinas de queima são semelhantes para as massas investigadas. As fases comuns são quartzo e hematita.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERJ, CNPq, Capes e FENORTE/TECNORTE.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- [1] RAMOS, I. S., ALVES, M. G., ALEXANDRE, J., “Diagnóstico do polo cerâmico de Campos dos Goytacazes – RJ”, *Cerâmica Industrial*, v. 11, n. 1, pp. 28-32, 2006.
- [2] ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, *Componentes cerâmicos – Telhas – Terminologia, requisitos e métodos de ensaio*, NBR 13310, Rio de Janeiro (2005).

- [3] MANHÃES, R. S. T., AULER, L. T., STHEL, M. S., ALEXANDRE, J., MASSUNAGA, M. S. O., CARRIÓ, J. G., SANTOS, D. R., SILVA, E. C., GARCIA-QUIROZ, A., VARGAS, H. “Soil characterisation using X-ray diffraction, photoacoustic spectroscopy and electron paramagnetic resonance”, *Applied Clay Science*, v. 21, n. 5-6, pp. 303-311, 2002.
- [4] PINHEIRO, B. C. A., SILVA, A. G. P., HOLANDA, J. N. F., “Mineralogical composition and firing transformations of kaolin from North-East Brazil”, *Silicates Industriels*, v. 73, pp. 57-61, 2008.
- [5] VIEIRA, C. M. F., SÁNCHEZ, R., MONTEIRO, S. N., “Characteristics of clays and properties of building ceramics in the state of Rio de Janeiro, Brazil”, *Construction & Building Materials*, v.22, pp.781-787, 2008.
- [6] VIEIRA, C. M. F., TERRONES, L. A. H., SÁNCHEZ, R. J., MONTEIRO, S. N., “Características e efeito da fração granulométrica < 2 micrometros no comportamento de queima de uma argila”, *Cerâmica*, v.53, pp.249-254, 2007.
- [7] VIEIRA, C. M. F.; SOARES, T. M.; MONTEIRO, S. N., “Massas cerâmicas para telhas: características e comportamento de queima”, *Cerâmica*, v. 49, n. 312, pp. 245-250, 2003.
- [8] CARTY, W. M., SENAPATI, U., “Porcelain-Raw materials, processing, phase evolution, and mechanical behavior”, *Journal of the American Ceramic Society*, v. 81, pp. 1-18, 1998.