

Alterações microestruturais de cerâmica argilosa incorporada com lodo de ETA

VIEIRA, C.M.F.^I; MARGEM, J.I.^{II}; MONTEIRO, S.N.^I;

^ILaboratório 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, sergio.neves@ig.com.br

^{II} Eng. Mecânico TECNORTE - Pq de Alta Tecnologia do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 28013-602
e-mail: igorm@uenf.br

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar os aspectos microestruturais de cerâmica vermelha incorporada com lodo de estação de tratamento de água – ETA queimada a 700°C. O lodo foi coletado na etapa de filtração da estação de tratamento de água do município de Itaperuna, Estado do Rio de Janeiro. As composições foram preparadas com percentuais de lodo de ETA de 0% e 10% em peso e incorporadas na massa de cerâmica vermelha. A microestrutura das cerâmicas foi analisada por difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura, acoplada com sistema de espectroscopia por dispersão de energia (EDS). Os resultados indicaram que a incorporação de lodo de filtro de ETA altera as fases de queima e aumenta os defeitos microestruturais da cerâmica.

Palavras chaves: reciclagem, lodo de ETA, microestrutura, cerâmica vermelha.

Microstructural changes of clayey ceramic incorporated with filter sludge from water treatment plant

ABSTRACT

This work had as its objective to investigate the microstructural aspects of red ceramic incorporated with sludge from water treatment plant fired at 700°C. The sludge was collected at the filter stage in the water treatment plant of the county of Itaperuna, Rio de Janeiro State. The microstructure of the ceramics was analyzed with X-ray diffraction and scanning electron microscope with energy dispersive spectroscopy, EDS, facility. The results indicated that the incorporation of filter sludge change the fired phases and increases the microstructural defects of the ceramic.

Keywords: recycling, waterworks sludge, microstructure, red ceramic.

1 INTRODUÇÃO

O panorama do saneamento urbano mundial, demanda a responsabilidade de garantir a qualidade de vida de suas populações. No entanto, esta atividade em muitos países gera enormes quantidades de resíduos que são descartados diariamente nos corpos hídricos [1,2].

O simples descarte que vem das unidades de decantação e filtração de Estações de Tratamento de Água (ETA) acaba causando poluição no meio ambiente. Assim, esta prática deve ser evitada, devido ao alto grau poluidor gerado pelas contaminações, sobretudo, às intensas cargas orgânicas, que chegam a ser letais para a espécie humana. Desta forma, é necessário o emprego de tecnologias limpas que permitam o seu aproveitamento, ou reciclagem desses resíduos. Além dos problemas ambientais, seu manuseio e descarte representam um alto custo na operação das indústrias [3].

Entre as alternativas de disposição usualmente utilizadas, podem-se incluir o lançamento em cursos de água, o lançamento ao mar, lançamento na rede de esgotos sanitários, lagoas, aplicação ao solo e aterro sanitário [3]. Outras aplicações estão sendo investigadas para a disposição final do lodo de ETA, como por exemplo, o uso em cimento e em cerâmica vermelha [4-7].

Resíduos sólidos das mais diversas atividades industriais podem ser incorporados em argilas para fabricação de produtos de cerâmica vermelha. Essa prática tornou-se bastante investigada no meio científico, por apresentar uma alternativa para a destinação final ambientalmente correta, além de possibilitar a inertização de seus elementos potencialmente tóxicos [6,7]. Além da contribuição para o meio ambiente, outro aspecto favorável à incorporação de resíduos industriais em cerâmica vermelha, é o fato de que a composição da massa argilosa pode tolerar a presença de diversos tipos de materiais, ainda que em quantidades relativamente elevadas. Neste caso, a incorporação de resíduos pode contribuir na economia de matéria-prima, reduzindo a quantidade de argila utilizada, fazendo com que este recurso natural não renovável torne-se mais duradouro.

Em trabalho reportado na literatura [8] abordando a caracterização de um lodo de filtro de ETA, usado neste trabalho, e avaliando a sua influência nas propriedades de queima da cerâmica vermelha, foi possível concluir que a incorporação de lodo em até 5% em peso na massa argilosa não alterou a absorção de água e a retração linear da cerâmica queimada. Entretanto, sua incorporação nas quantidades investigadas, de 5 a 30% em peso, acarretou uma drástica redução da resistência mecânica da cerâmica, avaliada por meio de ensaio de compressão diametral.

Este trabalho objetivando aprofundar às pesquisas sobre a utilização de lodo de ETA em cerâmica argilosa apresenta uma investigação das alterações microestruturais causadas pela incorporação de até 10% em peso de lodo de filtro de ETA numa cerâmica argilosa queimada a 700°C.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: massa argilosa utilizada para fabricação de cerâmica vermelha no município de Campos dos Goytacazes e um lodo proveniente da limpeza das unidades de filtração da Estação de Tratamento de Água (ETA) da CEDAE do município de Itaperuna, noroeste do Estado do Rio de Janeiro, conforme mostra a Figura 1. A massa de cerâmica vermelha é predominantemente composta de caulinita, quartzo, mica muscovita e gibsita [9].



Figura 1: Coleta do lodo de filtro de ETA.

A composição química do lodo, determinada por fluorescência de raios-X, é mostrada na Tabela I. Observa-se que o lodo apresenta elevada perda ao fogo (PF), que está associada, sobretudo, à presença de matéria orgânica. A desidratação de hidróxidos e a desidroxilação de argilomineral, a caulinita, também contribuem para a perda de massa do resíduo. Com relação aos óxidos, o lodo é predominantemente composto de alumina – Al_2O_3 , sílica – SiO_2 e hematita – Fe_2O_3 . O elevado teor de alumina está associado à presença de gibsita (hidróxido de alumínio – $\text{Al}(\text{OH})_3$) proveniente tanto da reação do sulfato de alumínio, floculante, quanto do próprio material particulado do resíduo. A alumina também está presente nos aluminossilicatos como a caulinita. A sílica está associada também à argila e à presença de quartzo. A hematita também está associada à argila como impureza, bem como substituindo parcialmente a alumina no retículo cristalino da argila. Os demais óxidos estão associados a impurezas presentes como cátions trocáveis na estrutura da argila.

Tabela 1: Composição química do lodo de filtro de ETA (% em peso).

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO_2	PF
14,49	20,19	6,23	0,53	0,14	0,13	0,39	0,19	57,73

A avaliação microestrutural das cerâmicas com 0 e 10% em peso de lodo de filtro de ETA queimadas a 700°C [8] foi realizada por difração de raios-X (DRX) e por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os testes de difração de raios-X foram realizados utilizando um difratômetro Seifert, modelo URD 65, com radiação de Co-K α . As análises de MEV foram realizadas utilizando um microscópio Jeol, modelo JSM 6460 LV, com espectrômetro de energia dispersiva (EDS) acoplado, da Coppe/UFRJ.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra os difratogramas de raios-X das cerâmicas queimadas a 700°C. É possível observar uma semelhança significativa nas fases cristalinas de ambas as cerâmicas. Isto ocorre basicamente por duas razões: o percentual relativamente pequeno do resíduo incorporado na cerâmica argilosa e a composição mineralógica similar entre o resíduo de ETA e a massa argilosa. A diferença mais significativa na composição mineralógica cristalina das cerâmicas queimadas é a presença de fases de feldspato potássico identificadas na cerâmica incorporada com o resíduo. Este feldspato pode ser proveniente do próprio sedimento ou ter sido formado durante a queima da cerâmica, formando a sanidina [10]. A liberação de alumina pode ter facilitado a formação de sanidina. Entretanto, isto carece de uma investigação mais aprofundada. Dentre as demais fases cristalinas identificadas, a mica muscovita e o quartzo são fases residuais provenientes do material natural, tanto da massa argilosa quanto do resíduo. A χ -Alumina é proveniente da decomposição da gibsita [11]. A gibsita também está presente nos materiais naturais investigados, isto é, massa argilosa e o lodo de filtro de ETA e também se forma por meio de uma reação química quando se adiciona sulfato de alumínio à água a ser tratada na ETA [3]. Por fim, a hematita também aparece durante a queima da decomposição dos hidróxidos de ferro. Estes hidróxidos, tais como a goetita, a lepidocrocita e a limonita, também estão presentes nos materiais naturais e podem ainda ser formados por reação química na ETA pelo uso de coagulantes férricos [3].

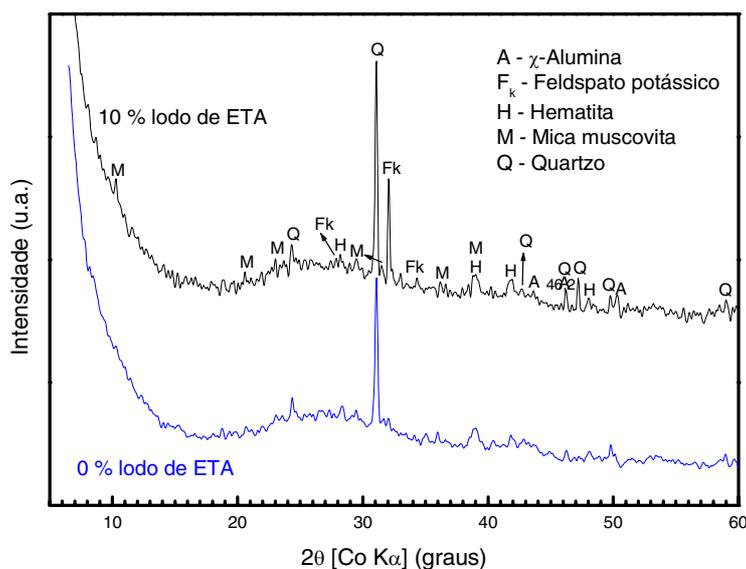


Figura 2: Difratogramas de raios-X das cerâmicas queimadas a 700°C.

As Figuras 3 e 4 apresentam as micrografias obtidas por MEV da superfície de fratura das cerâmicas com 0 e 10% em peso de resíduo queimada a 700°C, respectivamente. Pode-se observar que ambas as cerâmicas apresentam uma superfície de fratura rugosa de aspecto lamelar. Isto é o esperado de material caulínico queimado a baixa temperatura. Nesta temperatura os fenômenos de sinterização, formação de fase líquida e difusão no estado sólido, não são suficientes para propiciar o alisamento da superfície e a redução dos defeitos microestruturais. É possível observar na Figura 4 que a cerâmica incorporada com resíduo apresenta, em comparação com a cerâmica argilosa sem resíduo, Figura 3, uma região de fratura com maior quantidade de defeitos tais como poros e trincas. Estes defeitos são responsáveis pela redução de 45,4% da compressão diametral da cerâmica incorporada com resíduo em comparação com a cerâmica sem resíduo. Estes defeitos são originados da elevadíssima perda de massa do resíduo durante a queima, 57,73%, a qual é

proveniente, sobretudo, da combustão da matéria orgânica. Por outro lado, a massa argilosa apresenta uma perda de massa de 11,43%, associada, sobretudo, à desidroxilação da caulinita [9].

No trabalho anterior [8], foi observado que a incorporação de 10% de lodo acarretou um aumento de aproximadamente 6% na absorção de água da cerâmica argilosa queimada a 700°C. Como a absorção de água está relacionada com a porosidade aberta, pode-se aferir indiretamente um incremento da porosidade da cerâmica com a incorporação de lodo de ETA.

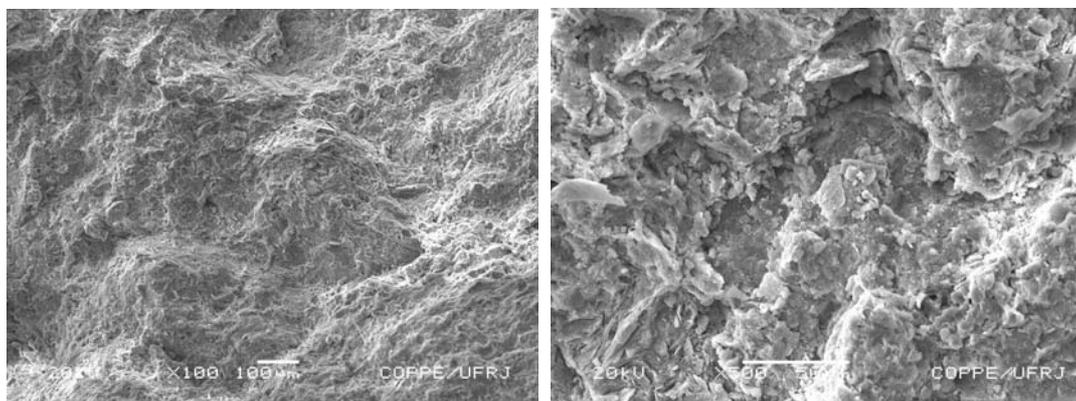


Figura 3: Micrografia obtida por MEV da região de fratura da cerâmica sem resíduo queimada a 700°C.

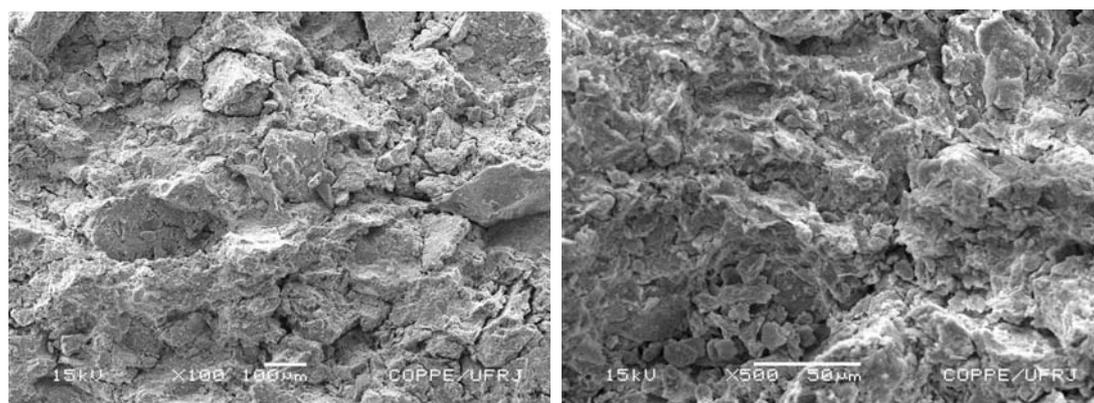


Figura 4: Micrografia obtida por MEV da região de fratura da cerâmica com 10% em peso de lodo de filtro de ETA queimada a 700°C.

As Figuras 5 e 6 mostram as micrografias, obtidas por MEV, da região de fratura da cerâmica sem resíduo e da cerâmica incorporada com 10% em peso de resíduo queimadas a 700°C, respectivamente. Nestas figuras também são mostrados os mapeamentos por EDS de Al e Si. Ambas as cerâmicas apresentam elevada concentração de Al e Si, os quais estão predominantemente combinados formando a estrutura dos aluminossilicatos. Neste caso, a estrutura predominante é amorfa - metacaulinita. A metacaulinita é uma fase formada a partir da desidroxilação da caulinita, mineral predominante nas argilas de Campos dos Goytacazes e presente no lodo investigado. É possível observar também partículas de quartzo embebidas na fase amorfa, conforme mostrado na Figura 6.

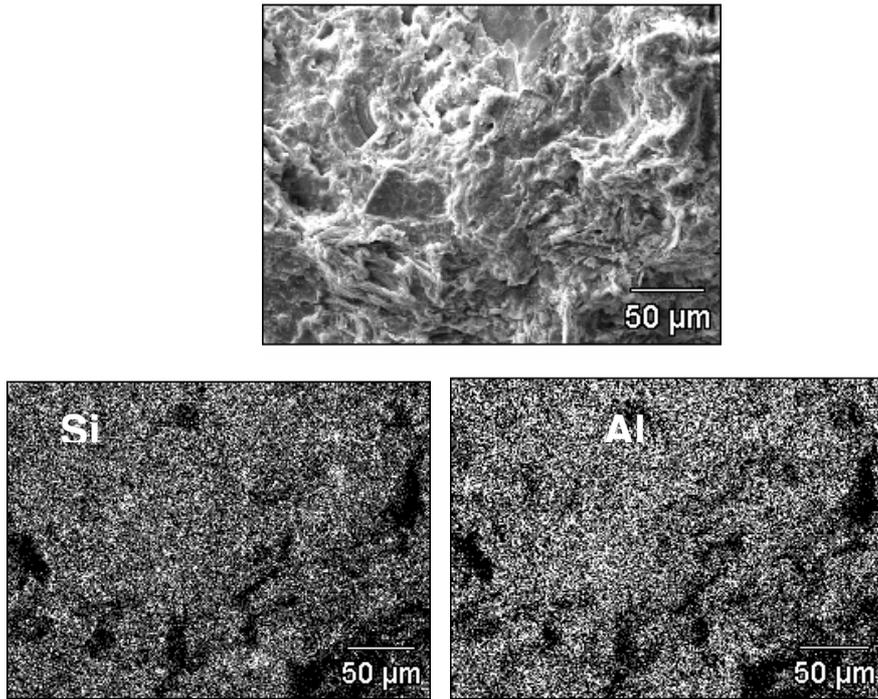


Figura 5: Micrografia obtida por MEV da região de fratura da cerâmica sem resíduo, queimada a 700°C, com mapeamento por EDS de Si e Al.

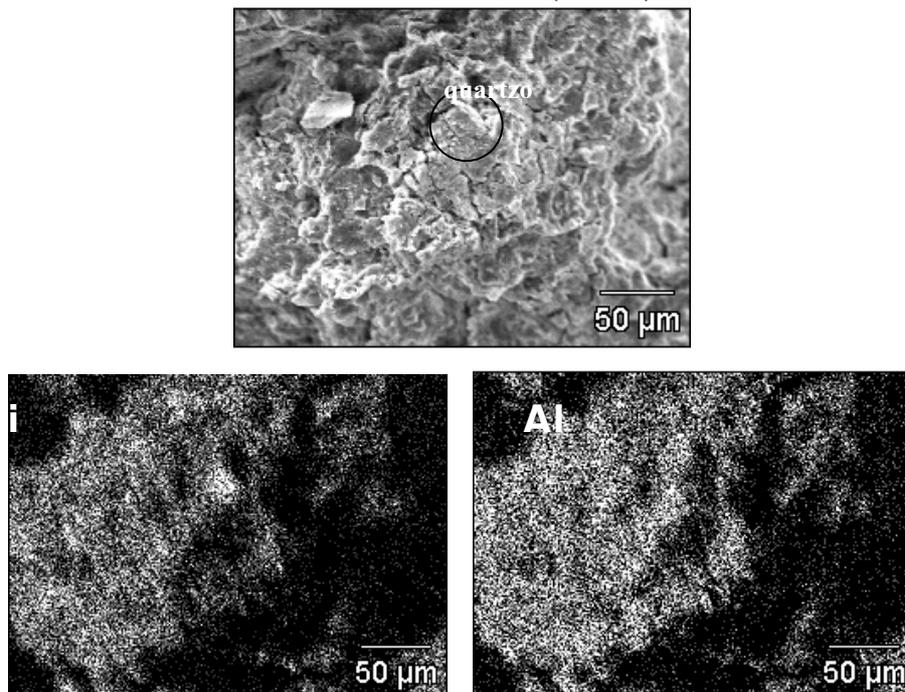


Figura 6: Micrografia obtida por MEV da região de fratura da cerâmica com 10% em peso de lodo de filtro de ETA, queimada a 700°C, com mapeamento por EDS de Si e Al.

Como considerações finais, foi observado que a incorporação de 10% de lodo de filtro de ETA é prejudicial à cerâmica argilosa, agravando seus defeitos microestruturais. Isto é devido à elevada perda de massa do lodo, sobretudo, combustão de matéria orgânica. Para minimizar este efeito deletério do lodo, pode-se calciná-lo para reduzir sua perda de massa. Por outro lado, a cerâmica argilosa utilizada neste trabalho é de

caráter caulínico, apresentando um comportamento refratário durante a queima. Para melhorar as propriedades de queima de uma cerâmica argilosa elaborada a partir de argilas caulínicas, pode-se trabalhar com o material na forma de pó, aumentar o grau de empacotamento a seco das peças, reformular a massa com a introdução de materiais não plásticos de baixa perda de massa e fornecedores de fundentes e ainda aumentar a temperatura de queima.

Um outro aspecto importante, a ser avaliado em trabalho futuro, diz respeito à avaliação ambiental da cerâmica argilosa incorporada com lodo de ETA. Deve-se realizar ensaios de lixiviação e de solubilização da cerâmica queimada e ainda monitorar as emissões atmosféricas.

4 CONCLUSÕES

Neste trabalho de avaliação das alterações microestruturais de cerâmica argilosa queimada a 700°C incorporada com lodo de filtro de ETA, pode-se concluir que a incorporação de lodo de ETA aumenta os defeitos microestruturais da cerâmica argilosa. Isto ocorre, sobretudo, devido à eliminação de matéria orgânica durante a etapa de queima. A cerâmica argilosa queimada a 700°C apresenta uma matriz amorfa de aluminossilicato com fases cristalinas secundárias de quartzo, mica muscovita e hematita. A incorporação de lodo ETA possibilita o aparecimento de alumina e fase de feldspática. Os resultados obtidos comprovam que a reciclagem de lodo de ETA em cerâmica argilosa deve ser realizada em pequenos percentuais para minimizar seu efeito deletério na qualidade da cerâmica.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Cerâmica São José pelo fornecimento das matérias-primas, ao Dr. Jair Bittencourt, a CEDAE através do seu diretor do interior que viabilizou as coletas em conjunto com a FENORTE / TECNORTE, UENF, FAPERJ, CAPES e CNPq.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] DACACH, N.G. *Sistemas Urbanos de Água*. Editora Blucher, p. 371, São Paulo, 1991.
- [2] WANG, K.S., CHIOU, I.J., CHEN, C.H., WANG, D., “Lightweight properties and pore structure of foamed material made from sewage sludge ash”, *Construction and Building Materials*, v. 19, pp. 627-633, 2005.
- [3] RICHTER, C.A., *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. Editora Edgar Blucher, 1ª edição, São Paulo, 2001.
- [4] HOPPEN, C., PORTELLA, K.F., JOUKOSKI, A., BARON, O., FRANCK, R., SALES, A., ANDREOLI, C.V., PAULON, V.A., “Co-disposição de lodo centrifugado de Estação de Tratamento de Água (ETA) em matriz de concreto: método alternativo de preservação ambiental”, *Cerâmica*, v. 51, n. 318, pp. 85-95, 2005.
- [5] JONKER, A., POTGIETER, J.H., “An Evaluation of Selected Waste Resources for Utilization in Ceramic Materials Applications”, *Journal of the European Ceramic Society*, v. 25, pp. 3145-3149, 2005.
- [6] DONDI, M., MARSIGLI, M., FABBRI, B. “Recycling of industrial and urban wastes in brick production: a review”, *Tile & Brick International*, v. 13, n. 3, pp. 218-225, 1997.
- [7] DONDI, M., MARSIGLI, M., FABBRI, B., “Recycling of industrial and urban wastes in brick production: a review (part 2)”, *Tile & Brick International*, v. 13, n. 4, pp. 302-309, 1997.
- [8] MARGEM, J.I., VIEIRA, C.M.F., FERREIRA, A.D., ALEXANDRE, J., MONTEIRO, S.N., “Avaliação da incorporação de lodo de filtro de ETA em cerâmica vermelha”, *Anais do 61º Congresso Anual e Internacional da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais*, ABM, Rio de Janeiro, 24 a 27 de julho de 2006.
- [9] 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.

- [10] CARTY, W.M., SENEPATI, U., “Porcelain-Raw Materials, Processing, Phase Evolution, and Mechanical Behavior”, *Journal of the American Ceramic Society*, v. 81, n. 1, pp. 1-18, 1998.
- [11] WEFERS, K., BELL, G.M., “Oxides and hydroxides of alumina”, *Technical Paper* n. 19, Alcoa Research Laboratories, Pittsburgh, 1972.