

## **O EFEITO DA INSERÇÃO DO LODO DE ETA PRODUZIDO COM PAC EM DIFERENTES GRANULOMETRIAS DE RESÍDUOS DE TIJOLO PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS ALTERNATIVOS.**

I.L.M.Gonçalves;E.M.Gripa ; J.C.Campos; V.C.Almeida.  
Centro de Tecnologia, Escola de Química, Bloco E - Sala 206  
Ilha do Fundão – CEP 21949 -900 E-mail: valeria@eq.ufrj.br  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

### **RESUMO**

*O presente trabalho visa avaliar os efeitos da inserção do lodo produzido em ETA, tendo o cloreto de polialumínio como coagulante, em duas diferentes granulometrias de resíduos de tijolos tradicionais, permitindo a obtenção de um material cerâmico alternativo às opções convencionais. A escolha do lodo produzido através de uma coagulação com PAC advém de bons resultados encontrados para o emprego desse lodo na inserção aos resíduos de tijolos tradicionais. Os corpos de prova foram preparados pelo método de conformação e prensagem, sendo preparadas massas cerâmicas em proporções adequadas de lodo e tijolos, estes presentes na granulometria pré-estabelecida de #115 e #250. A temperatura de queima foi de 1200°C. Os corpos fabricados foram submetidos a ensaios de Retração Linear, Absorção de Água, Porosidade Aparente, Densidade e Tensão de Ruptura a Flexão (TRF). Os resultados indicam que à medida que a proporção de lodo aumenta, as propriedades físicas dos corpos preparados melhoram.*

**Palavras-chave:** lodo de ETA, PAC, reaproveitamento, tijolo.

### **INTRODUÇÃO**

Segundo a ANICER, existem aproximadamente 6.903 empresas de cerâmica e olaria no Brasil. Desse número, 4.346 produzem blocos e tijolos, correspondendo a uma produção de 4.000.000.000 de peças por mês, o que

acarreta em um consumo mensal de 7.800.000 toneladas de matéria-prima (argila). À indústria de cerâmica vermelha atribui-se uma fatia de 4,8% de toda indústria de construção civil.

Com índices de desperdícios alarmantes e volumes de produção tão expressivos, a necessidade de serem encontradas técnicas mitigadoras das consequências dessas perdas torna-se cada vez maior. Dentre as principais causas para o desaproveitamento de blocos cerâmicos, destacam-se: a utilização de equipamentos de transporte interno inadequado (carrinhos de mão), que permitem o tombo e, conseqüentemente, a quebra de um número elevado de unidades; a falta de controle da quantidade recebida; a altura exagerada das pilhas de armazenamento, que por vezes superam três metros, acarretando no esmagamento das peças, além de possíveis quedas.

Também é comum as olarias jogarem fora até 3% de toda sua produção, percentual este composto por peças quebradas ou que apresentaram alguma imperfeição. Esses resíduos gerados, na maioria das vezes, são enviados para aterros sanitários. Entretanto, com o grande potencial que esse material apresenta de ser reutilizado para a confecção de novas peças, essa atitude implica em perdas financeiras, prejuízos ambientais injustificáveis, bem como no elevado risco futuro de carência de matérias-primas.

As argilas durante o processo de queima perdem a plasticidade dificultando o reaproveitamento desses rejeitos, principalmente na etapa de processamento de conformação dos corpos cerâmicos.

A granulometria das matérias-primas ocupa posição de destaque na maioria dos processos industriais, inclusive no preparo de cerâmicas, e está diretamente relacionada com o comportamento dos materiais nas diferentes fases unitárias. Segundo BARBA (2002), existem quatro parâmetros principais que influenciam nas características de um corpo cerâmico para revestimento: composição da massa; distribuição granulométrica e formato das partículas; grau de compactação antes da queima, denominado compacidade; e condições de queima. Dentre as características influenciadas por estes fatores, encontra-se a estabilidade dimensional.

De acordo com PRADO, a estabilidade dimensional é interferida pela distribuição granulométrica à medida que o formato, tamanho, rugosidade e

homogeneização do pó são determinantes para o preenchimento do molde de prensagem.

De acordo com Gonçalves et. al. 2013, assim como para diversos outros processos industriais, observaram a forte influência da granulometria também no processo de reaproveitamento dos resíduos de blocos cerâmicos para diferentes faixas granulométricas (115 a 270 mesh). Os resultados encontrados indicam que massas com partículas de menores tamanhos (fração retida em 270 mesh) apresentaram melhores resultados se comparadas às massas com partículas de tamanhos maiores (fração retida em 115 mesh). Verificou-se ainda que a TRF pode aumentar mais de cem vezes à medida que o tamanho dos grãos diminui.

Assim como o resíduo de tijolo na construção civil, o lodo é gerado em grandes quantidades nas ETAs. Segundo PADILHA (2011), o modelo para tratamento de água mais aplicado no Brasil é o de ciclo completo, que engloba as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção.

A coagulação é definida como o processo pelo qual ocorre a desestabilização das partículas através da adição de um produto químico, o coagulante, sob forte agitação. O lodo utilizado no presente trabalho teve como agente coagulante o Cloreto de Polialumínio  $[Al_n(OH)_mCl_{3n-m}]$  - PAC, conceituado por PADILHA (2011) como o coagulante de maior eficiência dentre os testados em seu trabalho (sulfato de alumínio, cloreto férrico e PAC). O PAC tem ganhado espaço no mercado nacional e mundial, apesar do cloreto férrico e o sulfato de alumínio ainda serem os coagulantes mais utilizados no Brasil.

A quantidade de lodo gerado nas ETAs é considerável, haja vista o número de estações de tratamento de água existentes nas cidades brasileiras e o acentuado crescimento populacional. A disposição do lodo é problemática e, na maioria das vezes, esse é desaguado nos corpos hídricos próximos às estações de tratamento. Vale salientar que o potencial tóxico atribuído ao lodo de ETA está relacionado aos metais presentes em sua composição, tal como o alumínio, presente no coagulante.

Pesquisas desenvolvidas por Gonçalves et. al. (2013) na avaliação das propriedades mecânicas para os diferentes teores de lodo, onde o PAC foi utilizado como coagulante nas etapas de tratabilidade da água, quando

incorporados aos resíduos de tijolos (fração de 115 mesh) verificou-se que a TRF pode aumentar mais de quinze vezes com a inserção de 30% de lodo.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do PAC, utilizado como coagulante, na incorporação de diferentes teores de lodo gerado nas ETAs às sobras de tijolos vermelhos triturados em duas diferentes granulometrias provenientes da construção civil. Essa inserção do lodo ao resíduo de tijolo permite a atuação dos mesmos como matrizes cerâmicas de compósitos gerados com lodo e argila. Nesse contexto, destaca-se a avaliação das propriedades mecânicas dos corpos de prova cerâmicos obtidos utilizando esses resíduos.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

No presente trabalho foi utilizado lodo proveniente de ETA produzido utilizando-se PAC como coagulante e sobras de tijolos provenientes da construção civil.

Os corpos de prova foram preparados com resíduos de tijolos em duas granulometrias diferentes (115# e 250#) e, em todos eles, foi ainda adicionada uma quantidade determinada de lodo. O método utilizado para a determinação correta da proporção de tijolo:água e (tijolo + lodo):água foi de tentativa e erro. Estabeleceu-se que as quantidades a serem utilizadas de lodo seriam respectivamente 10%, 20% e 30% em relação à massa de tijolo empregado no preparo dos corpos de prova (20g). Logo, foram preparadas massas cerâmicas com lodo e tijolo nas seguintes proporções: 100% tijolo (padrão), 90% tijolo + 10% lodo, 80% tijolo + 20% lodo e 70% tijolo + 30% lodo. Essa proporção foi utilizada para as duas diferentes granulometrias do tijolo. A homogeneização da mistura foi feita manualmente. A princípio foram misturados o tijolo e o lodo e, posteriormente, foi adicionada a água de amassamento.

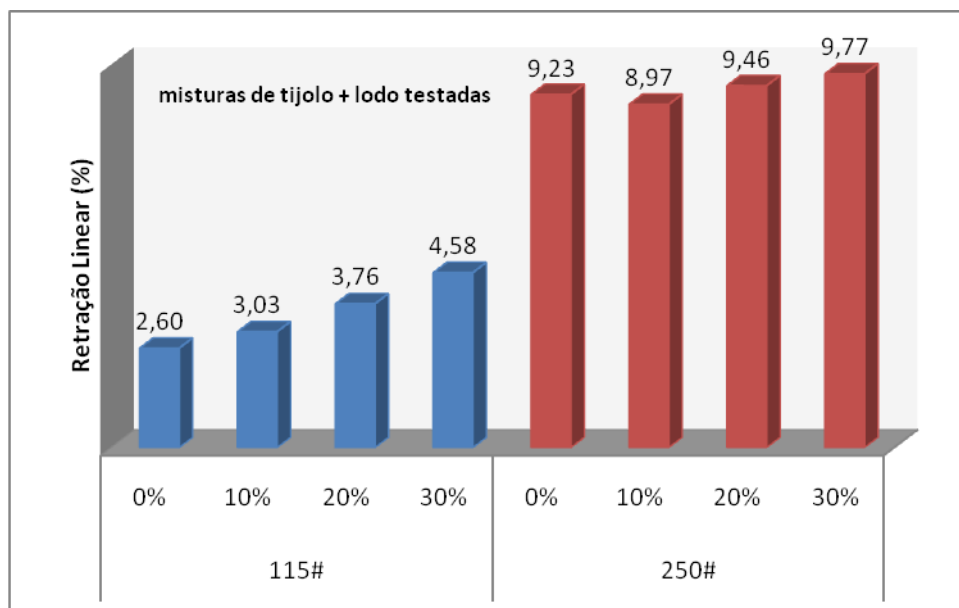
As misturas preparadas foram conformadas através de compactação (prensagem) em uma matriz retangular de aço inox, com medidas de 60 mm de comprimento, 20 mm de largura e 5 mm de espessura, sob uma pressão de 200 kgf/cm<sup>2</sup> conforme aplicado no IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, conferindo uma maior estabilidade dimensional à peça cerâmica.

Os corpos de prova recém-preparados foram colocados para secar em estufa à temperatura de  $40\pm 5$  °C por 24 horas, para que ocorresse a perda de umidade e, em seguida, os mesmos foram colocados dentro de um forno elétrico para serem calcinados, na temperatura previamente determinada de 1200°C durante o período de 2 horas. Antes e depois do processo de calcinação, o peso das peças, bem como suas dimensões (largura, comprimento e espessura), foi determinado. Características físico-mecânicas dos corpos de prova preparados foram determinadas por meios de ensaios de Retração Linear, Absorção de Água, Porosidade Aparente, Densidade e Tensão de Ruptura a Flexão (TRF).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações de comportamento, no que tange às propriedades mecânicas, como retração linear (RL), absorção de água (AA), porosidade aparente (PA), densidade (D) e tensão de ruptura à flexão (TRF) em função das duas diferentes granulometrias e os diferentes teores de lodo adicionados, foram analisadas e os resultados obtidos são mostrados nas figuras a seguir:

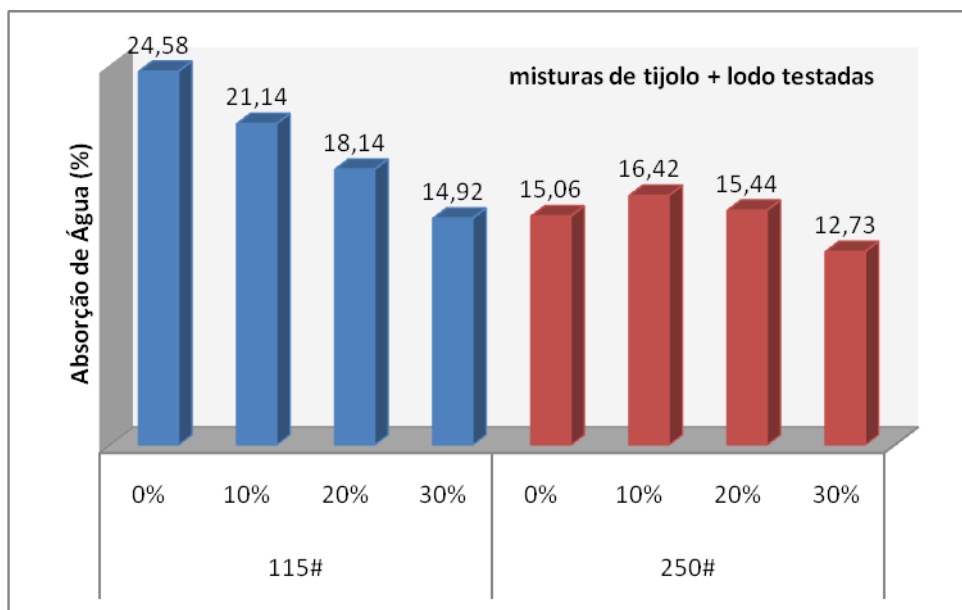
A Figura 1 apresenta a variação da retração linear dos corpos de prova preparados na granulometria de 115# e 250# de acordo com o teor de lodo inserido à mistura.



**Figura 1 – Retração Linear para os corpos de prova de 115# (azul) e 250# (vermelho) com diferentes proporções de lodo.**

Sabe-se que a elevação da temperatura durante a calcinação proporciona transformações nas fases cristalinas presentes nos materiais utilizados, como é o caso da transformação da Caulinita em Metacaulinita (amorfa), à temperatura de 500°C. A partir dos dados obtidos após a queima a 1200°C, pode-se observar na Figura 1 uma variação dos valores de retração linear em função da composição dos corpos de prova preparados. À medida que o teor de lodo na composição da massa cerâmica aumenta, observa-se um aumento da retração dos corpos preparados com a granulometria de 115#. Já para os corpos preparados com a granulometria de 250#, não se observa uma variação expressiva à medida que o teor de lodo aumenta

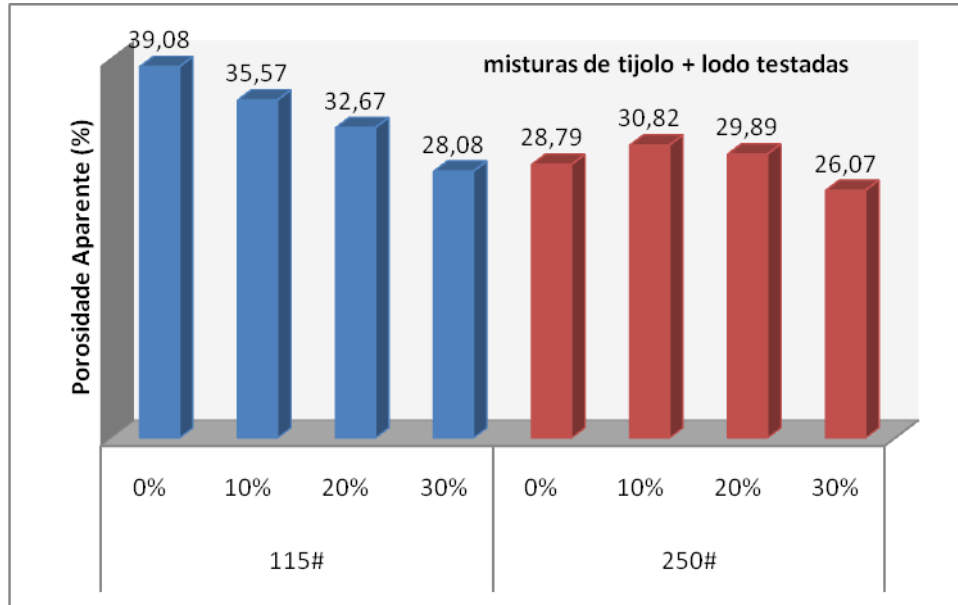
A Figura 2 apresenta a variação da absorção de água dos corpos de prova de acordo com o teor de lodo inserido à mistura para as duas diferentes granulometrias de tijolo.



**Figura 2 – Absorção de Água para os corpos de prova de 115# (azul) e 250# (vermelho) com diferentes proporções de lodo.**

Para os corpos preparados com o resíduo de tijolo de 115# observa-se uma redução na absorção de água à medida que o teor de lodo aumenta. Já para os corpos preparados com tijolo de 250#, novamente observa-se uma oscilação, pouco significativa, entre os percentuais de absorção de água.

O gráfico da Figura 3 apresenta a variação da porosidade aparente de acordo com a variação do teor de lodo na mistura para as duas granulometrias de tijolo utilizadas.



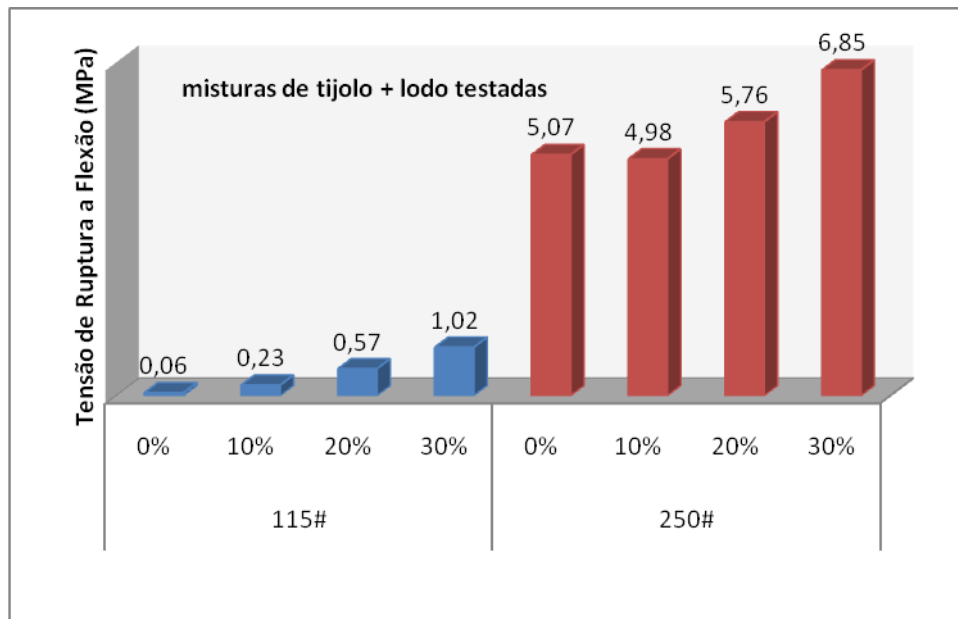
**Figura 3 – Porosidade Aparente para os corpos de prova de 115# (azul) e 250# (vermelho) com diferentes proporções de lodo.**

Observa-se um comportamento bastante similar ao ocorrido no ensaio de Absorção de Água: para o tijolo de 115#, ocorre redução da Porosidade Aparente com o aumento do teor de lodo na composição do material enquanto que, para o tijolo de 250#, há um aumento dessa propriedade nas proporções menores de lodo, seguido por redução da porosidade com o aumento da proporção de lodo no material.

Sabe-se que todas essas propriedades estão interligadas e uma possível explicação para esses fenômenos é a ocorrência de reações de vitrificação, presentes em todas as composições acima, em maior ou menor grau. O processo de vitrificação é decorrente da transformação do quartzo presente no resíduo do tijolo. Essas reações ocorrem quando materiais à base de argilas são aquecidos a elevadas temperaturas, e consistem na formação gradual de um vidro líquido que flui para o interior e preenche parte do volume dos poros. O grau de vitrificação depende da temperatura e do tempo de queima, assim como da composição da massa cerâmica, o que explicaria a diferença nos valores encontrados para as diferentes composições cerâmicas.

Essa referida fase vítrea tende a escoar ao redor das partículas que permanecem sem fundir e preenchem os poros como resultado de forças de tensão superficial (ou por ação capilar). A vitrificação começa entre 950°C e 1225°C devido à liberação de cristobalita (SiO<sub>2</sub>) que reage com os óxidos metálicos livres, formando vidro.

Na Figura 4 observa-se a variação da TRF nas diferentes composições de lodo e resíduos de tijolo.



**Figura 4 – Tensão de Ruptura a Flexão para os corpos de prova de 115# (azul) e 250# (vermelho) com diferentes proporções de lodo.**

O gráfico da Figura 4 mostra que o lodo pode alterar positivamente as propriedades físicas do material em ambas as granulometrias. Ainda que os dois materiais livres de lodo apresentem valores de TRF bastante diferentes entre si, ambos podem ser aumentados através da adição de lodo à sua composição.

O comportamento segue a lógica esperada após os testes anteriores, uma vez que quanto menor a porosidade de uma peça maior será sua resistência à flexão e vice-versa: a TRF aumenta com o aumento do teor de lodo para os corpos preparados com tijolo de 115# e, para os corpos preparados com tijolo de 250#, há uma pequena redução do valor de TRF nos teores menores de lodo, seguido por aumento dessa propriedade nos teores maiores de lodo.



## CONCLUSÃO

A avaliação das propriedades mecânicas para os diferentes teores de lodo incorporados às granulometrias de 115# e 250# de resíduos de tijolos aponta que, do lodo contribui significativamente para a qualidade da peça cerâmica produzida, para as peças preparadas utilizando resíduo tijolo de 115 mesh.

Tal incorporação bem sucedida para a fração de 115 mesh pode ser atribuída ao tamanho e a forma da partícula nesta granulometria aonde provavelmente o lodo desempenha o papel de aglomerante, pois apresenta um tamanho menor. Já para a fração retida em 250 mesh deve estar ocorrendo uma competição entre as partículas de lodo e tijolo, já que ambas apresentam praticamente o mesmo tamanho.

Os resultados obtidos conferem a esses resíduos, que hoje são enviados para aterros sanitários ou dispostos de forma incorreta, valor de mercado, já que eles podem se apresentar como uma fonte viável de matéria-prima para a produção de materiais cerâmicos alternativos. Além do papel econômico, vale destacar a importância socioambiental de tecnologias como esta, que, através de processos simples e economicamente viáveis, oferece alternativas para a mitigação de prejuízos sociais e ambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[www.anicer.com.br](http://www.anicer.com.br)

BARBA, A. BELTRÁN V., FELÍU C., GARCIA J., GINÉS F., SÁNCHEZ E., SANZ V., Materias-primas para lafabricación de suportes de baldosas cerámicas, 2aEd., Instituto de TecnologíaCerámica - ITC/AICE - Castañeda, Castellón, Espanha (2002) 292p.

PADILHA, D. CERUTI, F. VIDAL, C. MARTINS, C. Análise da Utilização de Três Diferentes Coagulantes na Remoção da Turbidez de Água de Manancial de Abastecimento. Maringá, Paraná, 2011.

I.L.M.GONÇALVES; E.M.,GRIPA ; .J. C CAMPOS; V.C.ALMEIDA.  
Estudo da influência do cloreto de polialumínio no reaproveitamento do lodo de ETA através de sua aplicação aos resíduos do tijolo vermelho. 57º Congresso Brasileiro de Cerâmica, Natal, Rio Grande do Norte, 2013.

I.L.M.GONÇALVES; E.M.,GRIPA ; C. S. GUIMARÃES; V.C.ALMEIDA.  
Avaliação da influência da granulometria no reaproveitamento de resíduos de blocos cerâmicos. 27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, Goiânia, Goiás, 2013.

**THE EFFECT OF THE INSERTION OF WTP'S SLUDGE PRODUCED WITH PAC IN DIFFERENT PARTICLE SIZES OF BRICK'S WASTE TO PRODUCE ALTERNATIVE CERAMIC BLOCKS.**

**ABSTRACT**

*The presented work targets the evaluation of the insertion of WTP's sludge, made with polialuminum chloride, in two different particle sizes of traditional brick's waste in order to allow the production of a ceramic material that works as an alternative to conventional market options. The choice of sludge made through coagulation with PAC comes from the good results shown by previous insertion of this kind of sludge to traditional brick's waste. The specimen were made through conformation and pressing method with appropriate proportions of sludge and brick, this last one presented in two different particle sizes: 115# and 250#. The calcination temperature were established in 1200°C. The calcinated specimens were, then, submitted to tests such as Linear Shrinkage, Water Absorption, Apparent Porosity, Density and Flexural Strength (FS). The results show that, as the proportion of sludge increases, the physical properties of specimens improve.*

**Key-words:** WTP's sludge, PAC, reuse, brick.