

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO CLORETO DE POLIALUMÍNIO NO REAPROVEITAMENTO DO LODO DE ETA ATRAVÉS DE SUA APLICAÇÃO AOS RESÍDUOS DO TIJOLO VERMELHO

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 objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do Cloreto de Polialumínio $[Al_n(OH)_nCl_{3n-m}]$ - PAC, utilizado como coagulante, na incorporação do lodo gerado nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) às sobras de tijolos vermelhos triturados 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. Os corpos de prova foram preparados pelo método de conformação e prensagem, sendo preparadas massas cerâmicas com lodo e tijolo nas seguintes proporções: 100% tijolo (padrão), 90% tijolo + 10% de lodo, 80% tijolo + 20% de lodo e 70% tijolo + 30% de lodo. A avaliação das propriedades físicas e mecânicas das composições pesquisadas aponta que a incorporação do lodo às sobras de tijolos triturados provoca um aumento da TRF do material.

Palavras-chave: cerâmica, lodo, ETA, reaproveitamento, tijolo.

INTRODUÇÃO

A indústria de construção civil contribui significativamente para a geração de resíduos sólidos, seja através de obras de intervenção como reformas, ampliações e demolições (cerca de 59%), ou ainda através de novas edificações (I&T - Informações e Técnicas, 2009). Isso ocorre em razão do desperdício de materiais, resultante das características artesanais empregadas na construção. Dos resíduos sólidos urbanos, 2/3 em massa são de entulho. Segundo CAMARGO (1995), cerca

de 30% do entulho é constituído por tijolos e blocos. 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 (PAC), já que estudos anteriores revelaram que inserção de lodo obtido através da coagulação com sulfato de alumínio resultou em uma diminuição da resistência da peça cerâmica.

Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do cloreto de polialumínio $[Al_n(OH)_nCl_{3n-m}]$ - PAC, utilizado como coagulante, na incorporação de diferentes teores de lodo gerado nas ETAs às sobras de tijolos vermelhos triturados 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 caracterização físico-química das matérias-primas utilizadas, bem como a avaliação das propriedades físico-mecânicas dos corpos de prova cerâmicos obtidos utilizando esses resíduos.

MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foi utilizado lodo proveniente de ETA e sobras de tijolos provenientes da construção civil. Na caracterização dos mesmos foram empregadas as técnicas de Fluorescência de Raios X, Difração de Raios X, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Análise Térmica.

Os corpos de prova foram preparados com as misturas das frações de tijolo e lodo obtidas no processo de cominuição. 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. 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/cm² 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±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, densidade, porosidade aparente e tensão de ruptura à flexão (TRF).

Na caracterização dos corpos de prova obtidos foram empregadas as técnicas de Difração de Raios X e MEV com a finalidade de avaliar a micro textura das matrizes cerâmicas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra o resultado da análise de Fluorescência de Raios X das sobras de tijolos e da massa bruta do lodo da ETA utilizada neste trabalho.

Tabela 1: Composição química elementar.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO
Sobras de Tijolos (% peso)	53,43	34,33	-	1,64	-	8,66	1,38	0,54
Lodo da ETA - PAC (% peso)	50,77	32,56	0,04	1,60	0,26	11,54	1,47	1,24

Os dados da Tabela 1 mostram, para as sobras de tijolo, um alto valor de sílica, alumina e ferro, característicos das argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha. Da mesma forma, o lodo desta ETA também apresenta, em sua composição, elevados valores de sílica, alumina e ferro. A composição do lodo está diretamente relacionada às características naturais dos particulados oriundos da água bruta que chega à ETA.

A análise por Difração de Raios X dos resíduos de tijolos utilizados pode ser observada na Figura 1.

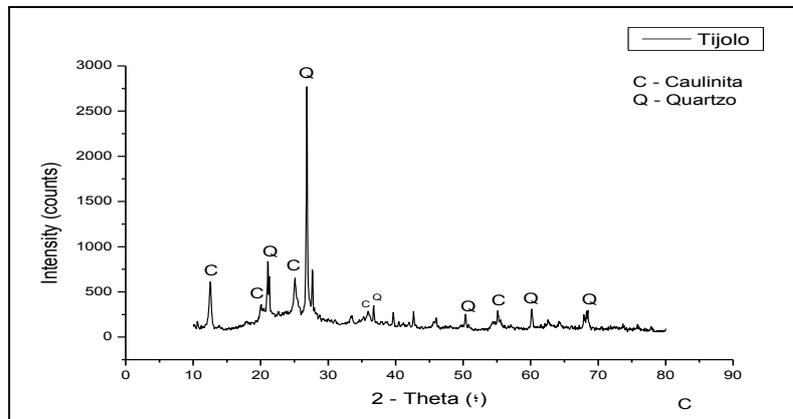


Figura 1- Difratoograma dos resíduos de tijolos.

A partir da análise do difratograma foi possível identificar que os resíduos de tijolos são compostos por Caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – JCPDS 29-1488 e Quartzo (SiO_2) – JCPDS – 46-1045; minerais característicos das argilas empregadas na indústria de cerâmica vermelha.

A Figura 2 apresenta a análise de Difração de Raios X do lodo utilizado no presente trabalho.

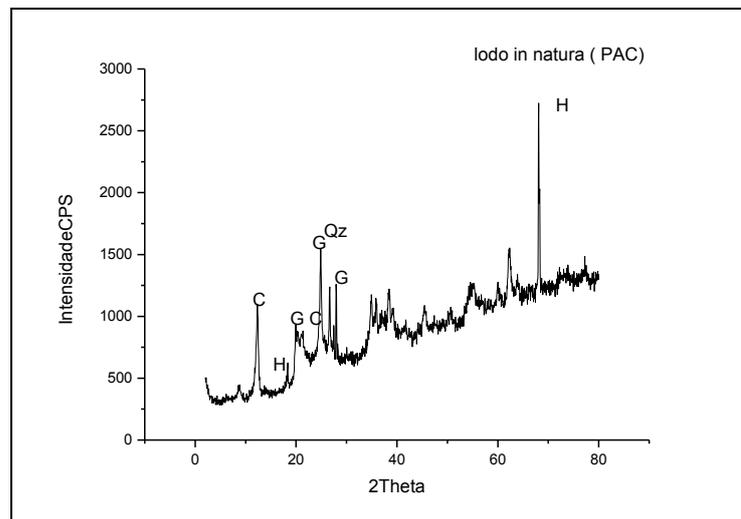


Figura 2- Difratoograma do lodo (PAC).

Para o lodo, as fases minerais identificadas foram: Quartzo (SiO_2) JCPDS 46-1045, Caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) JCPDS 29-1488, Gibsita $\text{Al}(\text{OH})_3$ JCPDS 33-0018 e Hematita (Fe_2O_3). A presença deste elementos é justificada pela própria

composição da água, a qual contém materiais em suspensão, tais como areia e materiais argilosos.

A análise microestrutural das sobras de tijolos está ilustrada na Figura 3.

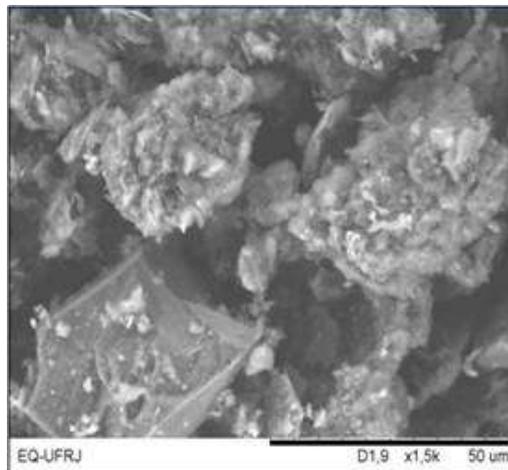


Figura 3 – Fotomicrografia dos resíduos de tijolos – 1500x.

De acordo com a Figura 3, pode-se observar que a massa cerâmica possui características de um material denso, heterogêneo e de formato irregular.

A fotomicrografia do lodo pode ser vista na Figura 4.

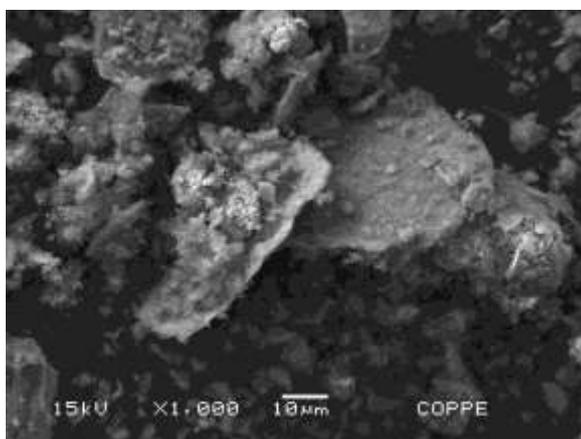


Figura 4 – Fotomicrografia do lodo (PAC) – 1000x.

Pode-se observar na Figura 4 que o lodo apresenta-se heterogêneo de formato irregular.

As condições para realização das análises térmicas das sobras de tijolo e do lodo envolveram atmosfera de ar e temperatura de aquecimento de 1000°C. Na Figura 5, verifica-se o resultado obtido.

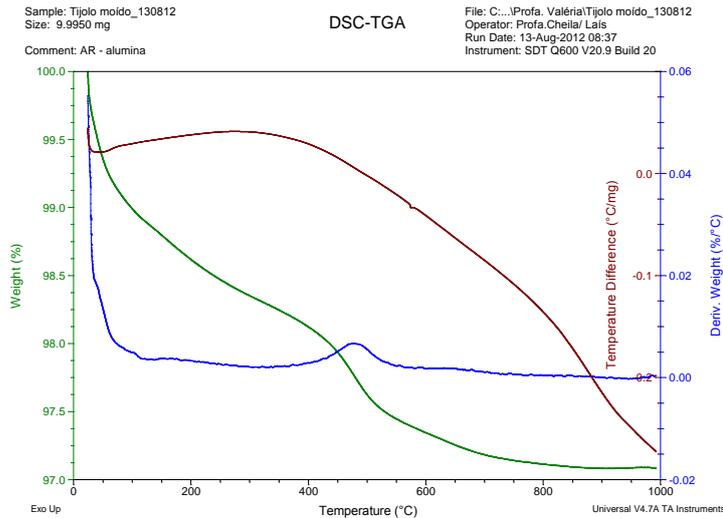


Figura 5 – Análise térmica das sobras de tijolos cominuídos.

A análise térmica realizada para as sobras de tijolo exibe uma perda de massa total na ordem de 2,3% até 1000 °C. O pico endotérmico que ocorre em torno de 500°C caracteriza a desidroxilação da caulinita, que é um evento endotérmico remanescente da argila natural.

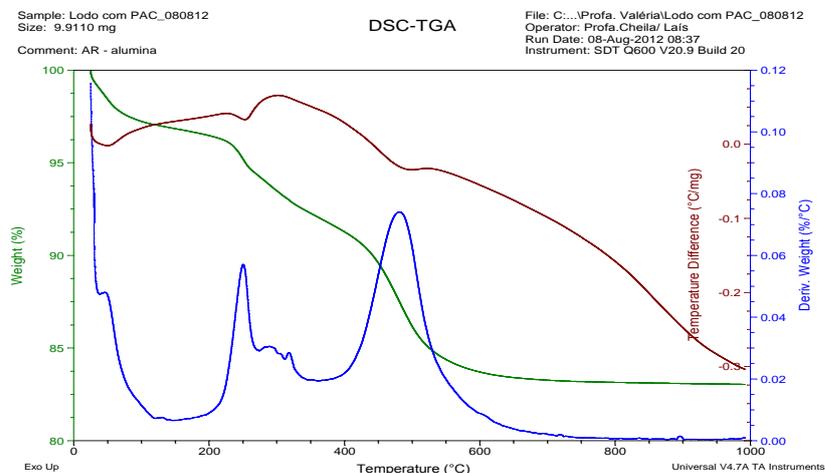


Figura 6 – Análise termica do lodo com PAC.

Através da análise do gráfico da Figura 6, verifica-se que a perda de massa total do lodo é da ordem de aproximadamente 17,5%. No período inicial observa-se uma expressiva perda de massa, que pode ser atribuída à saída da poliacrilamida, utilizada no processo de tratabilidade da água nas fases de adensamento e desaguamento. Pode ser visto, até a temperatura de 250°C, um evento endotérmico

que refere-se a perda de água intermelar e a desidratação da gibbsita. Em torno de 400°C a 550°C, verifica-se uma perda de massa que pode estar relacionada à água de constituição e à desidroxilação da caulinita.

Caracterização física e mecânica dos corpos de prova cerâmicos

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

A Figura 7 apresenta a variação da retração linear e absorção de água dos corpos de prova de acordo com o teor de lodo inserido à mistura.

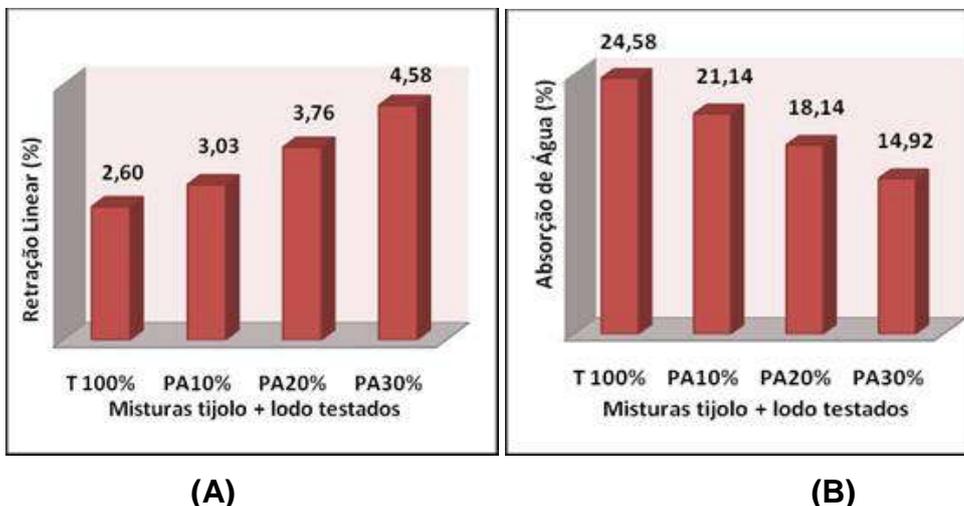


Figura 7 - Retração linear (A) e Absorção de água (B).

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 7 (A) 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. Acompanhando esse fenômeno, a absorção de água diminui com o aumento do teor de lodo, como mostra o gráfico da Figura 7 (B).

O gráfico da Figura 8 apresenta a variação da porosidade aparente e da densidade de acordo com a variação do teor de lodo na mistura.



(A)

(B)

Figura 8 – Porosidade Aparente (A) e Densidade (B).

Para todas as composições, se observa a ocorrência do processo de vitrificação, 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. 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 (SiO₂) que reage com os óxidos metálicos livres, formando vidro. O preenchimento dos poros do material confere a redução da porosidade aparente e o aumento da densidade.

Verifica-se, ainda, que houve uma redução da porosidade aparente e um aumento da densidade de acordo com a elevação do teor de lodo adicionado.

Na Figura 9 observa-se um aumento na TRF à medida que se eleva o teor de lodo na mistura.

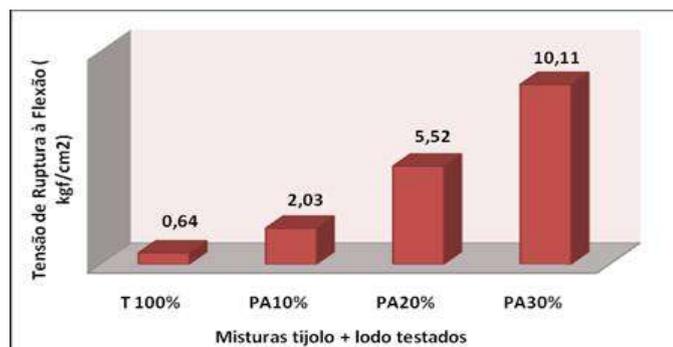


Figura 9 – Tensão de Ruptura a Flexão.

O gráfico da Figura 9 mostra que ao elevar-se o teor de lodo na composição da massa cerâmica, se obtém corpos de prova com maiores valores de TRF, o que está de acordo com os resultados obtidos nos ensaios anteriores, uma vez que quanto menor a porosidade de uma peça maior será sua resistência à flexão.

As análises micro estruturais foram feitas com o objetivo de corroborar os resultados obtidos nos ensaios físicos e mecânicos. O critério adotado para a escolha da peça cerâmica a ser submetida ao MEV foi a avaliação do pior (100% tijolo (padrão)) e do melhor (70% tijolo + 30% de lodo) desempenho nesses ensaios.

A Figura 10 apresenta a fotomicrografia e a Figura 11, a análise por EDS para o corpo de prova preparado com 100% tijolo, após a queima a 1200°C.

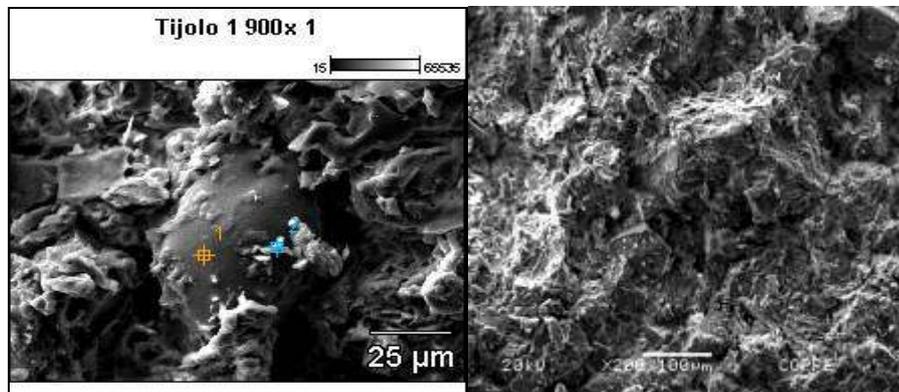


Figura 10 – Fotomicrografia para o corpo preparado com 100% tijolo após a queima a 1200°C.

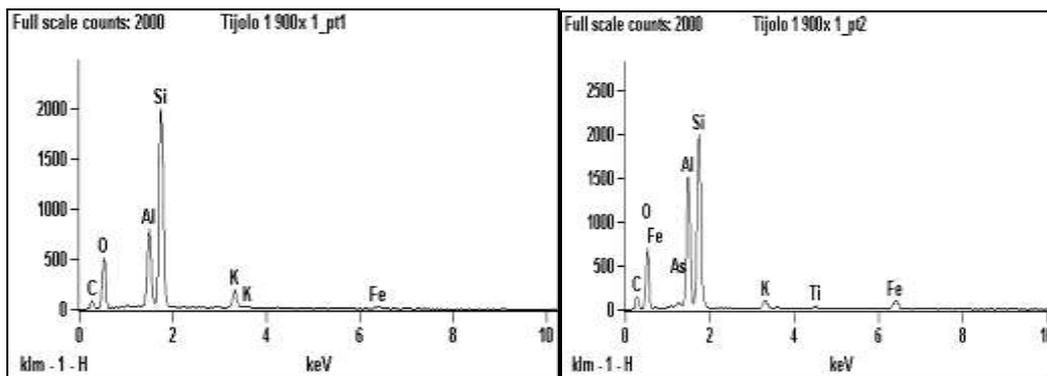


Figura 11 - Análise por EDS para o corpo preparado com 100% tijolo após a queima a 1200°C.

A fotomicrografia do corpo de prova preparado com 100% tijolo apresenta uma superfície densa, heterogênea e porosa. Essa porosidade pode ser verificada

através dos valores obtidos no ensaio de percentual de absorção de água no gráfico da Figura 7 (B).

A análise por EDS indica a presença de alumina, sílica e ferro. O percentual correspondente a cada componente pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise semi quantitativa (% peso) por EDS do corpo preparado com 100% tijolo após a queima a 1200°C.

	C	O	Al	Si	K	Ti	Fe	As
Tijolo 1 900x 1_pt1	28.27	39.48	7.26	21.07	2.97		0.95	
Tijolo 1 900x 1_pt2	34.63	36.11	9.96	14.54	1.10	0.36	3.08	0.22

A Figura 12 apresenta a fotomicrografia e a Figura 13, a análise por EDS para o corpo de prova preparado com 70% tijolo + 30% lodo após a calcinação a 1200°C.

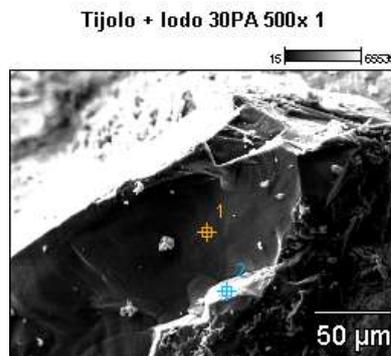


Figura 12 – Fotomicrografia para o corpo preparado com 70% tijolo + 30% lodo após a queima a 1200°C.

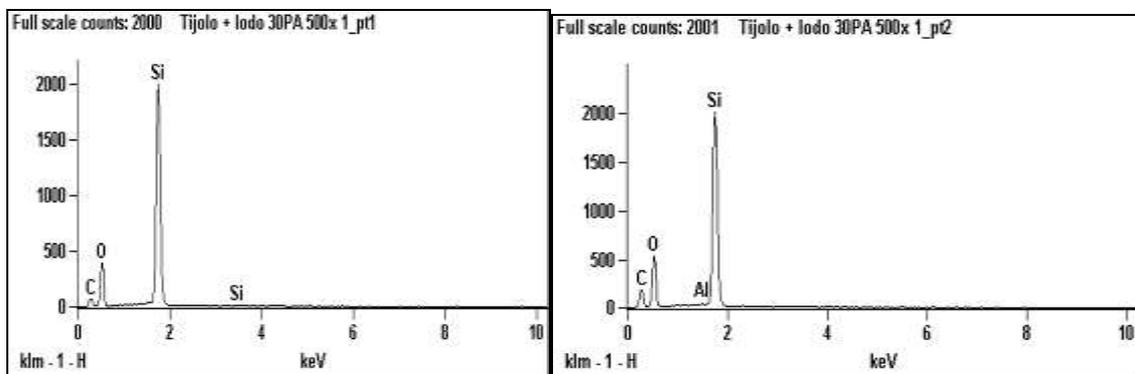


Figura 13 – Análise por EDS para o corpo preparado com 70% tijolo + 30% lodo após a queima a 1200°C.

Tabela 3 - Análise semi quantitativa (% peso) por EDS do corpo preparado com 70% tijolo + 30% lodo após a queima a 1200°C.

	C	O	Al	Si
70% Tijolo + 30% lodo 500x 1_pt1	31.09	42.49		26.42
70% Tijolo + 30% lodo 500x 1_pt2	43.36	39.86	0.09	16.69

A fotomicrografia mostra uma superfície pouco porosa. A análise por EDS para o corpo com 70% tijolo + 30% lodo (Tabela 3), após a queima a 1200°C, apresenta percentuais, por componente, semelhantes aos encontrados para o corpo com 100% tijolo.

CONCLUSÃO

A avaliação das propriedades físicas e mecânicas para os diferentes teores de lodo incorporados aos blocos cerâmicos aponta que, para lodos obtidos a partir de processos onde o PAC foi utilizado como coagulante nas etapas de tratabilidade da água, a inserção desse lodo contribui significativamente para a qualidade da peça cerâmica produzida. Verificou-se que a TRF pode aumentar mais de quinze vezes com a inserção de 30% de lodo. Tal incorporação bem sucedida pode ser atribuída às semelhanças de composição mineralógicas detectadas entre os resíduos de tijolo utilizados como matrizes cerâmicas e o lodo proveniente da ETA. Isso confere 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

GROHMANN, M. Z. Redução do desperdício na construção civil: levantamento das medidas utilizadas pelas empresas em Santa Maria. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998, Niterói. Anais do XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

Orts, M. J. ; Campos, B. ; Picó, M.; Gozalbo, A. (1993) – Métodos de análises granulométrico. Aplicación al control de la granulometría de materias-primas (I). Técnica Cerâmica, nº 210, pp. 19-23, 1993.

C. A. Prado, A. Zanardo, A. P. M. Menegazzo, M. M. T. Moreno, Influência da distribuição granulométrica na estabilidade dimensional de placas cerâmicas de base vermelha, Cerâmica 54 (2008) 466-471.

Callister, W.D. Ciência e Engenharia de materiais – uma introdução. Editora LTC, RJ, 2007.

STUDY OF POLYALUMINUM CHLORIDE INFLUENCE IN WTP'S SLUDGE REUSE THROUGH ITS APPLICATION TO RED BRICKS WASTE

The purpose of this work is to evaluate the influence of Polyaluminum Chloride $[Al_n(OH)_mCl_{3n-m}]$ - PAC, used as a coagulant, in the incorporation of sludge generated in Water Treatment Plants (WTP's) to bricks crushed leftovers, which comes from construction industry. The sludge insertion to bricks leftovers allows the first one to act as a ceramic matrix of composites generated from sludge and clay. The samples were prepared by compression of masses made of sludge and bricks in the following proportions: 100% brick (standard), 90% brick + 10% sludge, 80% bricks + 20% sludge and 70% bricks + 30% sludge. The evaluation of physical and mechanical properties of the studied proportions shows that sludge incorporation to bricks crushed leftovers increases the material's Flexural Strength.

Key words: ceramic, sludge, WTP, reuse, bricks.