

## CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-MECÂNICA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO INCORPORADOS COM LODO DE ETA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL

L. Pessin<sup>1</sup>; F.S. Bagli<sup>1</sup>; J.N.F. Holanda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>UENF-CCT/PPGECM, Av. Alberto Lamego 2000,28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ, [larapessin@hotmail.com](mailto:larapessin@hotmail.com)

### RESUMO

*No presente trabalho foi realizado um estudo sobre caracterização das matérias-primas: solo arenoso, cimento Portland e resíduo de estação de tratamento de água de Campos dos Goytacazes. E também a influência do resíduo de ETA nas propriedades tecnológicas de solo-cimento. Foram preparadas misturas de solo, resíduo e cimento contendo até 5 % em peso de resíduo de estação de tratamento de água. Peças cimentícias foram preparadas por prensagem uniaxial a 18 MPa. As matérias-primas foram caracterizadas em termos de composição química e perda ao fogo. E as propriedades físico-mecânicas foram determinadas através da massa específica bulk, absorção de água e resistência à compressão simples. Os resultados experimentais mostraram que adição de até 5 % em peso de resíduo de ETA causa modificações notáveis nas propriedades tecnológicas da massa cimentícia padrão.*

Palavras-chave: resíduo de ETA, tijolo solo-cimento, construção civil.

### INTRODUÇÃO

Para que a água bruta se torne adequada ao consumo humano, é necessário que ela passe por tratamento realizado em Estações de Tratamento de Água (ETA). A maioria das ETAs, no Brasil, é convencional ou de ciclo completo, tendo unidades de mistura rápida, floculação, decantação e filtração<sup>(1)</sup>.

As Estações de Tratamento de Água eliminam os colóides e matérias em suspensão presentes na água, como por exemplo, argilominerais, por tratamento químico usando floculantes, seguido por decantação e filtração. Dessa forma o resíduo de ETA é produzido nas unidades de decantação e no sistema de filtração (2).

O resíduo de ETA é classificado de acordo com a norma NBR 10004 (3) como resíduo sólido pertencente à classe II A - não inerte. Portanto, ele não pode ser lançado nos corpos d'água sem devido tratamento, por causar efeitos diretos ao ambiente aquático do corpo receptor, provocando danos à fauna aquática. O lodo de ETA pode causar riscos à saúde humana devido à presença de agentes patogênicos (4). Os mesmos autores alertam quanto aos impactos devido à presença de metais pesados. Assim, se torna necessário o estudo da disposição final adequada do resíduo de ETA, com a finalidade de diminuir os impactos ambientais ocorridos por este lodo. Neste contexto, uma metodologia alternativa para reutilização do resíduo de ETA é a sua incorporação em tijolo solo-cimento.

Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização química das matérias-primas utilizadas, e a influência do resíduo de ETA nas propriedades tecnológicas do tijolo solo-cimento, tendo em vista o seu emprego na construção civil.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas as seguintes matérias-primas: solo, cimento Portland CP III-40RS, resíduo de ETA e água.

Foi realizado o beneficiamento das matérias-primas, que se compôs de secagem em estufa de marca e modelo Brasdonto-3 a 110º C para o resíduo de ETA, e solo, por 24 horas. Destorroamento e peneiramento para ambos foi através de peneira de fração 4 mesh.

A composição química foi determinada através de fluorescência de raios-X (Shimadzu, EDX-700). A perda de massa da amostra calcinada foi realizada em um forno mufla da Maitec, modelo FL 1300 e determinada de acordo com:

$$\%PF = \frac{(M_s - M_c)}{M_s} \cdot 100 \quad (A)$$

onde  $M_s$  é o peso da amostra seca em 110° C e  $M_c$  é o peso da amostra calcinada a 1000° C durante 2 h, com uma taxa de aquecimento de 10° C/min.

Os corpos cimentícios de 0, 1,25, 2,5 e 5 % de resíduo de ETA foram confeccionados com teor de 14 % de umidade e por prensagem uniaxial a 18 MPa.

Os corpos cimentícios foram depositados em uma câmara úmida para cura, em um período de 28 dias. A caracterização físico-mecânica foram os métodos: massa específica bulk, absorção de água e resistência à compressão.

A massa específica bulk ( $\rho_b$ ) dos corpos cimentícios e tijolos após cura foi determinada de acordo com a seguinte equação (B):

$$\rho_b = \frac{M}{V} \quad (B)$$

Onde  $\rho_b$  é a massa específica bulk, M massa do corpo cimentício curado, em gramas e V é o volume do corpo cimentício curado, em cm<sup>3</sup>.

A absorção de água foi determinada de acordo com a norma NBR 10836-94<sup>(5)</sup>.

A determinação da resistência à compressão simples foi realizada segundo a norma NBR 10836-94<sup>(5)</sup>.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados da composição química e perda ao fogo das matérias-primas utilizadas. Observa-se que o resíduo de ETA é constituído essencialmente por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que correspondem à cerca 70,98 %, e com predominância de alumina. A alumina e a sílica podem estar associadas formando a caulinita e illita/mica. A hematita pode estar relacionada aos floculantes a base de sulfato de ferro utilizado no tratamento da água e a goetita. O resíduo de ETA possui elevada perda ao fogo da ordem de 24,50 % em peso. Que está relacionada à perda de água de constituição dos argilominerais, a desidratação de hidróxidos e a oxidação da matéria-orgânica.

O solo arenoso também apresenta como compostos majoritários Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (28,63 %), SiO<sub>2</sub> (46,70 %) e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7,40 %), mas com predominância de sílica.

Do ponto de vista químico, o resíduo de ETA e o solo arenoso são constituídos essencialmente por SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. No entanto, existem diferenças

na composição química destes materiais. O solo arenoso apresenta maior presença de quartzo em sua constituição, 46,70 % em peso. O SiO<sub>2</sub> na forma livre diminui a plasticidade do solo. O solo arenoso estudado apresenta menor plasticidade em relação ao resíduo de ETA. Ainda, o solo arenoso apresenta menor perda ao fogo da ordem de 7,80 %.

O cimento Portland CPIII-40RS é composto principalmente por CaO, com teor de 65,15 % em peso e, também, por Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7,11 %) e SiO<sub>2</sub> (18,87 %). O CaO está relacionado ao calcário, e pode ser proveniente da composição da escória de alto forno do cimento analisado.

Tabela 1. – Composição química do resíduo de ETA, solo arenoso e cimento Portland CPIII-40RS (%).

Composição	Resíduo de ETA	Solo arenoso	Cimento Portland CPIII-40RS
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,18	28,63	7,11
SiO <sub>2</sub>	29,59	46,70	18,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,21	7,40	1,21
SO <sub>3</sub>	1,61	2,00	3,71
K <sub>2</sub> O	1,27	3,80	0,56
TiO <sub>2</sub>	1,04	2,21	0,53
MnO	0,14	0,07	0,30
CaO	0,34	0,98	65,15
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,13	-
CuO	-	-	-
ZrO <sub>2</sub>	0,01	0,24	-
Rb <sub>2</sub> O	-	-	-
ZnO	0,02	0,02	-
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	0,01	-
SrO	-	0,01	0,06
PF	24,50	7,80	2,50

As figuras 1, 2 e 3 mostram as propriedades físicas e mecânicas dos corpos cimentícios com incorporação de 0, 1,25, 2,5 e 5 % de resíduo de ETA, aos 28 dias de cura

A Figura 1 apresenta o efeito da adição do resíduo de ETA na massa específica bulk dos corpos cimentícios. Observa-se que o efeito da adição do resíduo de ETA é o de diminuir a massa específica bulk dos corpos cimentícios. Para as condições estudadas as peças contendo resíduo de ETA são ligeiramente menos densas do que as peças de referência. O resíduo contribui para um menor grau de empacotamento das massas estudadas, diminuindo a densificação das peças.

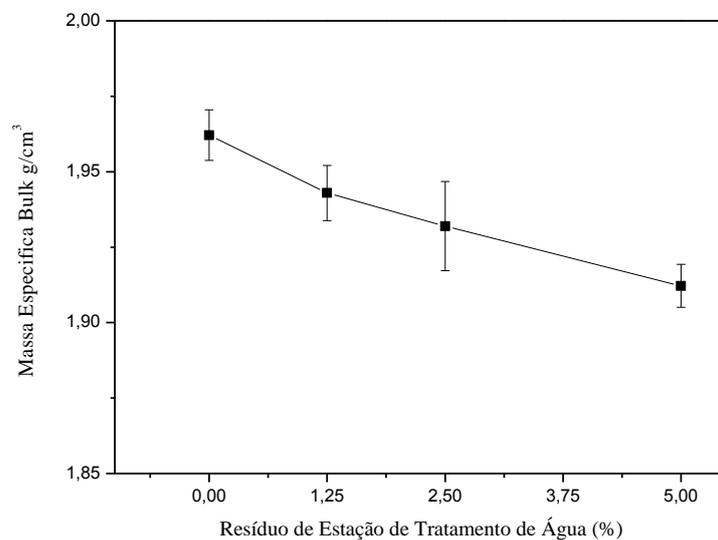


Figura 1. – Massa específica bulk dos corpos cimentícios incorporados com resíduo de ETA após 28 dias de cura.

A Figura 2 mostra os resultados de resistência à compressão, observa-se que para os lotes dos corpos cimentícios com 2,5 e 5 % de resíduo de ETA diminuíram os valores de resistência à compressão comparada aos corpos cimentícios sem incorporação e com 1,25 % de ETA, mas atingiram o valor recomendado pela norma 10834-94 <sup>(6)</sup>. O lote de corpos cimentícios com 1,25 % de resíduo de ETA possui maior resistência à compressão, comparado aos outros lotes com incorporação.

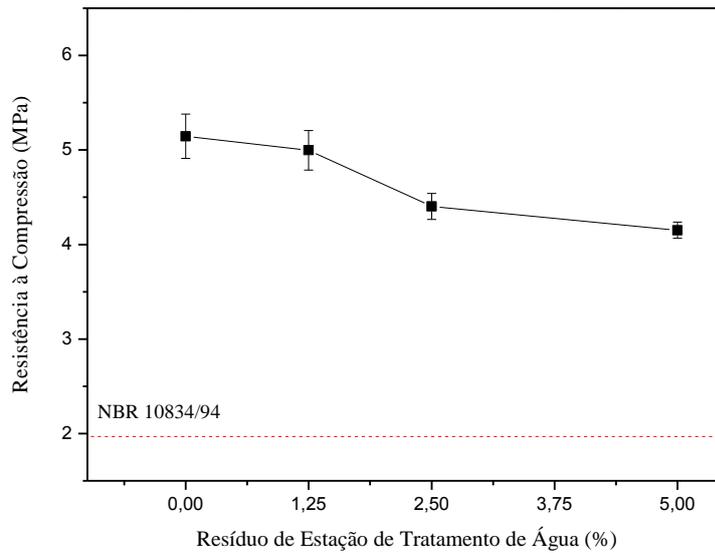


Figura 2. – Resistência à compressão dos corpos cimentícios incorporados com resíduo de ETA após 28 dias de cura.

Na Figura 3 são apresentados os valores de absorção de água. Os resultados mostram que os valores de absorção de água dos corpos cimentícios são fortemente influenciados pela adição do resíduo de ETA. Em geral tem-se um aumento da absorção de água com a adição do resíduo. No entanto, nota-se que incorporação de até 1,25 % de resíduo de ETA praticamente não acarretou alteração nos valores de absorção de água, e que os resultados acima de 1,25 % tendem a aumentar a absorção de água dos corpos cimentícios. Observa-se que os lotes dos corpos cimentícios sem incorporação e com 1,25 % de resíduo de ETA estão dentro do limite estabelecido pela norma NBR 10834-94<sup>(6)</sup>, porém os lotes com 2,5 e 5 % de incorporação ficaram acima do limite determinado pela norma NBR 10834-94<sup>(6)</sup>.

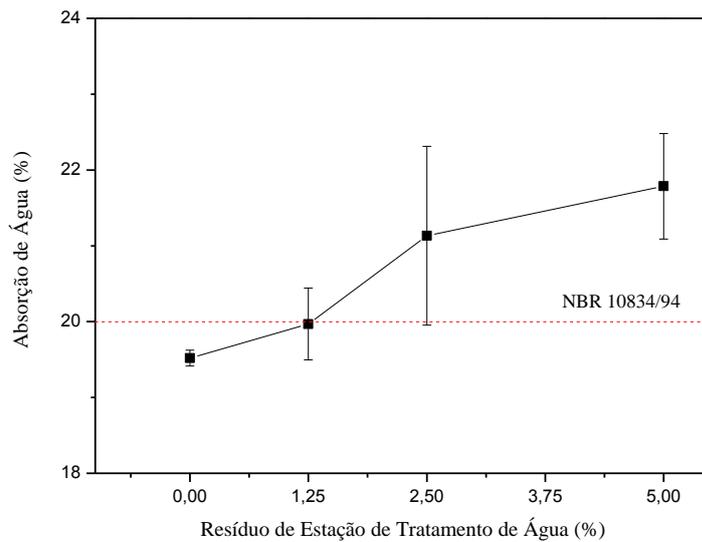


Figura 3. – Absorção de água dos corpos cimentícios incorporados com resíduo de ETA após 28 dias de cura.

## CONCLUSÕES

Os resultados experimentais e discussão deste trabalho permitiram às seguintes conclusões:

O resíduo de ETA estudado é quimicamente rico em  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Além disso, o resíduo de ETA contém alto teor de perda ao fogo (24,50 %).

O solo arenoso é constituído quimicamente por sílica, alumina e óxido de ferro. O solo arenoso contém baixo teor de perda ao fogo da ordem de 7,80 %.

A incorporação de resíduo de ETA provocou alterações significativas nas propriedades tecnológicas dos corpos cimentícios de solo-cimento. Foi constatado que o resíduo de ETA tende a diminuir a massa específica bulk e resistência à compressão e aumentar a absorção de água.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERJ e CAPES pelo apoio para realização deste trabalho, e a Empresa Águas do Paraíba pelo fornecimento do resíduo de ETA e a Cerâmica Rodolfo Azevedo Gama pelo fornecimento do solo arenoso.

## REFERÊNCIAS

(1) Fadanelli, L. E. A., Wiecheteck, G. K. Estudo da utilização do lodo de estação de tratamento de água em solo cimento para pavimentação rodoviária. (2005) Revista de Engenharia e Tecnologia. 2010, 2 (2): 31-37p.

(2) <http://www.aguasdoparaiba.com.br>. Acesso em: 06/2011.

(3) Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). Resíduos Sólidos - Classificação: NBR 10.004. Rio de Janeiro.

(4) Di Bernardo, L., Dantas, A. D. B. Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. 2ª. ed. São Carlos: Rima, 2005.

(5) Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994) Bloco vazado de solo-cimento. Determinação da resistência à compressão e a absorção de água. Método de ensaio: ABNT NBR 10836. Rio de Janeiro.

(6) Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994) Bloco vazado de solo-cimento. Especificação. Método de ensaio: ABNT NBR 10834. Rio de Janeiro.

## ABSTRACT

### PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF SOIL-CEMENT BRICKS INCOPORATED WITH WTP SLUDGE FOR CIVIL CONSTRUCTION

The aim of this work was to evaluate on the characterization of raw materials: sandy soil, Portland cement and WTP waste from the region of Campos dos Goytacazes-RJ. And also the influence of the WTP waste in the technological properties of soil-cement. Mixtures were prepared of sandy soil, waste and cement, containing up to 5 w.% by weight of WTP waste. The cement pieces were manufactured by means of the axial pressing under an 18 MPa pressure. The raw materials were characterized as to chemical analysis. And the physical and mechanical properties were determined to the water absorption assay, bulk density and compression strength test. The experimental results showed that addition of up to 5 w.% by weight of WTP waste cause notable changes in the technological properties of cement mass standard.

Keywords: Waste water treatment plants, soil-cement brick and, civil construction.