

III-091 – CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO SÓLIDO: LODO DE ETA, COMO MATÉRIA PRIMA PARA CONFEÇÃO DE ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Selma Souza Alves Santos ⁽¹⁾

Bacharel e licenciada em Química pela UFBA. Especialista em Gestão Ambiental, pela Escola de Eng. de Agrimensura. Especialista em Ciências da Natureza e matemáticas e suas Tecnologias para professor do ensino médio pela Universidade de Brasília (UnB). Mestre em química Analítica, pela UFBA. Assistente de Saneamento na EMBASA. Professora do ensino médio da disciplina Química. Professora da disciplina Tratamento de Água da Faculdade AREA1. Doutoranda em Química analítica pela UFBA.

Vânia Palmeiras Campos ⁽²⁾

Bacharel em Química pela UFBA. Mestrado em Química Inorgânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Doutorado em Química pela UFBA. Professora Associada IV do Instituto de Química da UFBA. Faz parte do corpo docente permanente do mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento (MAASA) da Escola Politécnica da UFBA. Vice-Presidente da Rede de Análises para a Qualidade Ambiental na América Latina (RACAL).

Endereço ⁽¹⁾: Rua Dom Eugênio Sales, s/n - Boca do Rio – Salvador –BA- CEP: 41715-340- Brasil-Tel (71) 3373-7627 – e-mail: Selma. alves@embasa.ba.gov.br

RESUMO

A estação de tratamento de água (ETA) Vieira de Mello (VM), uma das ETAs da EMBASA, situada em Salvador-Ba, com capacidade para tratar $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água, entrou em operação em março de 1964 atendendo parte da demanda de água potável da cidade de Salvador. Para transformar a água bruta em água potável, a VM utiliza o processo convencional de tratamento, com adição de diversos componentes, formando resíduos a serem removidos nas etapas de decantação e filtração, principalmente nos decantadores, sendo estes resíduos chamados de lodo. A disposição final do lodo gerado nas ETAs constitui atualmente um dos principais passivos ambientais do setor de saneamento. Há muito, o destino destes resíduos de ETA vinha sendo os cursos d'água próximos das estações, podendo causar efeitos, principalmente à fauna aquática e à saúde humana, pois o mesmo contém metais tóxicos, entre outros contaminantes. Esta prática tem sido questionada por órgãos ambientais. Atualmente, um dos grandes desafios é a busca de destinação final desses lodos, ambientalmente vantajosa e econômica e tecnicamente viável. Entre as possibilidades aponta-se incorporação do lodo em compostagem e seu uso na fabricação de tijolos. Neste estudo realizou-se a caracterização do resíduo gerado na ETA VM, após secagem em estufa sob controle de temperatura na faixa de $103-105^\circ\text{C}$. Foram encontradas concentrações de metais e semi metais nas faixas de: $6,00 - 9,57 \text{ mg L}^{-1}$ Al; $2,14 - 2,89 \text{ mg L}^{-1}$ As; $0,30 - 0,50 \times 10^{-3} \text{ mg L}^{-1}$ Be; $< 0,10 - 0,12 \times 10^{-3} \text{ mg L}^{-1}$ Cd; $0,83 - 0,14 \text{ mg L}^{-1}$ Cr; $< 2,0 - 0,11 \text{ mg L}^{-1}$ Pb; $6,50 - 12,50 \times 10^{-3} \text{ mg L}^{-1}$ V. Resultados obtidos de testes de resistência de bloco ($f_{bk} = f_{bk,est} = 7,8 \text{ Mpa}$) e de absorção de umidade ($\leq 13\%$), além de testes de lixiviação: As $< 0,035 \text{ mg L}^{-1}$, Cd $< 0,020 \text{ mg L}^{-1}$, Pb $< 0,20 \text{ mg L}^{-1}$, Cr $< 0,070 \text{ mg L}^{-1}$, Al $< 1,2 \text{ mg L}^{-1}$, Be $< 0,020 \text{ mg L}^{-1}$, V $< 0,30 \text{ mg L}^{-1}$, comprovam a adequação do lodo para uso na confecção de blocos na construção civil. Como o volume de água tratada em média é $178.710 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ na ETA VM e a produção de resíduo no final do tratamento é de $42,20 \text{ g m}^{-3}$ SST a produção de blocos dia^{-1} poderá ser de 15.814, considerando a composição do material nas seguintes proporções: 1,0: 3,7: 0,85: 0,28 correspondendo a cimento:areia:água:lodo. A tecnologia identificada neste trabalho para a destinação final do resíduo da ETA VM é econômica e ambientalmente adequada.

PALAVRAS CHAVE: Resíduo de ETA, Estação de Tratamento, Lodo, Reuso.

INTRODUÇÃO

A estação de tratamento de água (ETA) Vieira de Mello (VM), uma das ETAs da EMBASA-Empresa Baiana de Águas e Saneamento está localizada em Salvador-Ba e tem capacidade para tratar $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água. Para transformar a água bruta em água potável, a ETA VM utiliza o processo convencional de tratamento, gerando resíduos a serem removidos nas etapas de decantação e filtração, sendo estes resíduos chamados de lodo. O destino deste resíduo tem sido o meio ambiente e hoje para que haja uma alternativa final adequada para ele, é

necessário primeiramente fazer um levantamento qualitativo do lodo gerado na ETA, uma vez que, hoje se considera a água integrando as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução, do poluidor – pagador, e considerando que a Constituição Federal e a Lei n.º 6938, de 31 de agosto de 1981 visam controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo o lançamento em níveis nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

O objetivo deste trabalho foi estudar a composição do lodo gerado na ETA e a viabilidade para a sua destinação, na confecção de blocos, a serem usados na construção civil, eliminando um passivo ambiental, e sendo vantajoso, economicamente e tecnicamente viável.

Este trabalho teve como objetivo estudar a composição biológica, física e química do lodo gerado na Estação de tratamento de água Vieira de Mello e a viabilidade para a sua destinação, na confecção de blocos, a serem usados na construção civil, reduzindo a contaminação e assoreamento do ecossistema do Rio das Pedras, onde atualmente é dispensado.

A realização do estudo, além de contribuir qualitativa e quantitativamente para o setor como subsídio para estabelecer um destino adequado para o resíduo gerado na ETA Vieira de Mello, servirá como base de metodologia para ser usada por outras ETAs.

MATERIAIS E MÉTODOS

A EMBASA - Empresa Baiana de Águas e Saneamento, localizada em Salvador, Bahia possui duas estações de Tratamento de água (ETA), no bairro da Boca do Rio no Parque da Bolandeira (figura 1): a Estação Vieira de Mello (VM) com capacidade para tratar $2,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água, em operação desde março de 1964 e a Estação Teodoro Sampaio (TS), com igual capacidade, em operação desde início da década de 70. Atualmente, as duas estações produzem cerca $3,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ atendendo parte da demanda de água da cidade de Salvador, utilizando o tratamento convencional: coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. As Estações Vieira de Mello e Teodoro Sampaio abastecem 40 % dos reservatórios de água tratada da cidade de Salvador-Ba.



Figura 1- Planta do Parque da Bolandeira-Boca do Rio, Salvador-Ba.

Analisando os aspectos físicos, produtos químicos e etapas do tratamento da água, aplicou-se uma metodologia, para se obter dados qualitativos para posterior confecção dos blocos do resíduo (lodo) gerado na Estação de Tratamento de água Vieira de Mello, mostrada na figura 2, o qual apresenta a metodologia geral utilizada desde a amostragem dos efluentes até os testes dos blocos.

Para o estudo qualitativo, foram realizadas, na própria ETA VM, coletas de amostras, conforme a ocorrência da descarga dos decantadores e da lavagem dos filtros.

A ETA Vieira de Mello é composta de 4 decantadores e 10 filtros. Os decantadores são descarregados com frequência bastante variável na ETA. A necessidade de descarga é definida pelo supervisor e/ou operador em função do escape de flocos. Diariamente, pelo menos quatro decantadores são descarregados para lavagem ou jateamento.

Os filtros são lavados a cada 12 horas, conforme roteiro pré-determinado. Em média, são lavados cerca de 10 filtros a cada 24 horas. Conforme mostra a figura 2, após as coletas as amostras foram enviadas para as análises específicas.

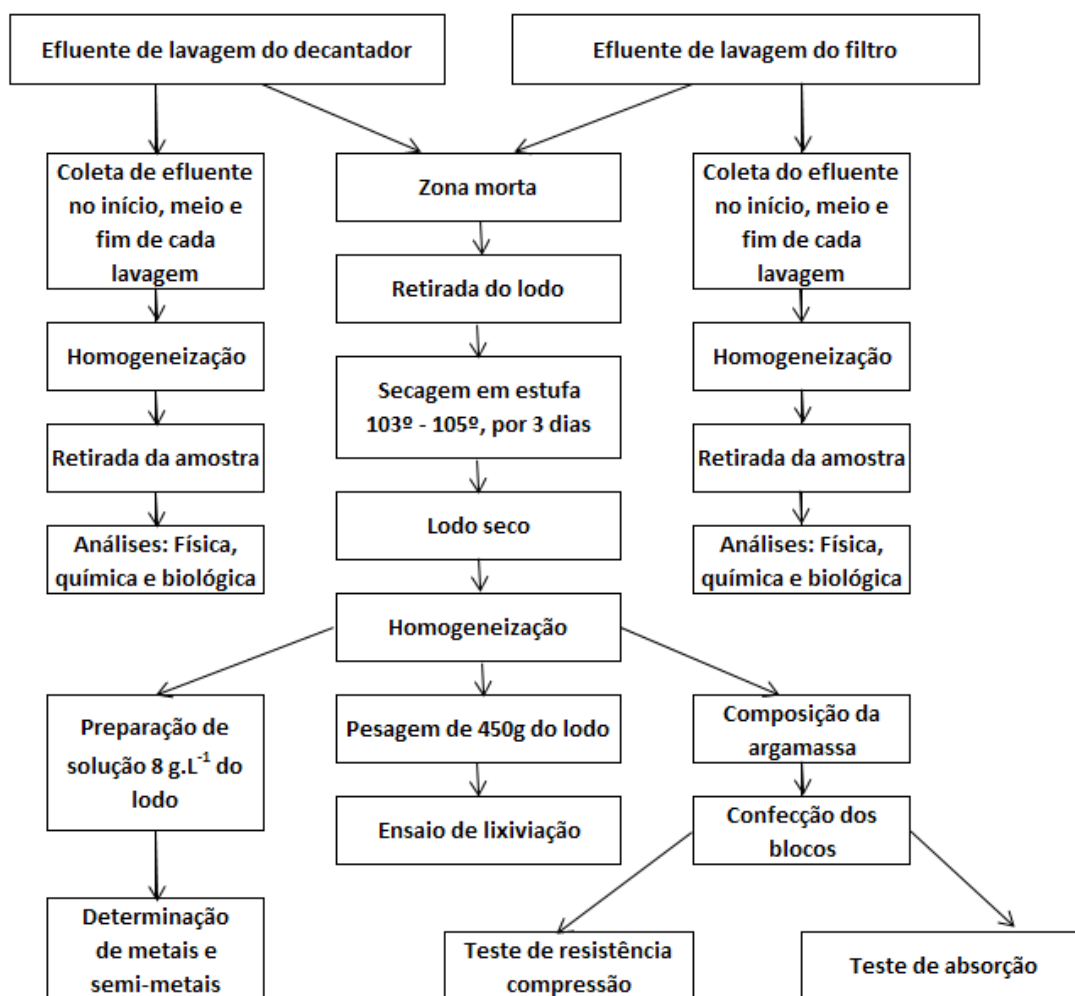


Figura2: Fluxograma do procedimento para obtenção e caracterização do produto final proposto.

Foram realizadas coletas na ETA VM em três momentos: no início, meio e fim de cada lavagem do decantador e do filtro, separadamente. As amostras compostas foram homogeneizadas em balde de 100 L e retirada uma sub-amostra encaminhada para o laboratório Central da EMBASA, para determinação de metais, como manganês, magnésio, níquel, zinco, cálcio, cobalto, cobre, cromo, ferro, além dos ânions como cloreto.

PROCEDIMENTO DE MOLDAGEM DO BLOCO

Com base na NBR 6136/2006 foram confeccionadas duas formas para os blocos, constituídas de aço carbono, conforme as dimensões apresentadas na figura 3.

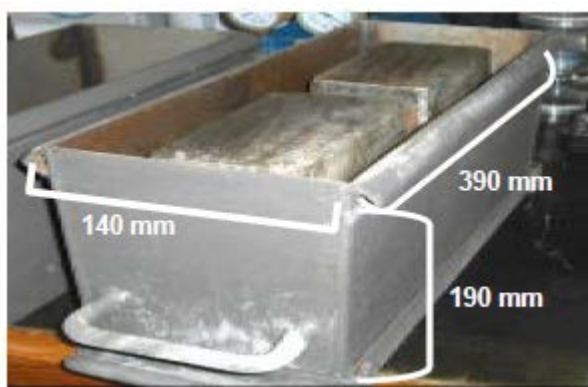


Figura 3: Modelo e dimensões da forma usada para preparo do bloco

A figura 4 mostra a moldagem da forma e o bloco pronto com a composição mostrada acima.



Figura 4- Colocação da argamassa na forma (a) e bloco pronto (b)

MEDIDAS E CARACTERÍSTICAS DOS BLOCOS CONFECCIONADOS USANDO O LODO DA ETA VM

O componente traço do bloco, ou seja, a proporção de cada componente no material do bloco em relação ao principal é obtido dividindo-se a quantidade de cada componente pela quantidade de cimento, como mostrado a seguir:

$$C(\text{cimento}) = \text{Cimento} / \text{cimento} = 21,8 \text{ Kg} / 21,8 \text{ Kg} = 1,0$$

$$A(\text{areia}) = \text{areia} / \text{cimento} = 81 \text{ Kg} / 21,8 \text{ Kg} = 3,7$$

$$W(\text{água}) = \text{água} / \text{cimento} = 18,5 \text{ Kg} / 21,8 \text{ Kg} = 0,85$$

$$\text{Lodo}(L) = \text{lodo} / \text{cimento} = 6,2 \text{ Kg} / 21,8 \text{ Kg} = 0,28.$$

Assim tem-se aproximadamente como componente traço do bloco produzido: 1,0: 3,7: 0,85: 0,28 em função do cimento.

TESTE DE ABSORÇÃO DE UMIDADE E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para os testes de resistência à compressão e para a determinação da absorção de água, foram seguidas as normas NBR 6136/2006 e NBR 12118/2006 juntamente com MB 3459/1991, respectivamente.

O teste de absorção de umidade e compressão foi realizado após 28 dias da fabricação dos blocos. Não foi necessário o capeamento (uso de molde para nivelar as áreas que ficam em contato com a placa da compressão, para se obter distribuição uniforme da carga) para nivelar as superfícies ou mesmo as arestas, obtendo-se uniformidade de carga no teste de compressão.

RESULTADOS

O ensaio de absorção de água, realizado com o objetivo de verificar o percentual de absorção de água pelo bloco, expresso em porcentagem, foi feito com três blocos, como determinam as normas NBR 12118:2010 e NBR 6136:2006, e seus resultados são mostrados na tabela 1.

Tabela1: Característica do teste de absorção de umidade.

Componente	BL 01	BL 02	BL 03
Largura (L), mm	390		
Altura (H), mm	190		
Comprimento ©, mm	140		
Área (A), mm ²	54600		
Massa do corpo-de-prova seco em estufa (m ₁), g	10357,3	9798,4	9874,9
Massa do corpo-de-prova saturado (m ₂), g	11242,2	10963,7	11044,7
Absorção de umidade (a), %	8,5	11,9	11,9

O ensaio de resistência à compressão é realizado com o objetivo de verificar a capacidade de carga que os blocos confeccionados suportam quando submetidos a uma força perpendicular a sua face, conhecida como resistência característica, foi feito utilizando-se 9 blocos, atendendo a NBR 6136/2006, que exige no mínimo 6 blocos. A determinação de resistência característica estimada da amostra (fbk), foi calculada utilizando os dados de resistência apresentados nas tabelas 2.

Tabela 2: Características dos blocos confeccionados.

Componente	BL 01	BL 02	BL 03
Largura (L), mm	390		
Altura (H), mm	190		
Comprimento ©, mm	140		
Área (A), mm ²	54600		
Massa do corpo-de-prova seco em estufa (m ₁), g	10357,3	9798,4	9874,9
Massa do corpo-de-prova saturado (m ₂), g	11242,2	10963,7	11044,7
Absorção de umidade (a), %	8,5	11,9	11,9

A dosagem dos produtos usados na ETA VM para o tratamento da água, na época da coleta das amostras para esse trabalho, forneciam as seguintes faixas de resultados: 60 a 80 mg L⁻¹ de sulfato férrico; 0,98 a 1,39 mg L⁻¹ de ácido fluorsilícico; 2,2 a 2,7 mg L⁻¹ de cloro (pré-cloração); 4,5 a 6,6 mg L⁻¹ de Cloro (pós-cloração) e 35 mg L⁻¹ de Ca (OH)₂ (cal hidratada). A vazão de água bruta era cerca de 2,0 m³ s⁻¹.

As figuras 4 e 5 e a tabela 3 apresentam os resultados obtidos com as análises realizadas, como concentrações médias dos metais para cada decantador (figura 4), para cada filtro (figura 5) e para o lodo seco (tabela 3).

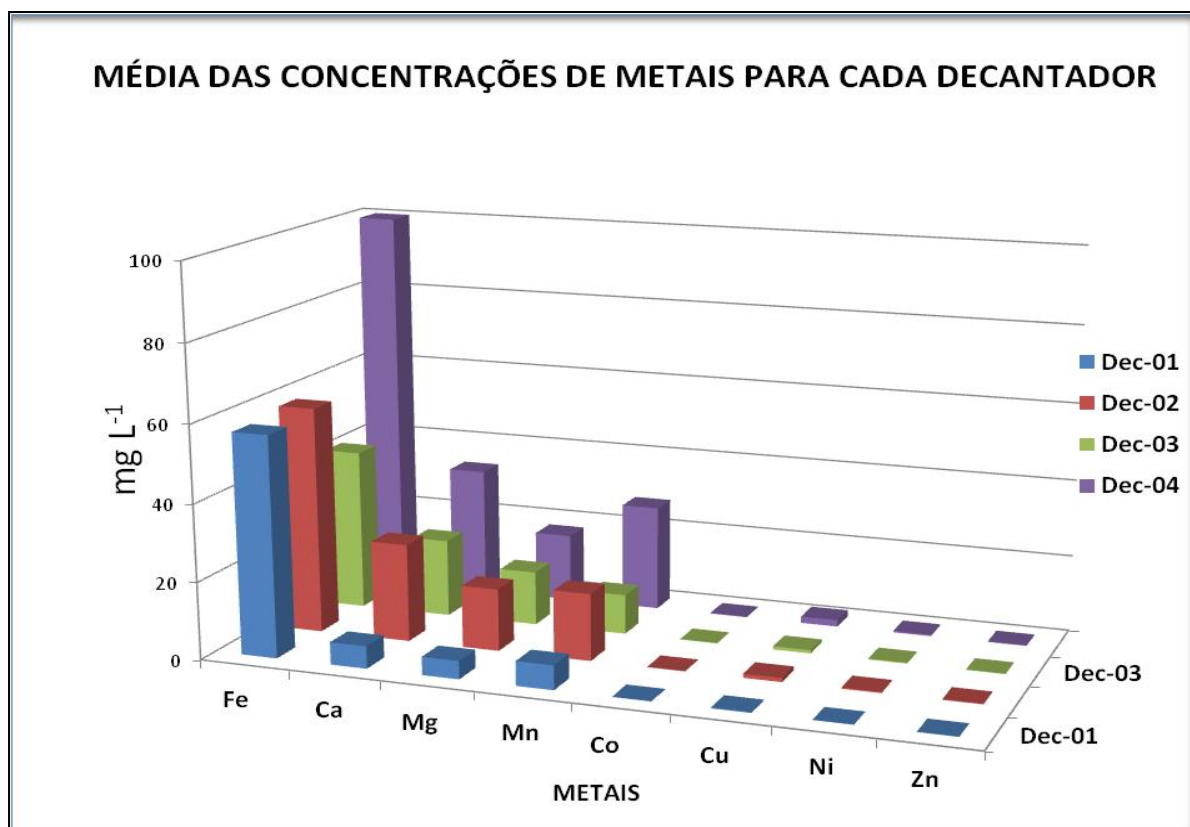


Figura 4 - Metais no efluente (suspensão de lodo) dos decantadores da ETA Vieira de Mello

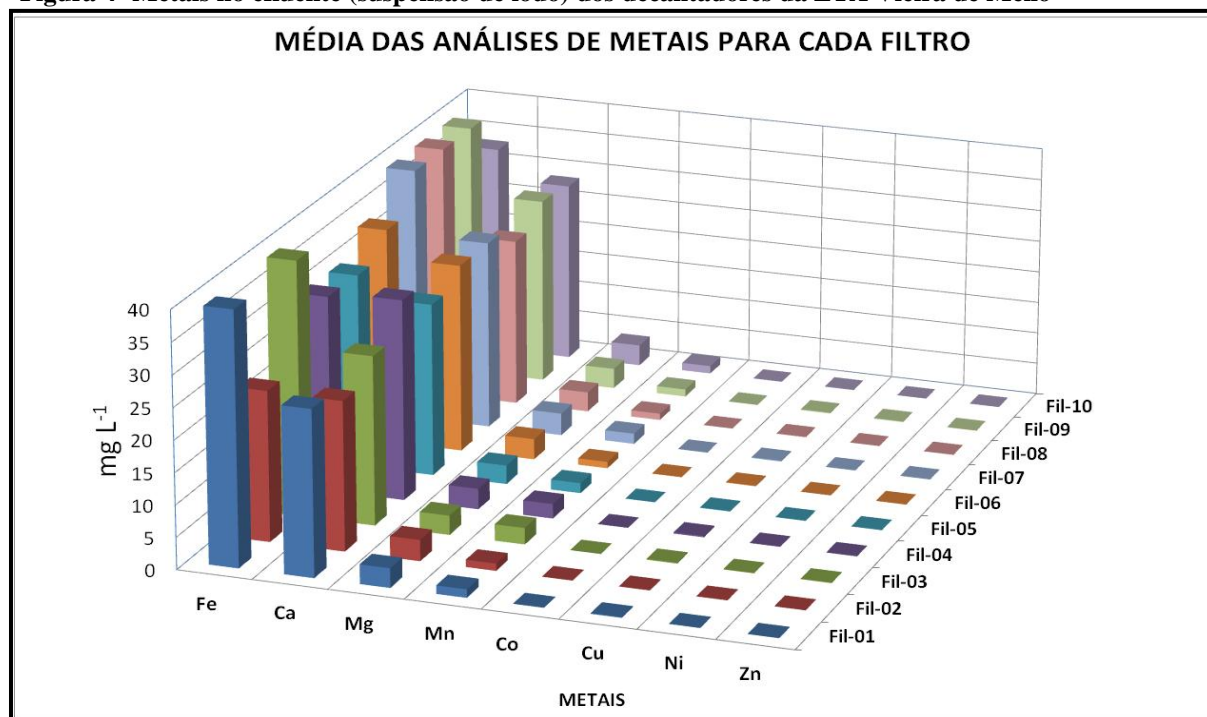


Figura 5 - Metais nas amostras do lodo seco da ETA Vieira de Mello

Tabela 3- Dados condensados dos parâmetros determinados no lodo seco.

Parâmetro	Unid.	CONAMA 357/05	Lodo seco			
			Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4
Berílio	mg.L ⁻¹	-	$3 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4} \pm 1 \times 10^{-4}$
Alumínio	mg.L ⁻¹	-	6,64 ± 1,69	6,64 ± 1,69	9,57 ± 1,69	6,08 ± 1,7
Arsênio	mg.L ⁻¹	0,5	$2,8 \times 10^{-3} \pm 3 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-3} \pm 3 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-3} \pm 3 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-3} \pm 3 \times 10^{-4}$
Cádmio	mg.L ⁻¹	0,2	< 0,100	0,116	< 0,100	< 0,100
Chumbo	mg.L ⁻¹	0,5	$2 \times 10^{-3} \pm 4 \times 10^{-3}$	$9 \times 10^{-3} \pm 4 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3} \pm 4 \times 10^{-4}$	$4 \times 10^{-3} \pm 4 \times 10^{-4}$
Cromo	mg.L ⁻¹	0,5	0,06 ± 0,03	0,08 ± 0,03	0,14 ± 0,03	0,09 ± 0,03
Vanádio	mg.L ⁻¹	-	$6 \times 10^{-3} \pm 2 \times 10^{-3}$	$8 \times 10^{-3} \pm 2 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2} \pm 2 \times 10^{-3}$	$9 \times 10^{-3} \pm 2 \times 10^{-3}$

CONCLUSÕES

Testes iniciais para o estudo da viabilidade da utilização do lodo da ETA VM para uso na confecção de blocos na construção civil, sugeriram a composição do material na proporção 1,0: 3,7 : 0,85: 0,28 em cimento: areia: água: lodo, respectivamente.

A partir do levantamento qualitativo e estudo da viabilidade da utilização do resíduo sólido como matéria prima para confecção de elementos da construção civil, especificamente, bloco, podemos concluir que esta destinação é potencialmente aplicável para o referido resíduo, visto que:

- Como o volume de água tratada é de aproximadamente 178.162,14 m³ dia⁻¹, são gerados 42,20 g SST m⁻³, o que viabiliza a obtenção de cerca de 7.518,44 Kg de lodo, podendo permitir a confecção de aproximadamente 15.764 blocos por dia.
- As análises do material do lodo seco revelaram concentrações dos metais e semimetais nas faixas de: 6,00 - 9,57 mg L⁻¹ Al; 2,14 - 2,89 mg L⁻¹ As; 0,30 - 0,50 x10⁻³ mg L⁻¹ Be; < 0,1 - 0,12 x10⁻³ mg L⁻¹ Cd; 0,83 - 0,14 mg L⁻¹ Cr; <2 - 0,11 mg L⁻¹ Pb; 6,50 - 12,5 x 10⁻³ mg L⁻¹ V, abaixo portanto, dos padrões legislados pelo CONAMA 357/05 referente a lançamento de efluentes .
- Os resultados obtidos para o teste de resistência, com fbk =fbk,est= 7,8 MPa, ou seja ≥ 6,0 MPa, classifica o material com potencial para função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.
- Os resultados obtidos para o teste de absorção de umidade (10,8%, ou seja, ≤ 13,0%), classificam o bloco sugerido neste estudo como de absorção de agregado leve, mas dentro das classes estabelecidas nos requisitos da NBR 6136/2006, viável para a utilização do material em construção.
- Os testes de lixiviação visando a determinação da capacidade de transferência de espécies químicas do material para outro meio, mostraram concentrações muito mais baixas do que os níveis limitados pela ABNT 10004 e permitiram classificar o resíduo como classe II (não perigoso).

Este trabalho identificou uma tecnologia econômica e ambientalmente adequada de destinação final para o resíduo da ETA VM, o qual poderá ser estendido para outras ETAs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DI BERNARDO, L.; PAZ, L. P. S. **Seleção de Tecnologias de Tratamento de Água**. São Carlos, SP: Ed. LDiBe Ltda., vol 1. 878p. 2008.
2. CORDEIRO, J. S. **Importância do Tratamento e disposição dos lodos de ETAs. Noções Gerais de Tratamento e disposição Final de lodos de Estação de Tratamento de Água**. PROSAB, 1999, Cap. 01.

- Disponível em: <blog.eco4planet.com/.../eco-tijolos-sao-feitos-com-lodo-das-estacoes-de-tratamento-de-agua>. Acesso em: 18 ago. 2010.
3. BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Metais e Sólidos: Aspectos Legais dos Resíduos de Estações de Tratamento de Água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa. Brasil, 2001.
 4. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS - ABNT. Resíduo sólido – Classificação - NBR 10004. Rio de Janeiro, 2004.
 5. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA resolução 357 de 17 mar. 2005. Dispõe sobre a Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e da outras providências.
 6. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos - NBR 6136. Rio de Janeiro, 2006.
 7. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. Determinação da resistência a compressão - NBR7215. Rio de Janeiro, 1996.
 8. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Métodos de Ensaio - NBR 12118. Rio de Janeiro, 2007.
 9. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS - ABNT. Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria-Determinação da Absorção, do teor de umidade e da área líquida - MB3459. Rio de Janeiro, 1991.
 10. ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. Procedimento para Obtenção de Extrato Lixiviado de Resíduo Sólidos - NBR 10005.. Rio de Janeiro, 2004.