

ESTUDO DO APROVEITAMENTO DO LODO GERADO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE TEÓFILO OTONI (MG) PARA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Da Silva, L. C.; Neumann, F. F.; Chaves, A. L.; Sena, B. A.; Blanc, L. R.; Cabral, S. C.; Bomfeti, C. A.; Rodrigues, J. L.*

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

*Rua do Cruzeiro, nº 01 – Jardim São Paulo – CEP 39803-371 – Teófilo Otoni/MG, jairo.rodrigues@ufvjm.edu.br

RESUMO

Mediante o desenvolvimento social e o crescimento da produção de dejetos humanos foram criadas as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) com o intuito de tratar os dejetos domésticos e industriais que geralmente são lançados em meios fluviais e contaminam a água. No entanto, ao ser tratado o esgoto, é gerado o lodo, que quando descartado de forma inadequada, pode causar potenciais danos ao ambiente. Diante desses fatos, o nosso estudo visou à utilização do lodo incinerado gerado pela ETE de Teófilo Otoni (MG) na substituição parcial de constituintes do concreto. O lodo foi incinerado e substituído nas porcentagens de 5, 10, 15 e 20% dos agregados finos. Os resultados se caracterizaram como promissores para a substituição parcial do concreto pelo lodo, sem que haja perda de qualidade do material, contribuindo ao mesmo tempo, para um adequado destino do lodo, evitando problemas posteriores de contaminação ambiental pelo resíduo.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Construção civil, Reutilização, Materiais alternativos.

INTRODUÇÃO

Com o realizar de suas atividades, os humanos geram alguns tipos de resíduos. Estes resíduos podem ser sólidos, líquidos ou gasosos. Durante muito tempo, como decorrência da pequena população na Terra, os resíduos foram

tratados normalmente pela natureza, e processados dentro do ciclo natural de transformação da matéria, que é resultante da capacidade que a natureza tem de se autodepurar⁽¹⁾.

No entanto, após a primeira revolução industrial, a produção de resíduos cresceu vertiginosamente, acarretando na quebra do Ciclo de Transformação da Matéria, com o qual a natureza procedia a sua regeneração, surgindo assim o fenômeno da poluição nas mais diversas formas⁽²⁾.

Ao desenvolver-se socialmente, é inevitável a produção de dejetos pelo homem, e na maioria das vezes não há preocupação com o tratamento e disposição (ambientalmente) adequada dos mesmos. Em 1992, a Agenda da Conferência Mundial de Meio Ambiente – Rio 92 reconheceu a importância da destinação apropriada dos resíduos sólidos gerados nos centros urbanos e tratou o tema “Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas ao esgoto”, definindo prioridade em quatro programas, que são: redução da produção de resíduos, aumento no máximo de reutilização e reciclagem, promoção de depósitos e tratamento ambientalmente saudável e ampliação do alcance dos serviços que se ocupam com os resíduos⁽³⁾.

Diante de tais fatos, as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's) figuram nesse cenário com o objetivo de tratar os despejos domésticos e industriais, que geralmente são lançados em meios fluviais e contaminam à água.

De toda água existente na Terra, somente 0,8% pode ser utilizada com facilidade para o abastecimento da população, e desta quantia, 97% são águas subterrâneas e 3% superficiais, por isso a necessidade de se evitar a contaminação dessa fração mais facilmente disponível⁽⁴⁾.

A preocupação de se coletar a água servida não é uma prática antiga, pois existem indícios de que em Nipur na Índia e na Babilônia no ano 3750 a.C. já eram construídas galerias de esgoto, e que no ano 3100 a.C. eram utilizadas manilhas de cerâmica na Roma Imperial para criar canais ligando às casas às galerias⁽⁵⁾.

Ultimamente nota-se à difusão da preocupação com o aproveitamento dos dejetos gerados pela atividade humana, independente do seu estado físico, fato que não era observado até alguns anos atrás, onde apenas a fase líquida tinha atenção quando era tratado o esgoto, ficando a fase sólida em segundo plano, o que era preocupante, pois em pesquisa realizada há 25 anos, SPELLMAN, 1997⁽⁶⁾ concluiu que a fase sólida de tratamento em uma ETE era responsável por aproximadamente

40% dos custos de implantação, 50% dos custos de operação e 90% dos problemas operacionais.

Cientes dos impactos que o lodo proveniente de uma ETE pode causar ao meio ambiente quando descartado de forma inadequada, é grande a busca por alternativas sociais, ambientais e economicamente viáveis, que possam dar um destino seguro a tal dejetos.

Segundo FUNGARO *et al.* 2005⁽⁷⁾, uma das maneiras de se reduzir os impactos ambientais decorrentes da disposição destes resíduos no meio ambiente consiste na ampliação das potencialidades de sua utilização. Dentre as alternativas mais utilizadas pode-se citar: incineração, deposição em aterros sanitários, fabricação de insumos agrícolas e produção de matéria-prima para a construção civil.

No entanto, nem todas as alternativas citadas se enquadram nos requisitos que garantiriam um descarte seguro do lodo. A incineração, apesar de reduzir os riscos de contaminação dos recursos hídricos e do solo, causa preocupações no que se diz respeito à poluição atmosférica e à disposição final segura da cinza residual⁽⁸⁾.

A deposição em aterros sanitários consiste na construção de valas, que devem ser revestidas por algum material impermeável, onde o lodo será enterrado. Contudo tal alternativa é dispendiosa e cara, uma vez que se têm gastos com o transporte do lodo ao local, aquisição e adequação de um terreno, que dificilmente irá trazer algum tipo de retorno ao proprietário, devido ao mau cheiro que irá proporcionar, além dos possíveis riscos de contaminação.

A utilização do lodo para a fabricação de insumos agrícolas poderia ser uma adequada alternativa de reutilização, pois no mesmo há substâncias nutritivas para o solo, entretanto em cidades que contenham grandes áreas industriais, o método seria ineficaz devido ao alto teor de metais pesados que o lodo certamente apresentaria, e à aplicação desses insumos poderia acarretar na contaminação do lençol freático.

Já a produção de matéria-prima para a construção civil é vista como uma boa alternativa, já que é apontado como o ramo de atividade tecnológica que mais consome recursos naturais, sendo assim o mais indicado para absorver resíduos⁽⁹⁾. Ao ser incorporado na linha de produção de algum tipo de material, o lodo diminui os gastos com a matéria-prima que normalmente é utilizada, diminuindo visivelmente qualquer risco de contaminação de recursos naturais, além de proporcionar à

empresa prestadora desse serviço ótima imagem perante a sociedade.

Diante desses fatos, o nosso estudo visou à utilização do lodo incinerado gerado pela ETE de Teófilo Otoni (MG) na substituição parcial de constituintes do concreto, colaborando dessa maneira com o desenvolvimento sustentável da região.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com a autorização da Companhia Sanitária do estado de Minas Gerais, foi recolhida uma quantidade suficiente do lodo (seco) gerado na Estação de Tratamento de Esgoto de Teófilo Otoni (Figura 1). Em posse desse material, iniciou-se o processo de queima, transformando-o em cinzas como visualizado na Figura 2.



Fig. 1) Lodo seco.



Fig. 2) Lodo após processo de queima.

A cinza, material fundamental para realização do presente trabalho, substituiu as porcentagens da areia, e do agregado miúdo constituinte do concreto.

O concreto foi fabricado para f_{ck} igual a 20 MPa e o traço com relação de 1,00: 1,74 : 2,43 : 0,52 (cimento : areia : brita : água/cimento) foi calculado de acordo com o método da Associação Brasileira de Cimento Portland⁽¹⁰⁾. Sendo que o cimento utilizado foi do tipo Portland (CP IV-32 RS) da marca Liz; a areia (média) apresentava grau de umidade igual a 5%; a brita utilizada foi a de número um e a água era tratada, proveniente da COPASA – MG.

Com o auxílio da “Concreteira Mix Mattar” e ajuda de um técnico responsável, os corpos de prova foram moldados de acordo com a NBR 5738, 2003⁽¹¹⁾ formas cilíndricas metálicas (0,1m de diâmetro), revestidas internamente com uma fina camada de óleo, preenchidas com concreto em duas camadas sucessivas, cada uma delas recebendo 12 golpes com haste de adensamento (Figura 3).



Fig. 3) Corpos de prova cilíndricos.

Após a moldagem, os corpos de prova foram dispostos em uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e intempéries. Decorridas 24 horas, os mesmos foram desenformados, devidamente identificados e submersos em um tanque com solução saturada de hidróxido de cálcio à temperatura de aproximadamente 298 K⁽¹¹⁾.

Foram confeccionados cinco tipos de concreto, sendo eles: o padrão, e os com substituição de 5%, 10%, 15% e 20% da areia por cinzas descendentes do lodo gerado pela ETE. Para cada tipo de concreto foram moldados seis corpos de prova, sendo três destinados aos ensaios que foram realizados após 7 dias de cura e os demais para 14 dias de cura.

O teste de adensamento, ou *slump test*, foi o primeiro teste a ser realizado, seguindo critérios da NBR NM 67, 1998⁽¹²⁾: cone metálico preenchido com três camadas de concreto, com 25 golpes em cada (Figura 4).



Fig. 4) Cone metálico utilizado no *slump test*.

Antes de aplicar o ensaio de compressão axial, os corpos de prova foram

retificados por meio de uma Faceadora, a qual foi retirada uma fina camada do material a fim de torná-lo plano e perpendicular ao eixo longitudinal⁽¹¹⁾. Feito isso, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de compressão axial por meio de uma prensa hidráulica que indica a carga máxima que o mesmo pode suportar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O concreto, em seu estado fresco, apresenta uma trabalhabilidade específica, que determina o esforço exigido para manipulá-lo sem perda da homogeneidade⁽¹³⁾. Para que essa característica seja eficiente, é importante calcular uma dosagem adequada dos componentes de acordo com suas propriedades.

Por meio do *slump test* é possível determinar a consistência do concreto a partir do abatimento, e confirmar se está adequado para um serviço previsto, segundo a Tabela 1 elaborada por RIPPER, 1995⁽¹⁴⁾.

Tabela 1: Limites de abatimento (*slump test*) para diversos tipos de concreto (modificada).

Tipos de construção	Trabalhabilidade	Abatimento (mm)
Fundações e muros não armados	Firme	20-60
Concreto aparente	Plástico até mole	60-80
Elementos pré-fabricados	Plástico até firme	30-80
Lastros-pisos	Firme até plástico	50-70
Blocos maciços	Muito firme (úmido)	10-30

A coesão entre os materiais também pode ser observada pelo *slump teste*, visto que a desagregação do cone é um indicativo à falta de coesão.

Os abatimentos dos corpos de prova, tanto do concreto padrão (C. Padrão) quanto dos demais com incorporação de cinzas de lodo (C. n% Cinza) encontram-se na tabela 2.

Tabela 2: Abatimentos referentes ao *slump test*.

C. Padrão	C. 5% Cinza	C. 10% Cinza	C. 15% Cinza	C. 20% Cinza

7,0 cm	4,5 cm	4,0 cm	6,5 cm	4,0 cm
--------	--------	--------	--------	--------

Segundo Hoppen et al. 2005⁽¹⁵⁾ a redução do abatimento dos corpos de prova com incorporação de lodo pode ser explicada pelo fato do lodo ser constituído por finos que apresentam maior superfície específica que a areia substituída, aumentando a absorção de água e reduzindo a trabalhabilidade do concreto.

A capacidade de resistir a esforços de compressão é uma das características mais requeridas do concreto quando endurecido, já que sua resistência à tração representa cerca de 10% da resistência à compressão⁽¹⁶⁾.

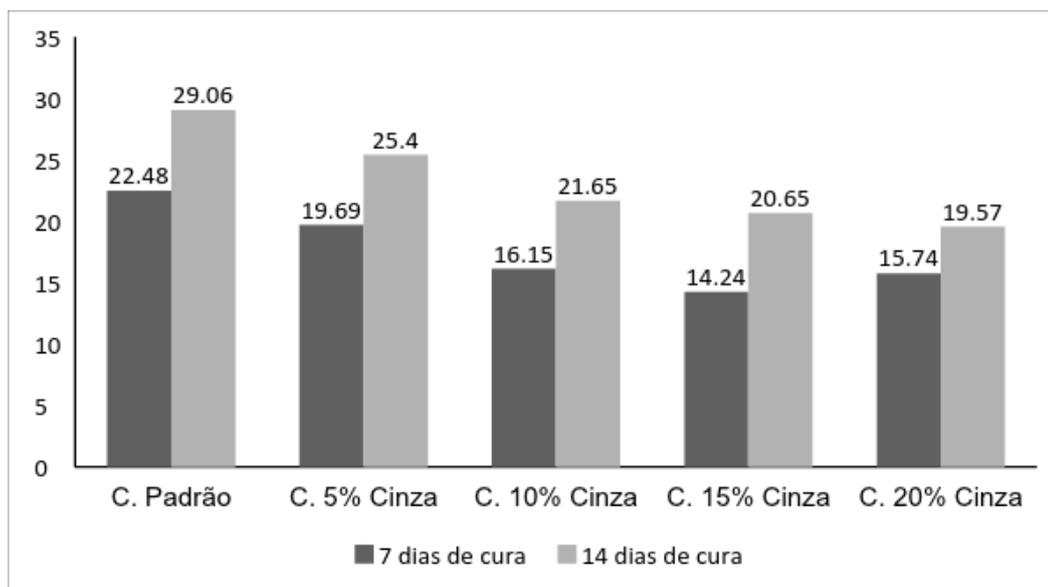
Com a realização do ensaio de compressão axial, os corpos de prova com 7 e 14 dias de cura apresentaram os seguintes valores de resistência (Tabela 3):

Tabela 3: Resistência dos Corpos de Prova aos 7 e 14 Dias de Cura (MPa).

Corpo de Prova	7 DIAS	14 DIAS		
	Resistência de cada amostra	Resistência Média	Resistência de cada amostra	Resistência Média
C. Padrão	21,98	22,48	31,48	29,06
	22,73		25,73	
	22,13		29,98	
C. 5% Cinza	21,11	19,69	25,98	25,4
	18,99		25,48	
	18,99		24,73	
C. 10% Cinza	16,24	16,15	21,23	21,65
	16,74		22,73	
	15,49		20,98	
C. 15% Cinza	13,74	14,24	21,48	20,65
	13,99		19,49	
	14,99		20,98	
C. 20% Cinza	16,24	15,74	21,23	19,57
	15,99		17,74	
	14,99		19,73	

Através do gráfico 1, pode-se comparar a resistência do corpo de prova padrão aos 7 e 14 dias de cura, que tiveram as diferentes porcentagens de cinza em sua composição.

Gráfico 1: Comparação das resistências dos corpos de prova aos 7 e 14 dias de cura.



Os corpos de prova, aos 7 dias de cura, com incorporação de 5, 10, 15 e 20% de lodo apresentaram uma redução de, respectivamente, 12,41, 28,15, 36,65 e 29,98% em relação ao padrão. Já com 14 dias de cura as reduções foram de 12,59, 25,50, 28,94 e 32,65% em relação ao padrão, seguindo a mesma ordem anterior.

Analisando os resultados referentes ao teste de compressão axial, percebe-se que o corpo de prova com 15% de substituição da areia pelo lodo, aos 7 dias de cura, obteve o menor valor de resistência, contudo corresponde a 71,2% da resistência inicial de cálculo, ou seja, a resistência característica do traço do concreto de 20 Mpa.

Em relação aos 14 dias de cura, o corpo de prova com menor valor de resistência foi o de 20% de substituição, representando 97,85% da resistência característica do traço do concreto. Uma possível explicação para a redução da resistência pode ser dada pela presença de defeitos nos corpos de prova devido a dificuldade de adensamento⁽¹⁵⁾.

Além dos testes realizados terem sido favoráveis, vale ressaltar que a utilização do lodo proveniente da ETE de Teófilo Otoni, MG incorporado à fabricação do concreto diminui os riscos de contaminação ambiental, já que, atualmente, é descartado em aterro. É importante ressaltar que tal uso reduziria o impacto gerado ao meio ambiente pela extração de areia nos rios.

Perante tais fatos é indiscutível a necessidade de ampliação das linhas de pesquisa que objetivam a utilização de resíduos em ramos tecnológicos que consomem tantos recursos naturais como a construção civil.

CONCLUSÕES

As porcentagens de lodo substituídas não interferiram negativamente no *slump test*, já que todos os corpos de prova apresentaram boa coesividade entre os materiais constituintes.

De acordo com o teste de compressão axial os resultados obtidos foram satisfatórios, visto que a menor resistência averiguada corresponde a 71,2% do valor característico à compressão do concreto utilizado para cálculo do traço.

REFERÊNCIAS

- (1) ENGENHARIA SANITÁRIA. Avaliação dos processos de tratamento e destinação dos Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. Vol. 16, p. 82-103, 1977.
- (2) GEYER, A. L. B. Contribuição ao estudo da disposição final e aproveitamento da cinza de lodo de estações de tratamento de esgotos sanitários como adição ao concreto. 2001. 216 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2001.
- (3) ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S.; FERNANDES, F. Disposição do lodo no solo. In: DOS SANTOS, A. D. Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo. 265 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo. 2003.
- (4) DOS SANTOS, A. D. Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo. 265 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo. 2003.
- (5) METCALF; EDDY. Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse. 3 ed. New York: McGraw-Hill Inc., 1991. 1334 p. In: DOS SANTOS, A. D. Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo. 265 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento

de Engenharia de Construção Civil, São Paulo. 2003.

(6) SPELLMAN, F. R. Dewatering biosolids. Tecnominc Publishing Company, Inc. (1997). Tradução de Miki, M. K. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 10 p. 2002. In: LESSA, G. L. Contribuição ao estudo da viabilidade da utilização do lodo de estação de tratamento biológico de esgoto misto na construção civil. Mestrado Profissionalizante em Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas. Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 2005.

(7) FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C.; ALMEIDA, R. S. Remoção de compostos tóxicos de solução aquosa por adsorção com zeólita sintetizada a partir de cinzas de carvão. In: DA SILVA, M. V. Desenvolvimento de tijolos com incorporação de cinzas de carvão e lodo provenientes de estação de tratamento de água. 131 f. Dissertação. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

(8) LUDUVICE, M; FERNANDES. F. Principais tipos de transformação e descarte do lodo. In: DOS SANTOS, A. D. Estudo das possibilidades de reciclagem dos resíduos de tratamento de esgoto da região metropolitana de São Paulo. 265 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo. 2003.

(9) GONÇALVES, J. P. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2000.

(10) ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. < <http://www.abcp.org.br/>> Acesso em: 07 Mar. 2014.

(11) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpo-de-prova. Rio de Janeiro. ABNT, 2003.

(12) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro. ABNT, 1998.

(13) MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008. In: POLESELLO, E. et al. O limite de tempo especificado pela NBR 7212, para mistura e transporte do concreto, pode ser ultrapassado? Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. Vol. 6 no. 2. São Paulo, Abril, 2013.

(14) RIPPER, E. Manual Prático de materiais de construção. Recebimento, transporte

interno, estocagem, manuseio e aplicação. Editora PINI.

⁽¹⁵⁾ 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. Revista Cerâmica 51, p. 85-95, 2005.

⁽¹⁶⁾ PETRUCCI, E. G. R. Concreto de Cimento Portland. Revisado por Vladimir A. Paulon, São Paulo: Editora Globo, 14ª ed., 2005, 307 p.

STUDY OF SLUDGE UTILIZATION GENERATED IN TEÓFILO OTONI (MG) WASTEWATER TREATMENT STATION FOR USE IN CIVIL CONSTRUCTION

ABSTRACT

Through the social development and the increase of human waste production, the Wastewater Treatment Stations were created in Brazil in order to treat domestic and industrial wastes that are usually thrown into the rivers. However, a high amount of sludge is generated while the sewage is treated, and when it is disposed improperly, it can cause potential environmental damage. Based on these facts, our study aimed to use the incinerated sludge generated by Teofilo Otoni/MG Wastewater Treatment Stations in the partial replacement of the concrete constituents. The sludge was incinerated and replaced in the percentages of 5, 10, 15 and 20% of fine aggregates. The results were characterized as promising for the partial replacement of the concrete sludge, without loss of quality of the material, while contributing to an appropriate destination of sludge, avoiding subsequent problems of environmental contamination by waste.

Key-words: Sustainability, Construction, reuse, alternative materials.