

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ÁGUA EM MATERIAIS ESTABILIZADOS E SOLIDIFICADOS

A. A. S. Bandeira^{1*}, A. C. L. Patrício¹, G. C. Oliveira¹, A. L. F. Brito¹, A. C. S. Muniz¹

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Unidade Acadêmica de Engenharia Química, Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos, Fone: +55 83 2101-1394, Brasil.

*adnasouzabandeira@gmail.com

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de absorção de água em corpos de prova, contendo um resíduo sintético de mercúrio, submetidos ao tratamento de Estabilização por Solidificação (E/S). Para isso, foram preparados compósitos contendo como aglomerantes argila Brasgel e cimento Portland tipo CP II F 32 e incorporado o resíduo. O ensaio foi realizado conforme ABNT NBR 9778 (1987): As amostras são pesadas e depois colocadas na estufa a 103°C por 24 horas e posteriormente são imersas em água a 23°C por períodos de 24, 48 e 72 horas. O resultado é expresso em %, conhecendo-se a massa do corpo de prova após saturação em água e a massa do corpo de prova seca em estufa. Os corpos de provas foram aprovados, segundo o Protocolo de Avaliação de materiais E/S, visto que estes apresentaram percentuais de absorção de água menores a 40%, indicando a eficiência do tratamento.

Palavras-chave: Estabilização, Solidificação, Resíduos Sólidos.

INTRODUÇÃO

O interesse pelo estudo, principalmente, de RSI tem crescido, em especial devido aos seguintes fatores: grande quantidade gerada, gastos

financeiros com o seu gerenciamento e impactos causados ao meio ambiente e à saúde da população⁽¹⁾.

O resíduo estudado é o mercúrio, metal pesado classificado como perigoso, ou seja, classe I. Os metais pesados são considerados perigosos porque são bioacumulativos, ou seja, apresentam a característica de se acumularem gradativamente nos ecossistemas através das cadeias alimentares.

A E/S é um processo muito utilizado para reduzir a toxicidade de resíduos sólidos perigosos e tem sido aplicada para tratar resíduos sólidos visando à disposição em aterro industrial e locais de armazenamento, além de ser um processo que converte Resíduos Sólidos Classe I (perigosos) para não perigosos (Classe IIA ou IIB), segundo classificação da ABNT NBR 10.004⁽²⁾.

A E/S constitui, atualmente, um processo muito utilizado em diversos países, para o tratamento de diferentes tipos de resíduos, entre os quais se destacam os resíduos perigosos com concentrações significativas de metais pesados. Para tratar esses resíduos, a E/S pode ser empregada como uma opção de pré-tratamento ou tratamento propriamente dito. O processo é utilizado quando os resíduos perigosos não podem ser eliminados, reduzidos, reciclados ou utilizados no ambiente de origem. Outro fator que favorece esse processo é a viabilidade técnica e a viabilidade econômica⁽³⁾.

Os mecanismos de imobilização dos metais pesados nos produtos de hidratação de materiais cimentícios, bem como sua influência sobre o progresso da hidratação e as propriedades dos ligantes não são ainda suficientemente bem conhecidos. A lixiviação de metais pesados para o meio ambiente após o tratamento por E/S pode estar relacionada com a integridade e durabilidade, além da variação da solubilidade dos metais pesados, precipitados em diferentes valores de pH⁽⁴⁻⁵⁾.

Um dos ensaios do critério de integridade e durabilidade é a capacidade de absorção de água (CAA).

Um aspecto importante relacionado ao critério de integridade/durabilidade dos materiais é principalmente quando se afirma que a matriz E/S aprisiona ou retém os contaminantes por meio de mecanismos físicos, sem ocorrerem necessariamente reações químicas, mas aprisionamento físico⁽⁶⁻⁷⁾. Neste caso, a retenção do contaminante é limitada: i) pela diminuição da área de superfície

exposta ao meio ambiente e/ou ii) pelo isolamento dos contaminantes da influência do meio externo por partículas presentes no resíduo⁽⁸⁾.

Esse estudo foi desenvolvido no Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER) da Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande – Paraíba e apresentou resultado satisfatório.

O objetivo deste trabalho é avaliar a capacidade de absorção de água em corpos de prova, contendo um resíduo sintético de mercúrio, submetidos ao tratamento de Estabilização por Solidificação (E/S).

MATERIAIS E MÉTODOS

PREPARAÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO SINTÉTICO

O contaminante (mercúrio) na forma de óxido (HgO), foi adicionado ao hidróxido de cálcio e em seguida homogeneizado para se obter uma massa, sendo chamado de resíduo sólido sintético (RSS). O RSS foi preparado seguindo a metodologia de Minocha, onde pesou-se 72,0g da substância, óxido de mercúrio (HgO), em um Becker. Em seguida, adicionou-se 200g de Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)₂) e 370mL de água destilada, homogeneizando a cada adição, deixando decantar e, em seguida, filtrando-o. O resíduo contido no papel de filtro foi seco durante 24 horas ao ar livre.

PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVAS

Os corpos de prova foram preparados utilizando-se o cimento (aglomerante) e o RSS (contaminado com mercúrio). Neste trabalho, usou-se o cimento Portland, tipo II F-32. De acordo com a Norma 050/2004, o cimento Portland Composto – tipo II é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio, sendo permitida durante a moagem a adição, a esta mistura, de materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto forno e/ou materiais carbonáticos. O tipo F-32 é composto por 94% (em massa) de clínquer + sulfato de cálcio e 6-10% de material carbonático.

Os corpos de provas foram preparados seguindo as etapas propostas pela Norma Brasileira da ABNT NBR 7215⁽⁹⁾ e utilizando o Protocolo de avaliação de materiais estabilizados/solidificados ⁽¹⁰⁾:

- Inicialmente os aglomerantes são pesados separadamente em uma balança analítica com precisão de 0,01 g; Em seguida a borra oleosa de petróleo (contaminante) é, também, pesada em uma balança analítica com precisão de 0,01 g;
- O aglomerante e contaminante são colocados em uma cuba e misturados com velocidade baixa por dois minutos, registrando a hora em que o aglomerante foi posto em contato com a água de mistura. A partir do contato entre os aglomerantes com água inicia-se a contagem do tempo de preparação dos corpos de provas;
- Em seguida o contaminante e aglomerante são homogeneizados em presença de água de forma que se obtenha uma massa homogênea; Os corpos de provas são colocados no interior dos moldes cilíndricos e deve ser bem compactada para evitar a formação de vazios no interior dos moldes;
- Em seguida eles ficam em repouso por um período de 24 horas para endurecimento da pasta e posterior desmolde. Placas de vidros retangulares de 70 mm por 100 mm de aresta e de no mínimo 5 mm de espessura são colocadas para evitar perda de água por evaporação.

O tempo de preparação da amostra está relacionado com o tempo compreendido entre a adição dos aglomerantes e contaminantes e a realização dos ensaios.

Após o desmolde, os corpos de prova ficaram ao ar livre, no chamado tempo de cura, durante 14 e 28 dias. Ao final do tempo de cura, foram realizadas as análises.

Capacidade de Absorção de Água (CAA)

O ensaio de CAA foi realizado conforme ABNT NBR 9778⁽¹¹⁾: *“Argamassa e concreto endurecidos: Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica”*, que avalia a porosidade do material endurecido ou E/S. O ensaio recomenda que se deva trabalhar com corpos de

provas condicionados em estufa a 103°C e com uma relação líquido/sólido (L/S) 10:1. Após pesagem das amostras elas devem ser enviadas para estufa a 103°C por 24 horas. Posteriormente as amostras devem ser imersas em água a 23°C por períodos de 24, 48 e 72 horas. O resultado é expresso em %.

O resultado expresso em percentagem foi calculado pela expressão (A):

$$CAA(\%) = \left[\frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \right] \times 100 \quad (A)$$

Onde: M_{sat} é a massa do corpo de prova após saturação em água e M_s é a massa do corpo de prova seca em estufa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os corpos de prova foram confeccionados utilizando-se 5% do resíduo sintético de mercúrio, 20% de argila Brasgel in natura e 75% de cimento Portland comum (CPC II F32), seguindo as etapas propostas pela Norma Brasileira da ABNT NBR 7215 e utilizando o Protocolo de Avaliação de Materiais Estabilizados por Solidificação, já mencionados, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Aspectos Operacionais

Aspectos Operacionais	Parâmetros
Tempo de preparação das amostras	7 dias
Formato do molde	Cilíndrico
Dimensão do molde	5 cm de diâmetro e 10 cm de altura
Tempo de moldagem	24 horas
Umidade relativa do laboratório	entre 50 a 100 %
Temperatura do laboratório	24 ± 4 °C

A Figura 1 mostra os corpos de prova nos moldes. Os corpos de prova ficaram em repouso por um período de 24 horas para endurecimento da pasta.



Fig. 1: Moldagem dos corpos de prova

Passadas 24 horas, os corpos de prova foram desmoldados, conforme a Figura 2 e os mesmos foram mantidos em uma sala com ambiente controlado, monitorando a temperatura ambiente e umidade relativa, por 14 e 28 dias de cura, para finalmente serem realizados o ensaio de capacidade de absorção de água (CAA).



Fig.2: Corpos de prova submetidos ao tempo de cura

Foi realizado o ensaio de CAA conforme ABNT NBR 9778. A Tabela 2 apresenta os critérios de integridade/durabilidade e o limite máximo estabelecido para este parâmetro. Neste trabalho, foi realizado o ensaio de capacidade de absorção de água (CAA), sendo sugerido fazer os ensaios de resistência à compressão (RC) e umidificação e secagem (U/S) para avaliar a integridade e durabilidade do material E/S.

Tabela 2: Critérios de avaliação de materiais E/S

Critérios de Avaliação	Material E/S (I)	Material E/S c/ restrição (II)	Material Solidificado (III)	Material Estabilizado (IV)	Material Estabilizado c/ restrição (V)
RC	≥ 1 MPa	≥ 1 MPa	≥ 0,8 MPa	< 1 MPa	< 1 MPa
CAA	≤40%	≤ 40%	>40%	>40%	>40%
U/S	15% do peso inicial	15% do peso inicial	15% do peso inicial	15% do peso inicial	15% do peso inicial

LEGENDA: (I) Utilização sem restrição, (II) Utilização com restrição, (III) Aterro de resíduos industriais perigosos, (IV) disposição em aterro de materiais inertes e (V) Aterro de resíduos não perigosos (aterro sanitário urbano).

Fonte: (BRITO, 2007).

Os ensaios foram realizados com 3 replicatas e a Tabela 3 apresenta a média dos resultados para cada tempo de cura e o limite máximo permissível (LMP).

Tabela 3: Resultados de CAA

Tempo de cura	CAA(%)	LMP
14 dias	32,98	≤40%
28 dias	34,27	≤40%

Portanto, o material avaliado foi aprovado no critério relacionado à capacidade de absorção de água (CAA), sendo os valores abaixo de 40%.

Brito e Soares⁽⁷⁾ constataram que a diminuição nos percentuais de CAA permite a elevação da resistência dos materiais estabilizados e solidificados.

CONCLUSÕES

O ensaio de CAA tem a função de determinar a quantidade de água presente nos poros permeáveis de um material sólido, estando relacionada com os ensaios de resistência à compressão e lixiviação, pois o aumento da absorção de água diminui a resistência e conseqüentemente aumenta a lixiviação. Os corpos de provas foram aprovados, segundo o Protocolo de Avaliação de materiais E/S, visto que estes apresentaram percentuais de absorção de água menores a 40%, onde o menor tempo de cura (14 dias) apresentou um menor percentual de absorção de

água (32,98%), indicando a eficiência do tratamento. Sugere-se fazer os ensaios de resistência à compressão e lixiviação para que se possa definir rotas de destinação apropriadas para estes materiais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos organismos de fomento: CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- (1) CUNHA, V.; FILHO, J. V. C. Gerenciamento da coleta de resíduos sólidos urbanos: estruturação e aplicação de modelo não-linear de programação por metas. *Gestão e Produção*. V. 9, n. 2, p. 143-161, 2002.
- (2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. CENWin, Versão Digital, ABNT NBR 10.004, 71p, 2004.
- (3) STEGEMANN, J. A.; BUENFELD, N. R. Predication of unconfined compressive strength of cement paste containing industrial wastes. *Waste Management*, v.23, p.321 – 332, 2003.
- (4) BOBROWSKI, A.; GAWLICKI, M.; MALOLEPSZY, J. Analytical Evaluation of Immobilization of Heavy Metals in Cement Matrices. *Environ.Sci.Technol*, v.3, p.745-749, 1997.
- (5) CHEN, Q.; ZHANG, L.; Ke, Y.; COLIN, H.; YANMING, K. Influence of carbonation on the acid neutralization capacity of cements and cement-solidified/stabilized electroplating sludge; *Chemosphere*, v.74, p.758–764, 2009a.
- (6) SPENCE, R.D; SHI, C. Stabilization and solidification of hazardous, radioactive and mixed wastes. Boca Raton, Florida. Ed. CRC Press. 378p.,2005.
- (7) BRITO A. L. F. SOARES, S.R. Avaliação da integridade e da retenção de metais pesados em materiais estabilizados por solidificação. *Revista Engenharia Sanitária Ambiental*; p. 39- 48, 2009.
- (8) MALONE, P.G; JONES, L.W; LARSON, R. J. Guide to The Disposal of Chemically Stabilized and Solidified Waste. *SW. 872, Office of Water and Waste Management. U.S Environmental Protection Agency, Washington DC, 1980.*
- (9) ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7.215: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 8p, 1996.

- .
- (10) BRITO, A. L. F. Protocolo de Avaliação de Materiais Resultantes da Estabilização por Solidificação de Resíduos, Tese de Doutorado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis – SC, 2007.
- (11) ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9.778: Argamassa e concreto endurecido. Determinação da absorção de água por imersão, 1987, Rio de Janeiro, 5p, 1987b.

ASSESSING THE CAPACITY OF WATER ABSORPTION IN MATERIALS SPEEDS SOLIDIFIED.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the ability of water absorption in specimens containing a synthetic mercury residue undergoing treatment for Stabilization Solidification (S/S). For this, composites were prepared containing clay as binders Branggel and Portland cement type II F CP 32 and incorporated the residue. The assay was performed according to ABNT NBR 9778 (1987): The samples are weighed and then placed in an oven at 103°C for 24 hours and are then immersed in water at 23°C for periods of 24, 48 and 72 hours. The result is expressed in %, knowing the mass of the specimen after soaking in water and body mass on oven dry test. The test samples were adopted according to the materials Assessment Protocol S/S, since these showed absorption percentage of less than or equal to 40% of water, indicating the effectiveness of the treatment.

Keywords: organoclays, adsorbent, organic compounds.