Análise de metais pesados em materiais de construção civil da cidade de Fortaleza-Brasil

Fabíola Odete Rodrigues [1]
Maxwell Lima Maia [2]
Antônio Eduardo Bezerra Cabral [3]
Ronaldo Nascimento [4]
Ronaldo Stefanutti [5]

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Laboratório de Saneamento Ambiental, bloco 713, Campus do Pici, Fortaleza-Ce, Brasil. Fone: 55-85-89449141. E-mail: fabiola.odete@hotmail.com

Abstract

Currently, construction and demolition waste (CDW) is considered inert (class II-B, according to Brazilian Standard NBR 10.004). However, in previous studies it was found that concrete waste is not an inert material under the action of acid rain that occurs in urban and/or industrialized areas. CDW from Fortaleza city is not an inert waste and this paper seeks to identify and quantify the metals present in building materials. Concrete waste, regardless of the origin and mineral composition, behave similarly when subjected to attack by acid rain, classifying it as "not inert," once it mineralize waters and soils and must belong to Class II of NBR 10.004. For this work we used tiles and mortar besides concrete. Concrete used came from concrete specimens that were taken for analysis in a technological laboratory. The tiles were purchased in deposits and mortar construction was collected on site. For comparison we used the results of ICP and atomic absorption, both from the UFC Department of Analytical Chemistry. ICP analysis allows on one cover a larger number of metals and has a lower detection limit.

Key words: leached, building materials, testing

1. Química Industrial pela Universidade Federal do Ceará. Doutoranda em Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará. E-mail: fabiola.odete@hotmail.com
2. Aluno do curso de química da Universidade Federal do Ceará. Bolsista de Iniciação Cinetífica do Departamento de Química Analítica e Fisico-Química. E-Mail: maxwellmaia@ymail.com
3. Antônio Eduardo Bezerra Cabral Formação em Engenharia Civil, Professor Ajunto II do Departamento de Engenharia e da Construção Civil da Universidade Federal do Ceará. E-mail: Eduardo.cabral@ufc.br
4. Universidade Federal do Ceará, Departamento de Química Analítica e Físico Quimica. E-mail: ronaldo@ufc.br
5. Doutor, Universidade de São Paulo, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará. E-mail: ronaldostefanutti@hotmail.com

Análise de metais pesados em materiais de construção civil da cidade de Fortaleza-Brasil

Resumo

Comumente os resíduos de construção e demolição são considerados inertes (classe II-B), ou seja, não têm os seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Entretanto, em trabalhos anteriores foi constatado que o resíduo de concreto não constitui um material inerte sob a ação de chuva ácida que usualmente ocorre em regiões urbanas e/ou industrializadas. Os resíduos de construção civil da cidade de Fortaleza não são resíduos inertes e este trabalho busca identificar e quantificar os metais presentes nos materiais de construção civil mais utilizados em Fortaleza. Os resíduos de concreto, independentemente da origem e da constituição mineralógica, se comportam de maneira análoga quando submetidos ao ataque de chuva ácida. São resíduos "não inertes", mineralizam as águas, alteram os solos e devem pertencer à Classe II A da NBR 10004 da ABNT. Para este trabalho foram utilizados os seguintes materiais: concreto cimentício, telhas e argamassa. As amostras de concreto analisadas na pesquisa foram oriundas de corpos de prova ensaiados nos laboratórios do NUTEC e da UFC. As telhas foram adquiridas em depósitos de construção e a argamassa foi coletada em obras de construção civil na cidade de Fortaleza. Os resultados indicam que no ensaio de solubilização o concreto obteve uma concentração acima do permitido pela legislação para o Pb. A telha alcançou o limite máximo permitido para a concentração de Fe e acima do permitido para o Al. Os resultados foram similares utilizando os dois equipamentos.

Palavras-chave: lixiviado, matériais de construção, ensaios

Introdução

A classificação dos resíduos sólidos quanto aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde é feita com base na NBR 10004/2004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Para efeito desta norma, os resíduos sólidos estão divididos nas seguintes classes:
Resíduos classe I- perigosos
Resíduos classe II- não perigosos, subdivididos em:
Resíduos classe IIA- não inertes
Resíduos classe IIB- inertes

Esta classificação envolve a identificação do processo de geração dos resíduos e de sua composição e características, comparando-a com listagens de determinados resíduos e substâncias considerados perigosos. Segundo a resolução do CONAMA 307 os resíduos da construção civil são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, como tijolos, blocos cerâmicos, concretos em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc. São comumente chamados de entulhos de obras.

Alguns estudos mostraram a contaminação de resíduos da construção civil por metais pesados. Trabalhos como de Oliveira (2002) constatou que o resíduo de concreto não constitui um material inerte sob a ação de chuva ácida que ocorre em regiões urbanas e/ou industrializadas. Os resíduos de concreto, independentemente da origem e da constituição mineralógica, se comportam de maneira análoga quando submetidos ao ataque de chuva ácida, são resíduos "não inertes", mineralizam as águas, alteram os solos e devem pertencer à Classe II A da NBR 10004 da ABNT. Lima (2009) detectou concentrações de metais pesados em resíduo de construção na cidade de Fortaleza e alguns parâmetros foram superiores aos indicados na norma.

O grupo dos metais pesados compreende 40 elementos químicos com características toxicológicas e efeitos específicos para cada um deles. A ordem de toxicidade admitida atualmente é: Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Co (Cunha e Guerra, 2010). A intoxicação por cada um ocasiona vários sintomas e quadro clínico específico. A concentração de metais pesados no solo varia de região para região. Sabe-se que, se um solo for acidificado, aumenta a mobilização de alguns metais, o que aumenta a sua absorção pelas plantas. O alumínio, o cádmio, o manganês e o ferro possuem grande mobilidade no solo, o cobre e o níquel mobilidade média, o cobalto e o chumbo possuem baixa mobilidade. As raízes e folhas das plantas têm a propriedade de absorver metais, a

deposição de metais pesados no solo através de irrigação de água contaminada representa risco de esterilização (Cunha e Guerra, 2010)

Metodologia

Neste trabalho foi utilizado materiais de construção adquiridos em depósitos e obras da cidade de Fortaleza. Os materiais analisados foram: concreto cimentício, telha cerâmica e argamassa. O ensaio de solubilização foi feito de acordo com a NBR 10006. Os materiais foram triturados, separadamente, em um triturador. Após a trituração o material foi colocado em sacos e guardado longe de umidade no laboratório de construção civil/UFC. Os materiais que passaram pela peneira de 9,5mm foram os utilizados na pesquisa, este foi homogeneizado e sofreu quarteamentos sucessivos utilizando uma colher de pedreiro, como especifica a NBR 10007 (ABNT, 2004), até se obter aproximadamente 6 kg de amostra representativa. As amostras passaram por um processo de secagem em estufa na temperatura de 100ºC durante 24 horas. Estas amostras foram então separadas e guardadas em sacos plásticos para uso nos ensaios.

O extrato lixiviado foi preparado para a análise de periculosidade e foi produzido de acordo com a NBR 10005 (ABNT, 2004) com algumas modificações. A solução de extração utilizada neste ensaio foi preparada utilizando-se 5,7mL de ácido acético glacial, 64,3mL de hidróxido de sódio 1N e o volume de 1L foi completado com água deionizada. Foi pesada 100g da amostra a ser analisada e adicionada em frascos contendo a solução de extração em volume 20 vezes a massa utilizada. Os frascos foram tampados com papel alumínio e agitados em uma incubadora com agitação orbital substituindo o agitador rotatório de frascos, sendo que o tempo de agitação foi de 20 horas a uma rotação de 200rpm a temperatura ambiente. Após este procedimento, os extratos lixiviados das amostras foram obtidos por filtração a vácuo, sendo medido o pH do filtrado obtido. O extrato lixiviado foi então preservado de acordo com os parâmetros a serem analisados e foram separadas alíquotas para análise de metais.

Para a determinação dos metais nas amostras foram utilizados um equipamento de absorção atômica, o AA240FS da Varian para os metais (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn) e o ICP-OES Optima 4300 dual view Perkin Elmer- USA (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Na, Ni, Pb, Se, Sn); ambos do Laboratório de Química Analítica no departamento de Química da UFC.

Todos os ensaios foram feitos em duplicata e cada ensaio foi feito duas vezes em dias diferentes, tendo, portanto a média de 4 resultados.

Resultados

pH

Observa-se o pH de 11 para o concreto e 12 para argamassa, para as telha o pH foi de 6. O pH alcalino do concreto e argamassa, segundo Batista Filho (2001), deve ser esperado como alcalino pois o concreto possui alta alcalinidade devido a presença de $Ca(OH)_2$ liberado das reações de hidratação do cimento. Apesar do pequeno limite de detecção do equipamento utilizado pode-se constatar a presença, em concentrações acima do permitido no concreto.

Absorção Atômica

A Tabela 1 mostra os limites de detecção do equipamento de absorção atômica e a Tabela 2 o limite máximo permitido nos ensaios de solubilização e lixiviação. Na Tabela 3 estão os resultados determinados nos materiais ensaiados na pesquisa.

O concreto obteve a presença de chumbo em quantidades acima do permitido pela legislação. O ensaio de lixiviação permite uma maior concentração de metais do que o ensaio de solubilizado. No ensaio das telhas apenas uma quantidade próximo da permitida de ferro foi encontrada. Na argamassa não foi detectada nenhum metal presente dentro dos limites de detecção.

Tabela 1 – Valores mínimos de detecção do equipamento de absorção atômica Varian AA240FS em mg/L.

Limite	Cd	Cu	Cr	Fe	Pb	Mn	Zn
	0,006	0,132	0,091	0,050	0,134	0,170	0,120

Tabela 2 – Valores do limite máximo permitido, em mg/L, no ensaio de solubilização e lixiviação (NBR 10004 da ABNT, 2004).

Limite	Cu	Cd	Cr	Fe	Pb	Zn
Solubilização	2,0	0,005	0,05	0,3	0,01	5,0
Lixiviação	nc	0,5	5,0	nc	1,0	nc

Obs: nc = Não citado na norma.

Os limites de detecção do Pb e Mn são muito próximos aos valores máximos permitidos na legislação, podendo não ter se conseguido a leitura dos mesmos. Para tanto, seria mais conveniente à utilização de um equipamento que tenha um limite de detecção menor.

Tabela 3– Resultados das concentrações de metais encontrados no ensaio de solubilização em materiais de construção civil empregados em Fortaleza-CE, em mg/L.

Material	Cd	Cr total	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Concreto	0,0145	nd	nd	nd	nd	0,17	nd
Telhas	nd	nd	nd	0,27	nd	nd	nd
Argamassa	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

ICP

Todos os ensaios foram feitos em duplicata, a análise do equipamento foi feita em triplicata. O ensaio de lixiviação permite uma maior concentração de metais do que o ensaio de solubilização A Tabela 4 mostra o limite de detecção do ICP e a Tabela 5 o limite máximo permitido na legislação obtido nos ensaios de solubilização e lixiviação. As vantagens do uso do ICP foram em determinar em uma única análise uma maior quantidade de metais contidas nas amostras e o limite de detecção ser inferior ao limite do absorção atômica. Em nenhuma das análises foram detectados **As, Cd, Co, Ni, Se.** O concreto possui uma quantidade de chumbo no limite do permitido pela legislação. A telha apresentou teores de ferro e alumínio também acima do permitido.

Tabela 4 – Valores mínimos de detecção do equipamento ICP-OES Optima 4300 dual view Perkin Elmer-USA, em mg/L.

Limite	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu
	0,012	0,003	0,006	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003
	Mn	**Na**	**Ni**	**Pb**	**Sn**	**Se**	**Fe**	**Zn**
	0,001	0,003	0,001	0,003	0,004	0,036	0,003	0,006

Tabela 5 – Valores do limite máximo permitido no ensaio de solubilização (NBR 10004 da ABNT, 2004) em mg/L.

Limite	**Ag**	**Al**	**As**	**Ba**	**Cd**	**Co**	**Cr total**	**Cu**
Solubilização	0,05	0,2	0,01	0,7	0,005	nc	0,05	2,0
	Fe	**Mn**	**Na**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sn**	**Zn**
	0,3	0,1	200	nc	0,01	0,01	nc	5,0

Obs: nc = Não citado na norma.

Ao se utilizar o ICP-OES consegue-se quantificar a concentração em níveis de traços. Nas Tabelas 6 e Tabela 7 encontram-se os valores obtidos no ensaio de solubilização e lixiviação respectivamente.

Tabela 6– Valores das concentrações dos metais encontrados no ensaio de solubilização para a telha em mg/L.

Solubilização	**Al**	**Ag**	**Ba**	**Cd**	**Cu**	**Cr**	**Fe**
	0,55	nd	nd	nd	nd	nd	0,3
	Mn	**Na**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sn**	**Zn**
	nd	7,7	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 7– Valores das concentrações dos metais encontrados no ensaio de solubilização para a argamassa em mg/L.

Solubilização	**Al**	**Ag**	**As**	**Ba**	**Cd**	**Co**	**Cr total**	**Cu**
	0,13	nd	nd	0,6	nd	nd	nd	nd
	Mn	**Na**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sn**	**Zn**	**Fe**
	nd	37	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Tabela 8– Valores das concentrações dos metais encontrados no ensaio de solubilização para o concreto em mg/L.

Solubilização	**Al**	**Ag**	**As**	**Ba**	**Cd**	**Co**	**Cr total**	**Cu**
	1,7	nd	nd	0,33	nd	nd	nd	nd
	Fe	**Mn**	**Na**	**Ni**	**Pb**	**Se**	**Sn**	**Zn**
	nd	nd	25	nd	0,10	nd	nd	nd

Tabela 9– Valores de concentração de metais encontradas no ensaio de lixiviação utilizando o ICP-OES, em mg/L:

Material	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Na	Pb	Sn	Zn
Concreto	6,5	nd	0,10	nd	0,40	nd	60	0,10	0,37	nd
Telha	0,3	0,7	nd	nd	nd	0,03	60	nd	nd	0,1
Argamassa	0,1	0,2	nd	nd	nd	nd	60	nd	0,3	nd

Não foram detectados em nenhum dos materiais: Ag, As, Cd, Co, Ni, Se. A grande quantidade de Na detectada deve-se ao fato do ensaio ser realizado com NaOH.

Conclusão

Os resultados da avaliação do extrato solubilizado para os materiais da construção civil utilizados em Fortaleza mostraram que ocorreram três não conformidades para os elementos Al e Fe na telha e Pb no concreto cimentício. Os resultados foram semelhantes utilizando os dois equipamentos quando se refere a quantificação, O ICP-OES consegue-se detectar um maior números de elementos por análise e possui um limite de detecção bem inferior ao do absorção atômica.

Agradecimentos

CAPES, CNPq, Finep e ao NUTEC

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004: Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10005: Lixiviação de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10006: Solubilização de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007: Amostragem de Resíduos - Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

Batista Filho, J. O pH e a corrosão do concreto armado**.** Revista Recuperar. Minas Gerais, 20p. 2001.

Cunha, S. B.; Guerra, J. T. Avaliação e perícia ambiental. 11ª edição Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 286p. 2010.

Lima, A.S. Caracterização e classificação dos resíduos de construção de demolição (RCD) da cidade de Fortaleza .Dissertação. Pós- Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará. Fortaleza, Ce, 80p.2012.

Oliveira, M. J. E. de, Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil: Estudo dos resíduos de concreto para reciclagem. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. 191p. 2002.