



Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto  
**CBC2008**  
Setembro / 2008  
ISBN  
@ 2008 - IBRACON



## **CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

### *ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES*

Ana Maria Esteves (1); Isabel Martins (2); Sónia Coelho (3)

- (1) *Investigadora Principal, Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*  
(2) *Assistente de Investigação, Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*  
(3) *Bolseira, Departamento de Materiais, Laboratório Nacional de Engenharia Civil*  
*aesteves@Inec.pt*

### **Resumo**

Em Portugal a indústria de construção gera uma quantidade significativa de resíduos de construção e demolição (RCD), produzindo-se anualmente cerca de quatro mega toneladas. Os RCD que contêm materiais com características inertes, podem ser reutilizados, diminuindo-se o consumo de recursos naturais e os custos de deposição final dos resíduos em aterro. Nos últimos anos têm vindo a ser desenvolvidos estudos para a sua valorização em produtos de construção tais como na aplicação em bases e sub bases de estradas e em agregados para betão. Os RCD sendo heterogéneos podem conter várias substâncias orgânicas e inorgânicas que podem conduzir à poluição do meio ambiente sendo necessário verificar o seu comportamento ambiental em função das características dos seus lixiviados. Nesta comunicação após uma introdução sobre a caracterização ambiental realizada em dois países europeus apresenta-se a metodologia utilizada no estudo efectuado no Laboratório Nacional de Engenharia Civil e os resultados da caracterização ambiental de resíduos de demolição de betão, de resíduos de alvenaria e de resíduos de misturas betuminosas. Nos lixiviados destes resíduos determinaram-se os seguintes parâmetros, carbono orgânico dissolvido, cádmio, chumbo, crómio, cobre, níquel, zinco cloretos e sulfatos tendo-se verificado que de acordo com a Decisão do Conselho da EU 2003/33//CE as amostras de resíduos de betão, foram classificadas como inertes, os resíduos de alvenaria, devido ao teor elevado de sulfatos, foram classificados como resíduos não perigosos e os resíduos de misturas betuminosas classificados como resíduos inertes.

*Palavra-Chave: Resíduos, Construção, Materiais, Lixiviação, Ambiente*

### **Abstract**

In Portugal the construction industry generates a significant amount of construction and demolition wastes constituting about four millions tones a year. The construction and demolition wastes contain amounts of inert materials that could be reused, diminishing itself the consumption of important natural resources and the costs of waste deposition in landfill. In the last decades studies for the valorization of this type of wastes have been done namely for incorporation in construction products such as in base and sub base layers of pavement structures and as aggregates for concrete. Owing to their heterogeneity, construction and demolition wastes can contain organic and inorganic substances which can lead to the pollution of the environment becoming therefore necessary to verify its behavior in function of the characteristics of their leachates. In this paper, after an introduction concerning the environmental characterization of these wastes performed in two European countries, the study performed at the National Laboratory of Civil Engineering with samples of demolition concrete waste, samples of masonry waste and bituminous waste are presented. The dissolved organic carbon, cadmium, lead, chromium, copper, nickel, zinc, chlorides and sulphates were determined in the residues leachates and, according to the Council Decision 2003/33/EC, the results obtained show that concrete wastes samples were classified as inert wastes, masonry wastes were classified as non-hazardous wastes, due to high sulfate content, and bituminous wastes were classified as inert wastes.

*Keywords: Wastes, Construction, Materials, Leaching, Environment*



## 1 Introdução

Actualmente, uma das principais preocupações da sociedade é a protecção e preservação do meio ambiente. Neste âmbito, e tendo em consideração o crescente volume de resíduos gerados, importa implementar o princípio da hierarquia das operações de gestão de resíduos, isto é, prevenção da produção, reutilização, reciclagem ou outra forma de valorização e redução da deposição em aterro.

Os resíduos de construção e demolição, RCD, constituem uma das mais importantes fileiras de resíduos. Na Europa, em 2002 dos cerca de 1,3 biliões de toneladas de resíduos produzidos pelos vinte cinco países membros, 510 milhões de toneladas eram provenientes da indústria da construção, EUROSTAT (2005). Em Portugal estima-se que a produção de RCD tenha atingido as 4 mega toneladas em 2002, sendo a grande maioria proveniente de resíduos de construção, REAGIR (2005). Apesar de existirem em Portugal unidades que desenvolvem a sua actividade no âmbito da recolha, triagem, armazenamento temporário ou valorização de RCD, a gestão de RCD encontra-se ainda no seu início tornando-se portanto necessário a implementação de uma gestão adequada não só pelo volume produzido destes resíduos mas também pela falta de informação e sensibilização dos produtores destes resíduos.

Os RCD são maioritariamente constituídos por materiais de origem mineral os quais, após processamento adequado, podem ser utilizados como agregados reciclados no sector da construção. De acordo com os dados da Associação Europeia de Agregados (UEPG) os agregados reciclados representavam, em 2005, 6% da produção total de agregados, EUROPEAN AGGREGATES ASSOCIATION (2006). A utilização de resíduos de construção como agregados reciclados no fabrico de betão, em camadas de base e sub-base de pavimentos e noutras aplicações tem sido alvo de investigação que visa avaliar não só o seu desempenho mas também o seu impacto no ambiente no que respeita à libertação de substâncias perigosas, CHAN et al. (2006), CHO et al. (2004), EVANGELISTA et al. (2007), FLYHAMMAR et al. (2006), NGUYEN et al. (2007), POON et al. (2007), SANI et al. (2005), VAN DER SLOOT et al. (2001), YANAGIBASHI (2004).

A utilização de RCD como material de construção está sujeita à Directiva dos Produtos de Construção (DPC) 89/106/CEE segundo a qual todos os produtos destinados a ser permanentemente incorporados numa obra, incluindo as obras de construção civil e de engenharia civil devem permitir a essa obra satisfazer seis exigências essenciais (EE): resistência mecânica e estabilidade; segurança em caso de incêndio; higiene, saúde e ambiente; segurança na utilização; protecção contra o ruído e economia de energia e isolamento térmico, DIRECTIVA DO CONSELHO 89/106/CEE (1988).

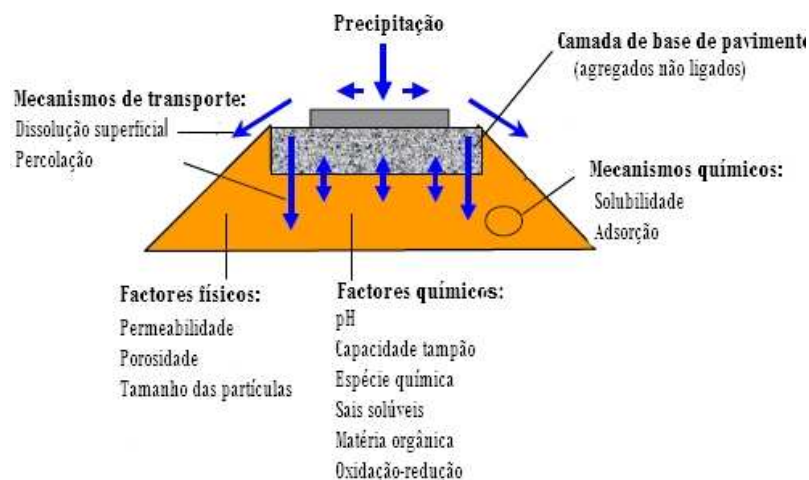
No que respeita à exigência essencial 3 “Higiene, saúde e ambiente” (EE 3) é necessário assegurar que a utilização dos produtos de construção não cause danos em consequência da libertação de gases tóxicos, da presença de partículas ou gases perigosos no ar, da emissão de radiações perigosas, da poluição ou contaminação da

água ou do solo, da drenagem defeituosa das águas residuais, do fumo, dos desperdícios sólidos ou líquidos, da presença de humidade em partes ou em superfícies da obra.

Neste sentido, foi criado, no seio do organismo de normalização europeu CEN, o comité técnico CEN/TC351 com a missão de desenvolver métodos de avaliação relativos à libertação das substâncias perigosas reguladas pela DPC, para a água, para o solo ou para o ar interior, tendo em consideração os cenários de aplicação dos produtos de construção durante o seu tempo de vida, de forma a implementar a conformidade dos produtos de construção com a EE 3.

Os produtos de construção em contacto com a água ou com soluções aquosas podem libertar substâncias como metais pesados, sais, álcalis e compostos orgânicos, pelo que a avaliação relativa à contaminação da água e do solo baseia-se na realização de ensaios de lixiviação DIJKSTRA et al. (2005) e VAN DER SLOOT et al. (2004).

No caso dos resíduos granulares, como os agregados, os mecanismos físicos predominantes na lixiviação são a dissolução superficial, e a percolação (Figura 1). Contudo a lixiviação é um fenómeno complexo no qual os contaminantes inorgânicos



**Figura 1 – Fenómenos envolvidos na lixiviação de materiais granulares (de VAN DER SLOOT et al. (2004).**

e orgânicos, presentes na fase sólida, passam para a fase líquida dependendo de vários factores, VAN DER SLOOT (1998), nomeadamente:

1. do pH do material, do meio lixiviante e da sua capacidade tampão;
2. do tamanho das partículas do material controlando a distância que o contaminante percorre desde o centro da partícula até encontrar a fase líquida;
3. da permeabilidade do material que determina a facilidade de entrada de lixiviante no sólido e a rapidez com que os contaminantes são libertados ao longo do tempo;



4. da porosidade do material que influencia o transporte dos contaminantes.

Uma vez estabelecido o comportamento à lixiviação a avaliação da conformidade com a EE3 classifica os produtos de construção em três grupos, DIJKSTRA et al. (2005), EHRNSPERGER et al. (2006):

- Produtos que não requerem realização de ensaios (*WT – Without Testing*) – são aqueles que apresentam uma composição bem definida, existe bastante experiência de utilização e é bem conhecido o comportamento relativo à liberação dos constituintes;
- Produtos que requerem só ensaios iniciais (*ITT – Initial Type Testing*) – são produtos regulamentados por normas cuja composição pode ser descrita e para os quais é possível especificar as substâncias perigosas que devem ser analisadas;
- Produtos que requerem a realização de diversos ensaios de liberação de substâncias perigosas (*FT – Further Testing*) – são produtos inovadores, alvo de aprovações técnicas, para os quais não existe informação sobre os mecanismos de liberação dos constituintes nem experiência na sua utilização.

Relativamente aos agregados reciclados existe uma proposta de classificação CEN/TC 104 (2006) apresentada pela comissão técnica CEN/TC 154, relativa a utilização de agregados na construção, onde é proposto que os agregados reciclados para betão argamassas e misturas betuminosas sejam considerados produtos que não necessitam realização de ensaios (*WT*).

De acordo com as orientações da comissão técnica CEN/TC 351 (2008) a metodologia europeia para avaliação do comportamento ambiental dos materiais de construção deverá estar concluída em 2011, pelo que, até essa data, a abordagem utilizada para apreciação da conformidade dos materiais com a EE 3 continuará a ser a legislação ou regulamentação dos estados-membros.

A Holanda e a Alemanha foram pioneiros no estabelecimento de regulamentos nacionais que permitissem avaliar a qualidade ambiental dos materiais utilizados no sector da construção. Na Holanda, o *Building Materials Decree* (BMD) define as condições, do ponto de vista de preservação da água e do solo, a que os materiais de construção, primários ou reciclados, devem obedecer. A apreciação tem por base o teor dos constituintes orgânicos no sólido e a concentração dos constituintes inorgânicos no lixiviado, a partir dos quais são determinados os valores que expressam a quantidade efectiva de contaminantes que passam para a água ou para o solo e comparados com os valores limite estabelecidos no BMD, BUILDING MATERIALS DECREE (1999).

Já na Alemanha, a utilização de RCD como agregados reciclados, no fabrico de argamassas e betão, obedece aos requisitos estabelecidos na norma DIN 4226-100 (2002) segundo a qual a metodologia para avaliação da liberação de contaminantes assenta na realização de ensaios de lixiviação de curta duração e na comparação dos



teores de contaminantes nos lixiviados com os definidos no regulamento alemão para a reutilização de resíduos, LAGA (1998).

Em Portugal com a entrada em vigor do DECRETO-LEI 46/2008 (2008) relativo à gestão de RCD, e na ausência de legislação europeia, a utilização de agregados reciclados para betão, para misturas betuminosas, para sub-base e base de pavimentos e, para aterros e camadas de leito de infra-estruturas de transporte ficou sujeita ao cumprimento dos requisitos técnicos e ambientais estabelecidos em diversas Especificações LNEC, LNEC E 471 (2006), LNEC E 472 (2006), LNEC E 473 (2006) e LNEC E 474 (2006).

A avaliação da libertação de substâncias perigosas de RCD é feita através do ensaio de lixiviação que segue o procedimento descrito na norma europeia EN 12457-4 (2002), aplicável a resíduos sólidos sendo a granulometria da amostra inferior ou igual a 10mm e uma razão líquido/sólido de 10/1. Este ensaio de lixiviação é caracterizado por ser simples e rápido mas não permite obter informação relativa ao comportamento da amostra a longo prazo nem permite fazer prognósticos de comportamento em condições reais, já que a abrasão inerente ao ensaio bem como a necessidade de britar o material resulta na exposição à lixiviação de superfícies inicialmente inexistentes.

A classificação dos resíduos é feita de acordo com a DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE (2002) a qual define critérios para deposição dos resíduos em aterros para resíduos *inertes*, para resíduos *não perigosos* e para resíduos *perigosos*. Na Tabela 1 apresentam-se alguns dos parâmetros indicados na Decisão do Conselho 2003/33/CE para a deposição de resíduos nas diferentes classes de aterro.

**Tabela 1 – Valores limite nos lixiviados de resíduos granulares para deposição em aterro para resíduos inertes, não perigosos e perigosos, DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE (2002)**

Parâmetros* (mg/kg)	Resíduos Inertes	Resíduos não perigosos	Resíduos Perigosos
Carbono Orgânico Total (C)	<500	<800	<1000
Cloretos	<800	<15000	<25000
Sulfatos	<1000	<20000	<50000
Cádmio	<0,04	<1	<5
Chumbo	<0,5	<10	<50
Cobre	<2	<50	<100
Crómio Total	<0,5	<10	<70
Níquel	<0,4	<10	<40
Zinco	<4	<50	<200

Nesta comunicação apresenta-se a caracterização de lixiviados de três tipos de RCD designadamente betão, alvenaria e misturas betuminosas para a sua avaliação ambiental

de acordo com a Decisão do Conselho 2003/33/CE (2002) com vista a sua utilização como material de construção.

## 2 Condições de ensaio

As amostras analisadas compreenderam amostras de resíduos de betão designadas por Rb, amostras de resíduos de alvenaria designadas por Ra e amostras de resíduos de mistura betuminosa, de pavimentos, designadas por Rmb. As amostras foram britadas até uma granulometria  $\leq 10$  mm.

As amostras foram lixiviadas com água destilada durante 24 horas com agitação (Figura 2). Após filtração, nos lixiviados foi determinado o carbono orgânico dissolvido, cloretos, sulfatos e os metais pesados cádmio, chumbo, crómio, cobre, níquel e zinco.

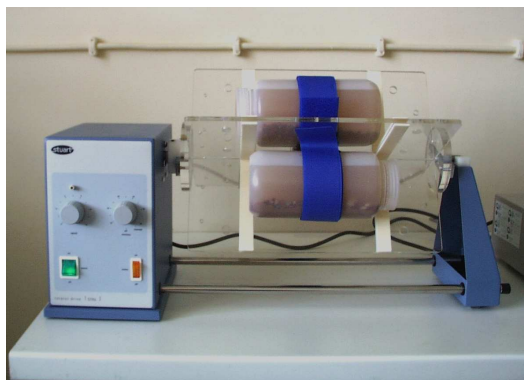


Fig.2 – Equipamento utilizado no ensaio de lixiviação

O carbono orgânico foi efectuado segundo a Especificação LNEC E 386 (1983), utilizando-se uma toma de 50 ml. Os cloretos e os sulfatos foram determinados de acordo com as Normas Portuguesas NP 423 (1966) e NP 413 (1966) respectivamente. Os metais pesados foram determinados por espectrometria de absorção atômica com câmara de grafite (GFAAS), utilizando-se um espectrómetro GBC 904AA nas condições de ensaio indicadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Condições experimentais utilizadas em GFAAS.

Elemento	Comprimento de onda (nm)	Largura de fenda (nm)
Cádmio, Cd	228,8	0,5
Chumbo, Pb	283,3	1,0
Crómio Total, Cr	357,9	0,2
Cobre, Cu	324,7	0,5
Níquel, Ni	232,0	0,2
Zinco, Zn	213,9	0,5

### 3 Resultados Experimentais

#### 3.1 – Lixiviados de resíduos de betão

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados da análise dos lixiviados das amostras de resíduos de betão proveniente de uma central de triagem de RCD designado por betão Rb1 e betão proveniente da demolição dum Hotel construído em 1965, designado por betão Rb2.

Tabela 3 – Caracterização dos lixiviados das amostras de resíduos de betão

Parâmetros	Rb1	Rb2
Carbono Orgânico, C (mg/l)	3,8	7,6
Cádmio, Cd (mg/l)	$\leq 0,062 \times 10^{-3}$	$\leq 0,062 \times 10^{-3}$
Chumbo, Pb (mg/l)	$\leq 0,4 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Crómio Total, Cr (mg/l)	$15 \times 10^{-3}$	$27 \times 10^{-3}$
Cobre, Cu (mg/l)	$1,5 \times 10^{-3}$	$14 \times 10^{-3}$
Níquel, Ni (mg/l)	$\leq 2,2 \times 10^{-3}$	$4,3 \times 10^{-3}$
Zinco, Zn (mg/l)	$1,6 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-3}$
Cloretos, Cl (mg/l)	11,0	35,9
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/l)	10,0	35,2

De um modo geral, observa-se que os lixiviados das amostras têm uma composição semelhante sendo o crómio o metal com concentração mais elevada seguido do cobre, em especial na amostra Rb2 (Figura 3).

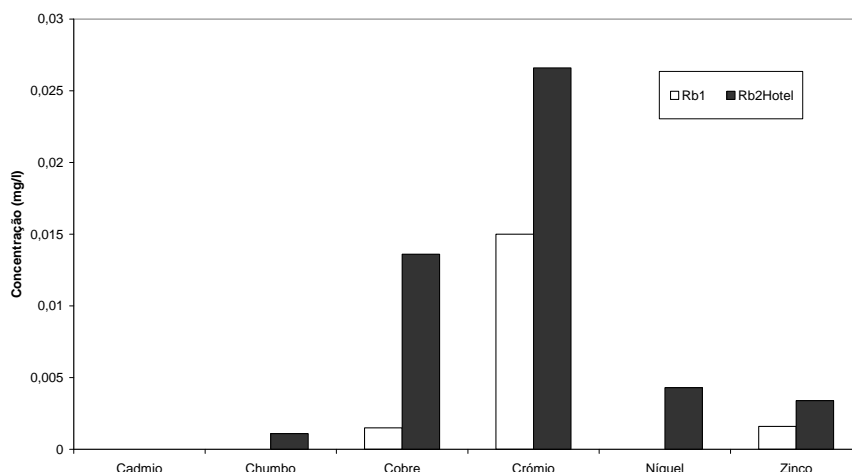


Figura 3 – Concentrações em metais pesados nos lixiviados das amostras de betão

Na Tabela 4 comparam-se os resultados dos parâmetros determinados nos lixiviados das amostras de resíduos de betão e expressos em mg/kg com os valores limite definidos na DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE (2002) para admissão de resíduos em aterros.

Tabela 4 – Valores calculados para os lixiviados das amostras e limites admissíveis para a deposição de resíduos em aterro para resíduos inertes e resíduos não perigosos de acordo com a Decisão do Conselho 2003/33/CE (2002).

Parâmetros	Rb1	Rb2	Decisão do Conselho 2003/33/CE	
			Resíduos inertes(mg/kg)	Resíduos perigosos (mg/kg)
Carbono Orgânico, C (mg/kg)	38	76	500	1000
Cádmio, Cd (mg/kg)	$\leq 0,62 \times 10^{-3}$	$\leq 0,62 \times 10^{-3}$	0,04	5
Chumbo, Pb (mg/kg)	$\leq 4 \times 10^{-3}$	$11 \times 10^{-3}$	0,5	50
Crômio Total, Cr (mg/kg)	$150 \times 10^{-3}$	$270 \times 10^{-3}$	0,5	70
Cobre, Cu (mg/kg)	$15 \times 10^{-3}$	$140 \times 10^{-3}$	2	100
Níquel, Ni (mg/kg)	$\leq 22 \times 10^{-3}$	$43 \times 10^{-3}$	0,4	40
Zinco, Zn (mg/kg)	$16 \times 10^{-3}$	$34 \times 10^{-3}$	4	200
Cloretos, Cl (mg/kg)	110	359	800	25000
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/kg)	100	352	1000	50000

Da análise da Tabela 4, verifica-se que os lixiviados das amostras Rb1 e Rb2 cumprem os critérios de aceitação relativamente aos limites admissíveis para a deposição em aterro para resíduos inertes,

### 3.2 – Lixiviados de resíduos de alvenaria

As amostras analisadas compreenderam amostras de resíduos de alvenaria de tijolo designadas por Ra1 e Ra2. Na tabela 5 apresentam-se os resultados obtidos na caracterização dos lixiviados destas amostras.

Tabela 5 – Caracterização dos lixiviados das amostras de resíduos de alvenaria de tijolo

Parâmetros	Ra1	Ra2
Carbono Orgânico, C (mg/l)	10	8,5
Cádmio, Cd (mg/l)	$\leq 0,062 \times 10^{-3}$	$0,064 \times 10^{-3}$
Chumbo, Pb (mg/l)	$\leq 0,4 \times 10^{-3}$	$\leq 0,4 \times 10^{-3}$
Crômio Total, Cr (mg/l)	$16 \times 10^{-3}$	$30 \times 10^{-3}$
Cobre, Cu (mg/l)	$9,4 \times 10^{-3}$	$6,8 \times 10^{-3}$
Níquel, Ni (mg/l)	$\leq 2,2 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$
Zinco, Zn (mg/l)	$0,82 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$
Cloretos, Cl (mg/l)	33,0	18,8
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/l)	589	774

A concentração de sulfatos nos lixiviados das amostras é elevada admitindo-se que a sua origem seja devida à presença de gesso de estuques nestes resíduos.

Verifica-se que para os restantes parâmetros as amostras apresentam resultados semelhantes sendo o crômio e o cobre (Figura 4) os metais que apresentam concentração mais elevada nos lixiviados e que pode ser justificada pela existência de alguma argamassa de cimento misturada neste tipo de resíduos.



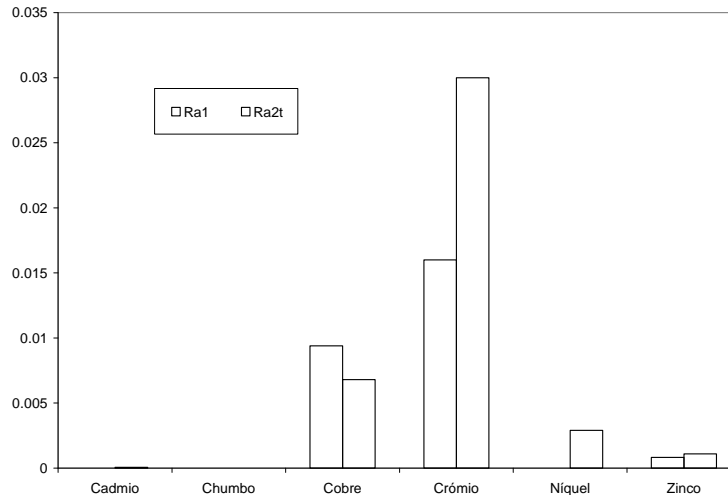


Figura 4 – Concentrações em metais nos lixiviados das duas amostras de resíduos de alvenaria

Na Tabela 6 comparam-se os resultados dos parâmetros dos resíduos de alvenaria determinados nos lixiviados, e expressos em mg/kg, com os valores limite definidos na DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE (2002) para admissão de resíduos em aterros.

Tabela 6 – Valores calculados para os lixiviados das amostras de resíduos de alvenaria e limites admissíveis para a deposição de resíduos em aterro para resíduos inertes e resíduos não perigosos de acordo com a Decisão do Conselho 2003/33/CE (2002).

Parâmetros	Ra1	Ra2	Decisão do Conselho 2003/33/CE	
			Resíduos inertes(mg/kg)	Resíduos não perigosos(mg/kg)
Carbono Orgânico, C (mg/kg)	100	85	500	800
Cádmio, Cd (mg/kg)	$\leq 0,62 \times 10^{-3}$	$0,64 \times 10^{-3}$	0,04	1
Chumbo, Pb (mg/kg)	$\leq 4 \times 10^{-3}$	$\leq 4 \times 10^{-3}$	0,5	10
Crômio Total, Cr (mg/kg)	$160 \times 10^{-3}$	$300 \times 10^{-3}$	0,5	10
Cobre, Cu (mg/kg)	$94 \times 10^{-3}$	$68 \times 10^{-3}$	2	50
Níquel, Ni (mg/kg)	$\leq 22 \times 10^{-3}$	$29 \times 10^{-3}$	0,4	10
Zinco, Zn (mg/kg)	$8,2 \times 10^{-3}$	$11 \times 10^{-3}$	4	50
Cloretos, Cl (mg/kg)	330	188	800	15000
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/kg)	<b>5890</b>	<b>7740</b>	1000	20 000

Os resíduos de alvenaria de tijolo são considerados resíduos para deposição em aterros de resíduos não perigosos devido ao teor de sulfatos ser superior a 1000 mg/kg.

### 3.3 – Lixiviados de resíduos de misturas betuminosas

As amostras analisadas compreenderam amostras de resíduos de misturas betuminosas de pavimentos designadas por Rmb1 e Rmb2. Na Tabela 7 apresentam-se os resultados obtidos na caracterização dos lixiviados das amostras.

Tabela 7 – Caracterização dos lixiviados das amostras de resíduos de misturas betuminosas

Parâmetros	Rmb1	Rmb2
Carbono Orgânico, C (mg/l)	25	38
Cádmio, Cd (mg/l)	$0,075 \times 10^{-3}$	$0,078 \times 10^{-3}$
Chumbo, Pb (mg/l)	$\leq 0,40 \times 10^{-3}$	$\leq 0,40 \times 10^{-3}$
Crômio Total, Cr (mg/l)	$\leq 0,80 \times 10^{-3}$	$0,91 \times 10^{-3}$
Cobre, Cu (mg/l)	$1,33 \times 10^{-3}$	$1,46 \times 10^{-3}$
Níquel, Ni (mg/l)	$3,87 \times 10^{-3}$	$3,62 \times 10^{-3}$
Zinco, Zn (mg/l)	$0,46 \times 10^{-3}$	$1,22 \times 10^{-3}$
Cloretos, Cl (mg/l)	6,3	4,5
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/l)	6,0	71

Os lixiviados das amostras são semelhantes com baixa concentração em carbono orgânico e em metais, sendo o níquel o metal lixiviado que apresenta maior concentração (Figura 5). A amostra Rmb2 apresenta ainda maior concentração de sulfatos do que a amostra Rmb1.

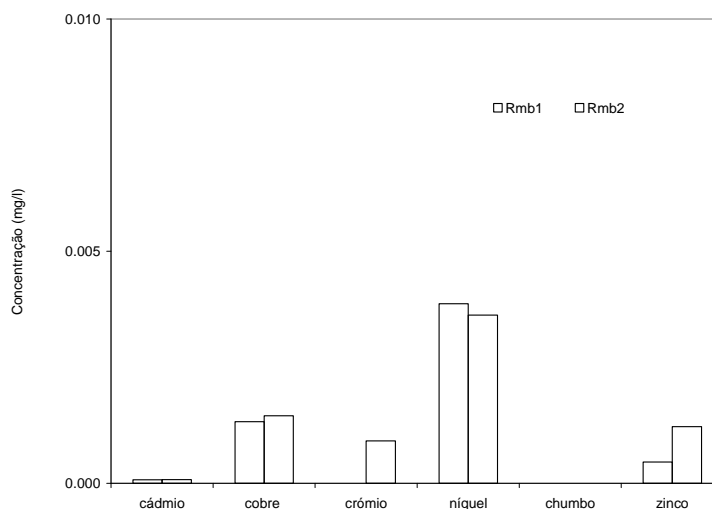


Figura 5 – Concentrações em metais pesados nos lixiviados das duas amostras de resíduos de misturas betuminosas.

Na Tabela 8 comparam-se os resultados dos parâmetros determinados nos lixiviados, depois de expressos em mg/kg, para as amostras de resíduos de misturas betuminosas com os valores limite definidos na DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE (2002) para admissão de resíduos em aterros.

Tabela 8 – Valores calculados para os lixiviados das amostras de resíduos de misturas betuminosas e limites admissíveis para a deposição de resíduos em aterro para resíduos inertes de acordo com a Decisão do Conselho 2003/33/CE (2002).

Parâmetros	Rmb1	Rmb2	Decisão do Conselho 2003/33/CE
			Resíduos inertes (mg/kg)
Carbono Orgânico, C (mg/kg)	250	380	500
Cádmio, Cd (mg/kg)	$0,75 \times 10^{-3}$	$0,78 \times 10^{-3}$	0,04
Chumbo, Pb (mg/kg)	$\leq 4,0 \times 10^{-3}$	$\leq 4,0 \times 10^{-3}$	0,5
Crômio Total, Cr (mg/kg)	$\leq 8,0 \times 10^{-3}$	$9,1 \times 10^{-3}$	0,5
Cobre, Cu (mg/kg)	$13,3 \times 10^{-3}$	$14,6 \times 10^{-3}$	2
Níquel, Ni (mg/kg)	$38,7 \times 10^{-3}$	$36,2 \times 10^{-3}$	0,4
Zinco, Zn (mg/kg)	$4,6 \times 10^{-3}$	$12,2 \times 10^{-3}$	4
Cloretos, Cl (mg/kg)	63	45	800
Sulfatos, $SO_4^{2-}$ (mg/kg)	60	710	1000

Os resíduos de misturas betuminosas são considerados resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes uma vez que apresentam teores para todos os parâmetros inferiores aos limites dos resíduos inertes.

#### 4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos pode concluir-se o seguinte:

- O ensaio de lixiviação utilizado é adequado pois consegue diferenciar diferentes tipos de resíduos, designadamente resíduos de betão, de alvenaria de tijolo e de misturas betuminosas.
- As amostras de resíduos, de betão, de alvenaria de tijolo e de misturas betuminosas não originaram lixiviados com concentrações de cádmio, chumbo, crômio, cobre, níquel e zinco significativas sendo os resultados inferiores aos limites para resíduos inertes.
- As amostras de resíduos de alvenaria de tijolo apresentaram lixiviados com concentrações elevadas de sulfatos o que conduz a sua classificação como resíduos para deposição em aterros de resíduos não perigosos.
- As amostras de resíduos de misturas betuminosas apresentaram lixiviados com concentrações baixas em todos os parâmetros sendo por isso considerados resíduos para deposição em aterro de inertes.
- Considera-se que uma operação simples de separação prévia do estuque nas amostras de resíduos de alvenaria estes passarão a ser classificados como inertes e assim viável a sua utilização.



## 5 Referências

**Building Materials Decree (Soil and Surface Waters Protection) (Bouwstoffenbesluit)**, The Hague, 1999.

CEN TC/104 N 0733: **Briefing to CEN/TC 351 from CEN/TC 154 "Aggregates" on "Dangerous substances in relation to aggregates"**, Draft JL 7 Feb 06, 2006.

CEN/TC351. **Work Programme in response to mandate M/366. Drafted by CEN/BT WG 176 "Construction Products: Assessment of Release of Dangerous Substances"**. In, <http://www2.nen.nl/cmsprod/groups/public/documents/bestand/223307.pdf>, 2008.

CHAN, D.; POON, C. S. **Using recycled construction waste as aggregates for paving blocks**. Proceedings of ICE, Waste and Resource Management, 159, 2, 83-91, 2006.

CHO, Y.-H.; YEO, S.-H. Y. **Application of recycled waste aggregate to lean concrete subbase in highway pavement**. Canadian Journal of Civil Engineering, 31, 6, 1101-1108, 2004.

**DECISÃO DO CONSELHO 2003/33/CE** estabelece Critérios e Processos de Admissão de Resíduos em aterros nos termos do artigo 16º e do anexo II da Directiva 1999/31/CE., Jornal Oficial L 11, 27-49, 19 de Dezembro de 2002, 2002.

**DECRETO-LEI 46/2008**. Diário da República, 1.ª série – N.º 51 – 12 de Março de 2008, 2008.

DIJKSTRA, J. J.; AL, E. **How to judge release of dangerous substances from construction products to soil and groundwater**. Report ECN-C-05-045, parts 1-3, 2005.

DIN 4226-100. **Aggregates for Mortar and Concrete. Recycled Aggregates**, 2002.

DIN 38414-4. **Sludge and sediments (group S). Determination of leachability by water (S4)**. 1984.

**DIRECTIVA DO CONSELHO 89/106/CEE** relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-membros no que respeita aos produtos de construção Jornal Oficial L040, 0012 – 002, alterada pela Directiva 93/68/CEE do Conselho de 22 de Julho de 1993 (JO L 220 de 30/08/1993), 1988.

EHRNSPERGER, R.; MISCH, W. **Implementation of Health and Environmental Criteria in Technical Specifications for Construction Products**, UBAFBNr 000794/e, 2006.

EN12457-4. **Characterization of waste. Leaching. Compliance Test for Leaching of Granular Waste Materials and Sludges- Part 4: One stage batch test at a liquid to**



Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto  
**CBC2008**  
Setembro / 2008  
ISBN  
@ 2008 - IBRACON



**solid ratio of 10l/kg for materials with particle sizes below 10mm (without or with size reduction), 2002.**

EUROPEAN AGGREGATES ASSOCIATION. **Aggregates from construction and demolition waste in Europe, 2006.**

EUROSTAT. **Waste generated and treated in Europe – Data 1995-2003**, Office for Official Publications of the European Communities, 2005.

EVANGELISTA, L. R.; BRITO, J. D. **Mechanical behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates.** Cement and Concrete Composites, 29, 5, 397-401, 2007.

FLYHAMMAR, P.; BENDZ, D. **Leaching of different elements from subbase layers of alternative aggregates in pavement constructions.** Journal of Hazardous Materials, 137, 1, 603-611, 2006.

LAGA, **Technische Regeln, Mitteilungen Der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall-Anforderungen an Die Stoffliche Verwertung Von Mineralischen Reststoffen/Abfällen.** Erich-Schmidt-Verlag, 4th edition, 1998.

LNEC E 386. **Filer calcário para betões. Determinação do teor de carbono orgânico total, 1993.**

LNEC-E471. **Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos, 2006.**

LNEC-E472. **Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central, 2006.**

LNEC-E473. **Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos, 2006.**

LNEC-E474. **Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte, 2006.**

NGUYEN, V. H., et al. **Chemo-mechanical coupling behaviour of leached concrete: Part I: Experimental results.** Nuclear Engineering and Design, 237, 20-21, 2083-2089, 2007.

NP 413 (1966). **Águas. Determinação do teor de sulfatos**  
NP 423 (1966). **Água. Determinação do teor de cloretos.**

POON, C.-S.; CHAN, D. **Effects of contaminants on the properties of concrete paving blocks prepared with recycled concrete aggregates.** Construction and Building Materials, 21, 1, 164-175, 2007.





**Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto  
CBC2008**  
Setembro / 2008  
ISBN  
@ 2008 - IBRACON



REAGIR. **Gestão de resíduos de construção e demolição em Portugal.** Projecto LIFE, Lisboa, 2005.

SANI, D., et al. **Leaching and mechanical behaviour of concrete manufactured with recycled aggregates.** Waste Management, 25, 2, 177-182, 2005.

VAN DER SLOOT, H. A. **Quick Techniques for Evaluating the Leaching Properties of Waste Materials: their Relation to Decisions on Utilization and Disposal.** Trends in Analytical Chemistry, 17, 5, 1998.

VAN DER SLOOT, H. A.; DIJKSTRA, J. J. **Development of horizontally standardized leaching tests for construction materials: a material based or release based approach? Identical mechanisms for different materials.** Report ECN-C-04-060, 2004.

VAN DER SLOOT, H. A., et al. **Leaching behaviour of synthetic aggregates.** Waste Management, 21: 221-228, 2001.

YANAGIBASHI, K. A new concrete recycling process for coarse aggregate to be used in concrete structure, **RILEM International Symposium on Environment-Conscious Materials and Systems for Sustainable Development**, 137-143, 2004.