

# ADSORÇÃO DE ÍONS $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ e $\text{Zn}^{2+}$ EM RESÍDUO SÓLIDO URBANO ATERRADO

D. A. MOREIRA<sup>1</sup>; M. A. MARTINEZ<sup>2</sup>; J. A. R. SOUZA.<sup>3</sup>; R.O. BATISTA <sup>3</sup>;  
F. F. CUNHA<sup>3</sup>; C. REIS<sup>4</sup>

**RESUMO:** Com o objetivo de estudar a capacidade de remoção de metais pesados em percolado de resíduo sólido urbano recém coletado (RSU\_Fresco) pelo resíduo sólido urbano realizaram-se ensaios de adsorção de metais. Foram utilizados resíduos sólidos urbanos com 15 anos (RSU\_Antigo) e 8 anos (RSU\_Maduro) de aterramento. Os resultados possibilitaram concluir que a capacidade máxima de adsorção para o RSU\_Antigo apresentou a seqüência  $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$ , já para o RSU\_Maduro a seqüência foi  $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ . O RSU\_Antigo apresentou maior capacidade de retenção dos metais do percolado de aterro sanitário

**PALAVRAS-CHAVE:** retenção, isoterma de Langmuir, chorume.

## ADSORPTION OF $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Cd}^{2+}$ , $\text{Pb}^{2+}$ AND $\text{Zn}^{2+}$ IN LANDFILL RESIDUE

**ABSTRACT:** Aiming to study the capacity of the urban solid residues (SRU) in removing heavy metals from leached of newly collected solid residue, analyses of metals adsorption were carried out. In the experiment it were used 15- (SRU\_Old) and 8- (SRU\_Mature) years old urban solid dump. The results enabled to conclude that the maximum adsorption capacity for SRU\_Old, presented the following sequence:  $\text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$ ; but for SRU-Mature, the sequence was  $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd}$ ; SRU\_Old presented metal retention larger capacity of the landfill percolate.

**KEYWORDS:** retention, langmuir isotherm, landfill leachate.

## INTRODUÇÃO

A alta toxicidade e o caráter cumulativo dos metais pesados têm sido motivos de grande preocupação mundial, proporcionando o aumento significativo de trabalhos que objetivem

---

<sup>1</sup> Doutora Eng. Agrícola, DEA/UFV, Av. PH Rolfs, s/n, CEP: 36570.000, Viçosa-MG, Fone: (31)38992715, email: deboraastoni@yahoo.com.br;

<sup>2</sup> Prof. Titular, DEA/UFV, Viçosa-MG;

<sup>3</sup> Doutor Eng. Agrícola, DEA/UFV, Viçosa-MG;

<sup>4</sup> Prof. Associado, DEQ/UFV, Viçosa-MG.

desenvolver tecnologias para remoção destas substâncias potencialmente nocivas ao meio ambiente.

Dentre as alternativas tecnológicas para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU), o aterro sanitário ainda é a técnica mais utilizada (LEAHY E SHREVE, 2000), pois, apresenta menor custo para comunidades com poucos recursos financeiros e humanos. Entretanto, a liberação de percolato apresenta-se como um dos principais problemas ambientais dos aterros, em virtude das altas concentrações de matéria orgânica e de metais pesados, podendo resultar na contaminação do solo e da água.

O tratamento do percolato representa grande desafio devido à variação de suas características, causadas pelos diferentes resíduos dispostos e idade do aterro. As dificuldades no tratamento desse resíduo estão relacionadas à alta concentração de matéria orgânica, de nitrogênio, principalmente na forma amoniacal, e de componentes tóxicos, como os íons metálicos.

A recirculação em células de RSU tem sido apontada como técnica de grande viabilidade no tratamento de percolato, ocorrendo, nesse caso, rápido declínio no potencial poluidor do líquido, além de acelerar a estabilização do resíduo sólido urbano aterrado. É uma técnica que se adapta às condições ambientais do Brasil, com temperatura, ventos e irradiação solar que favorecem a evaporação da água contida no percolato (SILVA, 2002).

A interação entre os diferentes componentes da fração sólida dos aterros e os metais pesados tem sido bastante estudada, porém, a capacidade de retenção destas substâncias pelo RSU estabilizado, em percolados gerados pelos aterros sanitários, é pouco conhecida. Assim, objetivou-se, com a realização deste trabalho avaliar a capacidade do material orgânico estabilizado, (RSU\_Antigo e RSU\_Maduro), em remover metais pesados no percolato produzido por lixo recém coletado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Solo e Resíduos Sólidos, do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG.

O resíduo sólido urbano (RSU) foi coletado no antigo lixão da cidade de Visconde do Rio Branco, MG. Utilizaram-se amostras de RSU enterradas há 8 anos (RSU Maduro) e 15

anos (RSU Antigo), as quais foram submetidas a peneiramento para separação das frações menores que 2 mm.

Foram desenvolvidos ensaios de adsorção para analisar o comportamento adsorptivo dos metais (Cu, Cd, Zn e Pb) nos diferentes resíduos avaliados (RSU-Maduro e RSU-Antigo). Em tubos de centrífuga de 50 mL, foram pesadas 5 g de amostras dos resíduos avaliados, adicionando-se a cada um dos tubos, 40 mL de percolado contendo Cd, Cu, Pb e Zn nas concentrações variando de 0,146 a 700; 0,046 a 700; 0,135 a 700 e 17,2 a 8600 mg L<sup>-1</sup> para o cobre, cádmio, chumbo e zinco, respectivamente. A mistura material sólido-solução foi agitada por 18 horas, sob temperatura ambiente, em agitador horizontal, procedendo-se, posteriormente, a separação do sobrenadante por centrifugação, a 3500 rpm, por 5 minutos. No sobrenadante filtrado, foram quantificadas as concentrações de Cu, Cd, Zn e Pb, por espectrofotometria de absorção atômica.

A quantidade dos metais adsorvida pelo material orgânico foi considerada como sendo a diferença entre as concentrações iniciais e finais do mesmo metal na solução de equilíbrio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para calcular a capacidade máxima de adsorção para cada metal foi utilizada a equação de Langmuir (Equação 1). A teoria de Langmuir baseia-se na hipótese da adsorção ocorrer em sítios uniformes com recobrimento em monocamadas e afinidade iônica independente da quantidade de material adsorvido.

$$S = \frac{S_m \cdot K \cdot C_{eq}}{(1 + K \cdot C_{eq})} \quad (1)$$

$C_{eq}$  = concentração do íon na solução (mg L<sup>-1</sup>);

$S$  = quantidade adsorvida (mg g<sup>-1</sup>);

$S_m$  = adsorção máxima (mg g<sup>-1</sup>); e

$K$  = coeficiente relacionado à energia de ligação (L mg<sup>-1</sup>)

Os parâmetros da Isoterma de Langmuir (Equação 1) e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) estão apresentados no Quadro 1.

O comportamento sortivo dos metais no material está, provavelmente, relacionado com os teores de matéria orgânica e ácidos húmicos contido nas amostras de RSU\_Antigo e RSU\_Maduro. Verifica-se, no Quadro 1, que os metais foram mais adsorvidos no RSU\_Antigo do que no RSU\_Maduro, confirmando a influência positiva do tempo de aterramento na atividade química do material.

**Quadro 1.** Parâmetros da equação de Langmuir para adsorção de Cu, Pb, Cd e Zn no RSU\_Antigo e RSU\_Maduro e, respectivos coeficientes de determinação ( $R^2$ )

Metais	RSU_Antigo			RSU_Maduro		
	K	$S_m$	$R^2$	K	$S_m$	$R^2$
Cu	0,524	0,472	0,99	0,431	0,441	0,99
Pb	0,108	0,514	0,99	0,282	0,326	0,98
Cd	0,279	0,055	0,96	0,299	0,049	0,98
Zn 1ª Região	6,314	1,520	0,99	6,890	1,669	0,97
2ª Região	$4,1 \times 10^{-4}$	15,343	0,99	$1,24 \times 10^{-3}$	7,148	0,97

Sendo: K = coeficiente relacionado com a energia de ligação ( $L \text{ mg}^{-1}$ ) e  $S_m$  = capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

Verifica-se, no Quadro 1, que o coeficiente relacionado com a energia de ligação (K) apresentou, para os RSUs, a sequência Zn>Cu>Cd>Pb. Já a capacidade máxima de adsorção ( $S_m$ ) apresentou, para o RSU\_Antigo, a sequência Zn>Pb>Cu>Cd, enquanto no RSU\_Maduro, houve inversão entre o Cu e Pb.

Em soluções mistas, a ordem de adsorção é seguida pela eletronegatividade dos íons (Pb>Cu>Cd>Zn). Todavia, em virtude de diversos fatores, incluindo tipo de adsorbato e condições experimentais (ex.: concentração do metal, pH da solução, eletrólito suporte, força iônica etc.), diferentes seqüências de afinidade podem surgir, sendo praticamente impossível estabelecer uma seqüência universal (MOREIRA, 2004).

O cádmio apresentou menor capacidade de adsorção e alto coeficiente relacionado com a energia de ligação. Isto indica que o metal ficou fortemente adsorvido aos RSU's, formando complexos altamente estáveis. Elevados valores de K indicam forte afinidade do íon pelos sítios do material, oferecendo menor risco de contaminação ambiental. ÇAY et al. (2004) também observaram que o Cd é menos adsorvido quando o cobre está presente na solução.

A isoterma de Langmuir nos RSUs apresentaram duas regiões de adsorção para o zinco, sugerindo que este elemento possa estar ligado aos sítios de adsorção das partículas de duas formas diferentes. Na primeira região, elevados valores de K e baixos valores de  $S_m$ , indicam

que os RSUs adsorvem quantidade relativamente baixa de zinco, mas a energia que o mantém adsorvido é caracterizada pela formação de complexos altamente estáveis. Na segunda região, baixos valores de K e elevados valores de  $S_m$  indicam, conforme SODRÉ et al (2001), ocorrência de ligações de caráter eletrostático e, ou, força de van der Waals.

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste experimento, conclui-se que:

- A capacidade máxima de adsorção para o RSU-Antigo apresentou a seguinte sequência:  $Zn > Pb > Cu > Cd$ ; no RSU-Maduro a sequência foi  $Zn > Cu > Pb > Cd$ .
- O RSU\_Antigo apresentou maior capacidade de retenção dos metais do percolado de aterro sanitário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÇAY, S.; UYANYÍK, A.; ÖZASYÍK, A. Single and binary component adsorption of copper(II) and cadmium(II) from aqueous solutions using tea-industry waste. Separation and Purification Technology, v. 38, p. 273–280. 2004.

LEAHY, J. G AND SHREVE, G. S. The effect of organic carbon on the sequential reductive dehalogenation of tetrachloroethylene in landfill leachates. Water Research Vol. 34, No. 8, pp. 2390 - 2396, 2000

MOREIRA, C. S. Adsorção competitiva de cádmio, cobre, níquel e zinco em solos. Piracicaba, SP: Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2004, 120 p. a

SODRÉ, F. F.; LENZI, E.; COSTA, A. C. S. Utilização de Modelos Físico-Químicos de Adsorção no Estudo do Comportamento do Cobre em Solos Argilosos. **Química Nova**, v. 24, n. 3, p 324-330, 2001.

SILVA, A.C. Tratamento do percolado de aterro sanitário e avaliação da toxicidade do efluente bruto tratado. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.