



## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ELEMENTOS RADIOATIVOS E METAIS PESADOS NO LIXÃO DESATIVADO DA CIDADE DE LAGES-SC**

Valter Antonio **BECEGATO**<sup>1</sup>, Juliano de Andrade **WALTER**<sup>2</sup>, Silvio Luiz Rafaeli **NETO**<sup>1</sup>,  
João Batista Pereira **CABRAL**<sup>3</sup>, Amanda Koche **MARCON**<sup>2</sup>, Letícia **MIRANDA**<sup>2</sup>, Fábio  
**SPIAZZI**<sup>2</sup>

(1-Professor do Depto de Engenharia Ambiental-UDESC; becegato@cav.udesc.br; silvio@cav.udesc.br; 2- Acadêmicos do curso de Engenharia Florestal-UDESC; julianoawalter@hotmail.com; amandamarcon@yahoo.com.br; leticia-florestal@hotmail.com fabiospiazi@yahoo.com.br; 3 – Professor do Curso de Geografia da UFG – Campus de Jataí - GO; jbcabral2000@yahoo.com.br)

### **Resumo**

O lixão desativado do município de Lages está localizado entre as coordenadas 27°46'15,38''S e 50°15'10,92''O em uma área de 48.000 m<sup>2</sup> com extensa rede de drenagem, cujo entorno encontram-se áreas de proteção permanente e reflorestamentos com pinus. Coletou-se amostras de solos compostas entre as profundidades de 0-20 e 20-40 cm georreferenciadas para determinação dos seguintes metais pesados: Cádmio, Cromo, Níquel, Chumbo e Mercúrio, cujas amplitudes apontaram valores em (mg Kg<sup>-1</sup>) respectivamente: 0,2-0,2; 0,8-2,1; 03,12; 0,4-22 e 0,02-0,06. Efetuou-se a aquisição de dados gamaespectrométricos com o aparelho GS-512 em uma malha georreferenciada em 74 pontos para os seguintes elementos radioativos que apresentaram amplitudes de valores: <sup>40</sup>K ( 0,4 a 2,4%); <sup>232</sup>Th (2,2 a 12,9ppm) e <sup>238</sup>U (0,8 a 2,5ppm).

**Palavras-chave:** Solo, lixão, geofísica

### **Abstract**

#### **SPATIAL DISTRIBUTION OF RADIOACTIVE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN THE CITY LAGES' - BRAZIL DISACTIVATED GARBAGE DEPOSIT**

The disabled dump from the city of Lages is located between the coordinates 27°46'15,38''S and 50°15'10,92''W in an area of 48.000 m<sup>2</sup> with an extensive drainage network, whose



surroundings are found areas of permanent preservation and reforestation with *Pinus eliotti*. Soil samples were collected between the depths of 0-20 and 20-40 cm, georeferenced to determine the following heavy metals: Cadmium, Chrome, Nickel, Lead and Mercury, whose amplitudes showed the respective values: 0,2-0,2; 0,8-2,1; 03,12; 0,4-22 and 0,02-0,06 (values in mg Kg<sup>-1</sup>). The acquisition of gamma ray spectrometric data was effected with the GS-512 device on a georeferenced grid in 74 points for the respective radioactive elements that showed the following amplitude values: <sup>40</sup>K ( 0,4 to 2,4%); <sup>232</sup>Th (2,2 to 12,9ppm) e <sup>238</sup>U (0,8 to 2,5ppm).

**Keywords:** Soil, dump, geophysics.

## Resumen

### **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ELEMENTOS RADIOATIVOS Y METALES PESADOS EM EL VERTEDERO DESACTIVADO DEL MUNICÍPIO DE LAGES-BRAZIL**

El vertedero desactivado de la ciudad de Lages está ubicado entre las coordenadas 27°46'15,38''S y 50°15'10,92''O, en una área de 48.000 m<sup>2</sup> con un extenso red de drenaje, cuyos alrededores encuentran-se áreas de preservación permanente y repoblaciones forestales con pinus. Se han coletado muestras de suelos compuestas entre las profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm georeferenciados para determinación de los siguientes metales pesados: Cádmiu, Cromo, Níquel, Plomo y Mercurio, cuyas amplitudes mostraron valores en (mg Kg<sup>-1</sup>) respectivamente: 0,2-0,2; 0,8-2,1; 03,12; 0,4-22 y 0,02-0,06. Se ha efectuado de datos de espectrometría de rayos gamma con el aparato GS-512 en una rejilla georeferenciada en 74 puntos para los siguientes elementos radioactivos que presentaron amplitudes de valores: <sup>40</sup>K (0,4 a 2,4%); <sup>232</sup>Th (2,2 a 12,9ppm) e <sup>238</sup>U (0,8 a 2,5ppm).

**Palabras clave:** Suelo, vertedero, geofísica.

## 1 - Introdução

A produção de lixo tem sido diretamente associada ao estágio de desenvolvimento de uma região, em geral, quanto mais evoluída, maior o volume e peso de resíduos e dejetos de todo tipo. No entanto outros fatores podem influenciar a geração de lixo, como por exemplo variações climáticas, sazonais, hábitos e costumes da população, poder aquisitivo entre outros.

Macêdo (2006) relata que a taxa média de geração dos resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas é de aproximadamente 0,5 kg/pessoa/dia em países subdesenvolvidos. No entanto na cidade de São Paulo, pode chegar a 1,0 kg/pessoa/dia; e em países desenvolvidos a 2,0 kg/dia/pessoa.

De acordo com informações obtidas na prefeitura Municipal de Lages-SC, o volume total de resíduos depositados no lixão ao longo de 18 anos, foi de aproximadamente 477.000 m<sup>3</sup>. A decomposição dessa massa de resíduos gera como produtos: gás metano e um líquido negro denominado chorume. Tal líquido escorre em superfície, contaminando as águas dos mananciais, percola no perfil do solo arrastando metais pesados, adentra nas fraturas e fendas das rochas, poluindo os aquíferos (Figuras 1 e 2).



Figura 1. Células improvisadas para armazenamento do chorume.



Figura 2. Escorrimento de chorume a céu aberto.



Metais pesados como chumbo, zinco, cádmio, arsênio, cromo, manganês dentre outros, estão presentes em diversos tipos de resíduos dispostos nos aterros sanitários, podendo ser encontrados materiais como: lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, solventes dentre muitos outros produtos tóxicos.

A Concentração de metais pesados no ambiente, com sua disseminação no solo e nas águas vem preocupando os ambientalistas e as autoridades. Os metais pesados podem ser percolados por meio do chorume, que é um líquido resultante da decomposição de resíduos. Elementos químicos como chumbo, zinco, cádmio, arsênio, cromo, manganês dentre outros, estão presentes em diversos tipos de resíduos dispostos nos aterros sanitários, podendo ser encontrados materiais como: lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, solventes dentre muitos outros produtos tóxicos (Muñoz, 2002).

A radiação eletromagnética é uma radiação com comprimentos de onda entre  $10^{-14}$  e  $10^{-8}$  m. Estes raios são emitidos durante o decaimento radioativo de elementos usualmente presentes em todos os solos e rochas, ainda que em quantidades reduzidas. As principais fontes de radiação são o  $^{40}\text{K}$  e as séries do  $^{238}\text{U}$  e do  $^{232}\text{Th}$ . Na crosta terrestre K, U e Th ocorrem em abundâncias respectivas de 3%, 3 ppm e 12 ppm. O  $^{40}\text{K}$  corresponde a 0,012% do potássio total, o  $^{238}\text{U}$  a 99,3% do urânio total e o  $^{232}\text{Th}$  a 100% do tório total (Becegado & Ferreira, 2005a).

O clima quente e úmido reúne as condições necessárias para a lixiviação do urânio das rochas. Neste tipo de clima a grande circulação de águas, em geral ácidas, com oxigênio e dióxido de carbono dissolvidos, é determinante para que os minerais contendo U e Th, exceto os refratários, sejam hidrolisados, oxidados e lixiviados na forma do íon hidroxila  $(\text{UO}_2)^{2+}$ , que em ambiente oxidante tem alta mobilidade e, assim, o urânio passa para a solução do solo (Becegado *et. al.* 2008b).

Os principais minerais que contém Th (monazita e zircão) são estáveis durante o intemperismo e podem acumular-se em depósitos de minerais pesados. O tório liberado durante o intemperismo pode ser retido em óxidos e hidróxidos de Fe e Ti e em argilas. Como o U, o Th pode também ser transportado quando adsorvido em colóides argilosos e óxidos de ferro (Becegado *et. al.* 2008c).

## 2 - Material e Métodos



Coletou-se amostras de solos com trado holandês (Figura 3) sobre uma malha de 20 pontos georreferenciadas de amostras compostas, sendo: 20 amostras para as profundidades de 0-20 cm e 20 para 20-40 cm, objetivando estudar as possíveis concentrações dos seguintes metais pesados: chumbo, cádmio, mercúrio e cromo.



Figura 3. Tradagens e coleta de solos para análise de metais pesados.

Sobre as células onde se encontram depositado os resíduos sólidos, definiu-se uma grade de amostragem georreferenciada (Figura 4) com GPS, totalizando 74 pontos objetivando o levantamento dos elementos radioativos: Urânio, Tório e Potássio.

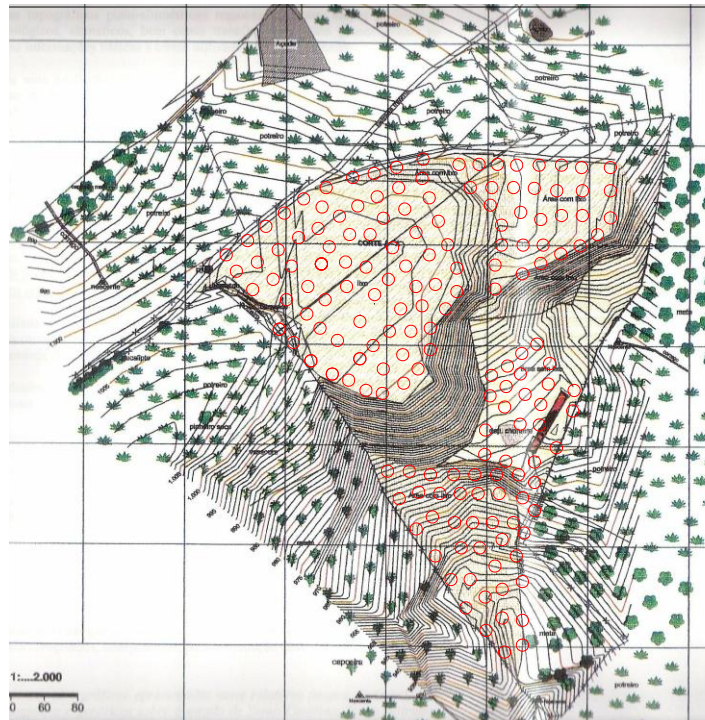


Figura 4. Pontos (vermelhos) para aquisição de dados gamaespectrometricos.

Utilizou-se o gamaespectrômetro portátil GS-512 (Figura 5), fabricado pela Geofyzika (República Tcheca) e comercializado pela Scintrex (Canadá), projetado para operar com 512 canais num intervalo de 0,1 a 3 Mev, pertencente ao Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada – LPGA/UFPR, para a coleta dos dados.



Figura 5. Gamaespectrometro GS-512



O GS-512 consiste de uma sonda (45 cm de comprimento; 12,5 cm de diâmetro e pesa 4,6 kg), a qual encerra um cristal de 76 x 76 mm de NaI(Tl), além de um circuito de detecção e uma fonte radioativa ( $^{137}\text{CS}$ ) de referência. Um outro módulo de (23,5 x 23,0 x 9,0 cm) armazena e processa os dados medidos. Os dados aqui apresentados estão em ppm de K, eU e eTh, mas também em Bq/Kg, no sentido de facilitar comparações com a literatura internacional. Para tanto, as relações adotadas foram as seguintes: 1% de K equivale a 310 Bq/Kg e 1 ppm de U e de Th equivalem a 12,3 e 4,07 Bq/Kg, respectivamente (Sroor et al., 2001).

### 3 - Resultados e discussão

Na Tabela 1 encontram-se os valores para os metais estudados. Todas as amostras de solos referentes ao cádmio, apresentaram valores abaixo de  $0,2 \text{ mg Kg}^{-1}$ .

Tabela 1. Valores dos metais pesados em ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ).

Pontos	X	Y	Cádmio	Cromo	Níquel	Chumbo	Mercurío
1	573522	6927844	<0,2	0,8	0,3	0,4	0,05
2	573491	6927865	<0,2	1	0,4	0,5	0,04
3	573438	6927900	<0,2	18	8	9	0,05
4	573475	6927940	<0,2	12	5	10	0,03
5	573514	6927925	<0,2	15	6	13	0,05
6	573560	6927905	<0,2	16	6	10	0,05
7	573627	6927984	<0,2	12	5	7	0,06
8	573579	6927996	<0,2	13	8	8	0,02
9	573551	6927991	<0,2	13	9	7	0,02
10	573532	6928019	<0,2	12	8	8	0,03
11	573580	6928032	<0,2	15	8	9	0,02
12	573650	6928039	<0,2	12	8	8	0,03
13	573625	6928087	<0,2	12	7	9	0,02
14	573686	6928089	<0,2	14	9	10	0,07
15	573729	6928093	<0,2	11	8	6	0,05
16	573731	6928034	<0,2	21	11	9	0,03
17	573735	6927985	<0,2	10	7	4	0,02
18	573689	6927928	<0,2	21	12	10	0,02
19	573682	6927885	<0,2	19	11	22	0,06
20	573739	6927873	<0,2	15	8	18	0,03
	<b>Média</b>		-	<b>13,1</b>	<b>7,2</b>	<b>8,9</b>	<b>0,04</b>
	<b>Desvio Padrão</b>		-	<b>5,2</b>	<b>3,0</b>	<b>4,9</b>	<b>0,01</b>
	<b>Coefficiente de variação (%)</b>		-	<b>39,8</b>	<b>41,6</b>	<b>55,4</b>	<b>25</b>
	<b>Mínimo</b>		-	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,4</b>	<b>0,02</b>
	<b>Máximo</b>		-	<b>21</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>0,07</b>



O cromo com amplitudes de 0,8 a 2,1 mg Kg<sup>-1</sup>, valor médio de 13,1 mg Kg<sup>-1</sup> e alta variabilidade com coeficiente de variação de 39,8%. Destaca-se os pontos 3, 16, 18 e 19, com valores acima de 18 mg Kg<sup>-1</sup>.

O níquel apresentou valores mínimo de 0,3 mg Kg<sup>-1</sup> e máximo de 12 mg Kg<sup>-1</sup>, cuja média é de 7,2 mg Kg<sup>-1</sup>; alta variabilidade com 41,6%. Os maiores valores estão presentes nos pontos 16, 18 e 19.

Com relação ao chumbo, este apresentou amplitudes de 0,4 mg Kg<sup>-1</sup> e de 22 mg Kg<sup>-1</sup> respectivamente, com média de 8,9 mg Kg<sup>-1</sup> e alta variabilidade (55,4%). Observa-se os maiores valores para os pontos 19 e 20.

No tocante ao mercúrio o valor mínimo foi de 0,02 mg Kg<sup>-1</sup> e o máximo de 0,07 mg Kg<sup>-1</sup>, média de 0,04 mg Kg<sup>-1</sup> e coeficiente de variação de 46%. Destaca-se os maiores valores para os pontos: 7, 14 e 19.

Trabalhos como os de Barroncas & Santana (2007) e Oliveira (2007), expressam que a concentração dos metais pesados estão acima dos permitidos pela resolução n<sup>o</sup> 357/2005 do CONAMA, evidenciando que o Aterro Sanitário é um dos principais responsáveis pelo impacto ambiental em corpos hídricos.

Amaral sobrinho et al. (1998), observaram que os teores de Ni, Cd, Zn, Mn, Cu e Pb nos resíduos dos lixões permitem a predição de contaminação de aquíferos por estes metais.

O uso de dados georreferenciados permite visualizar a distribuição espacial dos dados no meio ambiente. Para tanto, observa-se na Figura 6 o comportamento do cromo com valores acima da média de 13,1 mg Kg<sup>-1</sup> inseridos entre as coordenadas 573731/ 6928034 e 573689/6927928, cores mais quentes na respectiva figura.



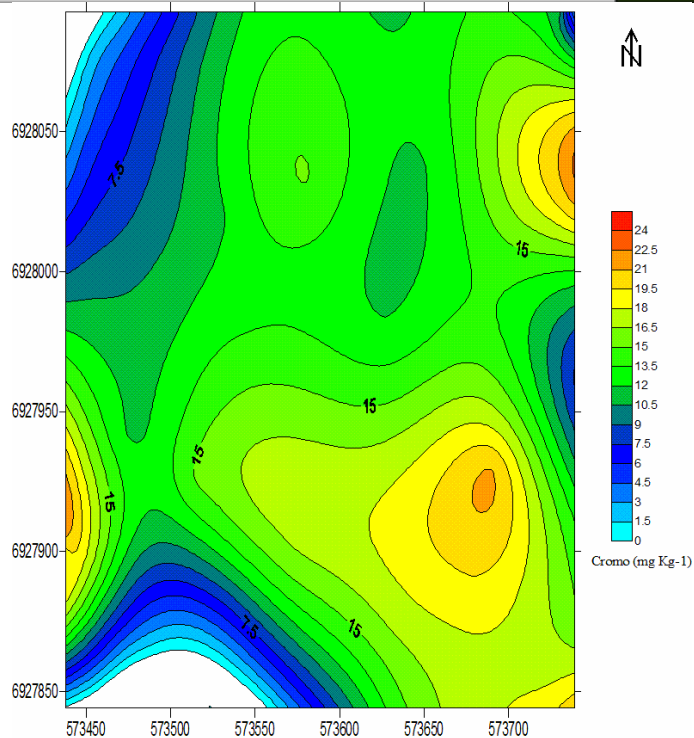


Figura 6. Distribuição espacial do cromo no lixão.

A Figura 7 mostra a distribuição do níquel, onde se constata que entre as coordenadas 573731/6928034; 573689/6927928 e 573682/6927885, ocorrem valores bem acima da média que é de 7,2 mg Kg<sup>-1</sup>.

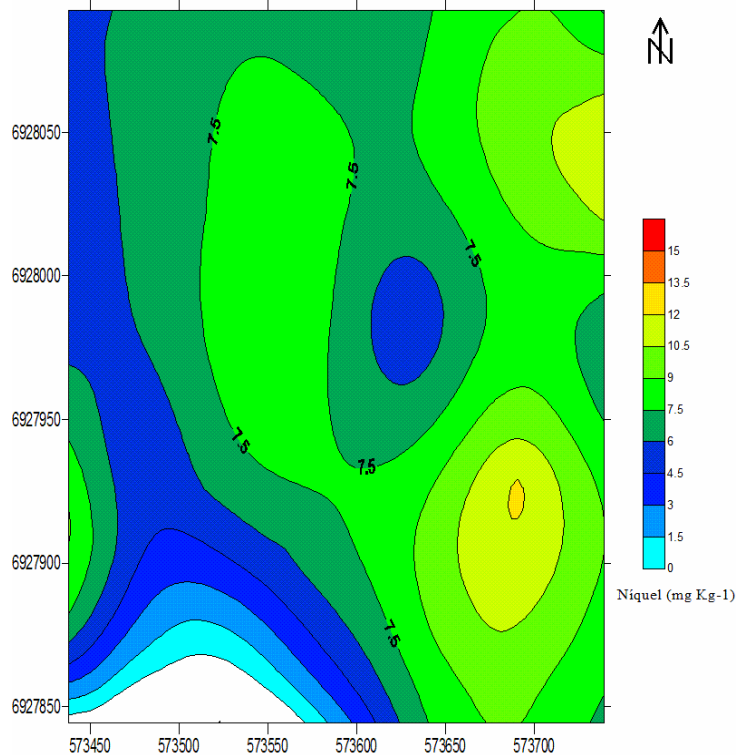


Figura 7. Distribuição espacial do níquel.

Com relação ao chumbo (Figura 8) notam-se valores concentrados no canto inferior direito da respectiva figura, mais precisamente entre as coordenadas 573650/6927900.

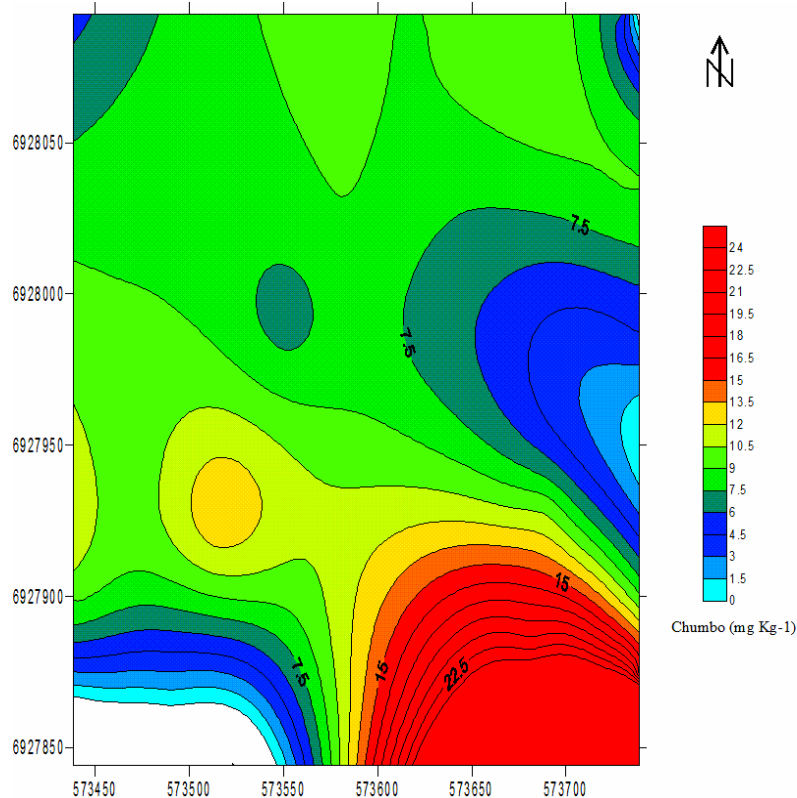


Figura 8. Distribuição espacial do chumbo.

Finalmente a presença de mercúrio (Figura 9) na referida área, evidencia uma distribuição mais concentrada principalmente entre as coordenadas 573686/6928089 e 573682/6927889.

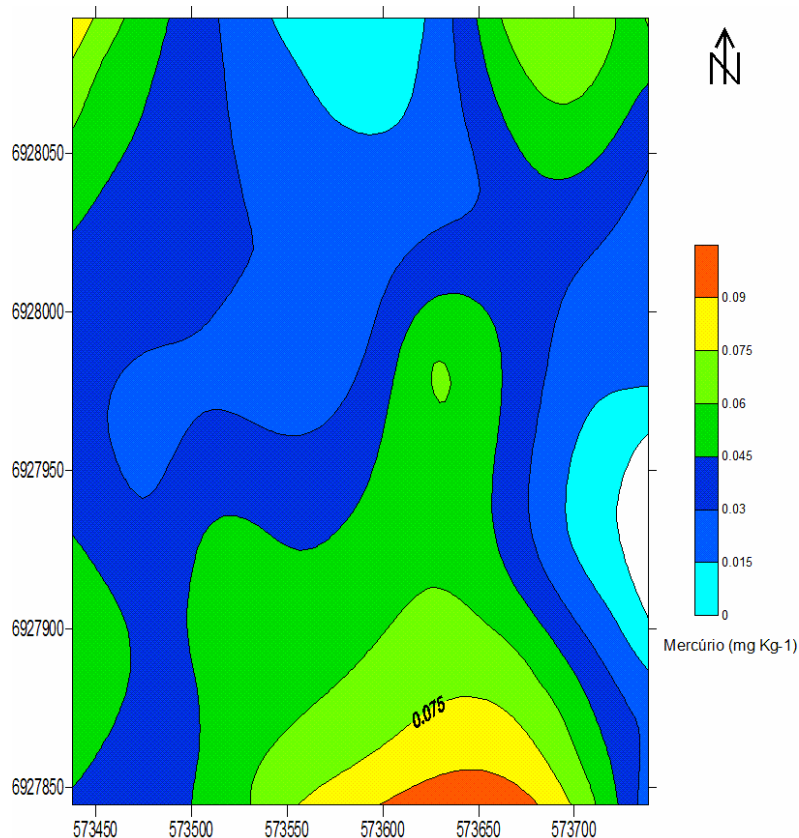


Figura 9. Distribuição espacial do mercúrio.

No tocante aos elementos radioativos (Tabela 2) em primeira análise o  $^{40}\text{K}$ , apresentou valor médio de 1,7%, cujo valor máximo é de 2,6 e coeficiente de variação de 27,7%. Na Figura 10, pode-se observar a distribuição espacial no meio ambiente do respectivo elemento radioativo.

Tabela 2. Estatística descritiva dos radionuclídeos referentes a 74 pontos.

Estatísticas	$^{40}\text{Potássio}$ (%)	$^{238}\text{Urânio}$ (ppm)	$^{232}\text{Tório}$ (ppm)
Mínimo	0,5	0,4	1,8
Máximo	2,6	3,7	12,9
Média	1,7	1,8	7,1
Desvio Padrão	0,5	0,7	2,2
Coeficiente de variação (%)	27,7	38,6	31

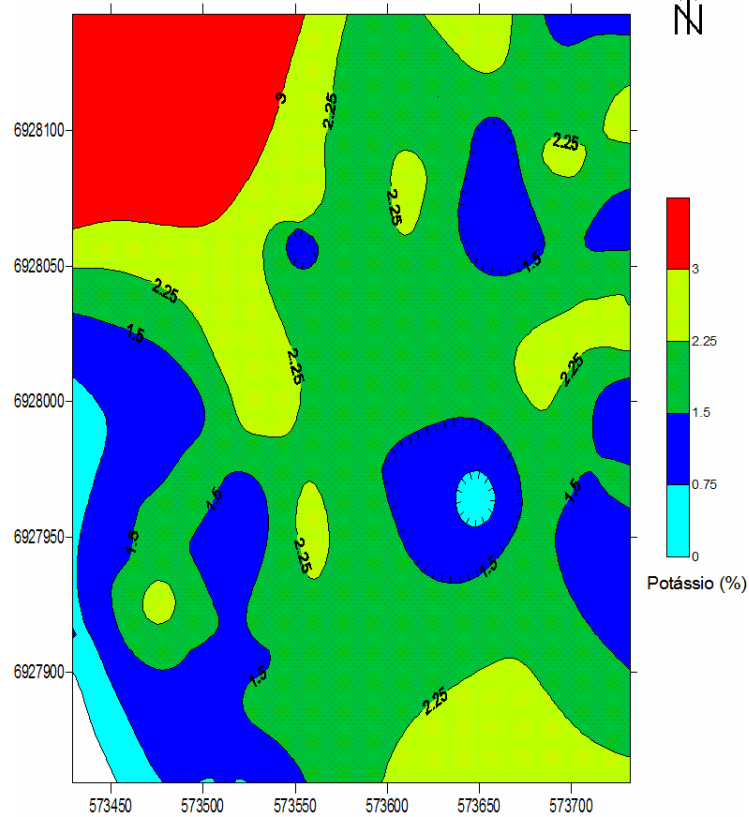


Figura 10. Distribuição espacial do <sup>40</sup>Potássio no lixão de Lages-SC

Para o <sup>232</sup>Th, a amplitude dos valores está compreendida entre 1,8 e 12,9ppm, média de 7,1ppm. Na Figura 11 está a espacialização do respectivo elemento.



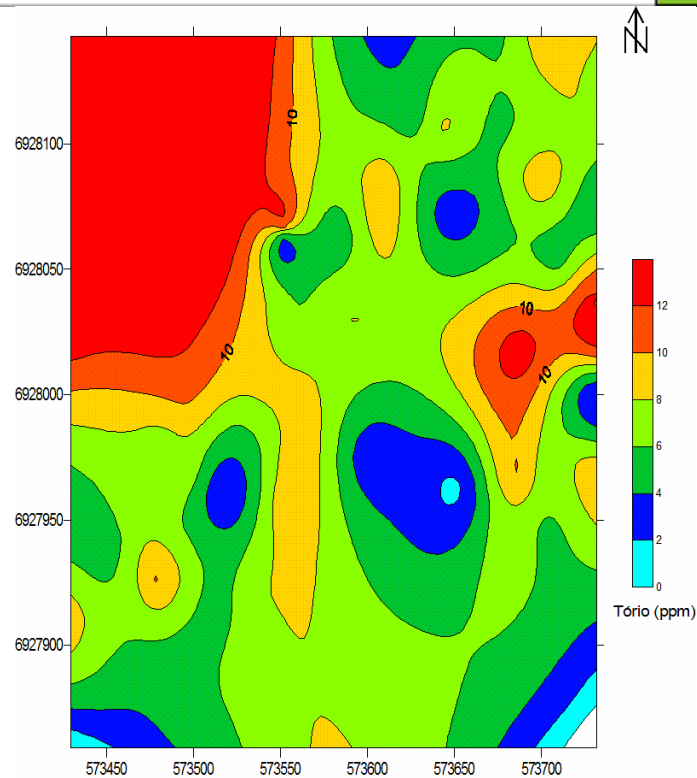


Figura 11. Distribuição espacial do  $^{232}\text{Tório}$  no lixão de Lages-SC

Finalmente para o Urânio, dos 74 pontos, a média para este elemento foi de 1,8 ppm, cujo maior valor é de 3,7 ppm (Tabela 2, página 131). O comportamento espacial deste elemento pode ser visto na Figura 12.

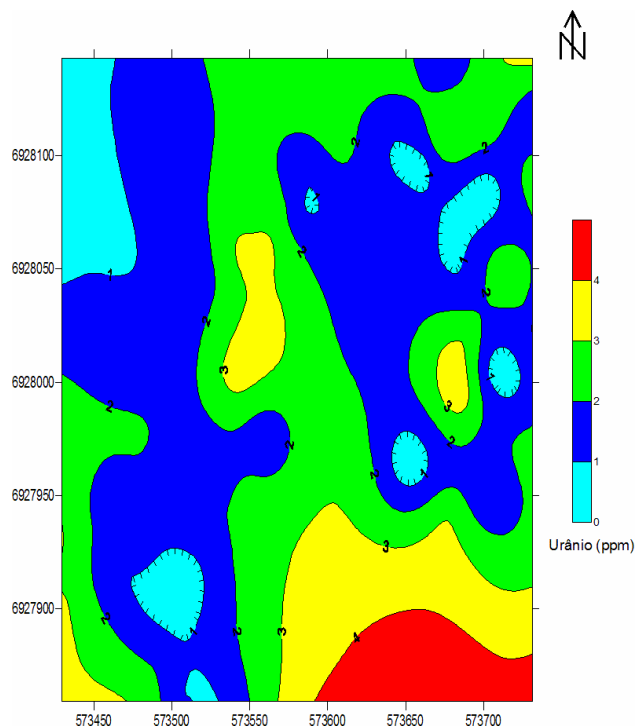


Figura 12. Distribuição espacial do  $^{238}\text{Urânio}$  no lixão de Lages-SC.



#### 4 - Conclusão

A área do lixão apresenta alguns pontos com teores de metais pesados principalmente cromo, chumbo e níquel.

A distribuição espacial dos metais pesados georreferenciados, permite observar “in loco” onde está a maior concentração destes elementos.

Os elementos radioativos Potássio, Urânio e Tório, não apresentam problemas de radioatividade, face estar abaixo do nível de tolerância para os seres humanos e o meio ambiente de forma geral.

Da mesma forma a distribuição dos dados georreferenciados no meio ambiente, mostra de forma clara onde ocorrem as maiores concentrações dos elementos radioativos.

#### 5 - Referências

- Amaral sobrinho et al. *Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduos siderúrgicos ácidos*. R. Bras. Ci. Solo, 22:345-353, 1998.
- Becegato, V.A., Ferreira, F.J.F. *Gamaespectrometria, Resistividade Elétrica e Susceptibilidade magnética de Solos Agrícolas no Noroeste do estado do Paraná*. Revista Brasileira de Geofísica. Vol.23. n.4. pp. 371-405. 2005.
- Becegato, V.A., Ferreira, F.J.F., Cabral., J.B.P., Neto, S.R. *Gamma-ray Spectrometry Sensor and Geochemical Prospecting in an Area of Sugar Cane Plantation*. Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol. 51. n1. pp. 01-10. 2008.
- Becegato, V.A., Ferreira, F.J.F., Machado, W.C.P. *Concentration of radioactive Elements (U, Th and K) Derived from Phosphatic Fertilizers in Cultivated in Soils*. Brazilian Archives of Biology and Technology. Vol. 51. n6. pp. 1255-1266. 2008.
- Macêdo, J. A. B. de. *Introdução à química ambiental*. 2<sup>a</sup> ed. atualizada e revisada.1028p. 2006.
- Muñoz, S.I.S. *Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos de Ribeirão Preto-SP: avaliação dos níveis de metais pesados*. (Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo). 131p. 2002.
- Oliveira, D.L. *influência do aterro municipal de Manaus nas águas superficiais da circunvizinhança: um enfoque ao estudo de metais pesados*. Manaus: UFAM- (Dissertação de Mestrado). 2007.

Santana, G.P & Barroncas, P.S.R. *Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus (AM)*. Acta Amaz., pp.111-118, 2007.

Sroor, A.; El-Bahi, S.M.; Ahmed, F.; Abdel-Haleem, A.S. *Natural radioactivity and radon exhalation rate of soil southern Egypt*. Appl. Radiat. Isot. 55:873-879, 2001.