



Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul
Variability in the Concentration of Natural Chemical Elements In Soil Occupied by Landfill in the Northwest Region in the State of Rio Grande do Sul

Willian Fernando de Borba¹; José Luiz Silvério da Silva²;
Pedro Daniel da Cunha Kemerich³; Gabriel D'ávila Fernandes⁴; Lueni Gonçalves Terra⁵;
Carlos Alberto Lobler⁶; Helena Wichneski Trombeta⁷ & Éricklis Edson Boito de Souza⁸

¹Universidade Federal de Santa Maria, BR 386/158, km 40, Linha 7 de Setembro S/N, interior, 98400-000, Frederico Westphalen, RS, Brasil

²Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geociências (DGEO),
Avenida Roraima, 1000, bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

³Fundação Universidade Federal do Pampa, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA),
Avenida Pedro Anunciação, 111, Vila Batista, 96570-000, Caçapava do Sul, RS, Brasil

⁴Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC),
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

⁵Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA),
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

⁶Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEAmb),
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

⁷Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo (PPGCS),
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

⁸Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal (PPGEF),
Avenida Roraima, 1000, Bairro Camobi, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil

E-mails: borbawf@gmail.com; silverioufsm@gmail.com; eng.kemerich@yahoo.com.br; enggabrielfernandes@gmail.com; lueniter-
ra@gmail.com; carloslobler@gmail.com; helenatrombeta@hotmail.com; ericklisboito@gmail.com

Recebido em: 29/04/2019 Aprovado em: 30/07/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_449_456

Resumo

A questão que envolve a gestão adequada dos resíduos sólidos urbanos é um tema que está ganhando grande repercussão na sociedade atualmente. Assim, surgem alternativas que visam realizar a disposição desses resíduos de maneira adequada, com destaque aos aterros sanitários como a forma mais adequada. Com isso, este estudo tem por objetivo analisar a concentração natural de elementos químicos na área de um aterro sanitário localizado no município de Seberi – RS. O solo na área foi classificado como um LATOSSOLO VERMELHO com teores médios de argila de 86 %. Nesse solo foram coletadas, em dois perfis e duas profundidades, amostras para posterior análise e comparação com os valores da legislação Estadual vigente. Os resultados indicaram que apenas os elementos Cobre e Cromo apresentaram valores em desacordo com a legislação. As concentrações de Cobre podem ser oriundas do meio geológico natural, já o Cromo não foram identificadas as possíveis origens desse elemento químico, sendo que pode ser oriundo de algum material contendo esse elemento e que foi disposto na célula de rejeitos. Ainda, os valores apresentaram aumento de concentração com o aumento da profundidade, sendo possível sua translocação com a fração argila. Os elementos Níquel e Zinco, juntamente com o Cobre, além da profundidade com o elemento Manganês apresentaram forte correlação entre si a partir da matriz de correlação, ao nível de 5 %. Com isso, essas alterações podem ser oriundas de fontes naturais e não necessariamente com a atividade em estudo.

Palavras-chave: Concentrações naturais; Legislação; Latossolo; Parâmetros de qualidade

Abstract

The issue that involves the proper management of solid urban waste is a subject that currently is gaining great repercussion in the social environment. Thus, alternatives that aim to carry out the disposal of these wastes in an appropriate way arise, with emphasis on landfills as the most appropriate way. Therefore, this study aims to analyze the natural concentration of chemical elements in the area of a sanitary landfill located in the municipality of Seberi - RS. The soil in the area was classified as an Oxisol with average clay content of 86%. In this soil, samples were collected, in two profiles and two depths, for further analysis and comparison with the values of the current State legislation. The results indicated that only the elements copper and chromium presented values in disagreement with the legislation. Copper concentrations can be derived from the natural geological environment, however the possible origins of Chromium were not identified, and may be from some material containing this element that was disposed in the tailings cell. Also, the values showed an increase of concentration with the increase of the depth, thus enabling its translocation with the clay fraction. The Nickel and Zinc elements, together with the copper, besides the depth with the Manganese element showed a strong correlation with each other from the correlation matrix, at the 5% level. Therefore, these alterations can come from natural sources and not necessarily from the activity under study.

Keywords: Natural concentrations; Legislation; Oxisol; Quality Parameters

1 Introdução

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil ainda é questão muito debatida na sociedade. Sendo um dos pilares na elaboração dos planos de saneamento básico municipais, através da Lei Federal nº 11.445/2007 (Brasil, 2007), somente no ano de 2010 ganhou destaque no cenário nacional. A partir da implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei Federal nº 12.305/2010 (Brasil, 2010), tornou-se obrigatório a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos para os estados e municípios.

Além de estabelecer a elaboração desses planos de gerenciamento, essa legislação trata da disposição ambientalmente adequada desses resíduos, sendo os aterros sanitários, uma das formas que causam menores impactos ambientais. Assim, já existe na literatura diversos estudos nessas áreas, visando identificar possíveis alterações do meio natural ocasionados pela operação da atividade, os quais envolvem a contaminação do e águas subterrâneas, principalmente (Borba, 2016; Liu *et al.*, 2010; Kasassi *et al.*, 2008; Ahel *et al.*, 1998; Assmuth & Strandberg, 1993).

Os solos foram considerados por muitos anos como receptores de resíduos, com capacidade ilimitada de suporte (Santos, 2004). Porém, com o desenvolvimento de pesquisas e as consequentes contaminações do meio natural, ocorreu uma mudança nesse pensamento. Nesse sentido, Tressoldi & Consoni (1998) citam que a proteção do meio em relação à disposição de resíduos envolve duas questões, sendo a primeira relacionada à análise da migração dos contaminantes, já a segunda envolve a garantia da estabilidade do local utilizado para a disposição dos resíduos.

Em relação aos estudos desenvolvidos nessas áreas, destacam-se os de Borba (2016), Iwai (2012), Costa (2002), Kemerich *et al.* (2013), dentre outros. Todos estes tiveram como objetivo analisar o suporte do meio na operação de aterros sanitários e identificar possíveis alterações nos parâmetros de qualidade de solos e/ou águas subterrâneas, além do monitoramento desses parâmetros.

Com isso, esse estudo tem por objetivo analisar as concentrações naturais de elementos químicos em dois perfis de solo na área de um aterro sanitário localizado na cidade de Seberi, região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (RS). A partir disso, será possível identificar possíveis alterações na qualidade do solo e comparar os valores encontrados com a legislação estadual vigente.

2 Metodologia

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área em estudo localiza-se no município de Seberi (Figura 1), no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, na latitude 27° 28' 4" S e longitude 53° 24' 09", oeste de Greenwich (IBGE, 2010). Possui altitude média de 546 m acima do nível médio do mar, área de 301 km² de extensão e 11.098 habitantes (IBGE, 2010).

O município está situado na região Hidrográfica do Rio Uruguai (U), Bacia Hidrográfica do Rio da Várzea - U100 (SEMA-RS, 2004). Apresenta clima cfa2, subtropical úmido, segundo a classificação de Köppen (Moreno, 1961), possui precipitações bem distribuídas ao longo do ano, com 1.900 mm de chuvas anuais médias (Sotério *et al.*, 2005).

Em termos geológicos, a região na qual se localiza a área de estudo está inserida na área de afloramento da Formação Serra Geral, Fácies Parapanema (CPRM, 2006). Essa formação geológica, segundo os autores, é constituída por derrames basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares, espessos preenchidos com quartzo (ametista), zeólitas, carbonatos, seladonita, Cobre nativo e barita. Segundo informações da FE-PAM (2014), os solos presentes são originários do intemperismo de rochas vulcânicas da Província das Rochas Vulcânicas do Planalto. Assim, esses solos são oriundos de material basáltico e seus produtos de intemperização.

No que se refere a hidrogeologia, conforme Machado & Freitas (2005), a região está inserida no Sistema Aquífero Serra Geral I (sg1). Segundo os autores, essa unidade hidroestatigráfica se constitui,

Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichneski Trombeta & Ericklis Edson Boito de Souza

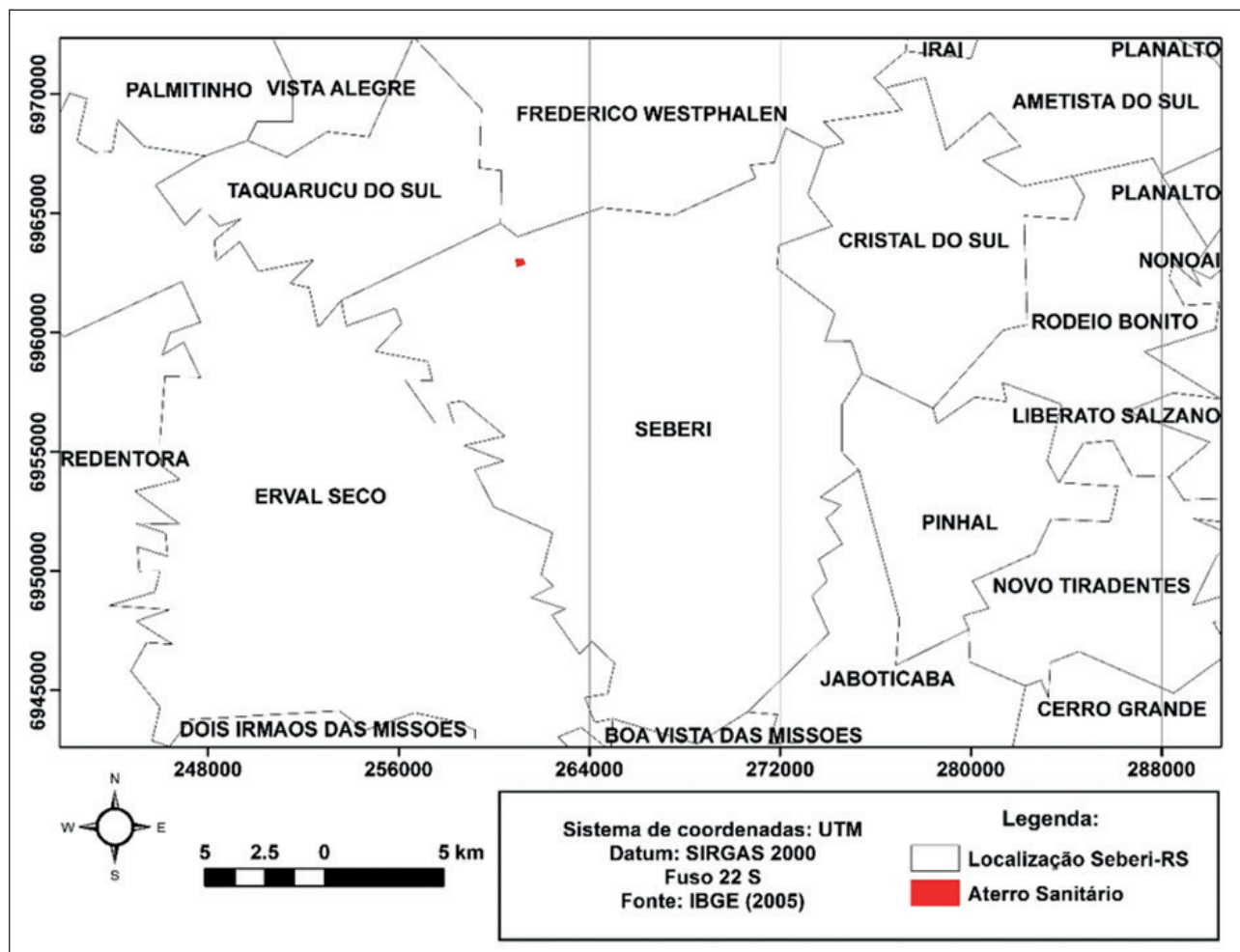


Figura 1 Localização da área do aterro sanitário.

principalmente, de litologias basálticas, amigdalóides e fraturadas, capeadas por espesso solo avermelhado. Assim, a recarga do aquífero ocorre pelas fraturas das rochas vulcânicas (Freitas *et al.*, 2012).

O aterro sanitário está localizado no lado direito (sentido sul-norte) da rodovia BR 386/158, no km 43, distante cerca de cinco quilômetros do município de Seberí/RS. O espaço destinado à deposição final de resíduos sólidos gerado por atividades antrópicas possui área de 7,7 hectares e está inserido nas coordenadas 27°26'10.67" S de latitude e 53°25'01.27" W de longitude. Ademais, situa-se na área rural do município, onde predomina a ocupação de pequenas propriedades que praticam agricultura de subsistência (feijão, trigo, milho e soja) e pastagens.

O empreendimento é um consórcio público entre 31 municípios, atendendo aproximadamente 179 mil habitantes, onde, 50,56 % deste total reside na área urbana e 49,44 % habita-se em área rural (IBGE, 2010). A unidade realiza os processos de triagem, compostagem e destino final dos resíduos sólidos provenientes dos municípios consorciados. Segundo Kemerich *et al.* (2013) o aterro sanitário recebe cerca de 1.200 toneladas/mês de resíduos sólidos urbanos.

2.2 Informações de Solo e Coleta das Amostras

No local do empreendimento, o solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, conforme EMBRAPA (2013). Segundo o mesmo

Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichineski Trombeta & Éricklis Edson Boito de Souza

autor, esses solos apresentam grande evolução, consequência de uma intensa intemperização dos constituintes minerais primários e mesmo secundários menos resistentes, os feldspatos (plagioclásios) e as hematitas, respectivamente. Os latossolos apresentam perfis bem homogêneos, possuindo boa drenagem e profundidade (Streck *et al.*, 2008). Ademais, Lemos & Santos (1996), classificaram sua textura como muito argilosa. Os teores médios de argila encontrados foram de 86,29 %.

No que se refere a determinação dos elementos químicos, foram realizadas coletas em dois perfis de solo em áreas próximas as células de disposição de rejeitos, com amostragens em duas profundidades distintas (30 e 150 cm). Após coletada as amostras, essas foram identificadas e acondicionadas em embalagens plásticas para posterior determinação das concentrações dos elementos químicos. Os elementos químicos analisados, juntamente com seus limites de detecção (L.D.) estão ilustrados na Tabela 1. A determinação desses elementos foi realizada no Laboratório de Análises de Solo, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Os resultados foram comparados com a legislação Estadual vigente, Portaria FEPAM N° 085/2014 (FEPAM, 2014), visando identificar possíveis alterações nas concentrações naturais dos elementos químicos.

Elemento Químico	Unidade	Metodologia	L.D.
Cádmio	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	0,2
Chumbo	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	2,0
Cobre	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	0,6
Cromo	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	0,4
Cromo hex.	mg.kg ⁻¹	*	1,0
Cromo triv.	mg.kg ⁻¹	Cálculo	-
Manganês	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	4,0
Mercúrio	mg.kg ⁻¹	**	0,01
Níquel	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	0,4
pH	mg.kg ⁻¹	***	-
Zinco	mg.kg ⁻¹	EPA 3050/ICP – OES	2,0

Tabela 1 Elementos químicos analisados e pH a partir de amostras de sondagens no solo. . Adaptado de FEPAM (2014) e Laboratório de Análises de Solos – UFRGS (2014) * Digestão básica/EAM, difenilcarbazida; ** Digestão úmida EPA7471 A/vapor frio; *** Relação amostra: água/ 1:5/potenciometria.

2.3 Análises Estatísticas dos Resultados Obtidos

Para as análises estatísticas das variáveis de interesse, foi utilizado o *software Action* (ESTAT-CAMP, 2014), por meio da ferramenta *correlation* foi possível obter as correlações de *Pearson*, ao nível de 5 %, entre as variáveis estudadas. Já com o uso da ferramenta *graphs*, foi possível ilustrar-se em diferentes tipos de gráficos o comportamento das variáveis desejadas.

3 Resultados e Discussão

A Tabela 2 ilustra as concentrações dos oito elementos químicos analisados, além do Valor de Referência de Qualidade (VRQ) estipulado nos percentis 75 e 90, pela Portaria N° 85 (FEPAM, 2014), para a província Geológica/Geomorfológica das Rochas Vulcânicas do Planalto. Como se observa, as concentrações de Cobre estiveram acima do VRQ permitido pela legislação estadual em ambos os percentis. O mesmo ocorreu com o elemento Cromo (exceto para o percentil 90 em 30 cm de profundidade) sendo que os demais elementos apresentaram concentrações dentro do estabelecido.

Conforme descreve a CPRM (2006), na Formação Serra Geral, Fácies Parapanema, o elemento Cobre metálico poderia ser de origem natural do meio geológico e seu intemperismo liberar o Cobre para os solos. Sendo assim, os valores acima do permitido para esse elemento, pela legislação vigente podem não estar relacionados com a operação do aterro sanitário e sim, oriundos do meio natural do intemperismo de rochas vulcânicas básicas. Todas as concentrações de Cromo trivalente ficaram acima do percentil 75 e apenas uma amostra ultrapassou o percentil de 90. Esse elemento pode estar associado a fases silicáticas como serpentina, clorita e anfíbólio.

A Figura 2 ilustra os valores médios além do intervalo de confiança, sendo que a concentração do elemento Cobre (B) superaram ambos os percentis e perfis analisados, fato que também foi indicado para o elemento químico Cromo (C), o qual não superou o VRQ estabelecido somente no percentil 90, na profundidade de 30 cm. Os demais elementos estiveram em acordo com o estabelecido pela FEPAM (2014). O Manganês é um elemento comum em solos e não

**Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul**

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichineski Trombeta & Ericklis Edson Boito de Souza

Variáveis	Concentrações (mg.kg ⁻¹)				Percentis				FEPAM (2014)	
	Perfil 1		Perfil 2		75	90	75	90	Percentis	
	30 cm	150 cm	30 cm	150cm	30 cm		150 cm		75	90
Cádmio	<LD**	<LD	<LD	<LD	-	-	-	-	0,48	0,59
Chumbo	17	15	15	16	16,50	16,80	15,75	15,90	30	36
Cobre	229	253	272	285	261,25	267,70	277	281,80	165	203
Cromo	75	85	79	96	78,00	78,60	93,25	94,90	64	94
Cr ⁺⁶	<LD	<LD	<LD	<LD	-	-	-	-	-	-
Cr ⁺⁴	75	85	79	96	78,00	78,60	93,25	94,90	64	94
Mercúrio*	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	54	73
Níquel	20	29	31	39	28,25	29,90	36,50	38,80	37	47
Zinco	74	84	90	104	86,00	88,40	99,00	102,00	102	120
Manganês	74	814	0,13	910	55,53	66,61	886	900	-	-
pH	4,80	4,60	5,90	5,00	5,62	5,79	4,90	4,96	-	-

Tabela 2 Concentrações dos elementos químicos analisados em duas diferentes profundidades (30 e 150 cm) e VRQ estabelecido para os percentis 75 e 90 pela FEPAM (2014).) - *Concentração em µg.kg⁻¹; ** Menor do que o Limite de Detecção da técnica utilizada.

apresenta VRQ estabelecido nessa legislação. Aubert e Pinta (1977) dizem que a maioria dos solos apresentam valores desse elemento entre 500 e 1000 ppm (mg.kg⁻¹), já Drever (1997) cita que em rochas basálticas, seu valor médio é de 1500 ppm (mg.kg⁻¹). Sendo que nenhuma concentração desse elemento no solo esteve acima desses valores da literatura.

A Figura 3 ilustra os valores de pH (A) e Cobre (B) nas profundidades de 30 e 150 cm, já a Tabela 3 mostra a correlação estatística entre os elementos químicos analisados e as profundidades dos perfis de solo analisados. Como pode ser observado nas Figuras 2 e 3, os elementos químicos apresentaram comportamento semelhante, ocorreu um aumento nas concentrações com o aumento da profundidade nos perfis de solo em todas as amostras, ocorrendo o inverso em relação aos valores do pH do meio. As faixas dos valores de pH do meio podem ser consideradas ácidas (Tabela 2).

As informações de correlação, seguiram os valores propostos por Dancey & Reidy (2013) sendo que os valores de *p* são classificados como correlação fraca (valores de *r* entre 0,10 a 0,30), moderado (valores de *r* entre 0,40 a 0,60) e forte (valores de *r* entre 0,70 a 1,00). Com isso, os elementos químicos Níquel e Zinco apresentaram uma forte correlação entre si, e com o Cobre. Notou-se esse mesmo comportamento entre a profundidade e o elemento Manganês.

Sendo assim, o aumento das concentrações

dos elementos ao longo do perfil do solo pode estar relacionado a adsorção com a fração argila, que pode ter sido translocada para as zonas mais profundas do solo. Já o Cobre que pode estar associado com as frações óxido e/ou hidróxido (Silvério Da Silva *et al.*, 1989). Esse comportamento também pode ocorrer com o elemento Manganês, que pode estar associado com essas mesmas frações (Drever, 1997).

4 Conclusão

Os resultados obtidos nessa pesquisa indicaram que apenas o elemento químico Cobre, em todas as profundidades e percentis, e o cromo (exceto percentil 90 na profundidade de 30 cm) estiveram acima dos valores estabelecidos pela legislação vigente do Estado do Rio Grande do Sul.

O Cobre pode ser oriundo de condições naturais do meio, já o elemento cromo não foi identificado uma possível origem dessas concentrações acima dos valores estabelecidos. Além disso, foi identificado que a maioria dos elementos apresenta as maiores concentrações com o aumento da profundidade, sendo que isso pode estar relacionado com a translocação através da fração argila do meio.

No que se refere à correlação entre as variáveis, os elementos Níquel e Zinco apresentaram uma forte correlação entre si, juntamente com o Cobre. Este fato também foi identificado entre a profundidade e o Manganês.

Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichneski Trombeta & Éricklis Edson Boito de Souza

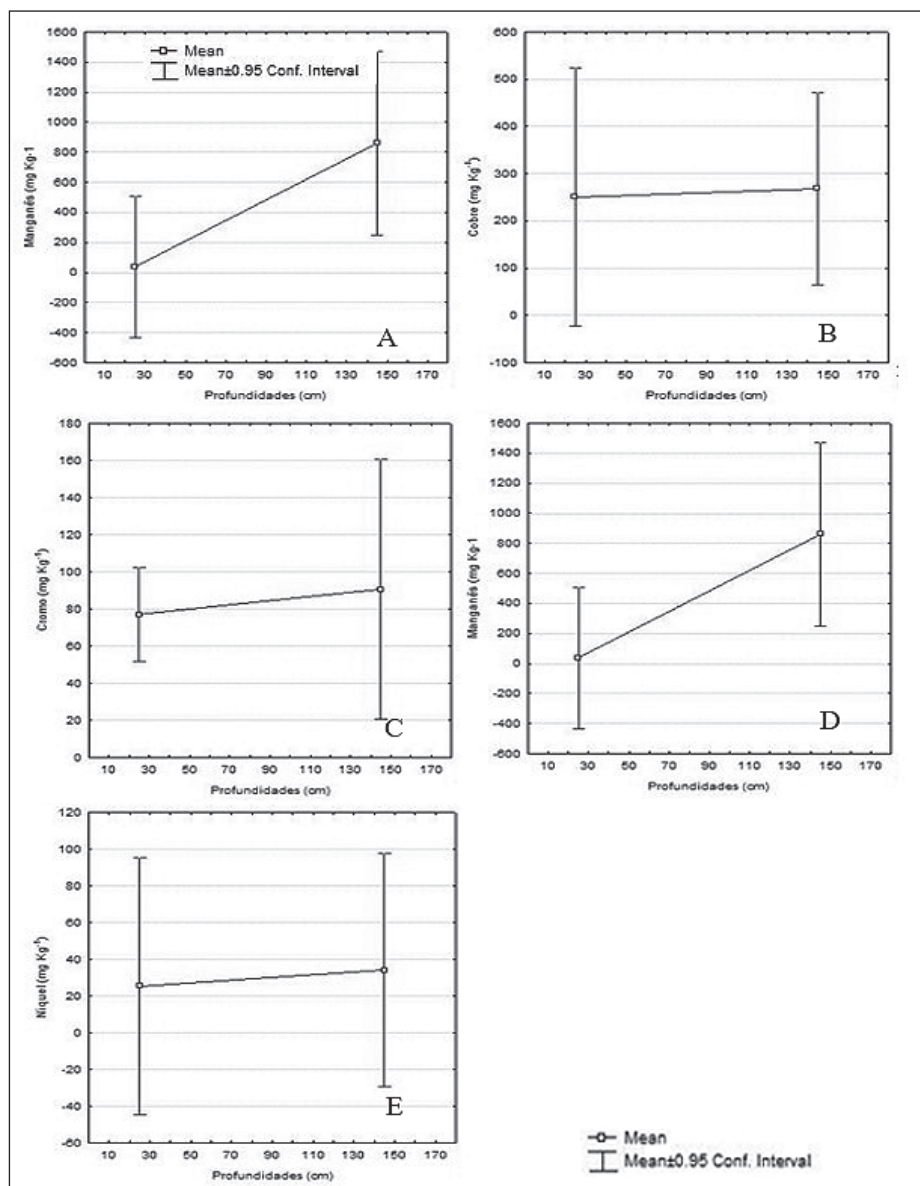


Figura 2 Concentrações de Zinco (A), Cobre (B), Cromo (C), Manganês (D) e Níquel (E), nas profundidades de 30 e 150 cm no solo.

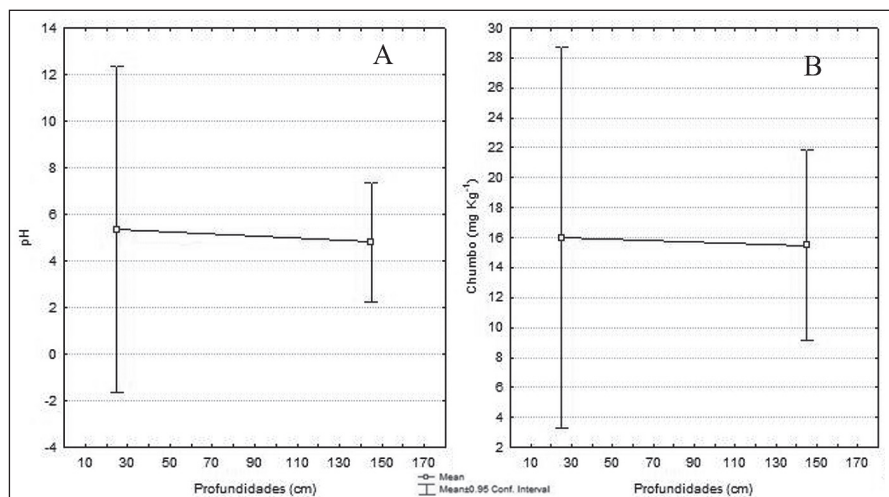


Figura 3 Valores do pH do meio (A) e as concentrações de Chumbo (B) nas profundidades de 30 e 150 cm no solo

**Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul**

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichineski Trombeta & Ericklis Edson Boito de Souza

Tabela 3 Correlação estatística ao nível de 5 % entre os elementos químicos analisados.

Elementos	Chumbo	Cobre	Cromo	Mercúrio	Níquel	Zinco	Manganês	pH	Prof.
Chumbo	1,00								
Cobre	-0,52	1,00							
Cromo	-0,20	0,77	1,00						
Mercúrio	0,52	0,18	-0,09	1,00					
Níquel	-0,46	*0,97	0,90	0,06	1,00				
Zinco	-0,33	*0,97	0,88	0,21	*0,99	1,00			
Manganês	-0,21	0,43	0,88	-0,51	0,63	0,57	1,00		
pH	-0,38	0,47	-0,19	0,55	0,25	0,29	-0,58	1,00	
Prof.	-0,30	0,44	0,85	-0,58	0,63	0,55	*0,99	-0,55	1,00

5 Referências

- Ahel, M.; Mikak, N., Cosovic, B., Prohic, E. & Soukup, V. 1998. The impact of contamination from a municipal waste landfill (Zagreb, Croatia) on underlying soil. *Water Science and Technology*, 37(8): 203-210.
- Assmuth, T.W. & Strandberg, T. 1993. Groundwater contamination at finnish landfills. *Water, air and soil pollution*, 69(1-2): 179-199.
- Aubert, H. & Pinta, M. 1977. *Trace elements in soils*. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company, 295p.
- Borba, W.F. 2016. *Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi – RS*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, Dissertação de Mestrado, 162p.
- BRASIL. 2007. Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº-6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 5 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em: 18 set. 2016.
- BRASIL. 2010. Lei Federal nº 12305 de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 agos. 2014. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 15 fev. 2015.
- CIGRES. Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos. Plano de resíduos sólidos. 2015. Disponível em: <<http://www.cigres.com.br/>> Acesso em: 01 fev. de 2015.
- COSTA, P.O.S. 2002. *Avaliação em laboratório, do transporte de contaminantes no solo do aterro sanitário de Sauípe/BA*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 199p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2006. Mapa geológico do Rio Grande do Sul. CPRM, Brasília. Escala 1:750.000.
- Dancey, C.P. & Reidy, J. 2013. *Estatística sem matemática para psicologia*. Porto Alegre, Penso, 608p.
- Drever, J.I. 1997. *The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments*. Prentice Hall, Upper Saddle River, 436p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2013. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Brasília, EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 353p.
- ESTATCAMP. 2014. Software Action. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>> Acesso em: Mar. 2016.
- FEPAM. Fundação Estadual De Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler. 2014. Portaria FEPAM Nº 85/2014 – Dispõe sobre o estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade (VRQ) dos solos para 09 (nove) elementos químicos naturalmente presentes nas diferentes províncias geomorfológicas/geológicas do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/legislacao/arq/Portaria085-2014.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2019.
- Freitas, M.A.; Binotto, R.B., Nanni, A.S., Rodrigues, A.L.M. & Bortoli, C.R. 2012. Avaliação do Potencial Hidrogeológico, Vulnerabilidade Intrínseca e Hidroquímica do Sistema Aquífero Serra Geral no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 17(2): 31-41.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. 2010. Censo demográfico 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.
- Iwai, C.K. 2012. *Avaliação da qualidade das águas subterrâneas e do solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas*. Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 212f.
- Kassasi, A.; Rakimbei, P., Karagiannidis, A., Zabaniotou, A., Tsiouvaras, K., Nastis, A. & Tzafepoulou, K. 2008. *Bioresource Technology*, 99(18): 8578-8584.
- Kemerich, P.D.C.; Flores, C.E.B.; Borba, W.F.; Flores, B.A.; Preto, P.R.P.; Descovi Filho, L.L.V., Barros, G. & Rodrigues, A.C. 2013. Variação espacial das concentrações de cádmio e manganês em solo ocupado por aterro sanitário. 2013. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 17(17): 3336-3345.
- Lemos, R.C. & Santos, R.D. 1996. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Campinas, SBSC/CNPS, 84p.
- Liu, H.; Liang, Y.; Zhang, D.; Wang, C.; Liang, H. & Cai, H. 2010. Impact of MSW landfill on the environmental contamination of phthalate esters. *Waste Management*, 30(8-9): 1569-1576.

**Variabilidade na Concentração de Elementos Químicos Naturais em Solo
Ocupado por Aterro Sanitário na Região Noroeste no Estado do Rio Grande do Sul**

Willian Fernando de Borba; José Luiz Silvério da Silva; Pedro Daniel da Cunha Kemerich;

Gabriel D'ávila Fernandes; Lueni Gonçalves Terra; Carlos Alberto Lobler; Helena Wichineski Trombeta & Éricklis Edson Boito de Souza

- Machado, J.L.F. & Freitas, M.A. 2005. Projeto mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul: relatório final. Porto Alegre, Serviço Geológico do Brasil CPRM. Escala: 1:750.000.
- Moreno, J.A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul. Seção de Geografia*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p.
- Santos, A.P.G. 2004. *Poluição dos solos: contaminação, remediação e prevenção*. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, Monografia, 74f.
- SEMA. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande Do Sul. 2004. Mapa das bacias hidrográficas e municípios do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, SEMA. Escalas variam.
- Silvério da Silva, J.L.; Bidone, E.D. & Perrin, P. 1989. Análise de alguns suportes geoquímicos de Cobre numa toposseqüência na região de Itaborai, RJ, BR. *In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUIMICA E XIII INTERNATIONAL GEOCHEMICAL EXPLORATION SYMPOSIUM*. Rio de Janeiro, 1989. Resumo expandido. Rio de Janeiro, SBGq-CPRM/DNPM.
- Sotério, P.W.; Pedrollo, M.C.R. & Andriotti, J.L. 2005. Mapa de isoietas do Rio Grande do Sul. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS*, 16, João Pessoa, 2005. Resumo expandido. João Pessoa, ABRH.
- Streck, E.V.; Kämpf, N., Dalmolin, R.S.D., Klamt, E., Nascimento, P.C., Schneider, P., Giasson, E. & Pinto, L.F.S. 2008. *Solos do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, EMATER/ASCAR – RS, 222 p.
- Tressoldi, M. & Consoni, A.J. 1998. Disposição de resíduos. *In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S. N.A (ed.). Geologia de Engenharia*. São Paulo, ABGE, cap. 21, 587p.