

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS  
MESTRADO EM MANEJO DO SOLO**

**GREICE KELLI FLORIANI**

**TEORES DE Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn DO SOLO DO  
CEMITÉRIO NOSSA SENHORA DA PENHA, LAGES – SC**

**LAGES – SC  
2013**

**GREICE KELLI FLORIANI**

**TEORES DE Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn DO SOLO DO  
CEMITÉRIO NOSSA SENHORA DA PENHA, LAGES – SC**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Orientadora: Dra. Mari Lucia Campos

**LAGES – SC  
2013**

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária  
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região  
(Biblioteca Setorial do CAV/UEDESC)

F635t

Floriani, Greice Kelli  
Teores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn do solo do  
Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages - SC /  
Greice Kelli Floriani. - 2013.  
57 p. : il. ; 21 cm

Orientador: Mari Lucia Campos

Bibliografia: p. 52-57

Dissertação (mestrado) - Universidade do  
Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências  
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em  
Manejo do Solo, Lages, 2013.

1. Caracterização de solos. 2. Metais pesados. 3.  
Poluição. I. Floriani, Greice Kelli. II. Campos,  
Mari Lucia. III. Universidade do Estado de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Manejo do  
Solo. IV. Título

CDD: 631.8 - 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca  
Setorial do CAV/UEDESC

## **GREICE KELLI FLORIANI**

### **TEORES DE Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn DO SOLO DO CEMITÉRIO NOSSA SENHORA DA PENHA, LAGES – SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Manejo do Solo.

Aprovado em: \_\_ / \_\_ / 2013 Homologado em: \_\_ / \_\_ / 2013

#### **Banca Examinadora**

Orientadora:

\_\_\_\_\_  
Professora Dra. Mari Lucia Campos  
UDESC

Coorientador:

\_\_\_\_\_  
Professor Dr. David José Miquelluti  
UDESC

Membro:

\_\_\_\_\_  
Professora Dra. Luciane Costa de Oliveira  
IFSC – Lages, SC

**LAGES, SC, 10 de Junho de 2013.**

## AGRADECIMENTOS

À Bondade Divina e ao Mestre Jesus Cristo, pela oportunidade da vida e aprimoramento intelectual, moral e emocional. Ao amparo, intuição e orientação durante a jornada terrena. Também a dádiva de encontrar pessoas que me deram suporte para a concretização deste objetivo:

A professora Dra. Mari Lucia Campos, de maneira especial, pela dedicação na orientação profissional e pessoal, e a confiança em mim depositada para a condução desse trabalho.

Ao professor Dr. David José Miquelluti, coorientador sempre disposto ao esclarecimento de dúvidas.

Ao programa de pós graduação por aceitar-me como aluna, e aos seus funcionários.

Ao professor PhD. Jaime Antonio Almeida, pelo auxílio com a mineralogia do solo.

Ao laboratorista José Ferraz Neto e ao Professor Msc. Leonardo Josué Biffi, pelas contribuições no trabalho.

As amigadas construídas ao longo desse período, que tanto me ampararam nos trabalhos laboratoriais e nos desajustes emocionais. Marta e Suzi.

A voluntária Josileli Pietro Biasi, sempre disposta a ajudar.

Ao Gabriel, Suzi, Dreyce e o pessoal do laboratório de Levantamento Ambiental, pela ajuda com os cálculos de curvas, utilização de equipamentos e empréstimos dos mais variados.

Não foi tarefa fácil encontrar homens dispostos a colaborar com coleta em cemitério, e os acadêmicos da Eng. Florestal Marcelo e Deryan o fizeram bravamente, abrindo (e fechando quando possível) as trincheiras.

A minha mãe e família, que sempre me incentivaram e ajudaram nos momentos difíceis.

Ao meu esposo e companheiro, pela compreensão de minha ausência e amparo nos momentos de pânico e crise emocional. Serei eternamente grata por me apoiar nos momentos críticos, principalmente quando mais precisei durante a falta da bolsa, e também pelo seu amor.

Aos professores e aos colegas do departamento de solos, pois em uma troca de ideia ou esclarecimento de dúvidas, sempre me ajudaram das mais variadas formas.

A Secretaria do meio Ambiente do município de Lages pela autorização do estudo.

**A todos, meus sinceros agradecimentos pela colaboração na conquista deste sonho!**

“Entre as imagens que mais profundamente marcaram minha mente, nenhuma excede a grandeza das florestas primitivas, poupadas da mutilação pela mão do homem. Ninguém pode passar por essas solidões intocado, sem sentir que existe mais dentro do homem do que a mera respiração do seu corpo” (Charles Darwin).

## RESUMO

FLORIANI, Greice Kelli. **Teores de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, E Zn do solo do cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages – SC.** 2013.57 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo – Área: Caracterização, Conservação e Uso dos Recursos Naturais) Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós – graduação em Manejo do Solo, Lages, 2013.

Visando a proteção da qualidade das águas, temas como a redução na capacidade dos cemitérios e alocação desses em áreas inapropriadas devem ser discutidos como item de saúde pública. Diante disso, o enfoque do presente trabalho foi determinar os teores de Cd, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn e caracterizar o solo de um cemitério horizontal. O cemitério estudado foi Nossa Senhora da Penha em Lages – SC. Foram abertas 17 trincheiras (15 dentro do cemitério e duas em área natural) e coletadas amostras de solo em 4 profundidades (0-40, 40-80, 80-120 e 120-160 cm). O protocolo utilizado para determinação das análises químicas pH água, CTC efetiva, carbono orgânico foi Tedesco et al., (1995), enquanto que para análise granulométrica foi EMBRAPA (1979). Os critérios empregados para a interpretação dos difratogramas e para a identificação dos minerais constituintes da fração argila foram de acordo com Jackson (1965), Brindley e Brown (1980), Whittig e Allardice (1986) em difratômetro de raios-X. Os teores de Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, e Zn foram determinados pelo protocolo 3051A USEPA, juntamente com prova em branco e amostra certificada SRM 2709 (San Joaquin). A caracterização dos solos indica que em alguns pontos os teores de argila não são satisfatórios para a atividade, e que mineral predominante é a caulinita determinando CTC efetiva baixa. Os teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, e Zn obtidos para testemunha são superiores ou iguais aos encontrados no solo do cemitério. Não houve diferença estatística para teores de Cd, Cr, Cu, Pb nas diferentes profundidades, com exceção do Ni. Alguns pontos apresentam



teores de Ni acima do recomendado pela resolução CONAMA 420/2009 como valor de prevenção.

**Palavras-chave:** caracterização de solos, metais pesados, poluição,

## ABSTRACT

FLORIANI, Greice Kelli. Concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn soil of the cemetery Nossa Senhora da Penha, Lages-SC. 2013. 57. Dissertation (MSc in Land Management-Area: Characterization, Conservation and Natural Resources) University of the State of Santa Catarina. The Post-Graduate in Soil Management, Lages, 2013.

In order to protect water quality, issues such as the reduction in the ability of cemeteries and inappropriate allocation of these areas should be discussed as an item of public health. Therefore, the focus of this study is to determine the concentrations of Cd, Cu, Cr, Ni, Pb and Zn and to characterize the soil of a horizontal graveyard. The cemetery studied was Nossa Senhora da Penha in Lages - SC. 17 trenches were opened (15 inside the cemetery and two in natural area) and collected soil samples in four depths (0-40, 40-80, 80-120 and 120-160 cm). The protocol used to determine the chemical analysis of pH water CTC organic carbon was Tedesco et al. (1995), and for the analysis of the particles size was used EMBRAPA (1979). The criteria used for the interpretation of diffraction and the identification of the minerals constituent of the clay fraction were according Jackson (1965), Brindley e Brown (1980), Whittig e Allardice (1986) in X-ray diffractometer. The concentrations of Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, and Zn were determined by protocol USEPA 3051A along with reagent blank and certified sample SRM 2709 (San Joaquin). Soil characterization indicates that in some places the clay are not suitable for the activity, which the predominant mineral kaolinite is determining an effective low CEC. The concentration of Cd, Cr, Cu, Pb, and Zn were obtained for the natural area are superior or equal to those found in the cemetery soil. Were not found different statistics for the concentration of Cd, Cr, Cu, Pb at different depths, with the exception of Ni. Were found some points with Ni concentration higher than recommended by CONAMA Resolution 420/2009 as the value of prevention.

**Key-words:** characterization of soil, heavy metals, pollution

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Vista aérea do Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages – SC.....	29
Figura 2 -	Sepultamento sobre o material de origem.....	30
Figura 3 -	Afloramento de corpos d'água no território do cemitério.....	30
Figura 4 -	Pontos de coleta georreferenciados.....	31
Figura 5 -	Sepultamento sobre o material rochoso argilito (a) e arenito (b).....	35
Figura 6 -	Difratograma das amostras referentes às diferentes profundidades do ponto 1, todas tratadas com magnésio. Profundidade B (40-80 cm), e profundidade C (80-120 cm), e profundidade D (120-160 cm).....	39
Figura 7 -	Difratograma das amostras referentes às duas diferentes profundidades do ponto 9, ambas tratadas com magnésio. Profundidade A (0-40 cm) e B (40-80 cm).....	40
Figura 8 -	Difratograma das amostras referentes às diferentes profundidades do ponto 12. Profundidade A (0-40 cm), tratamento com magnésio. Profundidade B (40-80 cm), tratamento com potássio. Profundidade C (80-120 cm) tratamento com magnésio.....	40
Gráfico 1 -	Gráfico de coordenadas expressando a distribuição espacial dos teores de Ni nas profundidades 40, 80, 120 e 160 cm no território do Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC. Quanto maior e mais escuro o círculo maior o teor de Ni encontrado.....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Teores de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, e Zn obtidos e certificados para amostra SRM 2709 San Joaquin após digestão pelo método 3051 A e determinados em EAA-AR.....	33
Tabela 2 -	Profundidade do solo nos pontos amostrados no Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages, SC.....	35
Tabela 3 -	Análise descritiva de atributos do solo: pH H <sub>2</sub> O, CTC efetiva, matéria orgânica, carbono orgânico, argila, areia e silte.....	37
Tabela 3 -	Continua Análise descritiva de atributos do solo: pH H <sub>2</sub> O, CTC efetiva, matéria orgânica, carbono orgânico, argila, areia e silte.....	38
Tabela 4 -	Teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para solos coletados no Cemitério Nossa Senhora da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	41
Tabela 4 -	Continua Teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para solos coletados no Cemitério Nossa Senhora da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	42
Tabela 5 -	Comparação dos teores de Cr e Zn entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	43
Tabela 6 -	Comparação dos teores de Cd e Cu entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	44
Tabela 6 -	Continua Comparação dos teores de Cd e Cu entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas	

	(T1 e T2).....	45
Tabela 7 -	Comparação dos teores de Pb entre profundidades para um mesmo pontoem solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	45
Tabela 7 -	Continua	
	Comparação dos teores de Pb entre profundidades para um mesmo pontoem solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	46
Tabela 8 -	Comparação entre profundidades para um mesmo pontoem solos coletados no Cemitério da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1	METAIS PESADOS EM SOLOS DE CEMITÉRIO..	20
2.2	METAIS PESADOS E SAÚDE.....	22
2.3	ASPECTOS LEGAIS.....	23
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES.....</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
5.1	COLETAS DE AMOSTRAS.....	31
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
6.1	CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS.....	34
6.2	METAIS PESADOS.....	41
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os primeiros cemitérios localizavam-se nos arredores das igrejas e eram operado pela mesma. No início de 1800, proprietários privados começaram a desenvolver a prática de sepultamento. Entretanto, não houve zoneamento ou leis que regulamentassem tais práticas.

Por razões culturais assuntos relacionados à morte não são discutidos, geralmente encarados pela sociedade e autoridades governamentais como tabu, não tendo suficiente atenção para prevenção de riscos, principalmente ambientais. Portanto, a adequação das instalações de cemitérios já existentes e planejamento criterioso para os próximos que serão construídos não são discutidos.

No início do século, houve tentativa de gerenciamento, com sistema rotação de sepultamento a cada 10 anos, entretanto entrou em uma fase crítica, especialmente na segunda parte do século, devido ao uso generalizado de enterros individuais ocupando muito espaço (Santarsiero, et al, 2000).

Atualmente é difícil encontrar áreas apropriadas para implantação de novos cemitérios próximos ao perímetro urbano. No futuro, não haverá espaço suficiente para tal atividade.

O efeito da alta população, o crescente aporte de água potável e incremento na população idosa contribui para potencial busca de novas áreas, juntamente com a escassez de terras disponíveis (Zhou e Yang, 1998). Além disso, a área utilizada no sepultamento poderia ser empregada para outros fins, como habitação, parques, lazer, produção de alimentos...

Se inadequadamente localizado ou insuficientemente protegidos, os cemitérios representam um problema de saúde pública (Fisher & Croukamp, 1993). Üçisik e Rushbrook (1998) relataram efeitos que a atividade de sepultamento poderia causar ao meio ambiente, como aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a eventual presença de microrganismos patogênicos. Em situações de solo que não é capaz de conter ou reter os produtos oriundos da decomposição, chuvas infiltradas nas covas ou o contato dos corpos com a água subterrânea podem transportar o necrochorume.



As alterações resultantes do sepultamento fazem surgir novas propriedades físicas e químicas no território da necrópole. Pesquisas sobre as propriedades desse solo são relativamente novas, e raras (Majgier e Rahmonov, 2012). Sobocka (2003, 2004) em seus estudos justificou o tratamento de necrosolos como um novo tipo de solo antropogênico. O sepultamento e os produtos da decomposição podem resultar em alterações químicas, físicas e biológicas no perfil do solo (Bednarek et al. 2004, apud Majgier e Rahmonov, 2012), pois há presença de artefatos (ossos, restos de caixão, elementos têxteis) artificialmente encontrados no perfil. Então, em lugar dos horizontes do solo, há formação de camadas específicas que não ocorrem sem a interferência antropogênica (Majgier & Rahmonov, 2012).

A atividade de sepultamento possui potencial poluidor, em virtude da composição dos produtos oriundos da degradação de corpos e urnas funerárias, conhecido como necrochorume. Com a decomposição das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, resultam diversas diaminas, as mais preponderantes são as mais tóxicas, a putrescina ( $C_4H_{12}N_2$ ) e a cadaverina ( $C_5H_{14}N_2$ ) (Rodrigues e Pacheco, 2003), além de liberar substâncias inorgânicas como Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Hg, Ni e outros, provenientes de adornos das urnas mortuárias e tratamento da madeira. Cosméticos, corantes, enrijecedores, etc, empregados na tanatopraxia (preparação, maquiagem e restauração do cadáver), formaldeído e metanol utilizados na embalsamação e no preparo do corpo para o velório, quase sempre são superdosados, pois as funerárias têm procedimentos próprios (ainda não normatizados). Ainda há restos ou resíduos de tratamento químicos hospitalares (quimioterapia, radioterapia) e os compostos decorrentes da decomposição da matéria orgânica. Todos esses contaminantes incorporados ao fluxo de necrochorume são prejudiciais ao solo e águas subterrâneas (Silva e Filho, 2008).

Considerando o exposto, este projeto teve por objetivo analisar o teor de Cd, Cu, Cr, Zn, Pb, e Ni nos solos do Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages, SC.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No século XIX, instaurou-se o costume de sepultar cadáveres em igrejas e imediações. Naquela época o processo de sepultamento era por inumação, com apenas o recobrimento de solo em profundidades que variavam de 1 a 2 m, ou até mesmo em catacumbas no interior das igrejas. Nas catacumbas havia o vazamento de líquidos humorosos causando mal cheiro e insalubridade, pois na maioria das vezes, as catacumbas eram fechadas dias depois, sem estrutura adequada para conter os produtos da decomposição (Sincep, 2013). Esses fatos fizeram aumentar significativamente a incidência de epidemias como tifo, peste negra entre outras, o que levou a população desses locais a desenvolverem uma atitude hostil à proximidade com os mortos (Silva e Filho, 2008). A urbanização descontrolada durante a revolução industrial, gerou um caos sanitário, corroborando para a construção de cemitérios públicos longe do perímetro urbano. (Sincep, 2013).

Nos dias atuais, não são raros os cemitérios envoltos pela malha urbana, trazendo à tona novamente questões de saúde pública, e ambientais, tais como aumento da concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas e a eventual presença de microrganismos patogênicos (Üçisik e Rushbrook, 1998)

Legalmente, os cemitérios passaram a ser vistos como potencial poluidor apenas a partir da Resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003, antes disso, Não representavam qualquer perigo à saúde pública e ao ambiente. Os locais escolhidos baseavam-se na menor utilidade do solo (sem valor imobiliário ou agrícola) desconsiderando aspectos geológicos e hidrogeológicos. Em virtude disso, cemitérios são fonte de impactos ambientais por causa do risco da contaminação das águas subterrâneas por microrganismos, substâncias orgânicas e inorgânicas, resultantes do processo de decomposição dos cadáveres (Pacheco, et al, 1991).

Visando a proteção da qualidade das águas, tópicos como a redução na capacidade dos cemitérios e alocação desses em áreas inapropriadas devem ser discutidos como item de saúde pública. Não raro, cemitérios estão alocados em topo

de morros, solo arenoso, próximos às nascentes, rios e córregos, e são condições inadequadas para o controle do processo de decomposição (de corpos e urnas funerárias) e proteção das águas. Mesmo que a atividade de sepultamento não se enquadre literalmente como atividade industrial, podem ocorrer vazamentos de substâncias passíveis de causar danos ao solo e águas subterrâneas, visto que nessa atividade se manuseiam resíduos biológicos – cadáveres (Silva e Filho, 2008).

Uma área contaminada pode ser definida como uma área onde há comprovadamente poluição ou contaminação, causada pela introdução de substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (Cetesb, 2001). Partindo desse pressuposto, a atividade de sepultamento pode ser considerada atividade potencialmente poluidora, em virtude da composição dos produtos oriundos da decomposição de corpos e urnas funerárias.

O corpo humano é uma estrutura complexa, e o produto de sua decomposição, o necrochorume, é caracterizado por ser um líquido viscoso mais denso que a água ( $1,23 \text{ g cm}^{-3}$ ), rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, castanho-acinzentado, polimerizável, elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO), de cheiro acre forte e com grau variado de patogenicidade (Silva L., 1998 apud Matos, 2001). Com a decomposição das substâncias orgânicas presentes no necrochorume, são geradas diversas diaminas, as mais preponderantes são as mais tóxicas: a putrescina ( $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$ ) e a cadaverina ( $\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$ ), que podem ser degradadas, gerando outros produtos como amônio ( $\text{NH}_4^{++}$ ), sulfureto de hidrogênio, mercaptano, metano, dióxido de carbono e ácido fosfórico. A relação necrochorume/massa corpórea é da ordem de  $0,6 \text{ L kg}^{-1}$  (Rodrigues e Pacheco, 2003).

Os produtos utilizados em urnas funerárias e tratamento de cadáveres podem liberar metais pesados. Estes podem ser transportados das sepulturas através de infiltração para solos circundantes. Por conseguinte, podem contaminar águas subterrâneas e se tornar um risco potencial para a saúde pública e também dos residentes em áreas ao redor do cemitério (Jonker e Olivier, 2012).

Urnas funerárias construídas de madeira não se apresentam como a principal fonte de contaminação do solo, a menos que conservantes da madeira, fontes de metais pesados, principalmente Cr, ou à base de organoclorados, como o pentaclorofenol, estejam presentes. Entretanto, madeiras não tratadas se decompõem rapidamente, permitindo uma rápida disseminação de líquidos humurosos.

Caixões de metal, utilizados em alguns sepultamentos, podem causar contaminação do solo por Fe, Cu, Pb e Zn durante vários anos, especialmente em solos com baixos valores de pH (Spongberg e Becks, 2000).

Alças metálicas, ornamentos, vernizes, tintas, seladores, substâncias usadas no embalsamamento e tratamento de cadáveres (tanatopraxia) também podem contaminar os solos e águas subterrâneas, pois não há leis que regulamentem tais práticas (Silva e Filho, 2008). Atualmente, há tintas que ainda contêm chumbo, mercúrio, cádmio e cromo (Santarsiero, et al, 2000).

## 2.1 METAIS PESADOS EM SOLOS DE CEMITÉRIO

Concentrações elevadas de Cr, Cu, Pb, Ni e Zn em solos de cemitérios foram observadas por Spongberg e Becks (2000). Esses autores estudaram os teores de metais em duas classes de solos dentro de um mesmo cemitério em Ohio – EUA, funcionando desde os anos de 1800, abrigando por volta de 14.610 sepulturas. Foram coletadas amostras dentro e fora do território da necrópole, com o objetivo de contrastar com os valores naturais. Os resultados indicam que alguns metais associados com práticas funerárias atuais e passados podem acumular nas profundidades de sepultamento. Pb, Cu, e Zn são largamente empregados na fabricação de urnas funerárias. Os autores ressaltam a importância de estudar mais atributos intrínsecos do solo.

Outra pesquisa foi conduzida na cidade de Tshwane, província de Gauteng, na África do Sul. O cemitério Zandfontein que ocupa área de 123 ha, e abriga cerca de 60000 sepulturas, foi estudado por Jonker e Olivier, (2012). As coletas procederam-se dentro e fora do cemitério, para contrastar valores naturais

com aqueles encontrados nos locais de sepultamento. Foram avaliados 31 elementos, dentre eles Cr, Ni, Cu, Zn, Pb, e Cd. A profundidade de coleta foi entre 1,0 e 2,8 m na área de sepultamento e 1 m na área natural. Na análise de resultados foram comparados a razão da quantidade entre as duas áreas. O Ni foi o elemento que se destacou nesse tipo de análise, e o Zn com menor expressão. Porém os valores da área natural não são apresentados. Não foram avaliados atributos intrínsecos do solo. Os autores concluíram que o sepultamento tem impacto sobre o solo, portanto, os cemitérios podem ser considerados como fontes antropogênicas de contaminação mineral.

O cemitério Santa Cândida em Curitiba, PR foi investigado por Barros, et al, (2008). A justificativa dos autores para a escolha deste cemitério foi em razão das características de relevo e hidrologia da área. Há túmulos localizados em áreas mais altas, com o nível hidrostático mais distante da superfície do solo, e outros próximos aos cursos de água. A classe de solo predominante é Cambissolo. O relevo da área do cemitério apresenta declividade acentuada, acima de 10% em mais da metade da área, e a profundidade do solo em torno de 1,20 m. A profundidade do nível hidrostático na área mais baixa do terreno varia de 0,9 a 1,4 m. Para a amostragem dos solos, alguns critérios considerados foram o gradiente de profundidade do nível hidrostático, duas modalidades de sepulturas (jazigos e indigentes) e duas litologias do terreno (argilite e granito/gnaiss). A coleta de amostras de solo foi efetuada nas profundidades de 0 a 20, 20 a 80 e 80 a 120 cm. Os maiores teores de Cr, Ni e Pb foram obtidos nas amostras coletadas em profundidade de 20 a 120 cm, possivelmente pela maior proximidade aos locais de sepultamento. O tipo de sepultura influenciou o potencial de poluição do solo por metais pesados, sendo o jazigo considerado o de maior risco de poluição ambiental, principalmente por Cr e Pb.

O solo, funciona como filtro na retenção dos metais, dos microrganismos e das substâncias resultantes do processo de decomposição. Porém, quando a textura do solo é arenosa, estes produtos podem percolar após uma precipitação, e contaminar águas subterrâneas.

Os parâmetros do solo que controlam os processos de retenção, sorção e dessorção dos metais pesados são os

seguintes: (i) Os valores de pH e Eh em ambientes com baixa aeração; (ii) capacidade de troca catiônica (CTC); (iii) fração granulométrica fina (<0,02 mm) (depende do tipo do mineral); (iv) matéria orgânica; (v) Óxidos e hidróxidos (Kabata-Pendias, 2011). Para cemitérios, não são adequados solos oriundos de arenitos, textura grossa, com uma zona insaturada muito pequena, que têm fraca capacidade de filtração. Solos argilosos com grande área superficial específica e alta capacidade de troca de cátions (CTC) são os que mais adequados por maximizar a retenção de líquidos humurosos e metais pesados (Üçisik & Rushbrook, 1998).

Os metais pesados estão naturalmente presentes nos solos em concentrações geralmente em níveis de traço e ultra-traço (Kabata-Pendias, 2011), salvo em casos de catástrofes naturais (vulcanismos, inundações, etc). Níveis elevados de metais pesados no solo são de origem predominantemente antrópica. Aumento no teor destes metais apresenta efeitos negativos sobre a qualidade ambiental. Muitos poluentes inorgânicos tóxicos ocorrem em solos e podem ser de origem natural, quando advêm do intemperismo da rocha de origem, ou devido à contribuição antrópica (ação direta ou indireta do homem). Atividades antrópicas, tais como operações de mineração e fundição, produção industrial e utilização, e para uso doméstico e agrícola de metais e compostos contendo metais (Alloway, 1994). Contaminação ambiental também pode ocorrer por meio de corrosão do metal, deposição atmosférica, erosão do solo de íons metálicos e lixiviação de metais pesados, ressuspensão dos sedimentos, a partir de evaporação do metal em recursos hídricos, depositando-se sobre o solo e lixiviado às águas subterrâneas. Alguns deles são tóxicos, mesmo em quantidades traços, e sua toxicidade aumenta com o acúmulo no solo (Oliveira e Marins, 2011).

## 2.2 METAIS PESADOS E SAÚDE

A poluição do solo por metais pesados está ligada a processos de acúmulo e transporte dessas espécies, que dependem de suas interações com as propriedades do solo (Moura, et al, 2006). A exposição humana a concentrações

elevadas de metais pesados pode resultar em acúmulo nos tecidos gordurosos do corpo e afetar o sistema nervoso central, ou se depositar no sistema circulatório e perturbar o funcionamento normal dos órgãos (Waisberg, et al, 2003).

Alguns metais pesados exercem funções bioquímicas e fisiológicas em plantas e animais, ou seja, são componentes essenciais para o desenvolvimento do organismo (Kamal e Hassan, 2012). Por outro lado, o excesso produz dano celular do tecido conduzindo a uma variedade de defeitos e doenças. Alguns dos componentes afetados são organelas celulares, tais como a membrana celular, mitocôndrias, lisossomas, retículo endoplasmático, os núcleos, e também algumas enzimas envolvidas na desintoxicação e reparação de danos (Laidlaw, 2005).

Alguns metais (cobre e zinco) em pequenas quantidades são inofensivos, mas, principalmente Pb e Cd, mesmo em concentrações extremamente baixas são tóxicos e são cofatores potenciais, iniciadores ou promotores em muitas doenças e principalmente câncer (Kamal e Hassan, 2012). Os níveis de metais pesados como cádmio e chumbo também interferem em funções como a replicação e reparação de DNA. Este aumento concomitante com a inibição dessa reparação pode conduzir à acumulação de defeitos e resultar em mutação (Waisberg, et al, 2003).

### 2.3 ASPECTOS LEGAIS

As resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 335 de 3 de abril de 2003, e nº 368, de 28 de março de 2006 dispõem sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil. A partir dessa data, tais estabelecimentos passam a ser vistos como fontes de contaminação ambiental, e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais. Esses devem atender as seguintes exigências: (i) o nível inferior das sepulturas deve estar a uma distância de pelo menos 1,50 m acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias; (ii) nos terrenos onde a condição prevista no inciso anterior não puder ser atendida, os sepultamentos devem ser feitos acima da superfície topográfica natural do terreno; (iii) adoção de técnicas

e práticas que permitam a troca gasosa, proporcionando, assim, as condições adequadas à decomposição dos corpos, exceto nos casos específicos previstos na legislação; (iv) a área de sepultamento deve manter um recuo mínimo de 5m em relação ao perímetro do cemitério, recuo que deve ser ampliado, caso necessário, em função da caracterização hidrogeológica da área. Os cemitérios horizontais, localizados em áreas de manancial para abastecimento humano, além das alíneas citadas no item anterior, devem atender, as seguintes exigências: (i) a área prevista para a implantação do cemitério deve estar a uma distância segura de corpos d'água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade; (ii) o perímetro e o interior do cemitério devem ser providos de um sistema de drenagem adequado e eficiente, destinado a captar, encaminhar e dispor de maneira segura o escoamento das águas pluviais e evitar erosões, alagamentos e movimentos de terra; e (iii) o subsolo da área pretendida para o cemitério deverá ser constituído por materiais com coeficientes de permeabilidade entre  $10^{-5}$  e  $10^{-7} \text{cms}^{-1}$ , na faixa compreendida entre o fundo das sepulturas e o nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias. Para permeabilidades maiores, é necessário que o nível inferior dos jazigos estejam 10m acima do nível do lençol freático.

No âmbito estadual, há a Instrução Normativa n.º 52 (IN-52) da FATMA (Fundação do Meio Ambiente do estado de Santa Catarina), que dispõe sobre os cemitérios, além dos critérios da legislação federal, a estadual exige: (i) As atividades geradoras de efluentes líquidos são obrigadas a instalar caixa de inspeção. (ii) Nos Projetos de Controle Ambiental, o empreendedor deve avaliar a possibilidade de intervenções visando a minimização da geração de efluentes líquidos, de emissões gasosas e de resíduos sólidos. (iii) É vedada a instalação de cemitérios em áreas de situação de risco geológico e/ou geotécnico a erosão, susceptíveis a deslizamentos de massas de qualquer classe ou magnitude, declivosas ( $> 45^\circ$ ); susceptíveis a subsidência, intensamente fraturadas, sujeitas a inundações ou cheia zonal. As áreas de topo de morros ou 1/3 superior devem ser delimitadas (zoneadas), e mantidas como de preservação permanente. (iv) É vedada a instalação de cemitérios em terrenos constituídos predominantemente por rochas decomposição carbonática (que



comportam aquífero cárstico), cuja dissolução química provoca a formação de condutos subterrâneos nessas rochas, tipificados por cavernas, dolinas, sumidouros, rios subterrâneos, e outros. Também naquelas áreas onde a superfície piezométrica mostra-se elevada a alagadiça. (v) É vedada a instalação de cemitérios em terrenos localizados sobre aquíferos porosos/costeiros. (vi) É vedada a instalação de cemitérios sobre áreas de recarga de águas do Sistema Aquífero Guarani-SAG, cuja geologia é formada predominantemente por arenitos correlacionáveis à Formação Botucatu. Na ausência de alternativas locais, deverá ser analisada a viabilidade de instalação de cemitério vertical. (vii) Em terrenos situados sobre o Aquífero Basáltico Fraturado Serra Geral, os cemitérios devem ser preferencialmente do tipo vertical. (viii) Para cemitérios localizados sobre o Aquífero Basáltico Fraturado Serra Geral deve ser apresentado estudo da geologia estrutural acompanhado de mapa de lineamentos tectônicos. (ix) A instalação da rede de monitoramento do aquífero deve estar de acordo com a NBR 13895 –Construção de Poços de Monitoramento e Amostragem. A norma estabelece que devam ser instalados um ou mais poços de montante para avaliar a qualidade original da água subterrânea e pelo menos três poços de jusante não alinhados e dispostos transversalmente ao fluxo subterrâneo de água. Os poços de montante devem estar localizados a uma distância segura de uma eventual difusão de poluentes, e os poços de jusante devem estar próximos da área de disposição para que a pluma de contaminação seja identificada rapidamente. Ainda na FATMA, há um roteiro orientando os procedimentos para o Estudo Ambiental Simplificado (EAS) nas quais a legislação exige.

No que concerne aos aspectos do solo, a legislação deixa dúvidas sobre características intrínsecas como textura, porosidade, teor de argila, pH, entre outras, que o solo deve possuir para assegurar a qualidade dos mananciais e da saúde pública.

Não há bibliografia referenciada que justifiquem os valores propostos para distâncias mínimas de sepultamento em relação ao nível do lençol freático e de corpos d'água (inclusive para abastecimento humano), recuo no perímetro do cemitério, coeficiente de permeabilidade, e demais valores determinados.

No Reino Unido, o documento que orienta a implantação de cemitérios apresenta algumas diretrizes importantes, as quais poderiam ser incluídas na legislação federal e estadual, como seguem:

As sepulturas devem ser construídas a pelo menos: (i) 250m de distância de uma fonte de água utilizada para o abastecimento de água potável e / ou engarramento de água mineral. (ii) 50m de distância de todos os outros poços, nascentes ou poços. (iii) 50m de distância de um rio, canal, lago, zonas úmidas. (iv) 10m de distância de esgoto (isso também inclui velhos sistemas de drenagem agrícola não mais em uso, pois podem disseminar líquidos humorosos. (v) Caso seja encontrada rocha na área de sepultamento, este local não deve ser utilizada para enterros. (vi) As perfurações de teste devem ser escavadas até uma profundidade entre 0,5 - 1 metro abaixo da profundidade de sepultamento pretendida para avaliar se o solo é adequado a receber sepultamento. O número de poços de teste dependerá do tamanho do local. Outros pontos a considerar incluem: (i) possibilidade de existência de tubulações metálicas que passam debaixo do cemitério e possam sofrer corrosão; (ii) presença de drenagem artificial dentro do solo, associado a alguma atividade de uso do solo; (iii) As fotografias dos poços de teste devem ser incluídas no relatório final escrito (NIEA, 2002)

A redução dos níveis de contaminação com a distância cemitérios foi medido por Gray et al. (1974). O autor observou lenta redução de concentração de íons entre 100 e 200 m a partir do perímetro do cemitério e rápida diminuição em distância superior a 200 m.

### **3 OBJETIVOS**

Determinação dos teores de Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, e Pb, das propriedades químicas, da granulométrica e mineralogia do solo coletado no cemitério municipal Nossa Senhora da Penha, Lages, SC.

#### **3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Comparar teores de Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, e Pb dos solos coletados no cemitério municipal Nossa Senhora da Penha, com os teores em condições naturais.
- b) Avaliar se há diferença entre teores de Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, e Pb em diferentes profundidades.
- c) Caracterização química, granulométrica e mineralógica dos solos do cemitério municipal Nossa Senhora da Penha

#### **4 HIPÓTESES**

- a) Os teores de Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, e Pb nas amostras de solo do cemitério municipal Nossa Senhora da Penha são superiores aos solos sem ação antrópica.
- b) Os teores de Cu, Cr, Cd, Zn, Ni, e Pb aumentam na profundidade onde ocorre o sepultamento
- c) A profundidade do perfil, o teor de argila e a CTC efetiva do solo do cemitério municipal Nossa Senhora da Penha são adequados para o exercício da atividade de sepultamento.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O cemitério Nossa senhora da Penha está localizado no bairro Penha em Lages - SC, entre as coordenadas UTM 569650 e 570250 oeste; 6923900 e 6923600 sul. Foi implantado por volta de 1944, atualmente abrigando 8380 construções (Figura 1).

Segundo Köeppen (Köppen & Geiger, 1928), o clima da região é do tipo Cfb. A altitude média é de 953 m, com temperatura máxima média anual de 21,7°C e mínima média anual de 11,5°C. A precipitação média anual é de 1.674 mm (Bertol, 1993).

Figura 1 - Vista aérea do Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages - SC.



Fonte: Google Earth, 2013.

O material de origem dos solos que compõem a necrópole são argilitos, siltitos e arenitos da Formação Rio do Rastro (face norte) e basalto da Formação Serra Geral (face sul).

A profundidade do solo é heterogênea, em alguns locais há afloramentos de material do material de origem (Figura 2), e em outros ultrapassa 1,60 m. O nível hidrostático também é variável, em alguns pontos há afloramento de corpos d'água (Figura 3).

Figura 2 - Sepultamento sobre o material de origem.



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 3 - Afloramento de corpos d'água no território do cemitério.

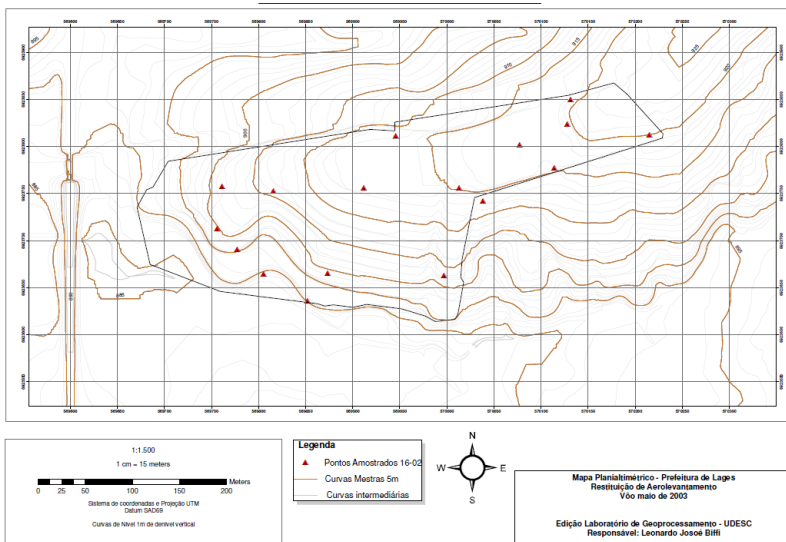


Fonte: produção do próprio autor.

## 5.1 COLETAS DE AMOSTRAS

O critério para seleção dos locais amostrados foi o de representar a totalidade do território da necrópole. Foram abertas 15 trincheiras dentro do cemitério (ponto 1 a 15) e 2 trincheiras em área natural próxima a necrópole (testemunha, T1 e T2), todos os pontos georreferenciados (figura 4). Em cada ponto amostral coletou-se solo nas profundidades 0-40, 40-80, 80-120 e 120-160 cm. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, secas em estufa durante 48 horas a 60°C, destorroadas, moídas e peneiradas em malha de 2 mm. Posteriormente efetuadas análise química, granulométrica e mineralógica.

Figura 4 - Pontos de coleta georreferenciados.



O protocolo utilizado para determinação de pH em água, pH SMP, teores de Na, K, Ca, Mg e Al trocável, H+Al, CTC efetiva, CTC pH 7, carbono orgânico, e P extraível foi Tedesco et al. (1995). As determinações de pH H<sub>2</sub>O e SMP foram feitas na relação 2:1 com leituras em potenciômetro. O P, o K e o Na

disponível no solo foram obtidos pelo método Mehlich<sup>-1</sup>, com o extrator de solução ácida contendo HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> (solução PA). O teor de P foi quantificado por colorimetria em comprimento de onda ajustado para 660 nm, os teores de Na e K foram quantificados por fotometria de chama. O Ca, Mg e Al foram extraídos com solução KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, sendo os dois primeiros determinados por espectrometria de absorção atômica e o último por titulometria de neutralização com NaOH padronizado. A acidez total (H + Al) foi extraída com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> tamponado a pH 7 e quantificada por titulometria de neutralização com NaOH (Embrapa, 1979). Os valores de soma de bases (S), saturação por bases (V%) e CTC a pH 7 foram calculados segundo Embrapa (1979). O carbono orgânico determinado pelo método Walkley-Black e quantificado por titulação.

Os teores de Cr, Ni, Zn, Pb, Cd e Cu foram determinados pelo protocolo 3051A USEPA. A fração terra fina seca ao ar (TFSA) das amostras foi triturada e homogeneizada em almofariz de ágata, para obter textura de pó fino com dimensões inferiores a 145 µm. Subamostras de 0,25 g do referido solo com 6 ml de HNO<sub>3</sub>, foram submetidas a digestão em micro-ondas fechado (Anton Paar 3000), a pressão e temperatura controladas, de acordo com as especificações do fabricante. O período de digestão foi de 10 minutos e resfriamento de 30 minutos. Em cada bateria de digestão havia prova em branco e amostra certificada SRM 2709 (San Joaquin). Após a digestão, as amostras foram filtradas e as alíquotas armazenadas para posterior leitura em espectrometria de absorção atômica de alta resolução, com fonte contínua de atomização em chama ar acetileno (EAA-AR).

Os valores obtidos para Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para amostra certificada (SRM 2709 San Joaquin) determinados em conformidade com os métodos EPA 3051A (USEPA, 2007) encontram-se na tabela 1.



Tabela 1 - Teores de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, e Zn obtidos e certificados para amostra SRM 2709 San Joaquin após digestão pelo método 3051A e determinados em EAA-AR.

	Cr	Ni	Zn	Cd	Cu	Pb
	mg kg <sup>-1</sup>					
Obtidos	159 ±38	73±10	81±9	2 ±0,6	40 ±2	44 ±22
Certificados	79 ±55	78 ±25	100 ±33	<1	32 ±14	13 ±6

Fonte: produção do próprio autor.

Análise granulométrica foi procedida da seguinte forma: foram utilizados 50 gramas de amostras de TFSA, adicionando-se 75 ml de água, 5 ml de NaOH 1mol L<sup>-1</sup> e duas esferas de acrílico. Após a agitação manual, as amostras repousaram por 16 horas. Em seguida, agitou-se mecanicamente em um agitador horizontal a 120 rpm por 4 horas e transferiu-se para uma proveta de 1 L, após separação da fração areia total por peneiramento em malha 0,053 mm (Bouyoucos, 1927).

Para análise mineralógica foram sorteados 3 pontos e em cada um foram analisadas todas as profundidades. Para esta etapa se procedeu a análise da fração argila com tratamentos de saturação com potássio (K<sup>+</sup>), com solução de cloreto de potássio (KCl) 1 mol L<sup>-1</sup> e saturação com magnésio (Mg<sup>2+</sup>) com MgCl<sub>2</sub> 1 mol L<sup>-1</sup>. As amostras foram analisadas num difratômetro de raios-X Philips, modelo PW 3710, dotado de tubo de cobre, ângulo de compensação  $\theta/2\theta$  e monocromador de grafite, com variação angular de 3,2 a 42°2 $\theta$ . A velocidade angular foi de 0,02° 2 $\theta$ /s, em modo por passos (step), com tempo de 1 (um) segundo de leitura por passo. Os critérios empregados para a interpretação dos difratogramas e para a identificação dos minerais constituintes da fração argila foram conforme apresentados por Jackson (1965), Brindley e Brown (1980), Whittig e Allardice (1986).

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO DOS SOLOS

A profundidade do solo variou entre 80 e 160 cm (tabela 2), sendo que em alguns locais na face norte do cemitério há afloramento do material de origem, onde o sepultamento foi executado na rocha e na face sul o material de origem (arenito) é muito superficial (Figura 5).

A espessura do solo é uma característica importante para atividade de sepultamento, por interferir na filtragem dos líquidos gerados no processo de decomposição dos cadáveres (Silva e Filho, 2008). Esses autores afirmam que a maior profundidade do solo e o maior teor de argila condicionam uma lenta condução do contaminante e aumento da adsorção/retenção de contaminantes. Altas concentrações de íons (nitrato e as concentrações de amônio, dióxido de carbono) nas imediações de sepulturas, especialmente 50 cm abaixo do nível de sepultamento, foram confirmadas por Schrapf (1972), na Alemanha. A resolução CONAMA nº 335, de 3 de abril de 2003 e nº 368, de 28 de março de 2006, não apresenta a espessura ou profundidade do solo como critério para implantação de um cemitério, porém estabelece a altura do lençol freático.

Em vários pontos de coleta ocorreu afloramento de água (já mencionados anteriormente na figura 3), essa situação gera dúvidas sobre a origem dessa água e aponta para a necessidade da avaliação da altura do lençol dentro do território da necrópole. As Resoluções CONAMA 335/2003 e 368/2006 estabelecem que o inferior das sepulturas devem estar a uma distância de pelo menos 150 cm acima do mais alto nível do lençol freático, medido no fim da estação das cheias.

Silva e Filho (2008), acrescentam que as águas superficiais e subterrâneas podem ser contaminadas caso a implantação de cemitérios seja em áreas que apresentem materiais de origem que propiciem os fenômenos conservativos dos cadáveres e materiais com baixa capacidade de retenção dos líquidos.

Tabela 2 - Profundidade do solo nos pontos amostrados no Cemitério Nossa Senhora da Penha, Lages, SC.

Pontos de coleta	Profundidade (cm)
1, 2, 3, 4, 5, 7, 8,15	+ 160
6, 10, 11, 12, 13, 14	120
9, testemunhas (1 e 2)	80

Fonte: produção do próprio autor.

Figura 5 - Sepultamento sobre o material rochoso argilito (a) e arenito (b).



Fonte: produção do próprio autor.

O teor de argila variou entre  $60 \text{ g kg}^{-1}$  (120 -160 cm) a  $301 \text{ g kg}^{-1}$  (80 – 120 cm), sendo que na média para todas as profundidades foi abaixo de  $200 \text{ g kg}^{-1}$ . O valor de  $301 \text{ g kg}^{-1}$  foi observado na profundidade de 80-120 cm (tabela 3), em solo coletado dentro do cemitério, porém, pela coloração constatou-se não ser originário do local. O conhecimento da granulometria de um perfil de solo quando este recebe lixiviados é de fundamental importância (Gray, et al 1974). Segundo Silva (1995) apud Silva e Filho (2008) a porcentagem ideal de argila no solo é na faixa de 200 a  $400 \text{ g kg}^{-1}$ , para que os processos de decomposição aeróbica e as condições de drenagem do necrochorume sejam favorecidos. Solos oriundos de arenitos, textura grossa, com uma

zona insaturada muito pequena, têm fraca capacidade de filtração e não são adequados para cemitérios. Solos de textura fina, com grande área superficial específica como argila, alta capacidade de troca de cátions (CTC) são os mais adequados para maximizar a retenção de líquidos húmidos, (Üçisik & Rushbrook, 1998). Segundo Gray, et al (1974), o valor de permeabilidade do solo deve ser da ordem de  $10^{-6}$  a  $10^{-8}$   $\text{cm s}^{-1}$ , porém as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 335 de 3 de abril de 2003, e nº 368, de 28 de março de 2006, citam valores menores para permeabilidade da ordem de  $10^{-5}$  e  $10^{-7}$   $\text{cm s}^{-1}$ . Isso pode colocar em risco águas subterrâneas se a velocidade do fluxo for rápida o suficiente para não ocorrer filtração. A contaminação é facilitada pela presença de depósitos de areia e cascalho (Żychowski 2011; Żychowski, 2012), que facilitam o fluxo vertical dos líquidos. Estudos poloneses demonstraram que cemitérios localizados em superfícies quase impermeáveis são os que apresentam menor contaminação das águas de (Żychowski et al., 2000).

O pH do solo variou entre 4 e 6,3 na profundidade de 0-40 cm, 4 e 6,5 de 40-80 cm, 4 e 6,4 de 80-120 cm, 4 e 5,2 de 120-160 cm. Os valores de pH em torno de 6 predominam em superfície (0-40 cm), e raramente na profundidade de sepultamento (80-120, 120-160 cm), onde há necessidade de valores de pH mais elevados para retenção de contaminantes orgânicos e inorgânicos. O pH tem papel importante sobre os complexos solúveis, muitos deles envolvendo íons metálicos e ligantes orgânicos. Pois a diminuição do pH favorece a formação de cátions metálicos livres (SBSC, 2009).

Tabela 3 - Análise descritiva de atributos do solo: pH H<sub>2</sub>O, CTC efetiva, matéria orgânica, carbono orgânico, argila, areia e silte.

Parâmetro	pH H <sub>2</sub> O	CTC efetiva Cmolc kg <sup>-1</sup>	MO	----- g kg <sup>-1</sup> -----		
				Argila	Areia	Silte
<b>0 – 40 cm</b>						
Mínimo	4,00	1,77	8	80,6	130,0	130,8
Máximo	6,30	30,23	20,7	220,6	630,0	650,4
Média	5,20	11,33	10,5	160,8	410,0	410,8
Mediana	5,20	11,71	10,5	160,6	450,0	400,9
Coefficiente de Variação	12,6	56,5	5,7	2,7	3,6	3,4
<b>40 – 80 cm</b>						
Mínimo	4,00	3,20	7	70,61	170,0	270,4
Máximo	6,50	28,55	20,7	260,5	630,0	630,0
Média	5,14	11,79	10,4	170,8	370,8	430,7
Mediana	5,00	10,56	10,4	170,6	380,0	420,9
Coefficiente de Variação	15,1	56,1	5,1	2,5	3,0	2,3
<b>80 – 120 cm</b>						
Mínimo	4,00	5,68	3	60,6	200,0	280,7
Máximo	6,40	28,97	20,1	301,6	660,0	560,1
Média	4,71	11,59	10,2	180,4	360,9	440,1
Mediana	4,60	10,22	10,3	180,6	370,5	460,7
Coefficiente de Variação	14,7	50,9	5,0	3,4	3,1	1,8
<b>120 – 160 cm</b>						
Mínimo	4,00	8,00	4	60,6	210,0	320,3

Continua

## Continuação

Tabela 3 - Análise descritiva de atributos do solo: pH H<sub>2</sub>O, CTC efetiva, matéria orgânica, carbono orgânico, argila, areia e silte.

Parâmetro	pH H <sub>2</sub> O	CTC efetiva Cmolc kg <sup>-1</sup>	MO	----- g kg <sup>-1</sup> -----			Silte
				Argila	Areia	Silte	
<b>120-160 cm</b>							
Máximo	5,20	14,42	20,5	270,6	600,0	540,0	
Média	4,71	10,26	10,4	190,0	370,6	420,6	
Mediana	5,00	10,05	10,0 4	190,1	370,5	440,9	
Coefficiente de Variação	10,2	20,7	6,8	6,5	1,9	1,9	

Fonte: produção do próprio autor.

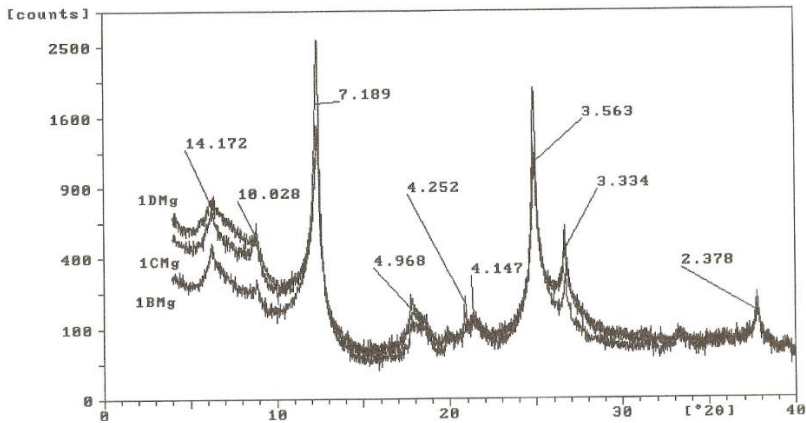
A CTC (em Cmolc kg<sup>-1</sup>) variou de entre 1,77 e 30,23 na camada de 0-40 cm, 3,20 e 28,55 de 40-80 cm, 5,8 e 28,97 de 80-120 cm e de 8 e 14,14 de 120-160 cm (tabela 3). Não foi encontrado na literatura valores correspondentes de CTC para solos de cemitério, classificando-os como alto ou baixo para esse fim.

No que concerne a matéria orgânica (Tabela 3), os teores são os naturais observados em solos da Serra Catarinense. Santos (2010) obteve valores semelhantes em condições naturais, em Cambissolo Húmico Distrófico Léptico, da formação Rio do Rastro na cidade de Lages.

A mineralogia da fração argila para camadas dos solos dos pontos de coletas selecionados (conforme exemplo indicado nas figuras 9,10 e 11), é composta predominantemente por caulinita (reflexos a 0,72 e 0,36 nm), seguida por argilominerais 2:1 do grupo da vermiculita (1,38 nm) e illita (1,0 nm) e, em pequenas proporções e por quartzo (0,33 nm). Nos difratogramas para diferentes profundidades foi observado que a fração argila é composta por caulinita (reflexos em 0,715 e 0,358 nm), componente dominante, seguida de argilominerais expansíveis

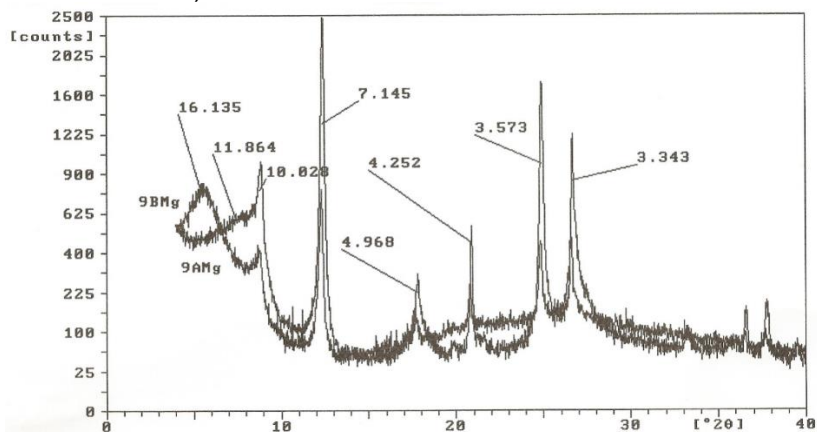
tais como vermiculita e illita (reflexos em torno de 1,4 e 1,0 nm, óxidos de ferro e quartzo (reflexo a 0,33 nm). A caulinita foi o principal mineral da fração argila assim, apresenta baixa CTC (McBride, 1994). Ainda segundo McBride (1994) reações no solo como adsorção, formação e estabilização dos agregados, dinâmica de água no perfil, são fortemente influenciados por este argilomineral.

Figura 6 - Difratoograma das amostras referentes às diferentes profundidades do ponto 1, todas tratadas com magnésio. Profundidade B (40-80 cm), e profundidade C (80-120 cm), e profundidade D (120-160 cm).



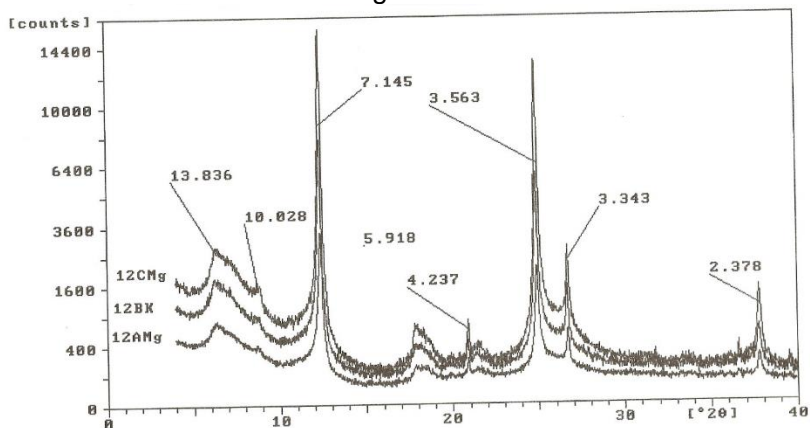
Fonte: produção do próprio autor.

Figura 7- Difratograma das amostras referentes às duas diferentes profundidades do ponto 9, ambas tratadas com magnésio. Profundidade A (0-40 cm) e B (40-80 cm).



Fonte: produção do próprio autor.

Figura 8 - Difratograma das amostras referentes às diferentes profundidades do ponto 12. Profundidade A (0-40 cm), tratamento com magnésio. Profundidade B (40-80 cm), tratamento com potássio. Profundidade C (80-120 cm) tratamento com magnésio.



Fonte: produção do próprio autor.



## 6.2 METAIS PESADOS

Os teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, e Zn obtidos para testemunha são superiores ou iguais aos encontrados no solo da necrópole, indicando inexpressiva entrada antropogênica desses metais, a exceção do Ni (Tabela 4).

Os teores de Cd, Cu e Zn obtidos no presente estudo (Tabela 3) encontram-se dentro da faixa de teores obtidos por Pelozato (2008) para solos do Planalto Serrano derivados de rochas sedimentares da formação Rio do Rastro e de basalto da Formação Serra Geral. Os teores obtidos por estes autores para horizontes A e B dos solos coletados em áreas sem contaminação antrópica intencional foram de 7,9 – 17,5 mg kg<sup>-1</sup> de Cd, 7,5 – 151,1 mg kg<sup>-1</sup> de Cu e de 40,33 – 108,32 mg kg<sup>-1</sup> de Zn.

Hugen (2010) construiu valores de referência de Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para solos de Santa Catarina (Cr de 112 mg kg<sup>-1</sup>, Cu de 111 mg kg<sup>-1</sup>, Pb de 12 mg kg<sup>-1</sup>, Ni de 32 mg kg<sup>-1</sup> e Zn de 61 mg kg<sup>-1</sup>). Os teores médios obtidos no presente estudo, inclusive para as testemunhas, para Pb e Ni são superiores ao valor de referência obtido pelo referido autor.

Tabela 4 - Teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para solos coletados no Cemitério Nossa Senhora da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
1	0,03 c	92,95 a	10,24 b	54,67 a	25,47 d	33,11 a
2	1,87 a	89,18 a	68,97 a	49,01 a	72,24 a	63,87 a
3	2,48 a	118,30 a	66,42 a	55,31 a	48,94 b	46,46 a
4	2,69 a	72,07 a	46,45 a	41,18 b	72,93 a	4,17 b
5	1,30 a	99,67 a	73,39 a	42,38 b	29,49 d	42,55 a

Continua

## Continuação

Tabela 4 - Teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn para solos coletados no Cemitério Nossa Senhora da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn
----- mg kg <sup>-1</sup> -----						
6	1,77 a	93,25 a	17,47 a	45,30 b	29,96 d	29,57 a
7	0,59 b	101,22 a	36,34 a	33,97 b	26,73 d	28,46 a
8	1,83 a	93,04 a	43,22 a	40,26 b	36,34 c	37,33 a
9	0,72 b	120,92 a	43,85 a	39,54 b	42,59 c	55,96 a
10	0,67 b	106,69 a	2,77 c	41,37 b	27,48 d	36,02 a
11	0,76 b	117,08 a	3,39 c	49,07 a	27,72 d	26,31 a
12	0,71 b	113,90 a	1,29 c	47,66 a	26,46 d	26,60 a
13	1,50 a	123,39 a	35,00 a	52,65 a	33,39 c	36,98 a
14	0,87 b	108,05 a	25,87 a	49,36 a	25,61 d	26,71 a
15	0,45 b	104,67 a	8,65 b	51,46 a	29,07 d	45,86 a
T1	0,03 c	120,76 a	37,16 a	52,26 a	29,88 d	23,23 a
T2	1,16 a	127,49 a	49,74 a	64,33 a	35,80 c	22,11 a

Fonte: produção do próprio autor.

Não houve diferença estatística entre profundidades para os metais Cd, Cr, Cu, Pb e Zn (Tabela 5, 6 e 7) no território do cemitério em relação a testemunha. Porém, há que se ressaltar que para o Zn, o ponto 2 apresenta concentração de 51% superior em relação a testemunha 1 e 75% superior em relação a testemunha 2. O ponto 9 (com perfil de 80 cm), apresenta concentração 40% superior comparado a testemunha 1 e 68% superior em relação a testemunha 2 (Tabela 5).

Tabela 3 – Comparação dos teores de Cr e Zn entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Cr (mg kg <sup>-1</sup> )*				Zn (mg kg <sup>-1</sup> )*			
	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)			
	0-40	40-80	80-120	120-160	0-40	40-80	80-120	120-160
1	86,2	97,6	98,1	90,3	12,7	34,5	57,3	47,6
2	94,5	84,3	82,4	96,2	69,5	57,9	66,4	62,2
3	103,3	125,1	117,8	128,5	54,6	45,4	49,6	37,7
4	116,7	13,5	143,2	118,8	33,2	53,4	1,0	0,1
5	100,2	83,2	97,4	121,4	29,6	26,7	66,9	61,8
6	94,6	84,2	101,6	..	47,7	12,9	41,6	..
7	97,2	111,1	102,6	94,6	31,6	26,6	27,4	28,3
8	115,8	52,5	114,5	107,4	57,4	16,5	39,2	51,9
9	118,0	123,8	..	..	55,79a	56,13a	..	..
10	106,1	107,5	106,34	..	39,9	35,9	32,5	..
11	109,9	126,9	114,93	..	30,5	22,3	26,7	..
12	109,5	109,4	123,29	..	30,4	24,0	25,7	..
13	121,4	124,2	124,48	..	29,7	33,8	50,3	..
14	127,2	120,3	82,31	..	40,1	40,0	11,8	..
15	114,7	73,9	118,57	119,22	39,6	33,7	88,2	37,5
T1	119,9	121,5	..	..	33,7	15,9	..	..
T2	127,0	127,9	..	..	17,9	27,3	..	..

\*Dados não significativos a 5%

Fonte: produção do próprio autor.

No caso do Cu, os teores do território do cemitério comparados com a testemunha, alguns pontos apresentam valores duas vezes superiores à testemunha, o ponto 2 é de 54%, o ponto 3 60% e ponto 8 52% superiores a testemunha (Tabela 6).

Tabela 4 – Comparação dos teores de Cd e Cu entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )*				Cu (mg kg <sup>-1</sup> )*			
	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)			
	0-40	40-80	80-120	120-160	0-40	40-80	80-120	120-160
1	0,03	0,03	0,03	0,03	3,4	34,3	31,4	2,9
2	1,99	1,88	1,73	1,87	75,0	66,7	65,5	68,9
3	2,45	2,37	2,49	2,61	63,4	49,2	70,9	87,7
4	2,65	2,64	2,69	2,80	41,0	48,0	48,7	48,4
5	1,81	0,03	1,87	2,38	39,0	37,1	146,4	136,6
6	1,79	1,74	1,79	..	42,0	3,4	36,3	..
7	0,03	0,89	0,71	0,95	27,5	37,7	37,5	44,6
8	2,16	0,78	2,30	2,47	73,2	20,4	46,2	50,3
9	0,71	0,73	..	..	34,6	55,5	..	..
10	0,66	0,68	0,67	..	0,3	24,6	2,8	..
11	0,82	0,73	0,73	..	46,2	0,3	2,7	..
12	0,70	0,69	0,73	..	2,7	2,6	0,3	..

Continua

Continuação

Tabela 5 – Comparação dos teores de Cd e Cu entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Cd (mg kg <sup>-1</sup> )*				Cu (mg kg <sup>-1</sup> )*			
	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)			
	0-40	40-80	80-120	120-160	0-40	40-80	80-120	120-160
13	0,72	2,09	1,95	..	32,2	33,2	40,0	..
14	0,54	1,59	0,65	..	30,0	28,7	20,0	..
15	0,62	0,03	0,63	0,63	30,4	18,5	32,0	0,3
T1	0,52	0,03	..	..	34,4	40,0	..	..
T2	0,03	2,07	..	..	45,8	53,9	..	..

\*Dados não significativos a 5%

Fonte: produção do próprio autor.

Tabela 6 - Comparação dos teores de Pb entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Pontos	Pb (mg kg <sup>-1</sup> )*			
	Profundidade (cm)			
	0-40	40-80	80-120	120-160
1	60,9	56,5	54,4	47,5
2	50,4	47,4	48,7	49,4
3	53,8	57,3	55,7	54,4

Continua

Continuação

Tabela 7 - Comparação dos teores de Pb entre profundidades para um mesmo ponto em solos coletados no Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

<b>Pb (mg kg<sup>-1</sup>)*</b>				
<b>Profundidade (cm)</b>				
<b>Pontos</b>	<b>0-40</b>	<b>40-80</b>	<b>80-120</b>	<b>120-160</b>
4	35,7	48,9	46,1	35,6
5	41,0	38,1	46,2	44,6
6	37,9	47,8	51,2	..
7	29,5	39,9	23,4	48,1
8	44,9	26,8	46,7	46,6
9	36,6	42,6	..	..
10	34,0	43,9	47,2	..
11	50,3	51,6	45,5	..
12	45,2	46,1	51,8	..
13	54,8	52,2	50,8	..
14	51,9	59,0	39,2	..
15	45,2	39,7	59,9	65,0
T1	47,9	56,9	..	..
T2	69,7	59,3	..	..

\*Dados não significativos a 5%

Fonte: produção do próprio autor.

Ao contrário dos elementos supracitados, há diferença estatística entre pontos para Ni. Os pontos 2 e 4 apresentam os maiores teores de Ni em todas as profundidades (Tabela 4 e Gráfico 1), o que pode indicar contaminação pela atividade

antrópica, porém não se pode afirmar que se deve a atividade de sepultamento como o reportado nos trabalhos de Spongberg e Becks, (2000), Jonker e Oliviere, (2012) e Barros, et al, (2008), os quais relatam incremento de Ni apenas na camada de solo que recebe o sepultamento.

O ponto 9 apresenta diferença entre a superfície 35,01 mg kg<sup>-1</sup> e a profundidade de sepultamento 55,23 mg kg<sup>-1</sup> (Tabela 8 e Gráfico 1). Nesse local, percebeu-se a inumação mais superficial que nos outros pontos. Isso pode ser relacionado ao relevo do cemitério, que em especial nesse ponto é acentuado, com afloramento da rocha, o que ter contribuído para movimento em subsuperfície do necrochorume ou ficar por algum tempo estagnado nesse local.

A Resolução N° 420, de 28 de dezembro de 2009 do CONAMA, dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Essa resolução aponta como valor de prevenção para o Ni 30 mg kg<sup>-1</sup>, os teores nos pontos 2, 3, 4, 8 encontram-se acima dos valores de prevenção. Os teores de Ni na camada de 0-40 cm encontram-se acima do estabelecido pela resolução, representam risco aos visitantes do cemitério, pois podem contaminar-se com partículas dispersas na atmosfera através da respiração, contato manual em sepulturas, solo etc. E em subsuperfície há risco de lixiviação para águas subterrâneas. Os pontos 2,3,4 e 8 encontram-se nas menores cotas o que pode indicar lixiviação dos pontos superiores.

O teor de Ni nos pontos 1, 7, 10, 11, 12 (Tabela 1 e Gráfico 1) estão abaixo do valor de prevenção (supracitado). Isso pode ser explicado porque o ponto 1 é um aterro jovem (menos de cinco anos), não há sepulturas construídas nesse local, apesar de encontrar vazamento de necrochorume em alguns pontos, pois está no ponto mais baixo do terreno. Os pontos 10, 11 e 12 estão na parte mais jovem do cemitério, e as sepulturas são mais simples. Talvez pela menor condição financeira as urnas sejam mais simples, com menos adornos (alças, vernizes) e assim lixiviando menos poluentes.

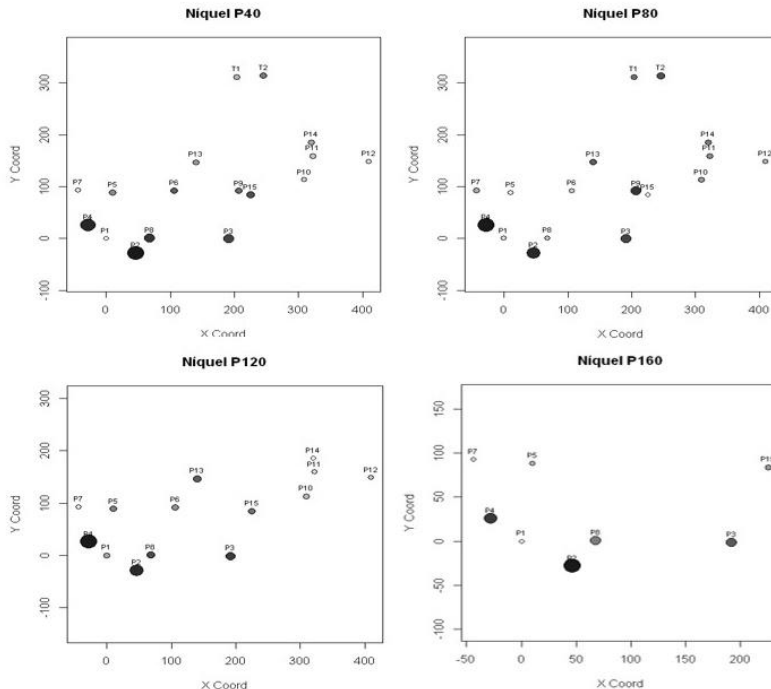
Tabela 8 - Comparação entre profundidades para um mesmo pontoem solos coletados no Cemitério da Penha (pontos 1 a 15) e testemunhas (T1 e T2).

Ni mg kg <sup>-1</sup>				
Profundidade (cm)				
Pontos	0-40	40-80	80-120	120-160
1	23,00 a	23,49 a	28,88 a	28,41 a
2	78,81a	72,55a	69,04a	69,34a
3	47,615a	51,98a	47,53a	49,01a
4	72,51b	91,22a	81,97ab	55,51c
5	33,48a	22,61a	32,10a	31,50a
6	35,02a	24,84a	31,87a	..
7	26,31a	27,38a	24,735a	28,78a
8	49,16a	25,02b	39,19ab	47,28a
9	35,01a	55,23b	..	..
10	26,77a	27,64a	28,52a	..
11	28,77a	27,92a	26,64a	..
12	26,43a	26,42a	26,68a	..
13	31,49a	33,19a	35,95a	..
14	30,61a	29,92a	22,16a	..
15	36,12a	20,43b	35,76ab	32,11ab
T1	29,52a	31,02a	..	..
T2	34,68a	37,62a	..	..

Fonte: produção do próprio autor.



Gráfico 1 - Gráfico de coordenadas expressando a distribuição espacial dos teores de Ni nas profundidades 40, 80, 120 e 160 cm no território do Cemitério Municipal Nossa Senhora da Penha, Lages - SC. Quanto maior e mais escuro o círculo maior o teor de Ni encontrado.



Fonte: Produção do próprio autor.

Esse separarmos o terreno da necrópole por épocas de ocupação observa-se que Os pontos 13 e 14 se localizam nas cotas mais altas do cemitério e na faixa mais jovem, e o comportamento similar ao da superfície (0-40cm). Os pontos 6, 7, 8, 10, 12, formam um grupo, entre a parte mais velha e mais jovem, no centro do cemitério, apresentando menores concentrações de Ni em relação aos demais, para a profundidade de 80 cm. Em 120 cm, 2, 4, 6, apresentam maiores concentrações, e percebe-se que quanto mais baixa a cota do

relevo do cemitério maior es são as concentrações de Ni. Ponto 4 e 2 possui altas concentrações desde a superfície até 160 cm, sendo a parte mais baixa e velha do território.

## 7 CONCLUSÕES

1) Os teores médios de Cd, Cr, Cu, Pb, e Zn obtidos para testemunha são superiores ou iguais aos encontrados no solo da necrópole

2) Não houve diferença estatística para teores de Cd, Cr, Cu, Pb em profundidade, com exceção do Ni. Para Ni alguns pontos na camada de 0-40 cm apresentaram teores acima do recomendado pela resolução CONAMA 420/2009 como valor de prevenção.

3) Caracterização dos solos indica que em alguns pontos os teores de argila não são satisfatórios para a atividade, e que mineral predominante é a caulinita determinando CTC efetiva baixa.

## REFERÊNCIAS

ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. 2ª ed. Springer. 1994.

BARROS, Y. J., MELO, V. d., ZANELLO, S., ROMANÓ, E. N., e LUCIANO, P. R. **Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal de Santa Cândida, Curitiba (PR)**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 2008. p. 1763-1773.

BERTOL, I. **Índice de erosividade (EI30) para Lages (SC) – 1ª aproximação**. Pesquisa Agropecuária Brasileira 28:, pp. 515-521. 1993

BOUYOUCOS, G.J. **The hydrometer as a new method for mechanical analysis of soils**. Soil Science, New Brunswick, v. 23, n. 5, p. 343–352, Jan./June 1927.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 335, de 03 de abril de 2003**. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2003. Disponível em: <http://www.aguaseguas.ufjf.br>. Acesso em: 01 de maio de 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 368, de 28 de março de 2006**. Altera dispositivos da Resolução n o 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. 2006. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br>. Acesso em: 01 de maio de 2012.

BROWN, G.; BRINDLEY, G.W. X-ray Diffraction Procedures for clay mineral Identification In: BRINDLEY, G.W; BROWN, G. London: Mineralogical Society, 1980 chapter 5, p. 305-360.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Manual de**

**Gerenciamentode Áreas Contaminadas.** Programa CETESB/GTZ. São Paulo, 2001. 385p.

DUFFUS, J. H. **“Heavy metals” — a Meaningless Term?** Pure and Applied Chemistry, 74, p. 793-807.2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo.** Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, (Rio de Janeiro, RJ). Rio de Janeiro, RJ, 1979.

FATMA, **Instrução normativa n. 52 de maio de 2010.**

Disponível em [www.fatma.sc.gov.br](http://www.fatma.sc.gov.br). Acesso em: 01 de maio de 2012.

FISHER, G. J., CROUKAMP, L. **Ground Water Contamination and it's Consequences, Resulting from the Indiscriminate Placing of Cemeteries in the Third World Context.** Conference Africa Needs Groundwater.1993,

GRAY, D.A., MATHER, J.D., HARRISON, J.B. **Review of groundwater pollution from waste disposal sites in England and Wales with provisional guidelines for future site selection.** The Quarterly Journal of Engineering Geology 7, 181–196. . 1974.

HUGEN, C. **Valores de referência para teores de Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos do Estado de Santa Catarina.** Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC: UDESC, 2010. 70 f.

JACSKON, M. L. Soil chemical analysis: advance Course. 29. ed. Madison, 895 p. 1975.

JONKER , C., e OLIVIER, J. **Mineral contamination from cemetery soils: case study of Zandfontein Cemetery, South Africa.**International Journal of Environmental Research and Public Health, p. 511-520. 2012.

KABATA-PENDIAS, A. **Trace elements in soils and plants – 4<sup>a</sup>** ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group.Florida: CRC Press, 2011. 315p.

KAMAL, S., e HASSAN, M. **Metal concentrations and distribution in the household, stairs and entryway dust of some Egyptian homes.** Atmospheric Environment, 54, p. 207-215. 2012

KÖPPEN, W. G. (1928). **Klimate der Erde.** Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 cm x 200 cm. 1928

LAIDLAW, M. M. **Seasonality and children's blood lead levels: developing a predictive model using climatic variables and blood lead data from Indianapolis, Indiana, Syracuse, New York, and New Orleans, Louisiana (USA).** Environmental Health Perspectives, 113, p. 793-800. 2005

MAJGIER, L., & RAHMONOV, O. **Selected chemical properties of necrosols from the abandoned cemeteries slabowo and szymonka (great mazurian lakes district).** Bulletin of Geography – Physical Geography Series, 43-55. 2012.

MATOS, B. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismo no aquífero freático do Cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo.** Tese de Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia. São Paulo, São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. p.113. 2001.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry of soils.** New York, Oxford, 406p. 1994.

MOURA, M. C., LOPES, A. N., MOITA, G. C., & NETO, J. M. **Estudo multivariado de solos urbanos da cidade de Teresina.** Química Nova, 29, p. 429-435. 2006.

NORTHERN IRELAND ENVIRONMENT AGENCY (NIEA) **Cemeteries, burials & the water environment - Guidance Notes.** Disponível em

[www.ni-environment.gov.uk](http://www.ni-environment.gov.uk). p.12. 2002,

OLIVEIRA, R. C., & MARINS, R. V. **Dinâmica de metais-traço em solo e ambiente sedimentar estuarino como um fator determinante no aporte desses contaminantes para o ambiente aquático: revisão.** Revista Virtual de Química, 3, 88-102. 2011.

PACHECO, A., MENDES, J. M., MARTINS, T., HASSUDA, S., E KIMMELMANN, A. A. **Cemeteries - a potencial risk to groundwater.** Water Science and Technology, 24, pp. 97-104. 1991.

PELOZATO, M. **Valores de referência de cádmio, cobre, manganês e zinco para solos de Santa Catarina,** Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages: UDESC, 2008. 70 f.

RODRIGUES, L., & PACHECO, A. **Groundwater contamination from cemeteries cases of study.** Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union, p. 1-6. 2003.

SANTARSIERO, A., CUTILLI, D., CAPPIELLO, G., e MINELLI, L. **Environmental and legislative aspects concerning existing and new cemetery planning.** Microchemical Journal, 67, p.141-145. 2010.

SANTOS, P. G. **Capacidade de uso do solo em microbacia hidrográfica determinada com o auxílio de geoprocessamento.** Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC. 111 f. 2010.

SBCS. **Química e Mineralogia do Solo Parte II – Aplicações.** 1.ed., vol. II. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2009.

SCHRAPS, W.G., Die **Bedeutung der Filtereigenschaften des Bodens für die Anlage von Friedhofen. Mitteilungen** Deutsche Bodenkundl. Gesellschaft 16, 225–229. 1972.

SILVA, L. **Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres.**Congresso Latino Americano de Hidrologia Subterrânea, 2, p. 667-681. Montevideo. 1998.

SILVA, L. M. **Os cemitérios na problemática ambiental.** SINCESP & ACEMBRA: Seminário Nacional “Cemitérios e Meio Ambiente”. São Paulo. 1995.

SILVA, R. W., e FILHO, W. M. **Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas.**Revista Brasileira de Ciências Ambientais, pp. 26-35. 2008.

SINCEP - Sindicato dos Cemitérios e Crematórios Particulares do Brasil. Acesso em 29 de 04 de 2013. Disponível em <http://www.sincep.com.br/?key=aeb3135b436aa55373822c010763dd54>

SOBOCKÁ, J. **Urban soils vs. anthropogenic soils, their characteristics and functions.**Phytopedon, 2, p. 76-80. 2003.

SOBOCKÁ, J. **Necrosol as a new anthropogenic soil type.** Soil Anthropization VIII, Bratislava, Slovakia, September 28 – 30, p. 109-113. 2004

SPONGBERG, A. L., e BECKS, P. M. **Inorganic Soil Contamination From Cemeteries Leached.** Water, Air, and Soil Pollution, 313-327. 2000.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2.ed. 147p. 1995.

ÜÇISIK, A. S., e RUSHBROOK, P. **The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory**



**briefing.** Denmark: Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 11 p. 1998.

WAISBERG, M., JOSEPH, P., HALE, B., e BEYERSMANN, D.  
**Molecular and cellular mechanisms of cadmium carcinogenesis.** Toxicology, 192, p. 95-117. 2003.

WHITTING, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-ray diffraction techniques. In: KLUTE, A. (ed.). Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods. Madison, Soil Sci. Soc of Am., p.331 - 359. 1986.

ZHOU, H.; YANG, Y. On **Ecological Construction of the Urban Gardem Cemeteries in China.** Chinese Journal of Ecology, v.17 3: p. 73-76, 1998.

ŻYCHOWSKI, J., LACH, J., KOLBER, M., **Właściwości fizyczno-chemiczne wód podziemnych nekropolii Polski południowo-schodniej.** In: Burchard, J. (Ed.), Stan antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce, I. Uniwersytet Łódzki, Łódź pp. 249–261. 2000.

ŻYCHOWSKI, J., Geological aspects of decomposition of corpses in mass graves from WW1 and 2, located in SE Poland. Environmental Earth Sciences 64 (2), 437–448. 2011.

ŻYCHOWSKI, J., **Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review.** Catena 93, 29–37. 2012.