



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ
CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DIEGO CONTIERO DA SILVA

POTENCIAL POLUIDOR DE CEMITÉRIO

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2016

Silva, Diego Contiero da
S579p Potencial poluidor de cemitério / Diego Contiero da Silva. – Bandeirantes,
2016.
79 f. ilustr.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Teresinha Esteves da Silveira Reis.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel, 2016.

Banca: Dr^a. Teresinha Esteves da Silveira Reis, Dr. Luiz Carlos
Reis, Dr^a. Sonia Maria Nobre Gimenez. Suplentes: Dr. Hatiro Tashima,
Dr. Armando Castello Branco Junior.

1. Necrochorume. 2. Contaminação ambiental. 3. Necrópolis. 4.
Metais pesados. 5. Águas subterrâneas. I. Universidade Estadual do Norte
do Paraná. II. Título.

CDD - 363.7

DIEGO CONTIERO DA SILVA

POTENCIAL POLUIDOR DE CEMITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientadora: Profa. Dr.^a Teresinha Esteves da Silveira Reis

BANDEIRANTES, PR, BRASIL
2016

DIEGO CONTIERO DA SILVA

POTENCIAL POLUIDOR DE CEMITÉRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*.

Aprovada em: 29/03/2016

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. ^a Dra. Teresinha Esteves da Silveira Reis	UENP
Prof. Dr. Luiz Carlos Reis	UENP
Prof. Dra. Sonia Maria Nobre Gimenez	ACESF
Prof. Dr. Hatiro Tashima	UENP
Prof. Dr. Armando Castello Branco Jr.	FIB

Prof.^a Dr.^a Teresinha Esteves da Silveira
Reis
Orientadora
Universidade Estadual do Norte do Paraná,
Campus Luiz Meneghel

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente minha mãe Maria Luiza e meu pai Luiz Antonio pela criação que me foi dada, pelo apoio incondicional e por sempre estarem presentes.

Agradeço minha orientadora Prof.^a Dr.^a Teresinha Reis por estar comigo trabalhando esse tema tão vasto para estudos desde minha graduação e sempre apoiando, ensinando e aprendendo junto nessa empreitada acadêmica.

Ao Prof. Dr. Luis Carlos Reis pelo apoio, dicas, conselhos, elaboração de mapas e acesso a ferramentas que foram fundamentais para a conclusão desse trabalho.

À minha noiva Carol Benetti pelo apoio incondicional, amor sem limites e compreensão nos períodos que necessitaram distância. Te amo demais meu amor! Essa conquista também é sua.

Ao amigo Rafael Alvim que auxiliou na execução desse trabalho com mão de obra, conselhos, correções e muitas risadas. Sem esse apoio, seria muito mais difícil a elaboração deste. Gratidão sempre caro amigo!

Ao amigo Jean Guerino pela elaboração de imagens no photoshop que foram importantes nesse trabalho.

Ao Núcleo de Estudos de Agroecologia e Territórios (NEAT) na figura de seu coordenador, Prof. Dr. Rogério Macedo por fornecer o melhor ambiente de trabalho que tive na minha vida profissional.

E a todos que influenciaram positivamente para que esse trabalho fosse finalizado.

**“A ciência trabalha na fronteira entre
conhecimento e ignorância.
Não temos medo de admitir o que não
sabemos, não há vergonha nisso.
A única vergonha é fingir que temos
todas as respostas.”
(Neil Degrasse Tyson)**

SILVA, Diego Contiero da. **Potencial poluidor de cemitério**. 2015. 61p. Dissertação de Mestrado em Agronomia - Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Menghel*, Bandeirantes, 2015.

RESUMO

Os cemitérios são fontes potenciais de impactos ambientais, principalmente quanto ao risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por microorganismos que proliferam durante os processos de decomposição dos corpos além das substâncias químicas liberadas. Esta água contaminada, por sua vez, freqüentemente acaba sendo utilizada pelas populações vizinhas às necrópoles. O principal contaminante proveniente dos cemitérios é o necrochorume. Com o objetivo de avaliar o potencial poluidor do cemitério municipal de Bandeirantes/PR nas águas subterrâneas e no solo, foram abertos poços de coleta na área do cemitério e em uma área externa a 30 metros do local onde se coletou solo, em três profundidades diferentes, durante a abertura dos poços e água para análises. As amostras de água foram avaliadas no Laboratório do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) de Bandeirantes/PR de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde e as amostras de solo foram enviadas a um laboratório especializado para quantificação de metais pesados. As amostras de água tiveram os parâmetros microbiológicos acima dos padrões de potabilidade e as amostras de solo apresentaram valores de cobre, cromo e níquel acima dos valores de referência em diferentes profundidades.

Palavras-chave: necrochorume, contaminação ambiental, necrópolis, metais pesados, águas subterrâneas

SILVA, Diego Contiero da. **Pollution Potential of cemetery**. 2015. 61p. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2015.

ABSTRACT

Cemeteries are potential sources of environmental impacts, principally for the risk of contamination of groundwater and surface water by microorganisms proliferate during decomposition process of bodies and chemical substances released. Contaminated water may be used by neighborhood population. Major contaminant from cemeteries is leachate. With the objective to evaluate pollution potential of municipal cemetery of Bandeirantes/PR in groundwater and soil, samples wells were drilled in cemetery area and in an external area 30 meters away. Soil samples were collected during the samples wells drilling in three different depths and water for analysis. Water samples were evaluated in SAAE laboratory in Bandeirantes/PR, according to the water potability standards from ordinance 2.914/2011 of Ministry of Health and soil samples were sent to the soil laboratory to quantify heavy metal levels. Water samples had microbiological parameters above potability standards and soil samples had copper, chrome and nickel values above the references standards in different depths.

Key-words: leachate, environmental contamination, necropolis, heavy metals, groundwater



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Cemitérios	3
2.1.1 Tipos de Sepultamentos.....	6
2.2 Contaminantes oriundos dos cemitérios.....	7
2.2.1 Necrochorume	7
2.2.2 Substâncias químicas não orgânicas	9
2.2.3 Processos transformativos em cadáveres	10
2.2.4.Fenômenos transformativos destrutivos.....	11
2.2.4.1 Período de Coloração.....	12
2.2.4.2 Período Gasoso.....	12
2.2.4.3 Período Coliquativo	12
2.2.4.4 Período de Esqueletização.....	13
2.2.5. Fenômenos transformativos conservadores.....	13
2.2.5.1 Mumificação	14
2.2.5.2 Saponificação	14
2.3 Potencial de Poluição	15
2.3.1 Poluição das águas	16
2.3.2 Poluição do solo	18
2.4 Legislação.....	20
3 ARTIGO A: AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE UM CEMITÉRIO	22
3.1 Resumo e Abstract.....	22
3.2 Introdução.....	23
3.3 Material e Métodos	25
3.3.1 Caracterização do Município	25
3.3.2 Caracterização da área de estudo.....	27
3.3.3 Poços de coleta	28
3.3.4 Coleta e análise de água	30
3.4 Resultados parciais	31
3.5 Conclusões.....	35



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4 ARTIGO B: METAIS PESADOS E SUA DISPERSÃO NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE BANDEIRANTES-PR.....	36
4.1 Resumo e Abstract	36
4.2 Introdução	38
4.3 Material e Métodos	39
4.3.1 Caracterização do Município.....	39
4.3.2 Caracterização da área de estudo.....	42
4.3.3 Pontos de coleta.....	42
4.3.4 Amostras e análise de solo	44
4.3.5 Análise da dispersão dos contaminantes na área.....	45
4.4 Resultados e Discussão.....	46
4.4.1 Cobre.....	47
4.4.2 Cromo.....	51
4.4.3 Níquel.....	56
4.5 Conclusões.....	60
5 CONCLUSÕES GERAIS.....	61
REFERÊNCIAS.....	62



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

1. INTRODUÇÃO

A prática de sepultamento dos cadáveres iniciou-se aproximadamente há 100 mil anos a.C. (antes de Cristo), com sepulturas construídas no solo, no interior de grutas, sendo que os principais cemitérios com sepulturas agrupadas surgiram a partir de dez mil anos a.C. (Pacheco, 2000).

Ao longo do tempo, os métodos de sepultamento foram se modificando principalmente por influências religiosas, como se observa nos cemitérios atuais, que antes afastados das cidades, pelo crescimento demográfico acelerado e falta de projetos de urbanização, acabam dentro dos espaços urbanos.

Grande parte da sociedade ocidental tem a morte como um evento perturbador para as pessoas, sendo objeto de diversas publicações. A atividade cemiterial, um tópico controverso, e que pode causar possíveis danos ao meio ambiente e à saúde pública, necessita de mais publicações científicas, o que torna o assunto abrangente e com necessidade de abordagem interdisciplinar (Campos, 2007).

A ciência não se compadece com tabus, objetiva a busca do conhecimento e da verdade, razão pela qual a questão sobre cemitérios precisa ser conhecida nos seus diferentes aspectos, principalmente, naqueles que o cadáver humano possa ser causa de alterações ambientais e pôr em risco a saúde dos vivos (Pacheco, 2000).

O cadáver humano é um ambiente propício para o desenvolvimento de patógenos, micro-organismos, artrópodes entre outros que podem colocar em risco a saúde humana e o meio ambiente (Matos, 2001).

Agricultura, indústria e aterros sanitários são comumente vistos como as maiores causas antropogênicas de contaminação ambiental. Pouca atenção tem sido dada aos cemitérios como possíveis causadores de poluição (Jonker e Olivier, 2012).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

É necessário que os cemitérios sejam considerados como locais que necessitam de metodologias técnico-científicas na sua implantação, condução e monitoramento pois são locais que podem ter um potencial poluidor muito grande por serem repositórios de corpos (Matos, 2001).

Essas áreas são fontes potenciais de impactos ambientais, principalmente quanto ao risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Esta água contaminada, por sua vez, frequentemente acaba sendo utilizada pelas populações vizinhas às necrópoles (FUNASA, 2007).

As pesquisas modernas apontam dois tipos de impactos que as necrópoles tem sobre o meio ambiente em curto e longo prazo a saber. Nos solos ocorre ptomaína (alcaloides tóxicos da decomposição dos corpos) e vários elementos químicos (Spongberg e Becks, 2000a, 2000b; Forbes, 2002; Żychowski, 2012), nas águas subterrâneas, o impacto é associado com altas concentrações de bactérias intestinais (Knight e Dent, 1998; Matos, 2001), íons (Knight e Dent, 1995; Pacheco et al., 1991), aminoácidos e outros compostos orgânicos e gases como fosfina (PH_3), difosfina (P_2H_4) e etileno (C_2H_4) no ar (Żychowski, 2012).

Existem legislações que regulam a implantação de cemitérios no Brasil e no estado do Paraná, sendo que é uma realidade nacional que muitas necrópoles estão fora dos padrões legais por fatores econômicos, religiosos e sociais.

O objetivo desse estudo é avaliar o potencial poluidor do cemitério municipal de Bandeirantes - PR na água subterrânea e no solo.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cemitérios:

A palavra cemitério do grego *koimetérion*, “dormitório”, do latim *coemeteriu*, designava, a princípio, o lugar onde se dorme, quarto, dormitório e sob a influência do cristianismo, o termo tomou o sentido de campo de descanso após a morte sendo que o cemitério também é conhecido como necrópole, sepulcrário, campo-santo e vários eufemismos, como a “última morada” (Campos, 2007).

Os cemitérios de cadáveres humanos são monumentos à memória daqueles que morreram e que os vivos fazem questão de perpetuar e conseqüentemente, ao longo do tempo, este tipo de construção adquiriu a condição de inviolabilidade no que tange à pesquisa científica nos seus diferentes aspectos, mas, entretanto, sociólogos, antropólogos, folcloristas e outros têm dado excelentes contribuições para melhor conhecimento dos hábitos, costumes e práticas funerárias (Matos, 2001).

Segundo Pacheco (2000) cita que os cemitérios nada mais são do que depósitos de corpos humanos, que necessitam de destinação correta, pois a degradação dos mesmos pode se constituir em focos de contaminação.

Os cemitérios já tiveram diversas disposições através dos tempos, sendo sempre relacionados com a cultura e tradições religiosas envolvidas. Na Europa, em 5000 a.C., os megálitos (figura 1.1) eram um tipo de cemitério de diversas práticas de sepultamento como a inumação, mumificação e armazenamento do corpo em potes (Campos, 2007).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053



Figura 1.1 – Foto dos Megálitos na Inglaterra.

Em 3000 a.C., os egípcios primeiramente sepultavam seus mortos em covas rasas próximas ao rio Nilo, mas, com as cheias, os corpos eram desenterrados. Isso foi motivo de preocupação e fez com que as autoridades da época decretassem que as sepulturas deveriam ser protegidas com tijolos, gesso e outros materiais. Com a transformação na sociedade egípcia surge as pirâmides (figura 1.2) para sepultar seus faraós e no entorno dessas construções surgem as necrópoles das pessoas das classes sociais menores (Campos, 2007).



Figura 1.2 – Foto das Pirâmides no Egito.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Na Roma antiga, o embalsamento e a incineração dos corpos eram as práticas funerárias mais comuns. A inumação virou prática recorrente com o crescimento do Cristianismo, onde os corpos eram sepultados em catacumbas que eram galerias subterrâneas com câmaras ou tumbas que ficavam ao longo das galerias. Essas tumbas tinham capacidade para um a três corpos que ficavam envoltos em mantas (Campos, 2007).

A igreja definiu como prática obrigatória a inumação surgindo os primeiros cemitérios cristãos. Nessa época, no século I, os sepultamentos eram feitos longe das cidades por razões higiênicas descritas nas leis romanas (Campos, 2007).

Entre a Idade Média e o século XVIII, os sepultamentos voltaram a ocorrer em cemitérios dentro de vilas e cidades. Aconteciam dentro das igrejas, mosteiros ou conventos e nas suas imediações, sendo os corpos sepultados direto no solo ou em sarcófagos de pedra dependendo das condições sociais, econômicas ou políticas (Pacheco, 2000; Rezende, 2004; Campos, 2007).

O local de enterro dos corpos dentro das igrejas dependia da quantidade de doações feitas pelo morto para o corpo eclesiástico, podendo ocorrer no altar, corredores, pátio entre outros locais. Quem não possuía condições financeiras era enterrado na beira de estradas e campos afastados (Pacheco, 2000; Rezende, 2004; Campos, 2007).

No século XVIII, com a teoria dos miasmas surgindo na medicina da época, os sepultamentos nas igrejas voltaram a ser proibidos. Os médicos acreditavam que a matéria orgânica em decomposição, inclusive a dos cadáveres, em contato com os elementos naturais poderia produzir os miasmas ou vapores tóxicos para a saúde (Pacheco, 2000; Silva, 2000; Campos, 2007).

A influência portuguesa no Brasil trouxe os sepultamentos no interior das igrejas e entornos. Os médicos, no fim do século XVIII, defendiam os cemitérios em locais distantes das cidades, bem arejados, longe de fontes de água e que os ventos não passassem por eles e fossem para as cidades. Os cemitérios campais



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

longe das cidades surgiram por um decreto imperial em 1828, entrando em vigor em 1836 após uma revolta da população de Salvador na Bahia por contrariar essa lei, ficando essa revolta conhecida como “Cemiterada” (Pacheco, 2000; Rezende, 2004; Campos, 2007).

Nesse cenário da época, muitos cemitérios campais apareceram no Brasil. Como exemplo, o Cemitério da Consolação no Estado de São Paulo que inicialmente era em um local afastado e, pela urbanização descontrolada, acabou sendo envolvido pela cidade, um cenário muito comum nos municípios brasileiros (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

A construção de cemitérios nas proximidades de bairros e comunidades ocorre, além dos fatores culturais e religiosos, pela pressão demográfica, valorização de terrenos e capitalização da urbanização (Üçisik e Rushbrook, 1998; Rezende, 2004; Campos, 2007).

Na legislação brasileira, O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) na resolução n.º 335/2003, no seu artigo segundo fornece algumas definições de cemitérios:

I - cemitério: área destinada a sepultamentos;

a) cemitério horizontal: é aquele localizado em área descoberta compreendendo os tradicionais e o do tipo parque ou jardim;

b) cemitério parque ou jardim: é aquele predominantemente recoberto por jardins, isento de construções tumulares, e no qual as sepulturas são identificadas por uma lápide, ao nível do chão, e de pequenas dimensões;

c) cemitério vertical: é um edifício de um ou mais pavimentos dotados de compartimentos destinados a sepultamentos;

d) cemitérios de animais: cemitérios destinados a sepultamentos de animais.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

2.1.1. Tipos de sepultamentos:

Inumação é o ato de enterrar o cadáver em cova aberta e aterrada a profundidades de 1,10 a 1,50 metros, colocá-lo à superfície coberto por terra e pedras ou depositá-lo em cavidade ou caixa devidamente resguardada. É um processo muito comum nos cemitérios de periferia e de pequenas cidades interioranas. No entanto, utiliza-se este termo para definir toda forma de sepultamento, independentemente do tipo de cemitério utilizado (Campos, 2007).

Tumulação é quando se sepulta os corpos em gavetas ou carneiras, feitas em cimento e concreto que podem ser parcialmente subterrâneas ou completamente subterrâneas, com uma profundidade máxima de cinco metros. Nesse local é colocado o caixão e lacrado depois com os procedimentos corretos (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2. Contaminantes oriundos dos cemitérios:

A forma como são construídos os cemitérios os tornam ambientes propícios para que ocorra contaminação do solo, aquíferos e outras fontes passíveis de poluição. Tudo que é sepultado, ou seja, caixão, flores e o corpo da pessoa ou animal entrará em decomposição gerando resíduos que podem contaminar o ambiente em que se encontram.

Os corpos humanos enterrados podem ter acumulado substâncias e objetos no seu período de vida advindos de tratamentos de saúde, hábitos alimentares e inalação de substâncias (obturações dentárias, próteses de articulações, marca-passos) (Berryman et al., 1997).

Quando os cadáveres e o conteúdo dos túmulos iniciam a sua decomposição, os contaminantes são lançados no meio ambiente. Como por exemplo, componentes gasosos como CO, CO₂, CH₄ e componentes líquidos como a



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

cadaverina e a putrescina que são tipos de aminas biogênicas com poder contaminante (Fiedler et al., 2004).

2.2.1 Necrochorume

O corpo humano médio de 70 kg é composto por 16.000 g de carbono, 1.800g de nitrogênio, 1.100 g de cálcio, 500 g de fósforo, 140 g de enxofre, 140 g de potássio, 100 g de sódio, 95 g de cloreto, 19 g de magnésio, 4,2 g de ferro e 70 a 74% de água sendo que o da mulher situa-se entre um quarto e dois terços dos valores para o homem (Üçisik e Rushbrook, 1998; Matos, 2001).

De acordo com Pacheco et al. (1993), Marinho (1998), Silva (2000), Matos (2001) e Rezende (2004), cada corpo decomposto libera em torno de 30 a 40 litros de necrochorume, neologismo conhecido técnica e cientificamente por produto da coliquação, criado por analogia ao chorume dos resíduos orgânicos dos aterros sanitários, que logo após o seu extravasamento, passa por um processo transformativo de polimerização. O necrochorume é definido como uma solução aquosa rica em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, resultante do processo de decomposição de cadáveres nos cemitérios, com duração de seis a oito meses, ou mais, dependendo das condições ambientais, e cuja formação se inicia após a morte, no período coliquativo (após a fase gasosa).

O necrochorume se apresenta como uma substância viscosa, levemente mais densa que a água (1,23 g/cm³), cor acinzentada ou acastanhada, forte odor desagradável, 60% de água, 30% de sais minerais, 10% de substâncias orgânicas degradáveis como bactérias e vírus, aminas biogênicas como a 1,4 butanodiamina (putrescina) e 1,5 pentanodiamina (cadaverina), pH entre 5 e 9, temperatura entre 23°C e 28°C e grau variado de patogenicidade (Pacheco et al., 1993; Marinho, 1998; Silva, 2000; Matos, 2001; Rezende, 2004; Campos, 2007).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

A carga microbiológica do necrochorume ainda é objeto de diversos estudos e seguindo o seu padrão químico é evidente que sejam encontrados altos índices de bactérias heterotróficas, proteolíticas e lipolíticas (Ottman, 1987; Matos, 2001).

Deverão ser encontradas bactérias que são normalmente excretadas por humanos (e animais), como *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Klebsiella* e *Citrobacter* (as quatro formam o grupo coliforme total), *Streptococcus faecalis*; alguns clostrídios como *Clostridium perfringens* e *Clostridium welchii*, entre outros. É provável que estejam presentes bactérias patogênicas, como *Salmonella typhi* e vírus humanos, como enterovírus. Biólogos são de opinião que o perigo do necrochorume está na sua patogenicidade (Ottman, 1987).

Uma amostragem de água subterrânea que apresente baixo índice de indicadores de poluição fecal (Termotolerantes), porém com maior número de bactérias anaeróbias (clostrídios sulfitos-redutores - CSR) demonstram uma provável contaminação oriunda das covas. O alto número de bactérias que digerem lipídios (lipolíticas) e que digerem proteínas (proteolíticas) em amostras de solo pode indicar a percolação do necrochorume na zona não saturada do solo (Enetério, 2009).

2.2.2 Substâncias químicas não orgânicas:

O processo de embalsamento dos corpos está relacionado a um alto índice de arsênico e formaldeído que são utilizados nessa prática (Fiedler et al., 2012). Os caixões utilizados nos sepultamentos são feitos de madeira tratada com materiais conservantes como cloreto de polivinila, creosoto ou inseticidas (Mininni et al., 2007). Os adornos metálicos do caixão podem conter metais pesados e óxidos metálicos como Ti, Cr, Cd, Pb, Fe, Mn, Ni entre outros que podem lixiviar (Silva; Filho, 2009). As roupas que são usadas na vestimenta do cadáver e revestimento do caixão podem



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

ser feitas com poliéster pouco degradável e também são tratados com produtos químicos (Williams et al., 2009).

Existem muitos tipos de substâncias químicas que são utilizadas normalmente e historicamente na embalsamação, tanatopraxia (prática de preparação dos corpos) e na construção de caixões funerários, entre elas estão a laca, substâncias de tingimento, colas, ferro e zinco, em alguns destes produtos possuem em sua composição metais pesados (Barros et al., 2008).

Silva (1999) destacou que o formol utilizado na embalsamação, quase sempre é superdosado, pois as funerárias têm procedimentos próprios (ainda não normatizados). Chegando a usar soluções de formaldeído com concentrações superiores a 30%. Nestas substâncias estão incluídos: formaldeído, metanol, arsênico, solventes e vários metais pesados. Formaldeído e metanol correspondem à maior porcentagem de substâncias químicas usadas em embalsamações durante os últimos 90 anos e arsênico foi comumente usado no início do século.

Concentrações elevadas de Cr, Cu, Pb, Ni e Zn em solos de cemitérios foram observadas e relacionadas as práticas funerárias após coletas de solo em áreas dentro e fora do cemitério por Spongberg e Becks (2000b).

2.2.3 Processos transformativos em cadáveres

Para melhor entendimento de como corpos enterrados podem gerar contaminantes, faz-se necessário entender os processos transformativos que o corpo sofre depois de sepultado.

No seu período de vida, o corpo humano fica em homeostase com o ambiente em seu entorno, mas com a morte e o sepultamento, o cadáver inicia um processo de transformação em que os tecidos moles são destruídos por bactérias e enzimas que degradam matéria orgânica. Nesse processo, ocorre a liberação de gases, líquidos e sais que entram em contato com o meio ou alguma situação adversa



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

ocorre que impede a decomposição da matéria orgânica. Os corpos estão sujeitos aos efeitos da decomposição sejam eles transformativos ou conservativos (Pacheco, 2000; Matos, 2001; Campos, 2007).

Cemitérios mal implantados geológica e hidrogeologicamente e mal operados técnica e sanitariamente, além dos fatores ambientais como temperatura, umidade, ventilação e tipo de solo influenciam a aceleração ou retardamento dos fenômenos transformativos (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

- as temperaturas mais favoráveis para a transformação e a atividade microbiológica estão em torno de 25 a 35°C, pois altas temperaturas influenciam a evaporação da água contida no corpo e as fermentações, diferentemente das baixas temperaturas, que podem retardar a putrefação;

- a umidade influencia na degradação da matéria orgânica e sobrevivência de microrganismos, sendo que o excesso ou a escassez de água prejudica e retarda a putrefação, ocasionando os fenômenos conservadores;

- a ventilação acelera o processo de decomposição, por permitir a ação de microrganismos e organismos aeróbios, sendo que ela é mais rápida nos sepultamentos por inumação do que nos por tumulação, que isola o cadáver;

- o solo é degradador de matéria orgânica que esteja enterrada na zona não saturada. Porém a degradação é dependente das condições de permeabilidade e estrutura do solo que deve ter relação com as condições acima citadas. Como exemplo, pode-se citar o solo argiloso, que, em condições específicas, por sua baixa porosidade e impermeabilidade, dificulta a putrefação.

Algumas condições específicas são favoráveis e influenciam a decomposição, tais como, idade (recém-nascidos decompõem-se mais rápido que os adultos), constituição do corpo (indivíduos mais obesos transformam-se com mais rapidez) e causa-mortis (a putrefação é acelerada em corpos que sofreram mutilações, infecções ou estados gangrenosos).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

2.2.4 Fenômenos Transformativos Destrutivos

O fenômeno putrefativo de ordem física e química ocorre normalmente nos cemitérios, após o sepultamento do cadáver. O processo de putrefação é decorrente de fenômenos biológicos, físicos e químicos. Pode ser observado 24 horas após a morte e dura alguns meses até vários anos, dependendo da ação ambiental (Pacheco, 2000).

Caracterizada pela atuação de microrganismos, a putrefação inicia-se com bactérias endógenas intestinais saprófitas, consideradas anaeróbias, oriundas do cadáver e do meio, tais como *Neisseriaceae*, *Pseudomonadaceae* e *Clostridium*. Influenciada por um conjunto de fatores inerentes e intrínsecos ao cadáver, como a idade, a composição do corpo e a causa-mortis, e por fatores extrínsecos, conhecidos por fatores ambientais, como a temperatura, a umidade, a aeração, a constituição mineralógica, a permeabilidade do solo e a presença de insetos e larvas (Pacheco, 2000; Matos, 2001).

Também a proliferação de agentes da microbiota patogênica do indivíduo se ele foi acometido de alguma doença infecciosa. Esses agentes competem por recursos com outros seres como algas, protozoários e outros microrganismos (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.4.1 Período de coloração

Fenômeno natural de transformação cadavérica, iniciado por uma mancha verde na fossa ilíaca direita, na parte inicial do intestino grosso, expande-se pelo abdômen, cabeça e membros. Essa coloração é objeto da reação do gás sulfídrico com a hemoglobina, formando a sulfometemoglobina. Este período dura até sete dias após o óbito e depende de fatores intrínsecos e extrínsecos aos cadáveres.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

É um processo mais lento nos cadáveres inumados do que nos conservados ao ar livre e mais rápido na água (Marinho, 1998; Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.4.2 Período gasoso

Nessa fase, os gases oriundos do aumento da microbiota interna do corpo aumentam e se espalham pelas cavidades. O cadáver desenvolve aspecto inchado e as paredes abdominais se rompem, causando um ruído comumente conhecido como “estouro do cadáver”. Esse processo tem duração de três semanas variando com as condições ambientais e ocorre a liberação de gases característicos da decomposição: gases sulfídrico, dióxido de carbono, amônia, fosfina, mercaptana e metano (Marinho, 1998; Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.4.3 Período coliquativo

Período em que as partes moles do cadáver se dissolvem em decorrência da ação das bactérias e toda a fauna necrófaga envolvida (insetos, microrganismos, artrópodes). Nesse momento, o cadáver se descaracteriza, perde forma e começa a liberação de necrochorume por até oito meses nas temperaturas de 18 a 25°C (Marinho, 1998; Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.4.4 Período de esqueletização

Inicia-se após a destruição da matéria orgânica ocorre a eliminação de resíduos, ligamentos e a liberação e desmonte do esqueleto. Os ossos, cabelos e dentes resistem por muitos anos, mas perdem a estrutura de forma gradual e se tornam leves, frágeis e quebradiços, pela perda de osseína e permanece somente a sua porção mineral, sob a forma de carbonato de cálcio.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Este período dura de vários meses a vários anos, e depende das condições ambientais. Nesta fase, o fósforo liberado da matéria orgânica sob a forma de fosfina reage com oxigênio atmosférico e origina o fenômeno luminoso de curta duração conhecido como fogo-fátuo. Caso seja atingido por águas ácidas, o esqueleto é destruído, enquanto que águas e solos calcários o conservam (Marinho, 1998; Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.5 Fenômenos Transformativos Conservadores

Este tipo de fenômeno ocorre de acordo com as condições ambientais e se constitui em problema para a prática de reuso de sepulturas, por ocasionarem a saturação dos espaços existentes nos cemitérios, tendo em vista que, se forem constatados fenômenos conservadores em corpos exumados, enterra-se novamente o cadáver até a sua completa decomposição. Esse processo está sujeito a cumprimento de períodos regulamentados em legislação (Campos, 2007).

Esses fenômenos atrapalham a consecução da decomposição dos corpos e a neutralização dos efluentes, prolongam a permanência dos corpos semi-decompostos e mantêm o potencial de contaminação latente, enquanto persistirem as causas. Os fenômenos destrutivos conservadores estão subdivididos em mumificação e saponificação (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.5.1 Mumificação

A mumificação é a dessecação ou desidratação dos tecidos. Aparece em condições de clima quente, seco, com correntes de ar. Existem determinados tipos de solos que propiciam a mumificação, como os arenosos das regiões desérticas. Em solos calcários, os corpos inumados podem sofrer uma fossilização incipiente, graças à substituição catiônica de sódio e potássio pelo cálcio. Assim, têm sido encontradas



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

múmias naturais, muito bem conservadas, sem ataúdes, depositadas no solo, em cavernas ou catacumbas (Matos, 2001).

A literatura mostra registros de casos de cadáveres mumificados decorrentes de uma morte por uma extensa hemorragia, ocasionando uma perda de líquidos e favorecendo esse efeito e também por intoxicações por antimônio, arsênico e estricnina, os quais inibem o crescimento da microbiota do corpo (Pacheco, 2000; Campos, 2007).

2.2.5.2 Saponificação

A decomposição dos corpos termina, em um cenário ideal, na esqueletização passado o tempo adequado para a sua decomposição. Quando ocorre alguma perturbação na decomposição, temos a formação da adipocera (Fiedler, 2003). Essa última representa a causa mais frequente de inibição das transformações pós-morte nos cadáveres sepultados (Fiedler et al., 2012).

A saponificação ou adipocera caracteriza-se pela hidrólise da gordura, com a liberação de ácidos graxos (triglicerídios), presentes no tecido adiposo, que têm acidez e se unem a minerais do organismo, tais como, cálcio e magnésio, formam sabão e inibem a ação de bactérias putrefativas, com o conseqüente retardamento a decomposição do cadáver (Campos, 2007).

O cadáver fica intacto e adquire consistência untuosa e mole, tonalidade amarelo-escura, odor de queijo rançoso e aspecto de cera ou sabão. A formação de adipocera leva a conservação dos corpos além do seu período normal de descanso e impossibilita o reuso das sepulturas (Fiedler, 2003).

Pode ocorrer em ambientes quentes, úmidos e anaeróbios, com a presença de bactérias endógenas, e em solos argilosos por sua impermeabilidade e retenção de água (Matos, 2001; Campos, 2007).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

2.3 Potencial de Poluição

Há três fatores que devem ocorrer para haver risco ambiental: a fonte de contaminação, o alvo e os caminhos que podem levar a contaminação até o alvo. Na ausência de qualquer destes fatores, considera-se que não há risco, conforme demonstrado na Figura 2.1 (Barbosa e Coelho, 2006).



Figura 2.1 - Esquema do princípio da Análise de Risco Ambiental adaptado. Fonte: Barbosa e Coelho, 2006

Os cemitérios são áreas com grande potencial de risco ambiental, pois podem gerar o processo de contaminação de águas superficiais, águas subterrâneas e o solo através da decomposição dos cadáveres que acarretam no aparecimento de seres como vírus, bactérias, protozoários, artrópodes e a liberação de substâncias químicas (Matos, 2001; Campos, 2007).

A realização de estudos hidrogeológicos para a construção de cemitérios é necessária para se conhecer qual o potencial de risco de contaminação de solos e águas subterrâneas (Campos, 2007).

O potencial de poluição também leva em conta outras questões ambientais relevantes, como a disposição dos resíduos sólidos gerados no cemitério, poluição visual por negligência aos túmulos e resíduos de construção civil. O manejo inadequado das espécies zoológicas presentes em cemitérios, como as formigas e,



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

em vários lugares, os tatus (hábitos alimentares detritívoros). Eles podem agir como vetores, uma vez que pode ocorrer contato direto entre eles e os cadáveres e a população vizinha (Matos, 2001).

2.3.1. Poluição das Águas

A questão de poluição da água é algo que já vem sendo bem discutido a muito tempo por vários pesquisadores e estudiosos tendo em vista que a água potável é um recurso finito e indispensável para a vida no planeta Terra (Dowbor e Tagnin, 2005).

Apesar de farta legislação, tanto federal como estadual, a proteção qualitativa das águas subterrâneas ainda mostra-se incipiente. Salienta-se o valor relevante dos reservatórios subterrâneos tanto do ponto de vista econômico como estratégico (Martins et al, 1991; Dowbor e Tagnin, 2005).

A maior causa da poluição comumente observada em águas subterrâneas está associada às práticas de saneamento em áreas que não dispõem de rede de esgoto, ao lançamento de efluentes líquidos industriais em corpos de água ou diretamente no solo, às práticas convencionais de cultivo agrícola e mais recentemente à presença de cemitérios (Matos, 2001; Nuvolani, 2011).

Existe uma relação intrínseca entre o cemitério e ambiente, uma vez que a decomposição dos cadáveres gera subprodutos que constituem um risco potencial, e podem afetar o solo, as águas superficiais e o aquífero freático (Silva et al., 2008).

Alguns impactos ambientais relacionados a águas subterrâneas podem ser provenientes de cemitérios, uma vez que na construção da maioria destas necrópoles não são levados em conta estudos geológicos e hidrogeológicos, estas instalações podem representar alto risco de contaminação durante a decomposição dos corpos. Inicialmente, a localização dos cemitérios ocorria, preferencialmente, em



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

áreas afastadas do centro urbano, porém hoje é possível encontrar cemitérios totalmente integrados à malha urbana ressaltando ainda mais os riscos da contaminação (Migliorini, 2002).

Pacheco (2000) e Silva (2000) enfatizam que a contaminação das águas subterrâneas nas áreas de cemitérios pode ocorrer pela ação de substâncias químicas e microrganismos que se utilizam das águas superficiais infiltradas e percoladas das chuvas como veículo para transportar o necrochorume para o subsolo. Quando o nível do lençol freático é menos profundo e tem a sua quantidade de água aumentada com a infiltração das chuvas, torna-se muito suscetível e vulnerável e pode ocorrer a inundação das sepulturas.

Dizer que um aquífero é vulnerável à poluição significa verificar sua maior ou menor susceptibilidade de ser afetado por uma carga contaminante imposta. A caracterização da vulnerabilidade do aquífero pode ser melhor expressa por meio dos seguintes fatores (Hirata; Suhogusoff, 2004):

- acessibilidade da zona saturada à penetração de poluentes;
- capacidade de atenuação, resultante de retenção físico-química ou reações de poluentes.

Estes dois fatores naturais são passíveis de interação com os elementos característicos da carga poluidora, a saber:

- modo de disposição no solo ou em sub-superfície;
- mobilidade físico-química e a persistência do poluente.

A interação destes fatores permite avaliar o grau de perigo de poluição a que um aquífero está sujeito (Hirata; Suhogusoff, 2004).

O necrochorume solúvel quando entra em contato com a água do aquífero, apresenta uma certa viscosidade e densidade, podendo formar manchas poluidoras migrantes (plumas), que irão se disseminar pelo subsolo saturado, como uma nuvem de velocidade variável, podendo atingir distâncias quilométricas a partir de sua fonte de poluição (Fineza, 2008).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

A contaminação da água e solo nas proximidades do cemitério se deve à falta de manejo adequado do empreendimento, uma vez que se fazem necessários o monitoramento e serviços de manutenção constantes (Leli et al., 2012).

2.3.2 Poluição do Solo

Segundo Silva (1999), a camada de solo reúne condições de degradar a matéria orgânica enterrada em geral em função de sua constituição mineralógica, condições intempéricas e conteúdo microbiológico. Portanto, o solo tem uma capacidade de depuração natural incontestável, em condições normais de aeração, na porção acima do nível das águas subterrâneas.

O produto de coligação proveniente dos cemitérios pode contaminar o subsolo se o meio físico local for vulnerável, o que dependerá de suas características geológicas e hidrogeológicas (Silva, 1999). O solo pode ser dividido, de modo simplificado, em duas zonas: Zona Não saturada e Zona Saturada (figura 2.2).

A zona não saturada (ou de aeração) é composta de partículas sólidas e de espaços vazios, ocupados por porções variáveis de ar e água, já a zona saturada é aquela em que a água ocupa todos os espaços. O limite entre essas zonas é definido pelo nível do lençol freático. O movimento da água tende a ser vertical na primeira de acordo com os níveis de potencial hidráulico mais elevados para o mais baixos e horizontal na segunda onde o fluxo da água continua com velocidades de percolação muito menores (Silva, Malagutti Filho, 2008).

A zona não saturada atua como um filtro, por apresentar um ambiente (solo, ar e água) favorável ao abrandamento ou eliminação de contaminantes. A eficácia na retenção de micro-organismos depende de fatores como tipo de solo, aeração, baixa umidade, teor de nutrientes e outros (Silva, Malagutti Filho, 2008).

Para reter organismos maiores, como as bactérias, o mecanismo mais importante é o de filtração, relacionado à permeabilidade do solo. Para reter vírus,



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

bem menores, e evitar que atinjam o lençol freático, é mais relevante a adsorção (adesão de moléculas de um fluido a uma superfície sólida), que depende da capacidade de troca iônica da argila e da matéria orgânica do solo (Matos, 2001; Silva, Malagutti Filho, 2008).



Figura 2.2 – Zona Não Saturada e Zona Saturada do Solo. Adaptado de Silva, Malagutti Filho, 2008.

Nos terrenos destinados à implantação de cemitérios, a espessura da zona não saturada e o tipo de material geológico são fatores determinantes para a filtragem do necrochorume (figura 2.3). A proporção de argila no solo deve ficar entre 20% e 40%, para favorecer os processos de decomposição (que dependem da presença de ar) e as condições de drenagem do produto de coliquação (Silva, Malagutti Filho, 2008).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

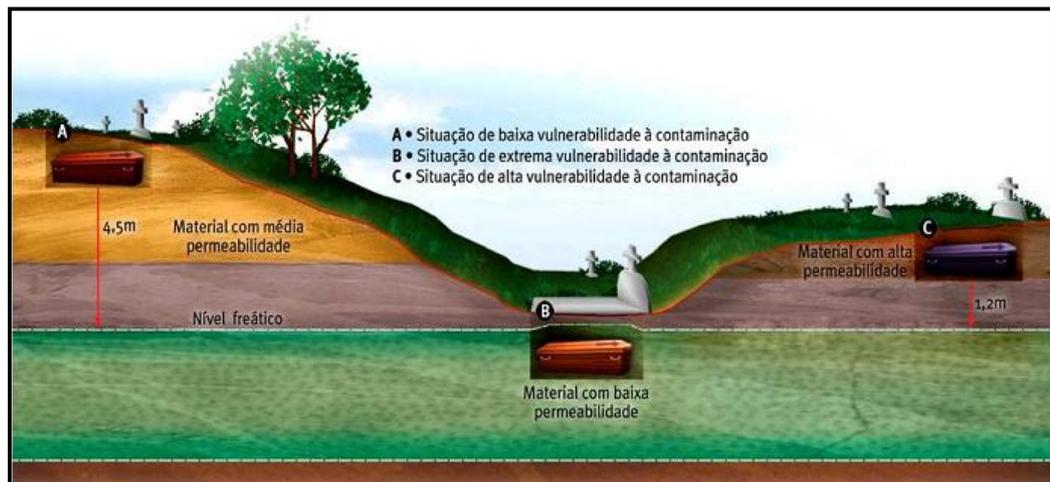


Figura 2.3 – Modelo de níveis de vulnerabilidade em cemitérios. Adaptado de Silva, Malagutti Filho, 2008.

Solos com média permeabilidade e nível freático profundo são ideais para sepultamentos, pois favorecem a putrefação e a filtragem do necrochorume, o que significa baixa vulnerabilidade de contaminação. Se o material geológico tem pouca permeabilidade e o nível freático é quase aflorante, o solo é extremamente vulnerável à contaminação, pois favorece fenômenos como a saponificação. Também podem ocorrer diversas situações intermediárias: se, por exemplo, a permeabilidade do solo for alta e o nível freático pouco profundo, a vulnerabilidade à contaminação será alta (Silva; Malagutti Filho, 2008).

2.4 Legislação

Os cemitérios não eram incluídos como locais de contaminação ambiental, sendo que as legislações sobre a implantação de cemitérios e seus critérios técnicos são recentes. No dia três de Abril de 2003 foi promulgada a Resolução n.º 335 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios tradicionais e verticais com seus critérios de implantação e orientações técnicas (Silva, Malagutti Filho, 2008).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Devido as particularidades existentes em áreas de proteção de mananciais localizadas em regiões metropolitanas, a Resolução nº 335, em março de 2006 foi alterada pela Resolução nº 368/06.

O prazo de adequação dos cemitérios antigos, porém, foi alterado pela Resolução nº 402 do CONAMA de 17 de novembro de 2008. Essa norma deu aos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente prazo até dezembro de 2010 para “estabelecer critérios para a adequação dos cemitérios existentes antes de 2003”. O descumprimento dessas disposições implicará sanções penais e administrativas (Silva, Malagutti Filho, 2009).

A Resolução n.º 402/08 do CONAMA rege também as normas para licenciamento dos novos empreendimentos, em suas fases de planejamento, implantação e operação, exigindo análises temporais de monitoramento de contaminação e poluição no solo e nas águas subterrâneas.

Com as legislações a nível federal, a Secretária Estadual do Meio Ambiente do Paraná (SEMA), elaborou a Resolução n.º002/09 que estabeleceu procedimentos e normas com o intuito de minimizar ou eliminar a “degradação ambiental provocada pela implantação e operação de cemitérios e a necessidade da adoção de uma Política Ambiental que vise a proteção do solo, subsolo, recursos hídricos superficiais e subterrâneos, e a proteção da saúde pública e da sadia qualidade de vida da população.” A partir da entrada em vigor dessa resolução, os órgãos ambientais estaduais e municipais passaram a ter a obrigação de licenciar e fiscalizar a implantação de novos cemitérios.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

3. ARTIGO A: AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA DE UM CEMITÉRIO

3.1 Resumo e Abstract

Resumo: Os cemitérios podem ser vistos como um tipo particular de aterro. Se implantados em local inadequado podem oferecer risco à saúde da população em geral, especialmente quem se encontra próximo ao cemitério. O processo de decomposição dos corpos pode gerar subprodutos que acarretam em contaminação ambiental. Com o objetivo de avaliar as águas subterrâneas na área de um cemitério em Bandeirantes/PR, foram abertos quatro poços em uma área a 30 metros do cemitério. Foram coletadas amostras de cada poço durante os meses de maio, junho e julho de 2015. As amostras foram analisadas em laboratório onde foram verificados os parâmetros físico-químicos e microbiológicos em relação a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Os parâmetros físico-químicos tiveram os atributos cor e turbidez acima dos valores de referência e o oxigênio dissolvido ficou abaixo dos valores de referência. Os parâmetros microbiológicos tiveram todas as coletas com valores acima da referência para os coliformes totais, coliformes totais e bactérias heterotróficas. Com os resultados obtidos conclui-se que todas as amostras tiveram parâmetros físico-químicos e microbiológicos acima dos valores de referência da Portaria 2.914/2011. É necessário um acompanhamento por mais tempo para avaliar a ação da sazonalidade na qualidade da água subterrânea.

Abstract: Cemeteries can be seen like a special kind of landfill. If deployed in inappropriate place may offer risk to health from general population, especially who is next areas of cemetery. With the objective of present a initial evaluate of groundwater in a cemetery area in Bandeirantes/PR, four wells were drilled in a external area thirty meters away. Four external wells poured water and were collected samples from each well during May, June and July of 2015. Samples were analyzed in laboratory where were verified physical and chemical and microbiological parameters in relation of ordinance 2.914/2011 from Ministry of Health. Physical and chemical parameters had color and turbidity above references values and dissolved oxygen got under the references values. Microbiological values had all samples above the reference values for total coliforms, fecal coliforms and heterotrophic bacteria. With the results it concludes all samples had physical and chemical and microbiological above reference values of ordinance 2.914/2011. Monitoring is necessary for a long time to evaluate the seasoning action in underground water quality.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

3.2 Introdução

Os cemitérios podem ser considerados como um tipo particular de aterro, similar a um aterro simples sem membranas protetoras no solo e são alvo de debate desde o começo dos anos 1950 nos termos do risco que eles oferecem para o meio ambiente (Dent, Knight, 1998; Fiedler, 2012).

Se implantados em local inadequado podem oferecer risco à saúde da população em geral, especialmente quem se encontra próximo ao cemitério (Zychowsky, 2012). Muitos cemitérios foram instalados sem análises geológicas e hidrológicas apropriadas oferecendo, assim, riscos de contaminação ao meio ambiente (Üçisik & Rushbrook, 1998).

A progressão da decomposição do corpo humano tem sido descrita segundo os estágios de autólise, putrefação e diagênese. A autólise inicia rapidamente após a morte, causando a ruptura das células e liberação de fluídos ricos em nutrientes. O processo seguinte, putrefação, é a destruição dos tecidos moles do corpo pela ação dos microorganismos (bactérias, fungos e protozoários) e resulta no catabolismo dos tecidos em gases, líquidos e moléculas simples (Fineza et al, 2014).

A diagênese é um processo natural que serve para alterar as proporções dos componentes orgânicos e inorgânicos dos ossos expostos as condições ambientais, especialmente umidade. Isso é finalizado pela mudança dos constituintes naturais dos ossos. Esse caminho complexo leva a liberação de diversos gases e subprodutos da decomposição (Vass, 2001).

O corpo humano é complexo na sua estrutura onde os produtos da sua decomposição são vários: aminoácidos, ácidos graxos, ptomaínas, diaminas (cadaverina e putrescina) e produtos finais como amônia, sulfeto de hidrogênio, mercaptana, metano, dióxido de carbono e ácido fosfórico (Rodrigues, Pacheco, 2003).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

O sepultamento é uma prática funerária onde o cadáver é enterrado para que o mesmo se decomponha em um local onde não cause problemas aparentes (Pacheco, 2000). Essa prática pode potencializar a contaminação das águas subterrâneas dependendo da estrutura geológica do local do cemitério.

O solo possui uma zona não saturada e uma zona saturada, onde essa zona não saturada é composta de partículas sólidas e espaços vazios ocupados por água ou ar. Quando a água ocupa esses espaços, ela se movimenta do potencial hidráulico maior para o menor em sentido vertical. A zona saturada possui todos seus espaços entre os sólidos preenchidos por água e esse movimento da água da zona não saturada que desce na vertical, chega mais lento e horizontalmente direcionado (Silva, Malagutti Filho, 2008).

A zona não saturada é a primeira barreira para proteger os sistemas de águas subterrâneas dos derramamento dos contaminantes, substâncias químicas aplicadas ou efluentes. Com o sepultamento como prática comum na maioria do mundo, quantidades de matéria orgânica (cadáver, caixão de madeira e roupas de fibras vegetais) são enterradas em uma profundidade correspondente ao horizonte C, para a maioria dos solos. Idealiza-se que a decomposição natural irá direcionar os restos mortais aos seus componentes elementais dos ciclos biogeoquímicos. A zona não saturada se transforma em um repositório, hospedeiro intermediário e um agente de mudança (Dent, 2005).

As águas subterrâneas rasas protegidas por uma zona não saturada pouco espessa, composta de grânulos grosseiros ou materiais fissurados devem ser evitados para a implantação de cemitérios por serem potencialmente vulneráveis à contaminação, desde que este tenha alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de contaminantes (Rodrigues, Pacheco, 2003).

Então se faz necessário que as autoridades que regulam o processo de construção e implantação de cemitérios sigam critérios adequados, abordando



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

tanto riscos ambientais e de saúde, fazendo regulamentações com base nos estudos geológicos e hidrológicos da área em questão e confiando em técnicas sanitárias e de construção (Üçisik e Rushbrook,1998; Brasil, 2003; Environmental Agency, 2004; Fineza et al, 2014).

O objetivo desse trabalho foi avaliar as águas subterrâneas na área de um cemitério no município de Bandeirantes, Paraná.

3.3 Material e Métodos

3.3.1 Caracterização do Município

O município de Bandeirantes está localizado na região Norte Pioneiro do Paraná, Brasil, na latitude 23°06'31.13''S e longitude 50°22'03.01''O, com altitude de 435 metros acima do nível do mar, abrangendo uma área de 445,192 km² e com população de 32.184 habitantes.

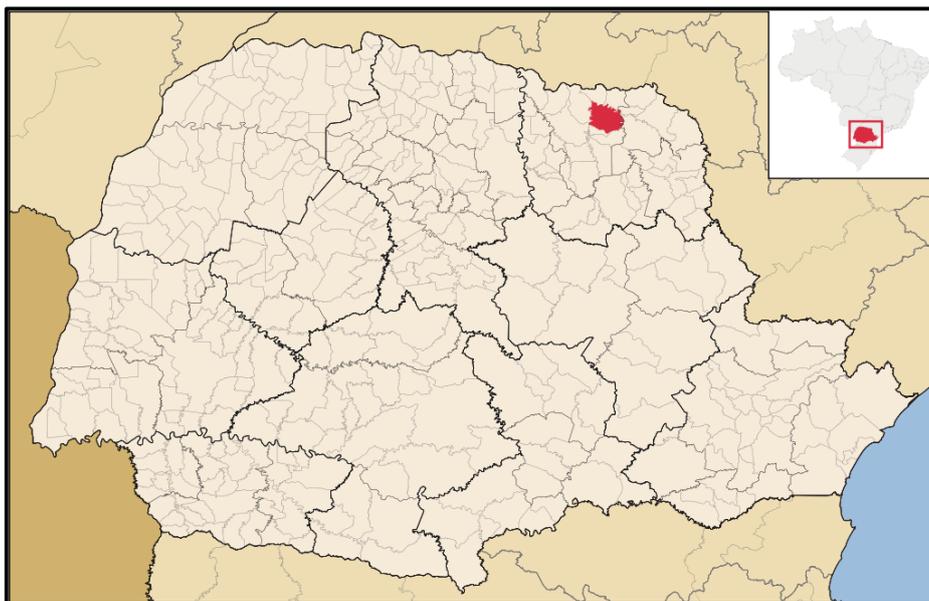


Figura 3.1 – Localização do município de Bandeirantes/PR.
Fonte: Wikipedia, 2015.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

O clima é subtropical sempre úmido com verão quente pela classificação de Koeppen (IBGE,2010) e a precipitação total do ano de 2015 está descrita no gráfico da figura 3.2.

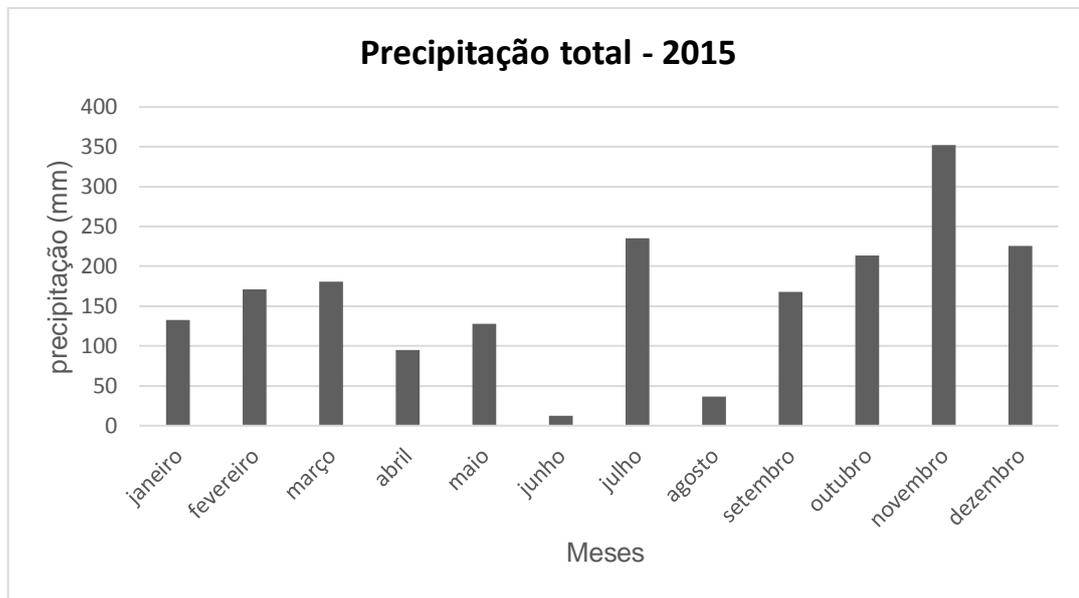


Figura 3.2: Precipitação total do ano de 2015. Fonte: Estação Agrometeorológica UENP/CLM.

O município situa-se no terceiro planalto, fazendo divisa com o 2º planalto pela escarpa da Boa Esperança, região de relevo mais movimentado (divisa com Santo Antonio da Platina). O 3º planalto caracteriza-se por geologia uniforme com presença de extensos lençóis de lavas de origem vulcânica que constituem o *Trapp* do Paraná. Em virtude da uniformidade geológica e à pequena variação climática, os solos são muito homogêneos, encontrando-se extensas áreas com o mesmo padrão (Brasil, 1971).

Os solos característicos da região de estudo, segundo Bhering (2008) são:

- LVef3: *Latossolo Vermelho* Eutroférico típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia e relevo suave ondulado;



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

-RRe10: Associação de *Neossolo Regolítico* eutrófico chernossólico, fase relevo montanhoso, substrato rochas eruptivas básicas + *Chernossolo Argilúvico* Férrico saprolítico, relevo forte ondulado, ambos fase pedregosa, floresta tropical subcaducifólia + *Nitossolo Vermelho Eutroférico* típico, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado, todos textura argilosa;

- NVef3: *Nitossolo Vermelho Eutroférico* típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado.

3.3.2 Caracterização da área de estudo

O Cemitério Municipal de Bandeirantes, situado a 417 metros de altitude, foi fundado no ano de 1950. Neste local estão sepultados 12218 adultos e 11036 crianças totalizando 23254 sepultamentos até a data do levantamento desses dados.



Figura 3.3 – Cemitério Municipal de Bandeirantes/PR. Fonte: Google Earth, 2015.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

A área total do cemitério é de 54848,64 m², sendo implantado em uma área onde o relevo favorece o escoamento da água e formação de enxurradas. Considerando o local de observação, na área do cemitério e no entorno ocorrem dois tipos de solos, sendo na parte mais alta Latossolo Vermelho e ao longo da vertente o Nitossolo Vermelho. Na área plana e de baixada no entorno do cemitério nota-se uma várzea com o predomínio de solo Hidromórfico.

3.3.3 Poços de coleta

Foram perfurados 10 poços, sendo seis deles dentro da área do cemitério e quatro fora dos limites do cemitério. Utilizou-se um perfurador de solo motorizado com broca de um metro de comprimento e 20 centímetros de diâmetro e trado manual com broca de 15 centímetros e extensores de um metro de comprimento. Os poços foram protegidos com tubos de PVC com 20 centímetros de diâmetro e tampados para evitar entrada externa de água e colapso das paredes do poço.



Figura 3.4 – Distribuição dos poços na área do cemitério. Fonte: Google Earth, 2015.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

As perfurações iniciaram-se pelos poços P5, P6, P7, P8, P9 e P10, sendo distribuídos de acordo com o declive da área, onde P10 seria o poço considerado como “branco” por estar na porção mais alta do terreno recebendo menor influência pelo sentido que o escoamento das águas fazem. A figura 3.4 mostra o mapa planialtimétrico da área do cemitério com equidistância vertical de um metro que serviu de base para a escolha dos pontos amostrais.

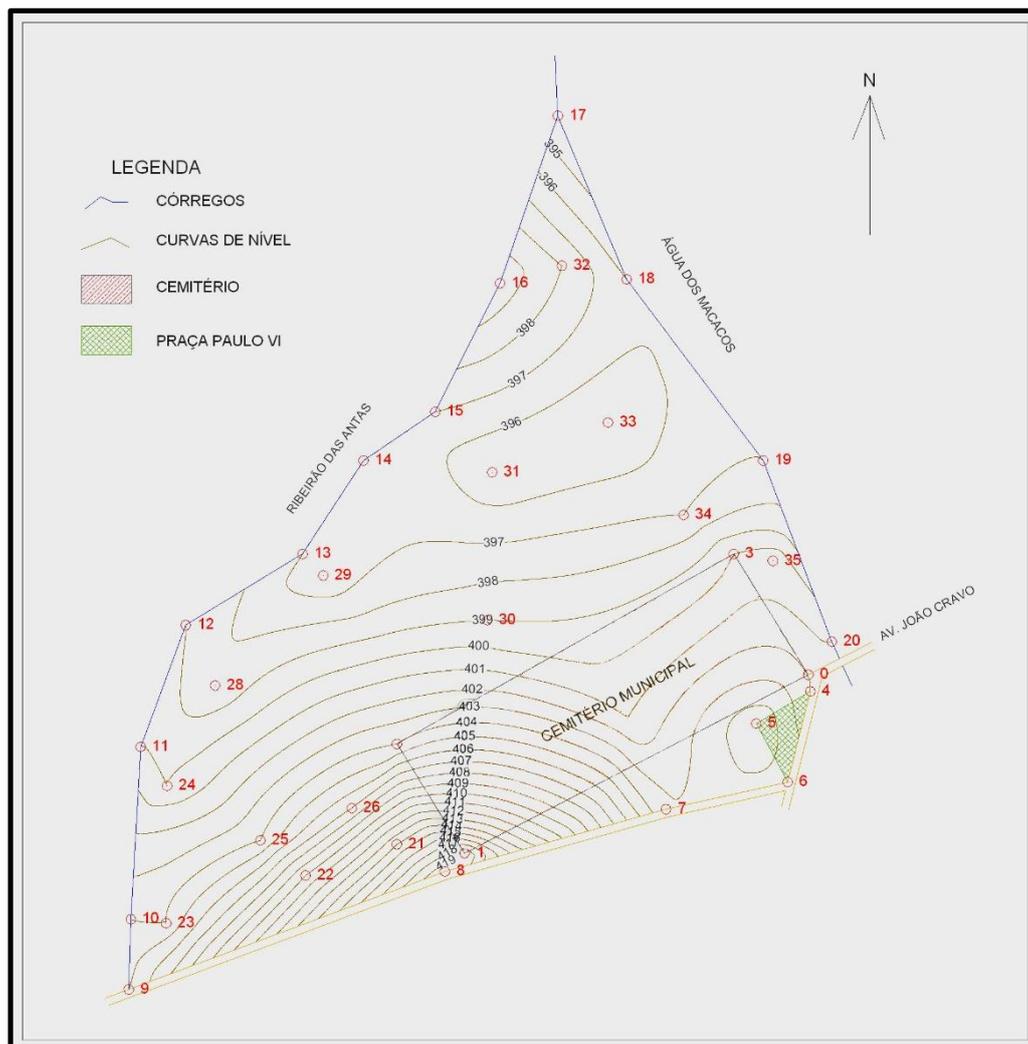


Figura 3.5: Mapa Planialtimétrico do Cemitério Municipal de Bandeirantes-PR. Fonte: Reis, 2011.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

As perfurações acima de um metro foram feitas com trado manual e a diferença de profundidade entre os poços ocorreu pelo fato de se atingir alguma rocha e impossibilitar uma perfuração mais profunda. Desses poços, nenhum deles verteu água e três deles (P10, P9 e P8) foram depredados e aterrados. Nessa situação, esses poços foram descartados para o estudo. Segue a tabela 3.1 com as profundidades alcançadas nessa primeira etapa de perfuração.

Tabela 3.1 – Profundidade de perfuração dos poços P5 a P10.

Poços	Profundidades
P5	1 m
P6	3 m
P7	5 m
P8	3 m
P9	4 m
P10	2 m

A segunda fase das perfurações ocorreu com a abertura dos poços P1, P2, P3 e P4. O local dessas perfurações ocorreram fora dos limites do cemitério, 30 metros para frente da divisa da área, dentro de uma área de pastagem abandonada. A perfuração foi feita somente com o perfurador de solo motorizado onde os quatro poços verteram água com um metro de perfuração. Os poços foram protegidos com tubos de PVC com 20 centímetro de diâmetro com tampa.

3.3.4 Coleta e análise de água

Coletou-se as amostras dos poços P1, P2, P3 e P4 entre Maio e Julho de 2015 no período da manhã. A água foi coletada com um recipiente plástico descartável e armazenada em um recipiente de vidro esterilizado com 200 mL para as análises microbiológicas e em um recipiente plástico esterilizado de um litro para



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

as análises físico-químicas. Encaminharam-se as amostras dos poços para análise laboratorial logo após seu término. Realizaram-se análises físico-químicas (pH, alcalinidade, turbidez, cor, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, dureza) e microbiológicas (coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas), seguindo as recomendações da Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).

3.4 Resultados e Discussão

A qualidade da água no Brasil é regida pelas resoluções 357/2005 e 396/2008 do CONAMA que fornece as normativas e instruções sobre os tipos das águas do país e seus padrões de potabilidade, também existe a Portaria 2.914 de 12 de Dezembro de 2011 do Ministério da Saúde que rege sobre os valores de potabilidade para as águas de consumo humano, sendo essa última tomada como padrão. Os resultados dos parâmetros físico-químicos das coletas feitas nos poços seguem na tabela 3.2.

Tabela 3.2- Valores dos parâmetros físico-químicos obtidos nas análises das amostras coletadas dos poços.

Parâmetros Físico-químicos	Valores Referência	Poços de Coleta											
		P1			P2			P3			P4		
		mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15
pH	6,0 - 9,0	7,5	7,3	7,2	7,1	7,4	7,4	7,1	7,2	7,4	7,3	7,3	7,7
Alcalinidade (mg CaCO ₃)	*	180	176	194	160	180	174	192	190	192	158	150	110
Turbidez (uT)	0 - 5	15,9	1,7	6,38	5,59	1,96	0,92	3,28	2,64	3,62	1140	726	22,8
Cor (uH)	0 - 15	94	15	52	49	30	9	18	35	25	4.310	3.560	178
Matéria Orgânica	*	3,6	3,5	3,4	1,4	2	2,5	1,3	1	1,4	9,2	5,5	2,8
Oxigênio Dissolvido	6,0 - 8,0	4,68	5,05	3,48	3,63	5,56	4,56	4,42	5,2	4,31	4,24	5,05	4,53
Dureza (mg CaCO ₃)	25 - 500	172	190	174	166	162	170	200	200	208	132	140	120



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Os valores do pH de acordo com a Portaria 2.914/2011 são entre 6,0 e 9,5. Observou-se que todas as análises ficaram dentro de uma faixa ideal entre os valores de referência onde o valor mínimo foi de 7,1 e o máximo de 7,7. Franca *et al.* (2006) demonstraram que na maioria dos corpos d'água o pH pode ser influenciado pela alteração da temperatura, atividade biológica e lançamentos de efluentes.

A alcalinidade é medida pela disponibilidade de íons que neutralizam íons hidrogênio. Os íons responsáveis por essa característica são os carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. Podem ser resultantes de fontes naturais como o tipo de formação rochosa do solo, atmosférica, matéria orgânica e fotossíntese e de fontes antrópicas como efluentes industriais e domésticos (Santos, 2000). A Portaria 2.914/2011 não possui nenhum valor de referência para esse parâmetro, sendo que o menor valor encontrado foi de 110 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO_3) e o maior foi 194 mg/L de CaCO_3 .

A turbidez é a alteração da penetração da luz pelas partículas em suspensão que provocam a sua difusão e sua absorção. São substâncias constituídas por plâncton, bactérias, argilas, silte em suspensão, matéria orgânica, fontes de poluição que lança material fino e outros (Macedo, 2006). Os limites de turbidez de acordo com a portaria 2.914/2011 variam do 0 até 5 unidades de turbidez (uT). As amostras foram bem variadas nesse parâmetro, dando destaque ao P3 que suas amostras não ultrapassaram os valores de referência e ao P4 que todas as amostras ultrapassaram os valores, sendo que uma delas atingiu o valor de 1140 uT.

A cor da água é o resultado principalmente dos processos de decomposição que ocorrem no meio ambiente. Por esse motivo, as águas superficiais estão mais sujeitas a ter cor do que as águas subterrâneas. Além disso, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos como ferro e manganês, plâncton, macrófitas e despejos industriais, bem como microrganismos distribuídos no ambiente (Macedo, 2004). Os valores de referência são entre 0 e 15 unidades Hazen (uH). Observa-se que todas as coletas apresentaram valores acima dos tolerados pela



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

portaria 2.914/2011, exceto a segunda coleta do P1 que apresentou um valor de 15 uH e a terceira coleta de P3 com um valor de 9 uH.

A matéria orgânica dissolvida na água é oriunda de biomassa vegetal ou animal em ambientes naturais, nos ambientes com ação antrópica pode ser resultado de dejetos de esgoto doméstico ou dos efluentes industriais que trabalham com matéria orgânica. Afetam as águas por diminuir o oxigênio disponível, acarretando na mortalidade de organismos aeróbicos, aumento na toxicidade de elementos variados e mau odor (Santos, 2000). A portaria 2.914/2011 não possui um valor de referência para esse parâmetro avaliado. Todos os poços apresentaram algum índice de matéria orgânica e o maior valor encontrado foi de 9,2 mg/L por oxigênio consumido e o menor valor foi de 1 mg/L.

Os índices de oxigênio dissolvido da portaria 2.914/2011 variam na faixa entre 6,0 a 8,0 mg de oxigênio por litro. Esse parâmetro é um dos mais importantes para a expressão de qualidade de um ambiente aquático. A variação deste é associada aos processos químicos, físicos e biológicos que ocorrem na água. Todos os poços ficaram com valores abaixo dos indicados pela legislação. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (Von Sperling, 1996).

A dureza da água é tomada como a concentração de íons de cálcio e magnésio dissolvidos na água. A maior fonte de cálcio na água é proveniente de carbonato de cálcio ou por meio de depósitos minerais de sulfato de cálcio. A alteração da dureza em ambientes antropizados vem de efluentes industriais, nos cemitérios tem origem da decomposição dos ossos e adição de cal nas sepulturas (Neira et. al, 2008). Os valores de referência fornecidos pela portaria 2.914/2011 variam entre 25 e 500 mg de CaCO_3 por litro. Todas as amostras ficaram dentro dos limites estabelecidos pela legislação, onde o maior valor foi de 208 e o menor foi de 120.

A Portaria 2.914/2011 nos fornece os valores de referência para a avaliação microbiológica para determinação da potabilidade da água. Onde os



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

coliformes totais e coliformes fecais é de 0 unidades formadores de colônia (UFC) por 100 mL. Para as bactérias heterotróficas é estabelecidos o limite de 0 a 500 UFC por mL.

O parâmetro Coliforme, que são bactérias gram-negativas que vivem no trato intestinal de diversos mamíferos, incluindo o homem, pode ser dividido de acordo com a temperatura ótima de sobrevivência. O grupo dos coliformes fecais se desenvolvem em temperaturas de 44,5°C fazendo fermentação de açúcares como a lactose sendo também chamados de coliformes termotolerantes, já o grupo dos coliformes totais possuem seu ponto ótimo em temperatura mais amenas e não fermentando esses açúcares (Souza et al., 1983).

A presença desses grupos de bactérias nas águas é um fator de contaminação fecal e de disseminação de doenças de veiculação hídrica, como gastroenterites, febre tifóide, cólera entre outras (Freitas et al., 2001).

As bactérias heterotróficas utilizam compostos orgânicos como fonte de carbono, havendo grupos patogênicos, como o grupo coliforme, e não patogênicos. Entretanto, de acordo com estudos epidemiológicos, foi concluído que, na ausência de contaminação fecal, não há uma associação direta entre as concentrações de bactérias heterotróficas na água de consumo humano e efeitos à saúde na população geral (Bartram, 2003).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Tabela 3.3- Valores dos parâmetros microbiológicos obtidos nas análises das amostras coletadas dos poços.

Parâmetros Microbiológicos	Valores Referência	Poços de Coleta											
		P1			P2			P3			P4		
		mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15	mai/15	jun/15	jul/15
Coliformes Totais (UFC/100mL)	0	43	38	36	21	71	39	29	14	2	378	60	65
Coliformes Fecais (UFC/100mL)	0	660	0	0	190	0	5	215	0	9	146	0	27
Bactérias Heterotróficas (UFC/mL)	0 - 500	293	227	173	2280	427	124	1170	149	178	296	35.520	549

Os resultados das coletas apresentaram valores acima do permitido para todos parâmetros microbiológicos (Tabela 3.3). Entre os Coliformes, obteve-se contaminação em todas as coletas no parâmetro Totais e para o Fecais não houve contaminação somente na segunda coleta dos poços P1, P2 e P3 e na última coleta do P1. A ausência encontrada na coleta realizada em junho de 2015 pode ter sido influenciada pelo regime de chuvas ocorrido nesse mês como visto na figura 3.2, fator encontrado por Almeida et al. (2006).

Para as bactérias heterotróficas, todas as coletas se apresentaram dentro do limite estabelecido, com exceção das primeiras coletas dos poços P2 e P3 e as duas últimas coletas do poço P4, onde uma amostra apresentou 35.520 UFC/mL, valor que excede 71 vezes o valor máximo permitido.

Como descrito por Pacheco (2012), se a água do aquífero for contaminada pelo nicrochorume, verter em nascentes ou poços escavados, as pessoas que fizerem uso dessa água, em atividades domésticas, correrão riscos de saúde.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

3.5 Conclusão

Todas as amostras coletadas nos poços acusaram contaminação microbiológica por coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas.

O relevo da área do cemitério promove o escoamento natural da água subterrânea e superficial para a parte mais baixa do terreno, onde foram abertos os poços de coleta. Assim, a contaminação identificada nas amostras indicam uma forte tendência do necrochorume oriundo dos corpos em decomposição esteja atingindo as águas subterrâneas que vertem no Ribeirão das Antas. Esse ribeirão é utilizado em atividades agrícolas e domésticas pelos cidadãos.

É necessário acompanhamento por período mais longo para avaliar os efeitos da sazonalidade dos fatores climáticos e as influências exercidas sobre as águas subterrâneas.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4. ARTIGO B: METAIS PESADOS E SUA DISPERSÃO NO CEMITÉRIO MUNICIPAL DE BANDEIRANTES-PR

4.1 Resumo e Abstract

Resumo: Os cemitérios, normalmente, não são relacionados como fontes de contaminação ambiental. Elementos químicos como arsênico e mercúrio são usados em práticas de embalsamentos e foram responsáveis por contaminações do solo da água no passado. Solo, relevo e a hidrologia são características importantes para se analisar na implantação dos cemitérios. O objetivo desse trabalho foi avaliar os valores dos teores totais de cromo, chumbo, zinco, níquel e cobre no solo do Cemitério Municipal de Bandeirantes e sua dispersão em diferentes profundidades. Foram distribuídos oito pontos de coleta de amostras de solo, quatro dentro da área do cemitério e quatro na área externa do cemitério. Desses pontos foram coletadas amostras em três profundidades: 0-20, 20-80 e 80-120 cm. Essas amostras de solo foram levadas para o laboratório de solo onde foram quantificados os valores totais dos metais pesados cromo (Cr), níquel (Ni), cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn). Os valores obtidos foram inseridos no programa Spring onde foi feita a Análise Espacial de Kernel para estimar a dispersão dos metais pesados pela área do cemitério. Os elementos Pb e Zn não apresentaram valores acima da referência da resolução CONAMA 420/2009. Os elementos Cu, Cr e Ni tiveram valores nas amostras de solo que passaram a referência nas diferentes profundidades avaliadas. Os padrões de dispersão gerados indicam que as concentrações dos elementos avaliados tem relação com a área mais ativa de sepultamento no cemitério. Com os resultados obtidos foi observado que a área do cemitério possui valores elevados de metais pesados em diferentes profundidades e a dispersão dos metais pesados estão localizadas na área com sepultamento mais ativo.

Abstract: Cemeteries have never been related as source of environmental contamination. Chemistry elements as arsenic and mercury are used in embalming practices and were responsible for soil and water contamination in the past. Soil, relief and hidrology are important features to analyze to the cemeteries construction. The aim of this work was to evaluate the values of chrome, lead, zinc, nickel and copper total levels in the Municipal Cemetery of Bandeirantes soil and your dispersion in different depths. They were distributed eight point to take samples, four inside cemetery area and four outside cemetery area. Through these points were collected samples in three depths: 0-20 cm, 20-80 cm and 80-120 cm. These soil samples were taken to the soil laboratory where were quantified the total levels of chrome (Cr), nickel (Ni), copper (Cu), lead (Pb) and zinc (Zn). Total levels were inserted in the computer



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

software Spring where it was made Kernel spatial analysis to estimate the dispersion of heavy metals of the area of the cemetery. Pb and Zn didn't show values above the reference of CONAMA resolution 420/2009. Cu, Cr and Ni had values in soil samples overcame the reference values in the different depths. Generated dispersion patterns indicate concentrations of evaluated elements has relation with the most active burial area in cemetery. With the results, it was observed the cemetery area has high values of heavy metals in different depths and the heavy metals dispersion are located in the most active burial area.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.2 Introdução

Os cemitérios, historicamente, não eram apontados como fontes de contaminação ambiental, mesmo com relatos que na década de 70, Paris e Berlim ligaram uma epidemia por febre tifoide pelo posicionamento do cemitério em relação as fontes de captação de água para o consumo humano (Silva e Filho, 2008).

Elementos químicos, como arsênio e mercúrio, usados em práticas de embalsamento de corpos com formaldeído, podem ter sido responsáveis, no passado, pela contaminação do solo e da água em cemitérios. Atualmente, também constituem-se em fontes de contaminantes químicos o verniz e conservantes da madeira e as partes metálicas dos caixões, como alças e adereços, que podem liberar Pb, Zn, Cu, Cr, Ni e Fe (Spongberg e Becks, 2000b).

Esse grupo de metais requer tratamento especial, pois não são degradados biológica ou quimicamente (Hong et al., 2002; Singh e Cameotra, 2004; Barros et al; 2013). Podem acumular-se no solo e se tornarem ainda mais perigosos quando interagem com alguns dos seus componentes (Pierangeli et al., 2004; Amaral Sobrinho et al., 2009).

A disposição dos corpos humanos, de forma inadequada, pode gerar problemas de poluição nas águas subterrâneas, bem como no solo. Devido à ação das águas superficiais e das chuvas infiltradas nas sepulturas, ou pelo contato dos corpos com as águas subterrâneas, o necrochorume pode entrar em contato e contaminar estas águas (Neira et al., 2008). A toxicidade química do necrochorume diluído na água freática relaciona-se aos teores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados e amins (Kemerich et al; 2012).

O solo, o relevo e as características hidrológicas do local de implantação de um cemitério são importantes variáveis que influenciam o caminho destes contaminantes. Destaca-se o solo, por ser o primeiro a receber a carga poluidora, e por isso, o responsável pela forma e intensidade de circulação de tais



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

substâncias, função das características físicas, químicas e mineralógicas (Barros et al; 2013).

Ocorre a contaminação do subsolo num dado local, se houver condições de vulnerabilidade no meio físico. Esta suscetibilidade é decorrência das características geológico-geotécnica e hidrogeológicas (SILVA, 1995). Quando a implantação dos cemitérios é feita sem levar em consideração os critérios geológicos (características litológicas e estrutura do terreno) e hidrogeológicos (nível do lençol freático), constitui uma das causas de deterioração da qualidade das águas subterrâneas (Kemerich et al; 2012). Se implantados em local inadequado podem oferecer risco à saúde da população em geral, especialmente quem se encontra próximo ao cemitério (Zychowsky, 2012).

Silva e Filho (2010) afirmam que a partir da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Brasil, 2003) nº 335 de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios horizontais e verticais a serem implantados no Brasil, esses estabelecimentos passam a ser vistos como fontes de contaminação do ambiente, e sua implantação está sujeita ao atendimento dos critérios legais, técnicos e científicos. O objetivo desse trabalho foi avaliar os valores dos teores totais de metais pesados no solo do Cemitério Municipal de Bandeirantes e sua dispersão em diferentes profundidades.

4.3 Material e Métodos

4.3.1 Caracterização do Município

O município de Bandeirantes (figura 4.1) está localizado na região Norte Pioneiro do Paraná, Brasil, na latitude 23°06'31.13''S e longitude 50°22'03.01''O, com altitude de 435 metros acima do nível do mar, abrangendo uma área de 445,192 km² e com população de 32.184 habitantes.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

O clima é subtropical sempre úmido com verão quente pela classificação de Koeppen (IBGE,2010) e a precipitação total do ano de 2015 está descrita no gráfico no gráfico da figura 4.2.

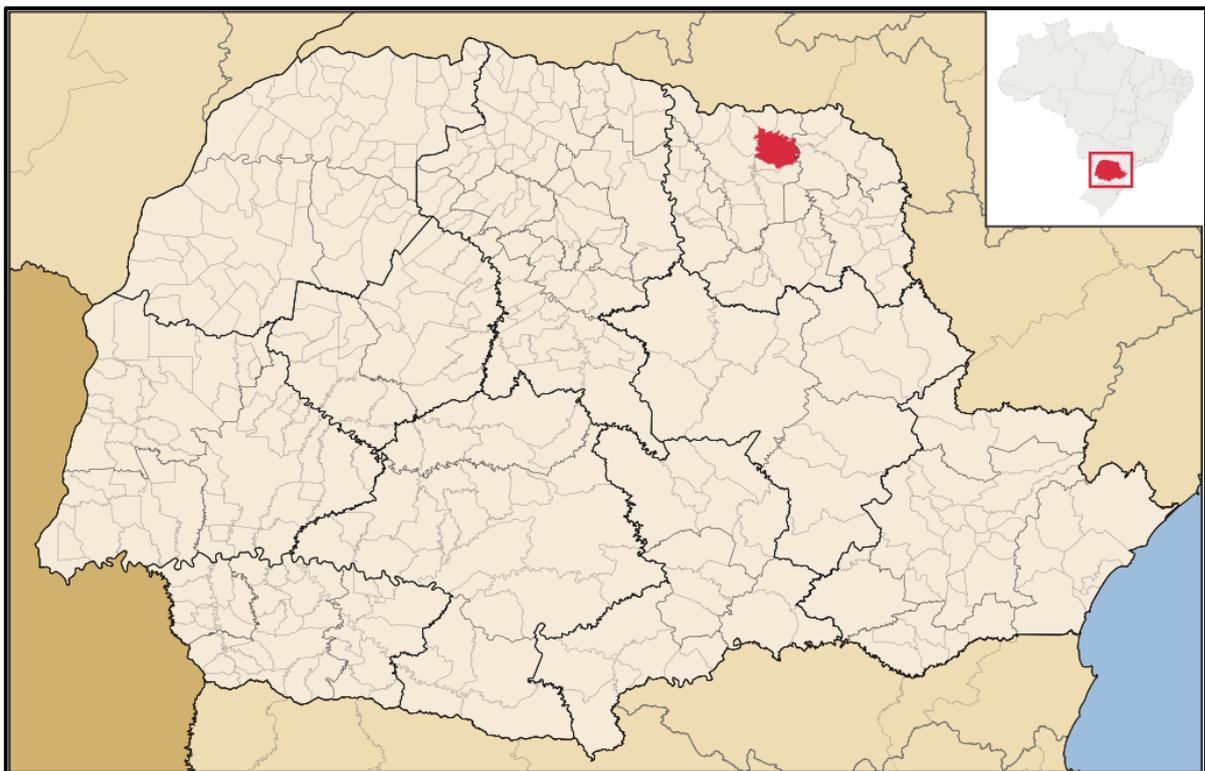


Figura 4.1: Localização do município de Bandeirantes/PR. Fonte: Google, 2015.

O município situa-se no terceiro planalto, fazendo divisa com o 2º planalto pela escarpa da Boa Esperança, região de relevo mais movimentado (divisa com Santo Antonio da Platina). O 3º planalto caracteriza-se por geologia uniforme com presença de extensos lençóis de lavas de origem vulcânica que constituem o *Trapp* do Paraná. Em virtude da uniformidade geológica e à pequena variação climática, os solos são muito homogêneos, encontrando-se extensas áreas com o mesmo padrão (Brasil, 1971).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

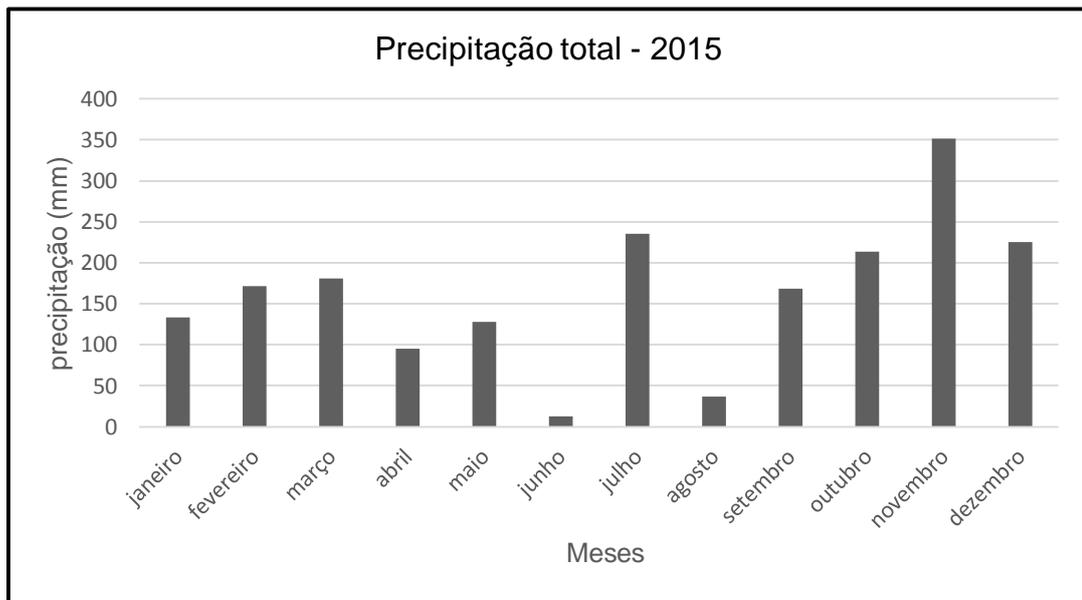


Figura 4.2: Precipitação total no município de Bandeirantes-PR.
Fonte: Estação Agrometeorológica – UENP/CLM

Os solos característicos da região de estudo, segundo Bhering (2008) são:

- LVef3: *Latosolo Vermelho Eutroférico* típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia e relevo suave ondulado;
- RRe10: Associação de *Neossolo Regolítico* eutrófico chernossólico, fase relevo montanhoso, substrato rochas eruptivas básicas + *Chernossolo Argilúvico* Férrico saprolítico, relevo forte ondulado, ambos fase pedregosa, floresta tropical subcaducifólia + *Nitossolo Vermelho Eutroférico* típico, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado, todos textura argilosa;
- NVer3: *Nitossolo Vermelho Eutroférico* típico, textura argilosa, A moderado, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado e ondulado.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.3.2 Caracterização da área de estudo

O Cemitério Municipal de Bandeirantes (figura 4.3), situado a 417 metros de altitude, foi fundado no ano de 1950. Neste local estão sepultados 12218 adultos e 11036 crianças totalizando 23254 sepultamentos até a data do levantamento desses dados.



Figura 4.3: Cemitério Municipal de Bandeirantes-PR. Fonte: Google Earth, 2015

4.3.3 Pontos de coleta

Foram perfurados 10 poços, sendo seis deles dentro da área do cemitério e quatro fora dos limites do cemitério. Utilizou-se um perfurador de solo motorizado com broca de um metro de comprimento e 20 centímetros de diâmetro e trado manual com broca de 15 centímetros e extensores de um metro de comprimento. Os poços foram protegidos com tubos de PVC com 20 centímetros de diâmetro e tampados para evitar entrada externa de água e colapso das paredes do poço.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053



Figura 4.4: Pontos de coleta de solo no Cemitério Municipal de Bandeirantes-PR. Fonte: Google Earth, 2015

Inicialmente foram abertos os poços P5, P6, P7, P8, P9 e P10, foram distribuídos de acordo com o relevo da área. As amostras dos poços P5 e P6 foram descartadas do trabalho. Em uma segunda etapa de coleta de amostras, foram abertos os poços P1, P2, P3 e P4, em uma área fora dos limites do cemitério próximo a um ribeirão. A figura 4.5 mostra o mapa planialtimétrico da área do cemitério com equidistância vertical de um metro que serviu de base para a escolha dos pontos amostrais.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

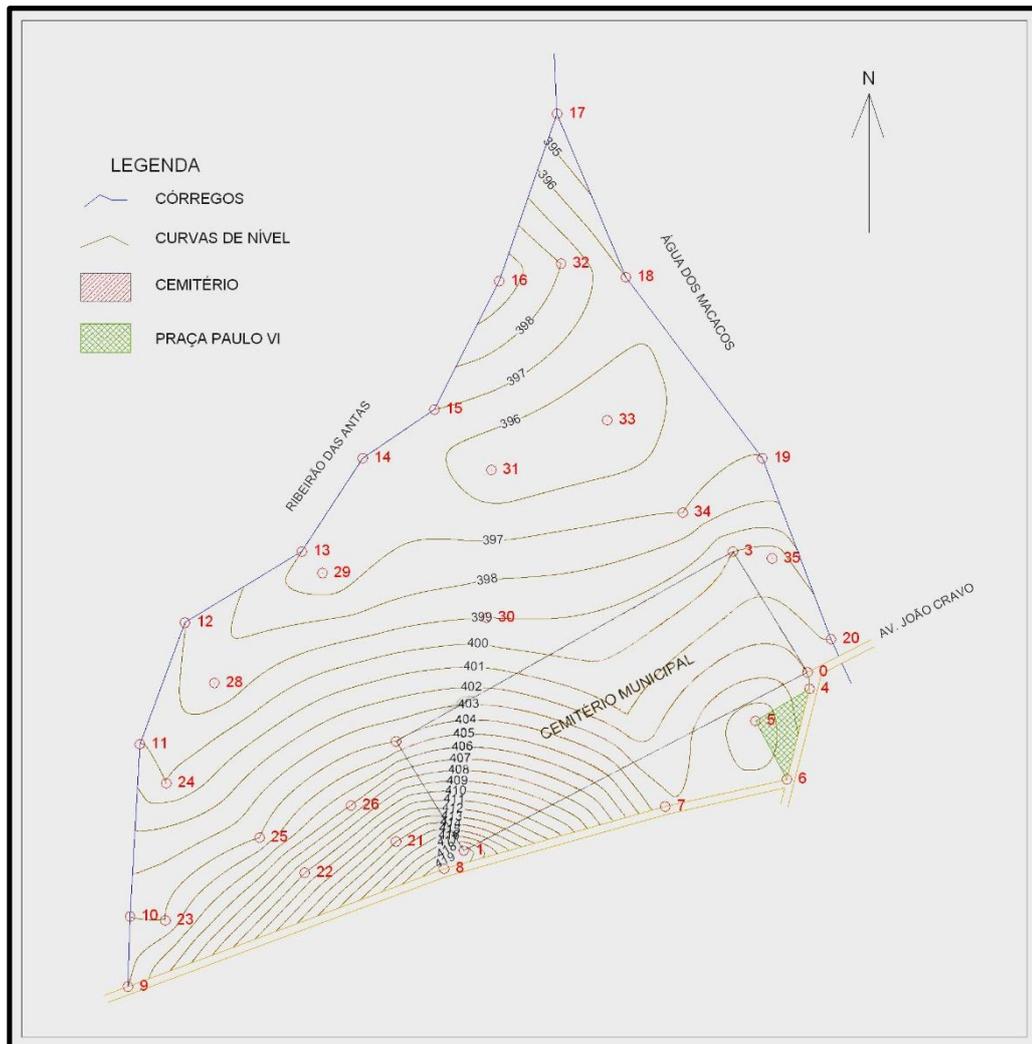


Figura 4.5: Mapa Planialtimétrico do Cemitério Municipal de Bandeirantes-PR. Fonte: Reis, 2011.

4.3.4 Amostras e análise de solo

As amostras de solo foram coletadas em três profundidades: 0-20 centímetros, 20-80 centímetros e 80-120 centímetros. As amostras coletadas eram armazenadas em sacos plásticos e guardadas. As profundidades para as amostras de solo foram escolhidas para ficar na faixa de sepultamentos dos cemitérios de



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

acordo com Barros et al; 2008 e Barros et al; 2013.

As amostras foram organizadas em recipientes plásticos com aproximadamente 200 gramas de solo, divididos por pontos de coleta e profundidades e enviadas para análise laboratorial onde foram titulados os valores totais dos elementos cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), zinco (Zn) e chumbo (Pb) através da metodologia EPA SW 846-3050 de espectrometria de absorção atômica descrita por Van Raij et al; 2001.

Os valores de referência para concentração desses metais no solo (tabela 4.1) é definido pela Resolução 420/2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Os valores encontrados nos solos foram confrontados com os valores de referência.

Tabela 4.1: Valores de Referência para metais pesados no solo.
Fonte: CONAMA, 2009

Metal	Valor de Referência para solos (mg.kg ⁻¹)
Cobre (Cu)	60
Cromo (Cr)	75
Níquel (Ni)	30
Zinco (Zn)	300
Chumbo (Pb)	72

4.3.5 Análise da dispersão dos contaminantes na área

Para a análise de dispersão dos contaminantes na área foi utilizado o Sistema de Informação Geográfica (SIG) Spring 3.5, onde foram lançados dados da altimetria do terreno, perímetro do cemitério, coordenadas geográficas dos pontos de coletas e os valores dos contaminantes. Gerou-se um Modelo Numérico de Terreno (MNT) para cada profundidade amostrada em relação a cada elemento avaliado.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Com o MNT gerado, foi realizada a Análise Espacial de Kernel que faz uma estimativa da distribuição espacial pela razão dos valores obtidos nas amostras e os valores de referência que fornecidos para o sistema. Essa razão mostra valores maiores ou menores que 1, em que os menores indicam valores de metal pesado abaixo dos valores de referência e os maiores indicam valores de metal pesado acima dos valores de referência. As figuras geradas foram classificadas em níveis que vão de 1 até 14, onde 1 indica menos concentração e 14 mais concentração do contaminante. Esses níveis foram elaborados para padronizar um sistema de classificação da dispersão de acordo com os valores fornecidos pela Análise Kernel, onde esses valores são variáveis e os níveis não.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.4 Resultados e Discussão

A tabela 4.2 contém a concentração dos metais pesados analisados em todos os pontos de coleta e suas diferentes profundidades.

Tabela 4.2: Concentração de Metais pesados nos pontos de coleta nas diferentes profundidades.

Pontos de coleta	Profundidade (cm)	Cu	Zn	Cr mg.kg ⁻¹	Ni	Pb
P1	0-20	151,00	108,30	35,600	32,900	11,400
	20-80	153,30	105,70	31,200	30,000	11,400
	80-120	82,00	91,70	41,000	17,200	15,100
P2	0-20	140,70	104,10	41,100	30,400	10,200
	20-80	114,30	86,10	62,300	18,800	18,900
	80-120	125,40	96,40	38,300	25,700	12,500
P3	0-20	130,90	91,70	58,900	20,900	15,300
	20-80	170,80	80,20	65,500	14,300	20,500
	80-120	149,90	84,80	67,900	17,600	17,900
P4	0-20	135,60	91,70	33,000	28,100	11,300
	20-80	62,70	49,90	39,300	10,500	18,100
	80-120	122,00	74,90	49,900	17,100	17,900
P7	0-20	154,70	90,50	42,600	30,800	8,100
	20-80	180,90	104,60	52,600	35,900	13,600
	80-120	190,00	107,20	116,700	36,600	11,500
P8	0-20	202,10	106,40	141,600	34,900	11,500
	20-80	191,30	105,20	61,600	41,100	10,400
	80-120	207,20	111,20	80,700	35,800	12,400
P9	0-20	192,20	102,90	43,900	35,700	9,100
	20-80	219,70	114,20	72,500	37,900	10,600
	80-120	216,60	113,20	80,700	36,900	11,000
P10	0-20	205,80	115,30	65,200	36,600	13,000
	20-80	162,10	94,70	39,200	29,900	17,100
	80-120	187,00	112,80	57,400	32,300	13,800

Todos os valores de chumbo e zinco ficaram dentro dos valores de referência fornecidos pela Resolução 420/2009 do CONAMA, por esse motivo não foram gerados os padrões de dispersão desses elementos.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.4.1 Cobre

Os valores encontrados em todas as amostras de solo, do metal pesado cobre, ficaram acima da referência definida pela resolução CONAMA 420/2009 (tabela 4.1 e 4.2), tendo ocorrido uma grande variação entre os pontos de coletas, o menor foi $62,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ no P4 na profundidade 20-80 cm e o maior foi $219,70 \text{ mg.kg}^{-1}$ no P9 na profundidade 20-80 cm.

O ponto P9 por estar localizado na área em expansão do cemitério, onde ocorre o maior número de enterros, apresenta maior incidência de cobre em relação aos pontos localizados na área externa do cemitério (P1, P2, P3, P4), onde não ocorre tumulação.

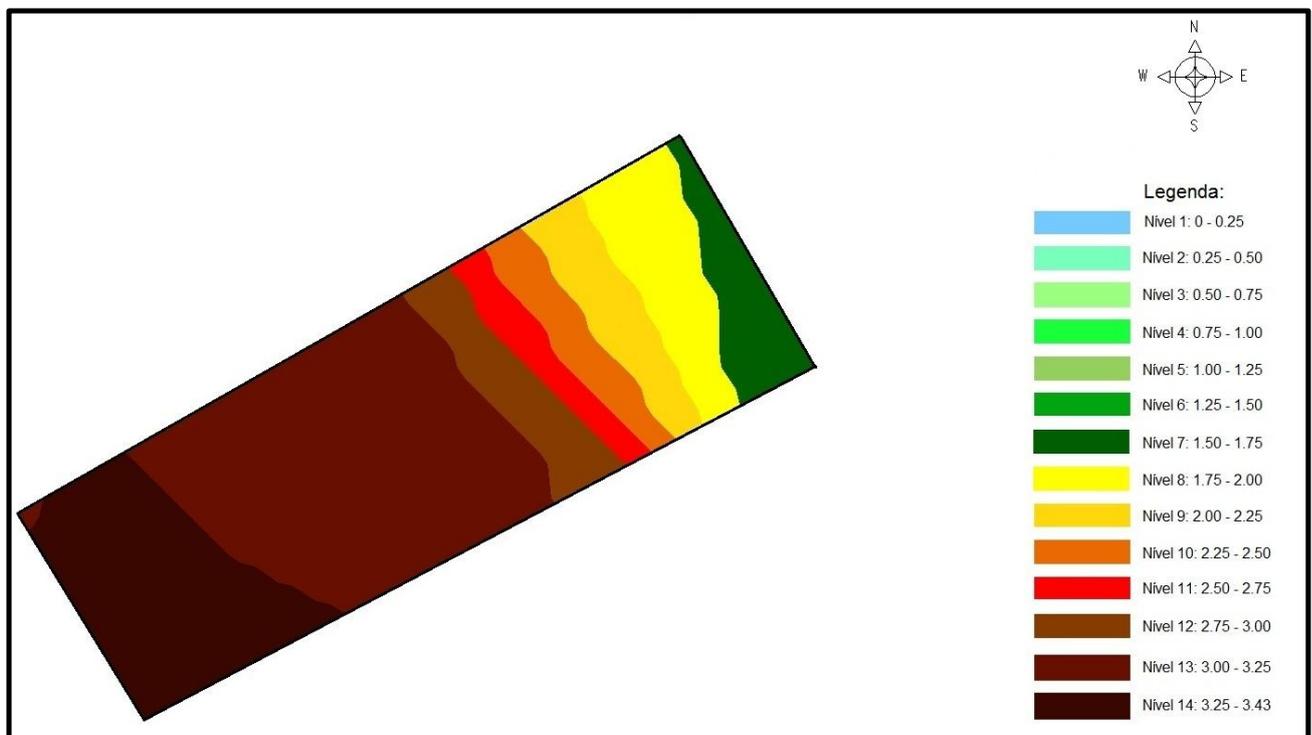


Figura 4.6: Dispersão do Elemento Cobre na profundidade 0-20 cm.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

A figura 4.6 mostra a dispersão do cobre pela área do cemitério na profundidade 0-20 cm feita pela Análise Espacial de Kernel. A variação dos níveis de dispersão ficou entre o nível 7 (1.50 – 1.75) e o nível 14 (3.25 – 3.43). Os valores dos níveis obtidos na área do cemitério ficaram acima de 1 indicando que o elemento analisado ficou acima do valor de referência, sendo que o nível 7 ficou uma vez e meia maior que a referência e o nível 14 ficou quase três vezes e meio superior ao valor referência. O gradiente de concentração diminui em relação ao posicionamento dos pontos de coleta sendo que dentro da área do cemitério com mais sepultamentos pode se verificar uma maior concentração do cobre.

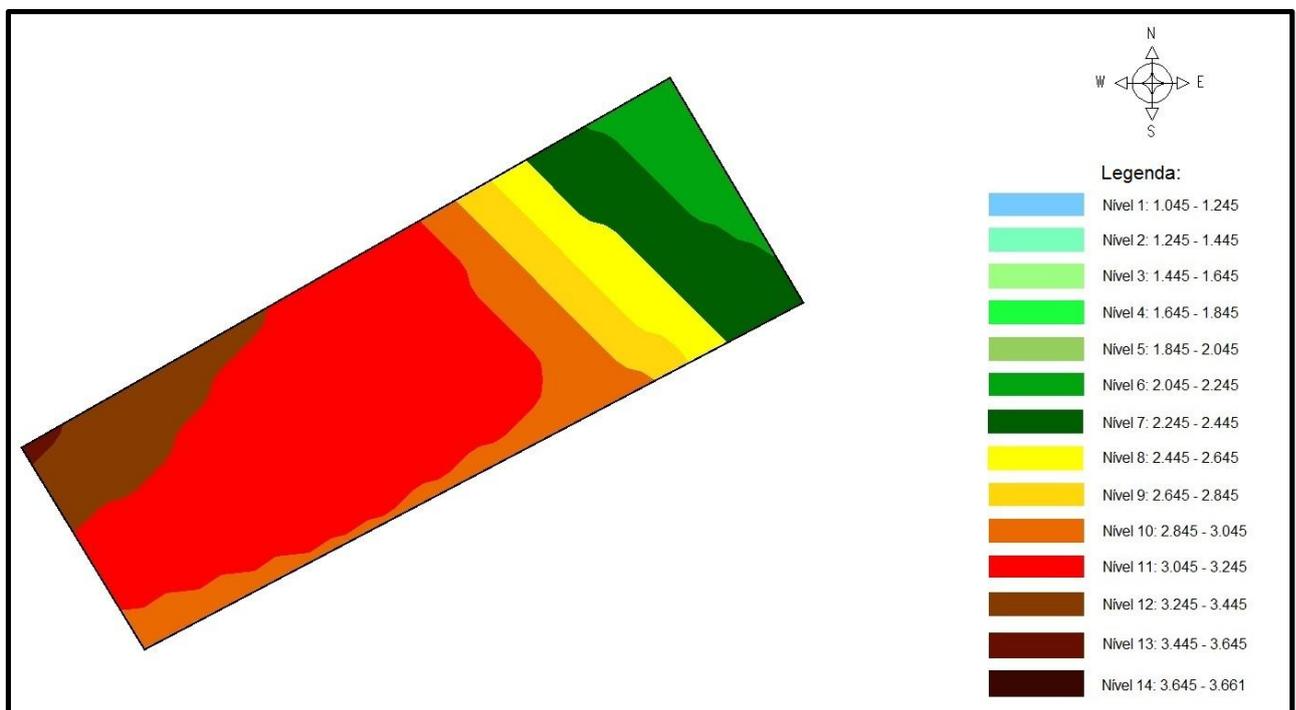


Figura 4.7: Dispersão do Elemento Cobre na profundidade 20-80 cm.

Na profundidade 20-80 cm, a dispersão do elemento cobre (figura 4.7) ficou entre os níveis 6 a 12, onde os valores do nível 6 estão na faixa de 2.045 – 2.245 e a faixa de 3.245 – 3.445 representa o nível 12. Todos os níveis obtidos ficaram de



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

duas vezes a três vezes e meia acima do valor 1 fornecido pela Análise Espacial de Kernel. A dispersão do elemento indica que os valores mais elevados estão na área de maior tumulação do cemitério e segue diminuindo de acordo com que entra na área de menor tumulação.

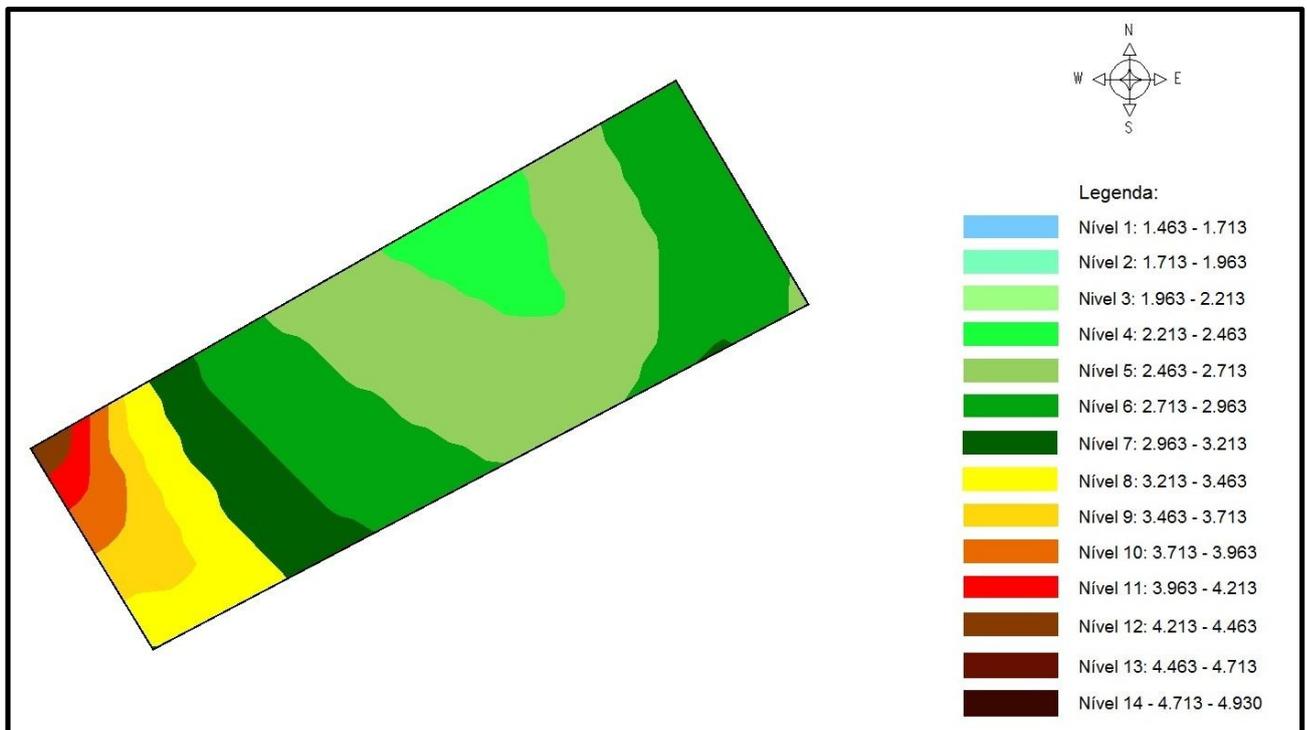


Figura 4.8: Dispersão do Elemento Cobre na profundidade 80-120 cm.

Os níveis da dispersão do cobre na profundidade 80-120 cm (figura 4.8) ficaram entre os níveis 4 e 12, sendo que seus valores ficaram na faixa de 2.213 – 2.463 para o nível 4 e 4.213 – 4.463 para o nível 12. Os níveis obtidos pela Análise Espacial de Kernel ficaram de duas a quatro vezes e meia acima do valor 1. O padrão de dispersão indica que a concentração do metal pesado é mais elevada na região com mais tumulação e diminui de acordo que entra na área com menos tumulação.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

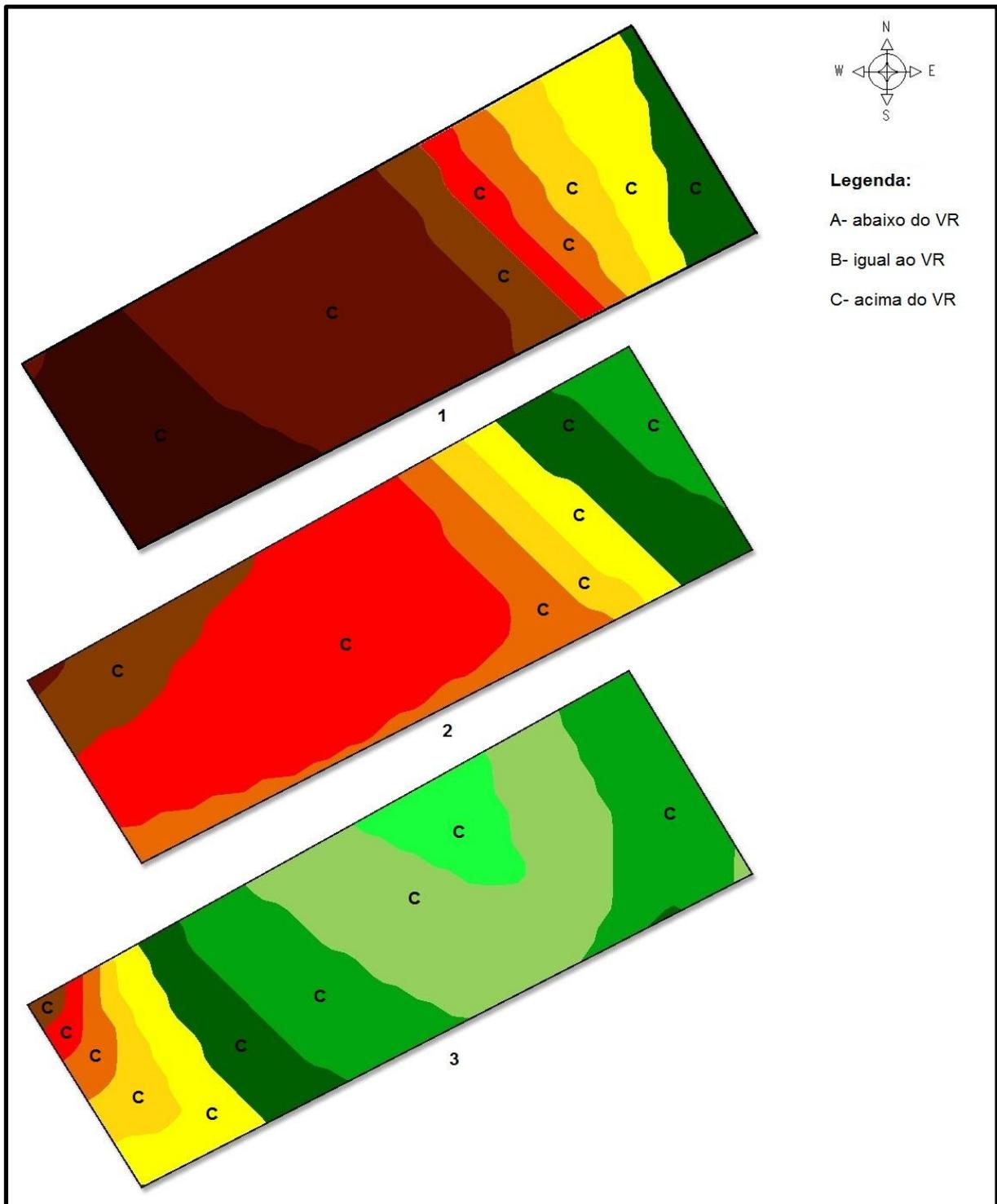


Figura 4.9: Dispersão do Elemento Cobre nas profundidades 0-20 (1), 20-80 (2) e 80-120(3).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Os valores de cobre ficaram todos acima dos valores de referência da resolução CONAMA 420/2009, principalmente na região com mais sepultamentos do cemitério. Os valores dos níveis ficaram todos acima da referência que a Análise Espacial de Kernel fornece, sendo que a profundidade 80-120 cm obteve concentração quatro vezes e meia maior no maior nível identificado (figura 4.9).

Esse excesso tem origem antropogênica das tumulações dos corpos, já que o corpo humano contém cerca de 150 mg desse mineral e os vernizes e metais utilizados nos adornos dos caixões possuem cobre na sua composição (Spongberg e Becks, 2000b; Kemerich et al; 2013).

4.4.2 Cromo

As análises de solo mostram que somente quatro amostras ficaram com valores de cromo acima dos valores de referência: P7 80-120 cm (116,700 mg.kg⁻¹), P8 0-20 cm (141,600 mg.kg⁻¹), P8 80-120 cm (80,700 mg.kg⁻¹) e P9 80-120 (80,700 mg.kg⁻¹). Os pontos, que as amostras ficaram com os valores acima da referência, estão localizados dentro da área do cemitério com maior incidência de sepultamentos. Os pontos na área externa do cemitério não tiveram amostras com valores acima da referência.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

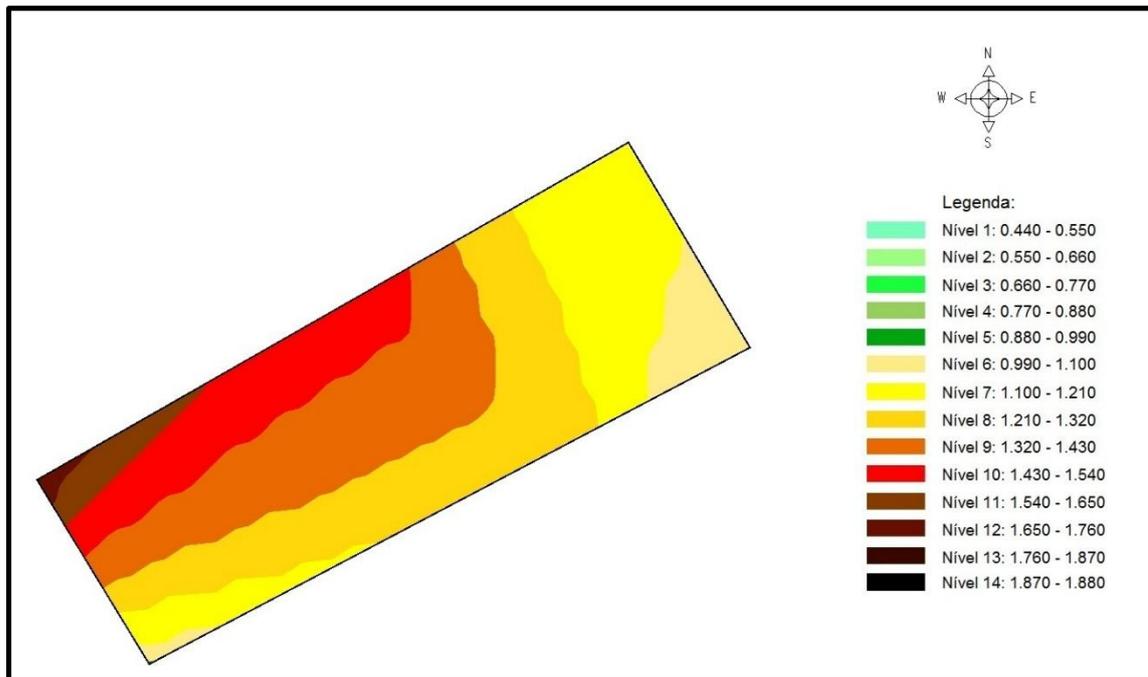


Figura 4.10: Dispersão do Elemento Cromo na profundidade 0-20 cm.

A dispersão do cromo na profundidade 0-20 cm (figura 4.10) ficou entre os níveis 6 (0.990 – 1.100) e 12 (1.650 – 1.760). Os níveis obtidos ficaram entre uma vez a uma vez e meia acima do valor de referência 1. A figura 4.10 nos mostra também que o elemento contaminante segue um padrão de dispersão que diminui em relação a intensidade dos sepultamentos, sendo que as cores vermelha e laranja mostram maior dispersão do metal pesado e os enterros são mais frequentes nessa área.

A figura 4.11 mostra que a dispersão do contaminante ficou entre os níveis 1 (0.416 – 0.456) e 6 (0.616 – 0.656), sendo que nessa profundidade todos os níveis ficaram abaixo do valor 1 de referência da Análise Espacial de Kernel. Os valores relacionados com os níveis mostram que nessa profundidade nenhuma amostra analisada ficou com valores de cromo acima da referência da resolução CONAMA 420/2009 que é de 75 mg.kg^{-1} mas o padrão de dispersão ficou mais concentrado na região central do cemitério que recebe sepultamentos.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

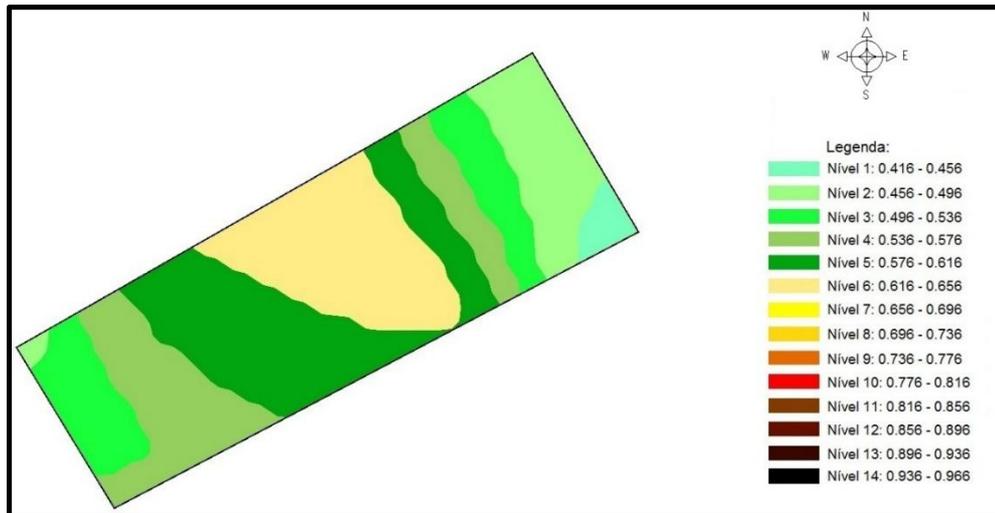


Figura 4.11: Dispersão do Elemento Cromo na profundidade 20-80 cm.

Os níveis de dispersão do cromo na profundidade 80-120 ficaram entre o nível 2 (0.590 – 0.670) e o nível 11 (1.310 – 1.390) mostrando uma variação dos valores dos níveis entre relação ao valor de referência onde o maior valor obtido (nível 11) ficou quase uma vez e meia acima de 1 (valor de referência).

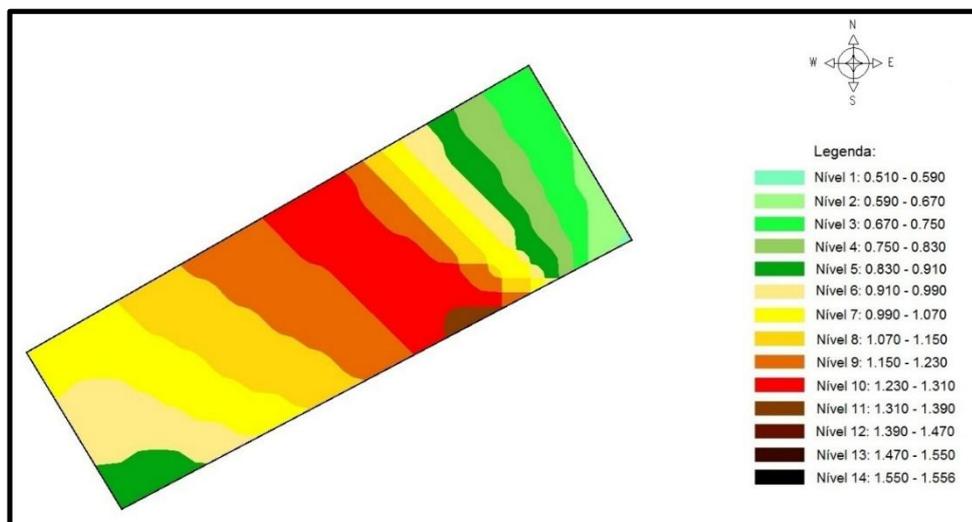


Figura 4.12: Dispersão do Elemento Cromo na profundidade 80-120 cm.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

A figura 4.12 mostra que na região onde os sepultamentos são mais ativos, a concentração do elemento é maior e ela diminui quando segue para as áreas menos ativas do cemitério.

Os níveis do cromo obtidos na Análise Espacial de Kernel mostram que o elemento ficou mais concentrado na profundidade 0-20 cm e 80-120 cm, onde na profundidade 20-80 cm não apresentou níveis acima da referência não tendo contaminação nessa profundidade (figura 4.13).

O cromo é um elemento traço essencial, mas também pode ser tóxico para o ser humano. Este elemento químico é encontrado naturalmente no solo, na poeira e gases de vulcões. No meio ambiente, pode ser encontrado na forma de cromo (0), cromo (III) e cromo (VI), sendo que o cromo (III) tem ocorrência natural no meio ambiente, enquanto cromo (VI) e cromo (0) são geralmente produzidos por processos industriais (Kemerich et al; 2012).

O cromo no solo está em sua maioria na forma de óxido insolúvel Cr_2O_3 de baixa mobilidade e uma pequena quantidade nas formas solúveis de Cr (VI) e Cr (III), portanto de maior mobilidade no solo. A mobilidade destas formas depende das características de adsorção do solo como teor de argila, teor de Fe_2O_3 e matéria orgânica (Schirmer et al., 2009).

Os caixões com madeira tratada possuem dosagens de cromo que são usadas no conservante da madeira. Os adornos usados podem possuir cromo na sua composição assim como outros metais pesados (Spongberg e Becks, 2000b).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

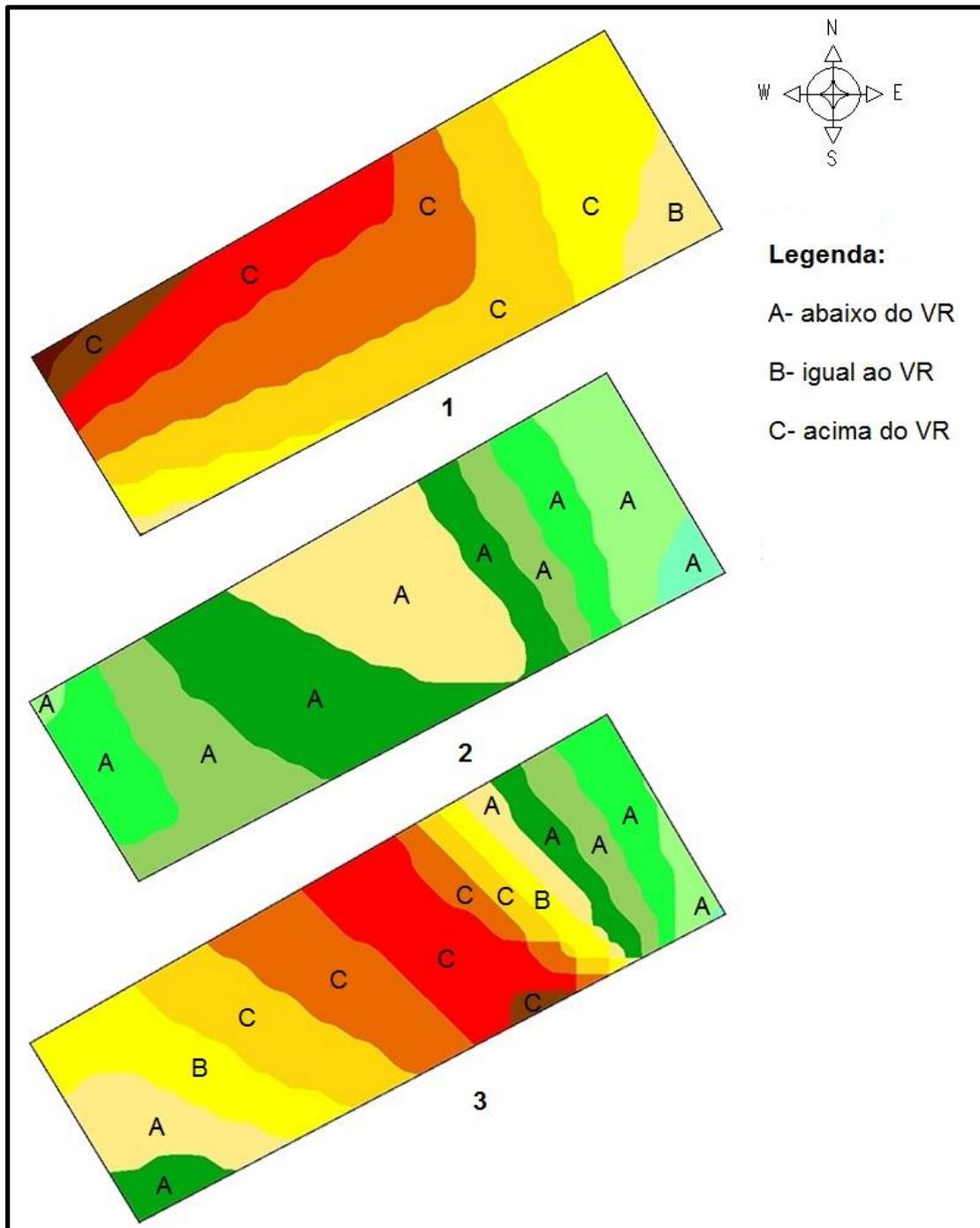


Figura 4.13: Dispersão do Elemento Cromo nas profundidades 0-20 (1), 20-80 (2) e 80-120(3).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.4.3 Níquel

Os pontos de coleta P3 e P4 não obtiveram valores de níquel acima da referência da resolução CONAMA 420/2009 (30 mg.kg^{-1}). O ponto P1 obteve valores acima nas profundidades 0-20 cm ($32,900 \text{ mg.kg}^{-1}$) e 20-80 cm ($30,000 \text{ mg.kg}^{-1}$) e P2 obteve valor acima somente em 0-20 cm ($30.400 \text{ mg.kg}^{-1}$). Em P7, P8 e P9 todas as amostras ficaram com valores acima da referência, sendo que em 20-80 cm de P8 obteve o maior valor com $41,100 \text{ mg.kg}^{-1}$). P10 teve somente a amostra de 20-80 cm com valor abaixo da referência com $29.900 \text{ mg.kg}^{-1}$.

A dispersão do níquel pelo cemitério na profundidade 0-20 cm (figura 4.14) mostra que na área de tumulação mais ativa é onde está mais concentrado o elemento e ela vai diminuindo de acordo com que segue para a área menos sepultamentos. Os níveis obtidos na análise espacial de Kernel ficaram entre 5 (0.952-0.979) e 14 (1.195-1.222). Os valores dos níveis 7 até o nível 14 estão acima do valor de referência, indicando a intensidade da dispersão do elemento pela área do cemitério.

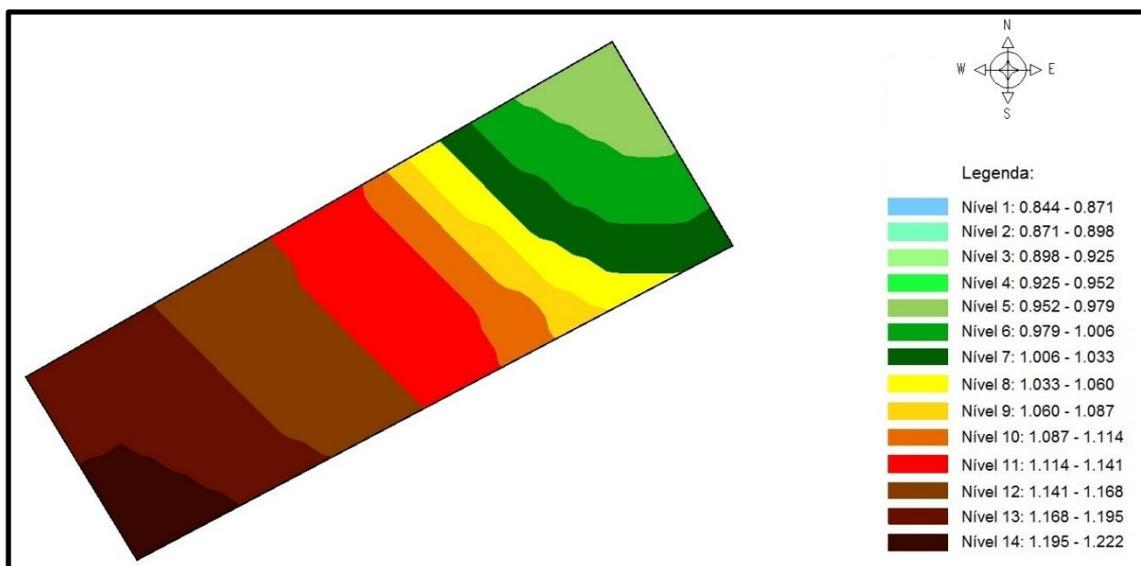


Figura 4.14: Dispersão do Elemento Níquel na profundidade 0-20 cm.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

Na profundidade 20-80 cm, a dispersão do níquel ficou entre o nível 4 (0.407-0.450) e o nível 11 (0.708-0.751) (figura 4.15). A dispersão está maior na área com mais sepultamentos e segue diminuindo para a área com menor tumulação. Os valores dos níveis ficaram abaixo de 1 segundo a análise espacial de kernel, mesmo havendo amostras com valores acima da referência da resolução CONAMA 420/2009.

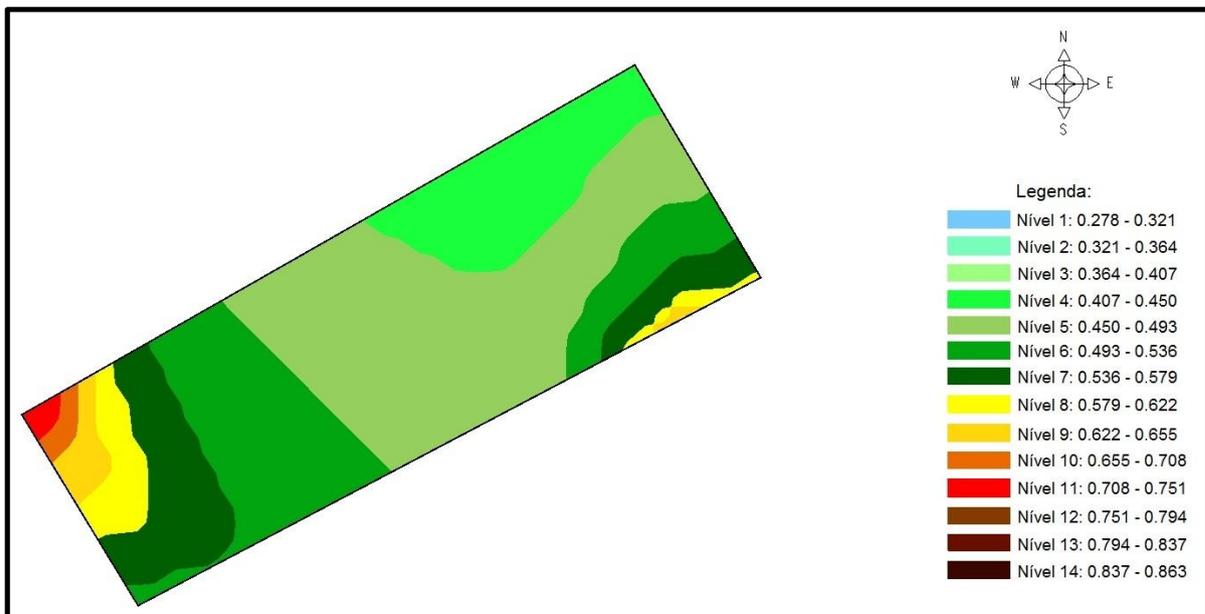


Figura 4.15: Dispersão do Elemento Níquel na profundidade 20-80 cm.

Os níveis de dispersão do níquel na profundidade 80-120 cm (figura 4.16) ficaram entre 2 (0.620-0.670) e 13 (1.170-1.220). Os valores dos níveis 9, 10, 11, 12, e 13 passaram o valor 1, que é a referência obtida da Análise Espacial de Kernel, e indicam a intensidade do elemento naquele nível em relação ao valor de referência. O comportamento da dispersão do contaminante é mostrado onde as áreas com mais tumulação ocorre mais concentração do elemento e a dispersão diminui de acordo vai entrando na área com menos tumulação.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

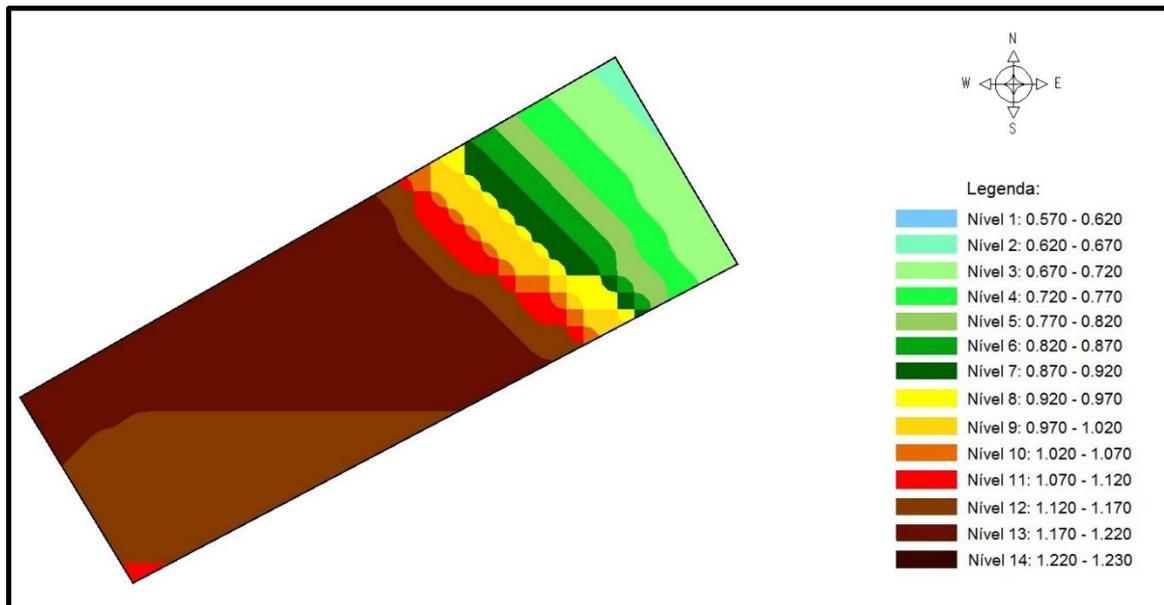


Figura 4.16: Dispersão do Elemento Níquel na profundidade 80-120 cm.

A Análise Espacial de Kernel indica que o elemento níquel está mais concentrado nas profundidades 0-20 cm e 80-120 cm. Na profundidade 20-80 cm não ocorreu concentração acima da referência, repetindo o comportamento do cromo na sua dispersão no solo (figura 4.17).

O níquel, como contaminante nos cemitérios, é oriundo dos adornos metálicos que são feitos de uma liga de níquel e cromo (Silva, 1999). No ser humano, altas doses levam à intoxicação, afetando nervos, coração e sistema respiratório. Em condições ácidas, o Níquel (Ni) é mais móvel no solo e pode atingir as águas subterrâneas. Outra forma desse elemento, o níquel complexado (níquel-cianeto) é tóxico quando em baixos valores de pH (Santos, 2011).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

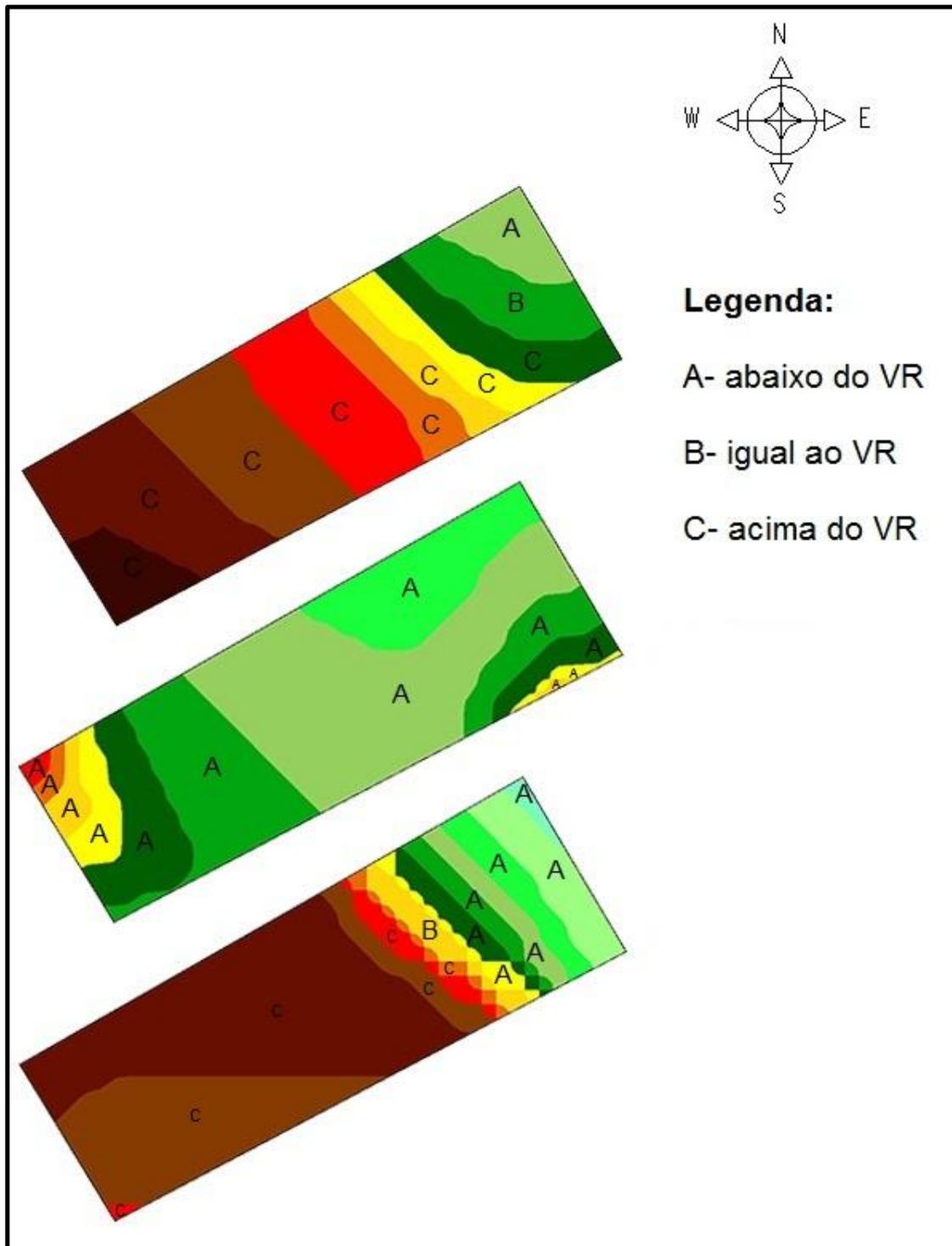


Figura 4.17: Dispersão do Elemento Níquel nas profundidades 0-20 (1), 20-80 (2) e 80-120(3).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

4.5 Conclusões

O metal pesado Cobre apresentou concentração mais elevada nos pontos de coleta da área interna do cemitério, evidenciando contaminação de solo em todas as amostras coletadas. Os metais Cromo e Níquel apresentaram concentração elevada em algumas amostras dos pontos de coleta na área interna do cemitério. As maiores concentrações dos três elementos ocorreram na área com maior atividade de sepultamento.

Os padrões de dispersão gerados pela Análise Espacial de Kernel, dos elementos avaliados, mostram uma relação da maior concentração dos contaminantes com as áreas de sepultamento mais ativas nas diferentes profundidades analisadas.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

5. CONCLUSÕES GERAIS

Todas as amostras coletadas nos poços acusaram contaminação microbiológica por coliformes totais, coliformes fecais e bactérias heterotróficas.

Os elementos Cobre, Cromo e Níquel apresentaram valores acima da referência da resolução CONAMA 420/2009 nas amostras coletadas nos pontos na área interna do cemitério nas diferentes profundidades. Os padrões de dispersão dos elementos avaliados mostram uma relação da maior concentração dos contaminantes com as áreas com maior frequência de sepultamento.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

REFERÊNCIAS

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; BARRA, C.M.; LÃ, O.R. Química dos metais pesados no solo. In: MELO, V.F.; ALLEONI, L.R.F. (Eds.). **Química e mineralogia do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2009. 685p.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION- APHA. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**, ed. 20, Washington, D.C., 1998.

BARBOSA, M.C; COELHO, H. **Impacto ambiental dos cemitérios horizontais e sua relação com o controle sanitário nas áreas urbanas**. 2006. Disponível em: <<http://www.biossegurancahospitalar.com.br/files/ImAmbCem>> Acesso em 01 set. 2015.

BARROS, J.Y; KUMMER, L; MELO, V.F; ROMANÓ, E.N.L; ZANELLO, S. Teores de metais pesados e caracterização mineralógica de solos do Cemitério Municipal do Boqueirão, Curitiba (PR). **Holos**. v.05. p.69-79. 2013.

BARROS, J.Y; MELO, V.F; ZANELLO, S; ROMANÓ, E.N.L; 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**. v.32. p.1763-1773. 2008.

BARTRAM J. Heterotrophic plate counts and drinking water safety: the significance of HPCs for water quality and human health. In: WHO: IWA. Londres, 2003. **Expert Consensus. Expert meeting group**.

BERRYMAN, H.E., BASS, W.M., SYMES, S.A., SMITH, O.C. Recognition of cemetery remains in the forensic setting. In: HAGLUND, W.D., SORG, M.H., editors. **Forensic taphonomy. The post-mortem fate of human remains**. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1997. p. 165–170.

BHERING, S.B. **Mapa de solos do Estado do Paraná: Legenda Atualizada**. 1ªed. Rio de Janeiro: Imprensa Oficial, 2008. 74p.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

BRASIL, Leis, decretos, etc. Resolução CONAMA n.335, de 3 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. **Diário Oficial** da República Federativa do Brasil, Brasília, 28 de maio de 2003, Seção 1.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: **SVS**, 2011.

BRASIL, Ministério da Agricultura. Levantamento de Reconhecimento de Solos do Nordeste do Paraná, **Boletim técnico n.º 16**, 1971.

CAMPOS, A.P.S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. São Paulo: Faculdade de Saude Pública da USP, 2008. 141p. Dissertação (Mestrado em Saude Pública).

DENT, B. B. Vulnerability and the unsaturated zone: the case for cemeteries. Joint Conference, New Zealand Hydrological Society, International Association of Hydrogeologists (Australian Chapter) and New Zealand Soil Science Society, Auckland. **Proceedings: where waters meet**. Auckland: IAH, 2005.

DOWBOR, L; TAGNIM, R. A. **Administrando a água como se fosse importante. Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. Editora Senac. São Paulo, 2005, 240p.

ENETÉRIO, N.G.P. **Avaliação da vulnerabilidade do aquífero freático à contaminação por necrochorume em Bonito-MS**. Mato Grosso do Sul: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul; 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais).

ENVIRONMENTAL AGENCY **Assessing the Groundwater Pollution Potential of Cemetery Developments**. UK Environmental Agency, Bristol, 2004, 24 p.

FIEDLER, S., BREUER J., PUSCH, C.M., HOLLEY, S., WAHL, J., INGWERSEN, J., GRAW, M. Graveyards — Special landfills. **Science of Total Environment**. v.419. p.90-97.2012.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

FIEDLER, S., SCHNECKENBERGER, K., GRAW, M. Characterization of soils containing adipocere. **Arch Environ Contam Toxicol.** v.47. p.561–568. 2004.

FIEDLER, S, GRAW, M. Decomposition of buried corpses, with special reference to the formation of adipocere. **Naturwissenschaften.** v.90. p.291-200. 2003.

FORBES, S.L. An investigation of the formation of adipocere in grave soils. **16th International Symposium on the Forensic Sciences**, Canberra, Forensic Sciences – Outcomes for Society Handbook, pp. 162–163. 2002.

FRANCA, R.M., FRISCHKORN, H., SANTOS, M.R.P., MENDONÇA, L.A.R., BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará. **Engenharia Sanitária. Ambiental.** v.11. p.92-102. 2006.

FUNASA. **Cemitérios como Fonte Potencial de Contaminação das Águas Subterrâneas Região de Cuiabá e Várzea Grande (MT) - Relatório Final.** Mato Grosso, 2007.

FINEZA, A.G. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: Estudo de caso de Tabuleiro – MG.** Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa. 2008. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

FINEZA, A.G., MARQUES, E.A.G., BASTOS, R.K.X., BETIM, L.S. Impacts on the Groundwater Quality Within a Cemetery Area in Southeast Brazil. **Soils and Rocks.** v.37. p.161-169. 2014.

HIRATA, R., SUHOGUSOFF, A.V. A proteção dos recursos hídricos subterrâneos no Estado de São Paulo. **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** Cuiabá. 2004.

HONG, K.J.; TOKUNAGA, S.; KAJIUCHI, T. Evaluation of remediation process with plant-derived biosurfactant for recovery of heavy metals from contaminated soils. **Chemosphere,** v. 49, p. 379-387, 2002.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, **Informações Municipais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 10 de Setembro de 2015.

JONKER, C; OLIVIER, J. Mineral Contamination from Cemetery Soils: Case Study of Zandfontein Cemetery, South Africa. **Internation Journal of Enviromental Research and Public Health**. v.9: p.511-520. 2012.

KEMERICH, P.D.C; BORBA, W.F; SILVA, R.F; BARROS, G; GERHARDT, A.E; FLORES, C.E.B. Valores anômalos de metais pesados em solo de cemitério. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7. p.140-156. 2012.

KNIGHT, M.J., DENT, B.B. A watery grave – the role of hydrogeology in cemetery Practice. **Australian Cemeteries & Crematoria Association National Conference**. Sydney. p. 19–22. 1995

KNIGHT, M.J., DENT, B.B., Sustainability of waste and groundwater management systems. **Proceedings of International Association of Hydrogeologists Sustainable Solutions Conference**, Melbourne. p. 359–374. 1998.

LELI, I.T., ZAPAROLI, F.C.M., SANTOS, V.C., OLIVEIRA, M., REIS, F.A.G.V. Estudos ambientais para cemitérios: indicadores, áreas de influência e impactos ambientais. **Bol. geogr.** v. 30. p. 45-54. 2012.

MACEDO, J.A.B. **Águas & Águas**. 2.ed. Belo Horizonte: CRQ-MG. 2004.

MACEDO J.A.B. **Introdução a Química Ambiental: Química e Meio Ambiente e Sociedade**. CRQ-MG: Belo Horizonte. 2006.

MARINHO, A.M.C.P. **Contaminação de aquíferos por instalação de cemitérios. Estudo do caso do Cemitério São João Batista, Fortaleza – Ceará**. Fortaleza: Centro de Ciências – Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará; 1998. Dissertação (Mestrado em Geologia).



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

MARTINS, M. T.; PELIZZARI, V.H; PACHECO.A. et al. Qualidade bacteriológica de águas subterrâneas em cemitérios. **Revista Saúde pública**, S. Paulo, v.25, p.47-52, 1991.

MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de Microorganismos no Aquífero Freático no cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, Município de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2001. 172p. Tese (Doutorado em Geologia).

MIGLIORINI, R.B. Cemitérios contaminam o meio ambiente: Um estudo de caso. Cuiabá: Universitária, 2002.

MININNI, G., SBRILLI, A., BRAGUGLIA, C.M., GUERRIERO, E., MARANI, D., ROTATORI, M. Dioxin, furans and polycyclic aromatic hydrocarbons emissions from a hospital and cemetery waste incinerator. **Atmos Environ**. v.41. p.8527–36. 2007.

NEIRA, D.F; TERRA, V.T; PRATTE-SANTOS, R; BARBIÉRI, R.S. Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Natureza on-line**. v.6. p.36-41. 2008.

NUVOLANI, A. **Esgoto Sanitário. Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Editora Blucher, 2011, 565p.

OTTMAN, F. Créer ou aménager un cimetièrre. Paris, **Moniteur**, 161 p. 1987.

PACHECO, A. **Cemitério e meio ambiente**. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2000. 105p. Tema de Livre Docência.

PACHECO, A. **Meio Ambiente e Cemitérios**. Editora Senac. São Paulo, 2012. 190 f.

PACHECO, C.E.M., MARINHOS, L.W., STRACERI, L.Y.A., SHATKOVSKY, M., IRIYA, A.S., COLUCCI, R., KINOSHITA, R.K. **Programa de minimização da contaminação das águas subterrâneas causada por cemitérios**. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP; 1993. Especialização.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

PIERANGELI, M.A.P.; GUILHERME, L.R.G.; CURI, N.; ANDERSON, S.J.; LIMA, J.M. Adsorção e dessorção de cádmio, cobre e chumbo por amostras de Latossolos pré-tratadas com fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.377-384, 2004.

REZENDE, E.C.M. **O céu aberto na terra: uma leitura dos cemitérios de São Paulo na geografia urbana**. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da USP; 2004. Dissertação (Mestrado em Filosofia).

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

ROMANÓ, E.N.L. **Cemitérios: Passivo ambiental medidas preventivas e mitigadoras**. Ponta Grossa, Paraná, Instituto Ambiental do Paraná, 2005.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C., FILHO, J.M. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 1ª Ed. Fortaleza: CPRM / LABHID – UFPE. 1997.

SANTOS, D. J. A. **Determinação de metais pesados em amostras de solo de sepulturas do Cemitério ‘Park’ e em amostras de água no lençol freático da região de Anápolis-GO**. Anápolis: Universidade Estadual de Goiás, 2011. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química).

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, Resolução 002/2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, estabelece condições e critérios e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Curitiba, Paraná, 23 de Abril de 2009.

SCHIRMER, W. N.; DREIFUS, T. V.; QUARTAROLI, L.; BENATTO, G. L.; OLIVEIRA, G. L.; VANZETO, S. A química ambiental do cromo e seus compostos. In: Semana de Engenharia Ambiental, 7., 01-04 junho 2009, Irati. **Anais... Irati: EESC/USP**, 2009. 1 CD ROM,.

SILVA, L.M. A influência dos cemitérios no meio ambiente. I **Fórum SINCEPAR “Cemitérios – Impacto Ambiental”**. Curitiba. 1999.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

SILVA, L.M. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. **Saneamento Ambiental**. v.71. p.41-45. 2000.

SILVA, F.C., SUGUIO, K., PACHECO, A. Avaliação ambiental preliminar do cemitério de Itaquera, segundo a resolução CONAMA 335/2003, município de São Paulo. **Revista UnG – Geociências**. v.7. p.31-47. 2008.

SILVA, R.W.C., MALAGUTTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio Claro, São Paulo, v.9. p.26-35. 2008.

SILVA, R.W.C., MALAGUTTI FILHO, W. O emprego de métodos geofísicos na fase de investigação confirmatória em cemitérios contaminados. **Eng Sanit Ambient**. v.14. p.327-336. 2009.

SINGH, P.; CAMEOTRA, S.S. Enhancement of Metal Bioremediation by Use of Microbial Surfactants. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 329, p. 291-297, 2004.

SPONGBERG, A.L., BECKS, P. Inorganic Soil Contamination from Cemetery Leachate. **Water, Air, and Soil Pollution** 117, 313–327. 2000b.

SPONGBERG, A.L., BECKS, P. Organic Contamination in Soils Associated with Cemeteries. **Journal of Soil Contamination**. v.9. p.87–97. 2000a.

ÜÇISIK A.S., RUSHBROOK, P. The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing. Denmark: **WHO**; 1998.

VAN RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.



Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP

Criada pela Lei Estadual nº 15.300/06 – Autorizada pelo Decreto Estadual nº 3909/08

CAMPUS LUIZ MENEGHEL
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE MESTRADO EM AGRONOMIA
BR 369 KM 54 (43) 3542-8053

VASS, A.A. Beyond the grave – Understanding human decomposition. **Microbiology Today**, v. 28, p. 190-192. 2001.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WILLIAMS, A., TEMPLE, T., POLLARD, S.J., JONES, R.J.A., RITZ, K. Environmental considerations for common burial site selection after pandemic events. In: RITZ, K., DAWSON, L., MILLER, D. **Criminal and environmental soil forensics**. Springer Science and Business; 2009. p. 87-101.

ZYCHOWSKY, J. Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review. **Catena**. v.39. p.29-37. 2012.