

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MÔNICA HIRATA BERTACHI**

**ESTUDOS PRELIMINARES DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS POR  
CEMITÉRIOS.**

**Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR.**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2013**

MÔNICA HIRATA BERTACHI

**ESTUDOS PRELIMINARES DE CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS POR  
CEMITÉRIOS.**

**Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp

Co-Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

LONDRINA

2013



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do**  
**Paraná**  
Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

Estudos Preliminares de contaminação de águas por cemitérios. Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR.

por

Mônica Hirata Bertachi

Monografia apresentada no dia 08 de abril de 2013 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho \_\_\_\_\_  
(aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi  
(UTFPR)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos  
(UTFPR)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp  
(UTFPR)  
Orientador

\_\_\_\_\_  
Profª. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que, de alguma forma, estiveram envolvidos com o desenvolvimento de meu trabalho. Antecipadamente peço desculpas se por descuido não citar algum nome, porém agradeço a todos os envolvidos pela colaboração.

Inicialmente agradeço à Deus, pela vida, e também por todas as oportunidades que recebi até os dias de hoje.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Eduardo Freres Stipp por toda a orientação e confiança durante este projeto, por compartilhar toda sua experiência e conhecimento, por todo incentivo, amizade, e auxílio em todos os trabalhos realizados.

Agradeço ao Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos por tão prontamente aceitar me orientar, disponibilizando seu tempo e conhecimentos, também por sua amizade, paciência, auxílio e dedicação com este trabalho.

A meus pais, meus maiores exemplos, e também a toda minha família agradeço o apoio incondicional, o carinho e a paciência durante toda minha formação acadêmica, principalmente nos momentos mais difíceis de minha graduação.

Agradeço a meus amigos por toda ajuda no desenvolvimento da pesquisa, em especial à Marcela Arfelli Silva, pelo apoio, companhia e amizade em todos meus anos de graduação; e também a Noelle Santos Salsa pela sinceridade, amizade e paciência nos momentos mais necessários.

Dedico minha gratidão também a Alisson Boeing, Ana Carolina Jacobs, Felipe Nunes, Gabriel Barca e Vítor Alvares pela amizade, paciência e por disponibilizarem seu tempo para me ajudar na execução deste trabalho.

A todos os professores que colaboraram em algum momento de minha graduação para meu crescimento profissional e pessoal, meus eternos agradecimentos. Em especial à banca examinadora, pela disponibilidade de tempo e contribuição com o presente trabalho.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

BERTACHI, Mônica Hirata. Estudos preliminares de contaminação de águas por cemitérios. Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR. 2013. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

Os cemitérios podem ser vistos como uma espécie particular de aterro e apresentam alto risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por bactérias e vírus que durante os processos de decomposição dos corpos se proliferam e liberam substâncias químicas prejudiciais a saúde de seres vivos. O Município de Londrina-PR está localizado no norte do estado do Paraná, e sofreu um acelerado processo de urbanização, hoje existem oito cemitérios em funcionamento em sua área urbana, o que provoca riscos de contaminação das águas subterrâneas exploradas para o abastecimento, e pode trazer prejuízos à saúde de toda a população que habita e ocupa a área urbana do município e faz uso desse recurso. O presente trabalho tem intuito de investigar a qualidade das águas na área urbana do município em que está inserido o cemitério São Pedro, para verificar se esse empreendimento está causando contaminação da micro-bacia onde está inserido. Amostras de água foram coletadas para determinação dos parâmetros físico-químicos de turbidez, condutividade elétrica, nitrato, nitrogênio amoniacal, pH e oxigênio dissolvido e para análises microbiológicas realizou a contagem da espécie *Escherichia coli*. Fez-se uma análise dos aspectos geográficos locais através de mapas de altimetria e declividade, e suas influências na contaminação do cemitério e através do registro dos poços tubulares profundos outorgados e cadastrados no SIAGAS realizaram-se a investigação qualidade da água no entorno do cemitério e região central de Londrina. Através das coletas e análises realizadas, provou-se que as águas subterrâneas da região do entorno do cemitério São Pedro sofrem influencias diretas da degradação dos corpos ali presentes. Foi possível comprovar que cemitérios, mesmo que antigos, apresentam impactos de contaminação na água do local, seja ela subterrânea ou superficial. Conclui-se também a extrema importância do monitoramento dos impactos causados por empreendimentos desta natureza, para que sejam evitadas possíveis contaminações.

**Palavras chave:** área urbana, decomposição, necrochorume

## ABSTRACT

BERTACHI, Mônica Hirata. Preliminary studies of contamination of water by cemeteries. Case study of the surroundings of São Pedro cemetery - Londrina-PR.. 2013. 67p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

The cemeteries can be seen as a particular species of landfill and have a high risk of contamination of groundwater and surface water by bacteria and viruses that during the processes of decomposition of bodies proliferate and release chemical substances harmful to health of living organisms. The municipality of Londrina-PR is located in the north of the State of Paraná, and suffered an accelerated urbanization process, today there are eight graveyards in its urban area, which causes a risk of contamination of groundwater exploited to supply, and can bring harm to the health of the entire population that inhabits and occupies the city's urban area and makes use of this resource. The present work aims to investigate the quality of water in the urban area of the municipality in which it is inserted the São Pedro cemetery, to verify whether this venture is causing contamination of the micro watershed where it is inserted. Water samples were collected for determination of physico-chemical parameters of turbidity, electrical conductivity, nitrate, ammonia nitrogen, pH and dissolved oxygen and microbiological tests performed the count of the species *Escherichia coli*. Analysis were made of the local geographic aspects through altimetry maps and declivity, and their influences on cemetery contamination and through the record of deep tube wells granted and registered in the SIAGAS there were researches about the water quality around the cemetery and the central region of Londrina. Through the collections and analyses, it has been proven that the groundwater in the area around the São Pedro cemetery suffer direct influences of degradation of the present bodies. It was possible to prove that cemeteries, even though ancient, present the impacts of contamination in the water, be it surface or underground. It is also the extreme importance of the monitoring of impacts caused by such developments, to avoid contamination.

**Keywords:** decomposition, necrochorume, urban area

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comportamento do Necrochorume. ....	155
Figura 2 - Precipitação média do Estado do Paraná. ....	211
Figura 3 - Carta de altimetria de Londrina-PR. ....	233
Figura 4 - Localização do Cemitério São Pedro. ....	244
Figura 5 - Poços tubulares profundos da região central de Londrina-PR, no entorno do cemitério São Pedro. ....	255
Figura 6 - Locais de coleta de amostras para análise. ....	266
Figura 7 - Córrego do Leme. ....	277
Figura 8 - Gráfico para cálculo de nitrato (mgN-Nitrato). ....	29
Figura 9 - Escoamento superficial da água para galerias. ....	332
Figura 10 - Túmulos mal preservados. ....	333
Figura 11 - Solo exposto no cemitério São Pedro. ....	333
Figura 12 - Fissuras no concreto. ....	344
Figura 13 - Água escoando até entrar no solo exposto. ....	344
Figura 14 - Arquitetura moderna nos túmulos. ....	355
Figura 15 - Declividade no município de Londrina-PR. ....	366
Figura 16 - Altimetria da região central de Londrina-PR. ....	377
Figura 17 - Bloco diagrama evidenciando a conformação topográfica da área de estudo. ....	388
Figura 18 - Índice de precipitação nos meses de dezembro/2012 e fevereiro/2013. ....	400
Figura 19 - Conjunto de pontos em estudo para análise espacial de contaminantes. ....	477
Figura 20 - Distribuição espacial de nitrato no centro de Londrina-PR. ....	488
Figura 21 - Distribuição espacial de nitrito na região central de Londrina-PR. ....	49
Figura 22 - Distribuição espacial do pH na região central de Londrina-PR. ....	511
Figura 23 - Bloco diagrama evidenciando as concentrações de pH na área de estudo. ....	522

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise das amostras de água do Ponto 2 e do Córrego do Leme .....	400
Tabela 2 - Contagem de coliformes nos pontos de estudo .....	434
Tabela 3 - Análise da qualidade da água no entorno do Cemitério São Pedro de Londrina-PR .....	455
Tabela 4 – Indicadores ambientais para cemitérios .....	544

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
2.1 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS .....	13
2.2 NECROCHORUME .....	14
2.3 MICRORGANISMOS.....	16
2.4 COMPOSTOS INORGÂNICOS.....	17
2.5 LEGISLAÇÃO.....	18
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>20</b>
3.1 ÁREA EM ESTUDO .....	20
3.1.1 O Município de Londrina .....	20
3.1.2 Clima .....	21
3.1.3 Geologia, Geomorfologia e Hidrologia.....	21
3.1.4 Cemitério São Pedro .....	23
3.2 METODOLOGIA.....	24
3.2.1 Pontos de Coleta.....	24
3.2.2 Coleta de Amostras .....	27
3.2.3 Coliformes Termotolerantes .....	28
3.2.4 Análises Físico-Químicas .....	28
3.2.5 Dureza.....	28
3.2.6 Nitrogênio Amoniacal .....	28
3.2.7 Nitrato.....	29
3.2.8 SURFER®.....	29
3.2.9 SPRING.....	31
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>32</b>
4.1 VISITA AO LOCAL DE ESTUDO .....	32
4.1.1 Cemitério São Pedro .....	32
4.2 ANÁLISE GEOGRÁFICA DA REGIÃO.....	35
4.3 ANÁLISE DE AMOSTRAS .....	39
4.4 ANÁLISE GLOBAL DA REGIÃO CENTRAL .....	45
4.5 DISTRIBUIÇÃO GLOBAL DOS CONTAMINANTES .....	46
4.5.1 Nitrato.....	47
4.5.2 Nitrito .....	49
4.5.3 pH.....	50
4.6 ESTUDO PRÉVIO PARA INSTALAÇÕES DE CEMITÉRIOS .....	53
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No período da Idade Média, como uma forma de ainda se manter uma relação próxima entre os vivos e mortos, era de costume o sepultamento de corpos em igrejas, paróquias, mosteiros e hospitais, sendo que o processo de sepultamento contava apenas com o recobrimento do corpo com solo a uma profundidade de 1 a 2 metros. Porém a partir do século XIII, devido a forte incidência de epidemias, a saúde pública exigiu que os sepultamentos passassem a ser realizados em locais de ar livre e o mais distante possível da população local, dando origem aos cemitérios como conhecemos hoje. (SILVA; MALAGUTI FILHO, 2008)

Segundo Fiedler et al. (2012) cemitérios podem ser vistos como uma espécie particular de aterro, e desde a década de 1950 tem sido estudados devido aos riscos que podem gerar ao meio ambiente. Apresentam alto risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por bactérias e vírus que durante os processos de decomposição dos corpos se proliferam e liberam substâncias químicas prejudiciais a saúde de seres vivos. (BRASIL, 2007)

Durante a putrefação dos corpos humanos, o cadáver é exposto aos fatores químicos e físicos, dentre os fatores físicos existe a percolação de água que carrega compostos originados desse processo, que pode conter bactérias, vírus e compostos químicos orgânicos e inorgânicos. Se o cemitério for localizado em áreas com solo de alta granulometria, com muita areia ou cascalho, a percolação desses compostos poderá ocorrer rapidamente e facilmente se misturará ao lençol freático da região, acarretando doenças, o que tornaria prejudicial, se esta água for utilizadas para o sistema de abastecimento urbano. (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998)

Para Matos (2001), em áreas próximas aos sepultamentos pode-se perceber o aumento da condutividade elétrica, pH, alcalinidade e dureza da solução do solo, devido à presença de compostos de nitrogênio e fósforo e de diversos sais (cloro -  $\text{Cl}^-$ , bicarbonatos -  $\text{HCO}_3^-$ , cálcio -  $\text{Ca}^{+2}$ , sódio -  $\text{Na}^+$ ). Também aumenta a concentração dos íons bicarbonato, e dos metais como, ferro, alumínio, chumbo e zinco. Essa contaminação ocorre principalmente em

locais onde os cemitérios foram implantados sob condições hidrogeológicas desfavoráveis, tais como baixa distância do nível freático, em solos muito permeáveis, com rochas fraturadas e zonas cársticas (SILVA; MALAGUTI; MOREIRA, 2009).

Apesar da preocupação de construção de cemitérios em locais afastados da área urbana, o crescimento intenso e descontrolado da população e a falta de planejamento na urbanização das cidades, faz com que os cemitérios passem a ser integrados na malha urbana. A Organização Mundial de Saúde, em sua publicação “O Impacto dos Cemitérios no Meio Ambiente e na Saúde Pública” (1998) concluiu que os cemitérios podem causar sérios impactos no meio ambiente e na saúde pública devido ao seu poder de aumentar a concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas nas águas subterrâneas, e a possibilidade de contaminá-las com microrganismos patógenos.

O Município de Londrina-PR está localizado no norte do estado do Paraná, e sofreu um acelerado processo de urbanização. Hoje existem oito cemitérios em funcionamento na área urbana, o que provoca riscos de contaminação das águas subterrâneas exploradas para o abastecimento, e pode trazer prejuízos à saúde de toda a população que habita e ocupa a área urbana do município e faz uso desse recurso.

Não existem registros divulgados de estudos relacionados aos possíveis impactos que os cemitérios urbanos causam nas águas em Londrina-PR, apesar de haver a preocupação de contaminação do aquífero na região central, onde alguns prédios foram impedidos de utilizar seus poços tubulares profundos.

A exploração da água subterrânea no Brasil, tanto para o abastecimento público, como privado, tem mostrado um forte incremento nas últimas décadas. Estima-se que 35% da população brasileira faça uso deste recurso para o atendimento de suas demandas domésticas (HIRATA; SUHOGUSOFF, 2004), portanto, tem surgido a necessidade de monitoramento das águas subterrâneas que até pouco tempo essa preocupação era apenas com as águas superficiais (NEIRA et al., 2008). Devido ao crescente uso desses recursos e as diversas fontes possíveis de poluição que o mesmo pode conter, faz a pertinência do estudo sobre de cemitérios em meios urbanos à saúde pública seria a utilização para o abastecimento de águas subterrâneas contaminadas por microrganismos

patogênicos oriundos do necrochorume (COSTA; MENEGASSE; FRANCO, 2008).

A maioria das cidades brasileiras sofre com os impactos gerados pelos cemitérios, mesmo sem sua constatação. A prática de cultuar seus mortos e enterrá-los em cemitérios são pretérito a Legislação vigente.

Uma vez que os cemitérios vêm sendo incluídos na lista de empreendimentos como possíveis poluidores de solos, águas subterrâneas e corpos d'água, o presente trabalho tem como objetivo verificar se os cemitérios inseridos na malha urbana de Londrina-PR são de fato fontes de contaminação para os corpos hídricos pertencentes às bacias da região, comprometendo o uso de suas águas.

Como os cemitérios, por estarem em funcionamento antes da legislação que regula sua implantação, faz-se necessário um estudo detalhado sobre os possíveis impactos ambientais. Este trabalho se preocupou com a contaminação das águas urbanas (subterrâneas) no cemitério São Pedro, inserido na área urbana de Londrina-PR, pois o mesmo não se enquadra nos requisitos presentes na legislação atual, que certifica que a área prevista deve estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para Castro (2008), os cemitérios são considerados como fontes poluentes pontuais, pois representam corpos dispostos separadamente em sepulturas. Estes produzem pequenas quantidades de necrochorume, cuja produção pode durar até 2,5 anos. A abertura e ocupação das covas seguem um cronograma específico, sendo as sepulturas preenchidas de maneira organizada em setores pré-determinados dentro da área de sepultamento do cemitério.

Pacheco (2012) afirma que a implantação inadequada de cemitérios horizontais nos quais os sepultamentos são feitos no solo, transforma esse tipo de construção em uma fonte suspeita de contaminação ambiental, podendo gerar dois tipos de impactos ambientais:

- Impacto físico primário: ocorre quando há contaminação física, química e biológica das águas, podendo ocorrer a contaminação das águas por microrganismos patogênicos que estão presentes na decomposição dos corpos.
- Impacto físico secundário: ocorre quando há odores nauseabundos na atmosfera de cemitérios, gerados por gases pútridos da decomposição de cadáveres. Esse tipo de impacto está relacionado com problemas inerentes à confecção e manutenção das sepulturas.

Os principais gases provenientes da decomposição de corpos são o gás sulfídrico, a amônia, o dióxido de carbono, o metano e a fosfina. O odor nauseabundo é causado por alguns desses gases e pelos mercaptanos ou tióis (substância que contém sulfeto de hidrogênio ligado a carbono saturado), sendo mais acentuado nos períodos quentes, pós chuva e em regiões tropicais (PACHECO, 2012).

## 2.1 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS

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; SUGUIO, PACHECO, 2008). No que diz respeito a corpos d'água superficiais (rios e córregos), a possibilidade de contaminação de água por microrganismos resultantes da degradação dos corpos é bastante remota.

Em relação à águas subterrâneas de pequena profundidade (aquífero freático ou livre), retiradas por poços escavados e rasos, apresenta o maior índice de contaminação proveniente de cemitérios inadequadamente implantados.

As águas subterrâneas de maior profundidade, retirada por poços tubulares, estariam naturalmente protegidas dessa contaminação, podendo ocorrer quando esses poços, perfurados nas proximidades de cemitérios, estiverem localizados em aquíferos vulneráveis, como rochas fissuradas (fenda ou fratura) e com canais de dissolução (espaços vazios da ordem do centímetro ou mesmo do metro) típicos dos sistemas cársticos, produzidos pela ação geológica da água subterrânea sobre rochas solúveis. Cerca de 5% a 7% do território brasileiro é ocupado por carstecarbonático, constituindo um importante componente nas paisagens do Brasil. Sobre esse carste, existem inúmeros cemitérios e captações de água subterrânea que exigem uma maior atenção dos órgãos ambientais e da saúde pública. (PACHECO, 2012)

A vulnerabilidade de um aquífero à poluição significa 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).

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).

## 2.2 NECROCHORUME

O corpo humano, após sepultado, sofre o efeito de putrefação, seus tecidos são degradados por ação de bactérias e enzimas até a sua dissolução gradual em sais, líquidos e gases. O processo de degradação resulta em solução aquosa liberada no solo conhecida como necrochorume, principal responsável pela contaminação de cemitérios (CAMPOS, 2007; SILVA; MALAGUTI FILHO, 2009; PACHECO, 2012).

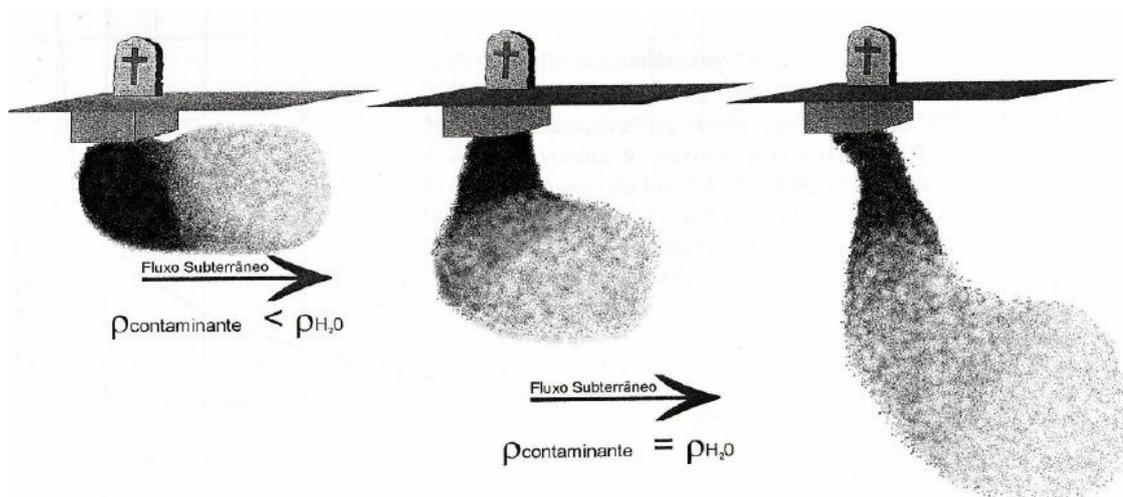
Necrochorume é um composto rico em sais minerais e substâncias orgânicas degradáveis, sua duração é relativa em relação as condições do ambiente local, como tipo de solo e temperatura ambiente. Sua formação tem início após a morte, no período coliquativo, ou seja, após a liberação dos gases durante a degradação (CAMPOS, 2007; BOCCHESI; PELLIZZARO; BOCCHESI, 2007; PACHECO, 2012).

Matos (2001), define necrochorume como um fluido viscoso, de cor castanho-acinzentada, que pode apresentar mau-cheiro e diferentes graus de patogenicidade. Podem conter bactérias, vírus e compostos químicos orgânicos e inorgânicos.

Para ÜÇISIK e RUSHBROOK (1998) um humano, adulto de 70Kg apresenta aproximadamente 16000g de carbono, 1800g de nitrogênio, 1100 g de

cálcio, 500g de fósforo, 140g de enxofre, 140g de potássio, 100g de sódio, 95g de cloreto, 19g de magnésio, 4,2g de ferro e cerca de 70% a 74% do seu peso é água (ALMEIDA; MACEDO, 2005; CAMPOS, 2007).

Confirmado por SILVA (2000) apud Campos (2007) e Fineza (2008), a disseminação de necrochorume apresenta velocidade e distância de contaminações variáveis (Figura 1).



**Figura 1 – Comportamento do Necrochorume.**  
**Fonte: Silva (1998) apud Campos (2007).**

Pacheco (2012) observou que ao longo de certo tempo, relativo para cada tipo de solo, se disperso em meio natural, o necrochorume pode se decompor e ser reduzido a compostos mais simples e inofensivos, em função do teor de argilas ativas, ocorrendo uma filtração lenta dos percolados que se oxidam.

O volume de necrochorume produzido por um cemitério é relativo ao número estimado de corpos sepultados, seus pesos, em função do sexo e idade, e na quantidade presumida de necrochorume gerado por cada corpo durante os processos de putrefação dos tecidos e órgãos, podendo ser estimado com base no montante de sepultamentos (CASTRO, 2008).

Pacheco (2012) relata que um dos fatores determinantes na decomposição de cadáveres é a profundidade a que estão sepultados. Se a sepultura for rasa e arejada, a decomposição é mais rápida. Se a sepultura for mais profunda, sem ventilação e a presença de fauna cadavérica (larvas e insetos) for menor ou ausente, a putrefação será mais lenta.

Dentre as diversas fontes de contaminação das águas subterrâneas por sepulturas, o maior risco se encontra em necrópoles com menos de um ano e localizadas nas cotas mais baixas do terreno, próximas 4 metros do nível freático (NEIRA et al., 2008).

Além dos fatores intrínsecos ao cadáver, como idade, composição em gordura, causa da morte e outros, existem os fatores ambientais que podem acelerar ou retardar o processo putrefação, como temperatura, umidade relativa, ventilação e composição do solo (PACHECO, 2012).

Quando a umidade no solo é alta, pode acontecer a saponificação, processo em que gorduras corporais liberam ácidos graxos, cuja acidez inibe a ação das bactérias putrefativas, atrasando a decomposição. O fenômeno ocorre em ambientes quentes e úmidos, com baixos níveis de oxigênio, em geral em solos argilosos, com baixa permeabilidade (que retêm água) e alta capacidade de troca de cátions (capacidade de reter íons positivos de certos elementos e liberar outros) (SILVA; MALAGUTI FILHO, 2009).

### 2.3 MICRORGANISMOS

Segundo Üçisik e Rushbrook (1998), o tempo de sobrevivência e retenção dos microrganismos patogênicos é relativo ao tipo e temperatura do solo em que o cemitério está construído e os microrganismos presentes. As taxas de morte dos microrganismos têm valor dobrado com um aumento de 10°C se a temperatura do solo se encontra entre 5°C e 30°C e conseqüentemente a sobrevivência desses microrganismos é prolongada em temperaturas baixas. Muitos organismos que vivem no solo apresentam melhor adaptação em pH na faixa de 6 a 7, e morrem mais facilmente em solos de pH ácido.

Propriedades como granulometria do solo, teor de argila, capacidade catiônica e a umidade também influenciam na retenção dos microrganismos no solo. Fatores climáticos, como o ciclo de chuvas facilitam a mobilidade das bactérias presentes nas partículas do solo e facilitam seu transporte para águas subterrâneas (ÜÇISIK; RUSHBROOK, 1998).

Dentre estas, além das gastroenterites que têm origem entre as bactérias, vírus e protozoários, figuram a febre tifóide, a leptospirose e a cólera causadas por bactérias; a hepatite e meningite causadas por vírus e as diarreias causadas por protozoários (ESPINDULA et. al., 2004).

## 2.4 COMPOSTOS INORGÂNICOS

Żychowski (2012) diz que recentemente, vários íons de nitrogênio foram incluídos no grupo dos contaminantes mais significantes de zonas não-saturadas das águas dos cemitérios. Na zona saturada existe a presença de sulfatos, cloretos, e íons de sódio, magnésio, estrôncio e fósforo.

Migliorini (1994) apud Matos (2001) descreveu a decomposição das substâncias orgânicas do necrochorume na produção aminas, como a cadaverina ( $C_5H_{14}N_2$ ) e a putrescina ( $C_4H_{12}N_2$ ) que ao se degradarem em condições anaeróbias formarão íons de amônio ( $NH_4^+$ ) (Equação 1 e 2):



Os resíduos orgânicos provenientes da decomposição de animais ou de vegetais, ou da excreção, pelas bactérias saprófitas, liberam o íon amônia ( $NH_4^+$ ). A amônia pode ser adsorvida pelo solo e usado pelas plantas como nutriente, como também pode ser oxidada, biologicamente por bactérias.

Embora a amônia, quando presente na água em altas concentrações, apresenta alto teor de toxicidade, a amônia originada no solo, é rapidamente convertida em amônio ( $NH_4^+$ ), e este, por sua vez é convertido para nitrato através do processo microbiológico de nitrificação (RESENDE, 2002).

A formação de nitritos a partir da oxidação da amônia é mediada pelas bactérias do gênero *Nitrosomonase* a oxidação do nitrito para nitratos requer a participação de bactérias do gênero *Nitrobacter* (ABRÃO, 2007).

Como observado por Madigan et al. (1997) apud Matos (2001, p. 7), que observou que um grupo de clostrídios (bactérias anaeróbias) obtém sua energia

através da fermentação de aminoácidos. Os produtos dessa fermentação podem ser: ácidos isobutílico, sulfeto de hidrogênio, metilmercaptana, cadaverina e putrescina da seguinte forma (Equação 3, 4 e 5):



Com o consumo de  $\text{O}_2$ , (3)

a matéria orgânica é oxidada:



e o amônio é transformado em nitrato:



Para Żychowski (2012), a amônia é considerada o principal produto gerado após a decomposição. A maior parte dos pesquisadores da área considera íons de nitrogênio e compostos de fósforo, assim como as bactérias e os vírus como as maiores ameaças a saúde humana devido a presença de cemitérios.

O nitrato é um constituinte inorgânico nocivo à saúde que pode ser encontrado na água subterrânea. Devido à sua alta mobilidade e estabilidade química apresenta uma ocorrência problemática. Nas águas subterrâneas é comum a ocorrência de baixos teores de nitrato, substância que representa o estágio final da degradação da matéria orgânica. Mas em concentrações acima do valor de potabilidade essa ocorrência se torna um problema (FINEZA, 2008).

## 2.5 LEGISLAÇÃO

No território nacional, desde 2003, os novos cemitérios que foram implantados, deveriam seguir as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional

do Meio Ambiente (CONAMA), Resolução n° 335, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios.

Devido as particularidades existentes em áreas de proteção de mananciais localizadas em regiões metropolitanas, a Resolução n° 335, em março de 2006 foi alterada pela Resolução n° 368/06.

Apesar de nesta lei estar normalizado que “a área prevista para a implantação do cemitério deverá estar a uma distância segura de corpos de água, superficiais e subterrâneos, de forma a garantir sua qualidade (...)”, os cemitérios do Município de Londrina-PR em sua maioria, já estavam em funcionamento e não se enquadram nos requisitos presentes na legislação atual.

No Estado do Paraná, a Secretária Estadual do Meio Ambiente (SEMA) por meio da Resolução n°002/09 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. O prazo de adequação dos cemitérios antigos, porém, foi eliminado por nova Resolução n° 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; MALAGUTI FILHO, 2009).

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.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

##### **3.1.1 O Município de Londrina**

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2010, Londrina apresentava uma população de aproximadamente 506.701 (quinhentos e seis mil, setecentos e um habitantes), sendo considerada uma cidade de grande porte.

Londrina foi fundada em 1929, como primeiro posto avançado de um projeto inglês. A primeira década após sua fundação ocorreu a fase de desenvolvimento comercial. Na cidade, nos anos 50, emergiu no cenário nacional como importante cidade do interior do Brasil. Em razão da intensificação de sua produção cafeeira, nesse período, apresentou considerada expansão urbana, (PREFEITURA DE LONDRINA, 2012).

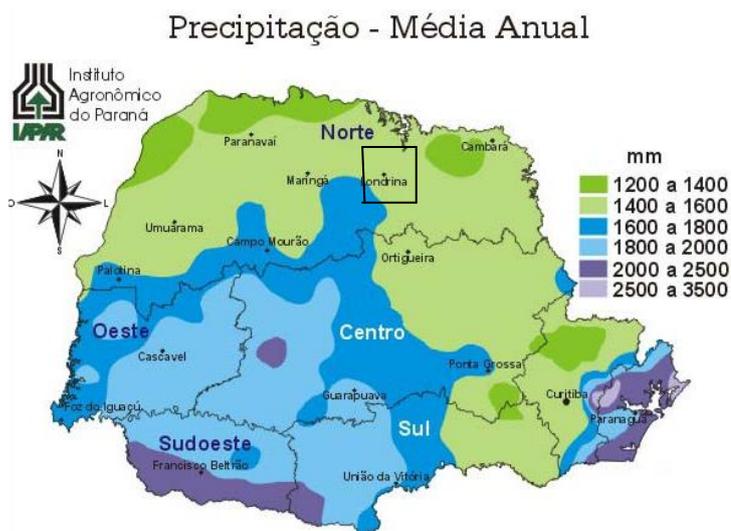
Em franco desenvolvimento, na década de 70, Londrina já contava com 230.000 habitantes e uma produção agrícola voltada para o mercado externo. Nessa época, foram criados os primeiros centros industriais que visavam ao incentivo e à coordenação do desenvolvimento industrial da cidade. A década de 80 foi marcada pela fase de ação administrativa, quando o poder público demonstrou uma preocupação com o capital comercial e desenvolveu ações que incentivaram o planejamento urbano. Londrina se consolidou como Pólo Regional de bens e serviços e se tornou a terceira mais importante cidade do Sul do Brasil (PREFEITURA DE LONDRINA, 2012).

### 3.1.2 Clima

O clima no município de Londrina é Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa) em locais de menores altitudes, de verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas com tendência de concentração nos meses de verão (OLIVEIRA, 2005).

Nos últimos 30 anos, a temperatura média é de 21° C, com média anual máxima de 27,3° C e a média anual mínima de 16° C; a média anual de umidade relativa do ar é de 70,4% (IAPAR, 2011).

A faixa de precipitação no ano é de 1.400 a 1.600 mm (Figura 2), sendo que a faixa de precipitação nos meses menos chuvosos (junho, julho, agosto) é de 225 a 250 mm e nos meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro) é de 500 a 600 mm (IAPAR, 2011).



**Figura 2 - Precipitação média do Estado do Paraná.**  
Fonte: IAPAR (2011).

### 3.1.3 Geologia, Geomorfologia e Hidrologia

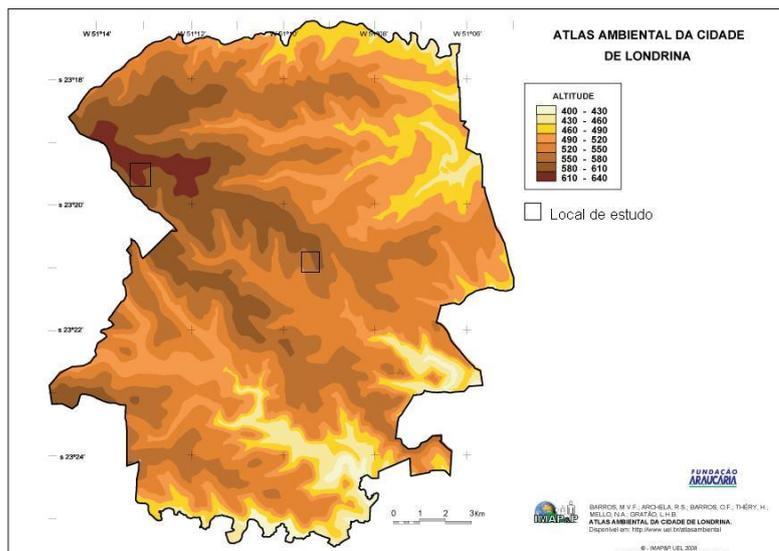
Londrina está localizada na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná. O município apresenta afloramentos de rochas de várias formações, tais como: Rio do Rastro, Pirambóia e Botucatu, Serra Geral (PREFEITURA DE LONDRINA, 2010), sendo predominante a Formação da Serra Geral, constituída

por extensos derrames de rochas ígneas vulcânicas, predominando os basaltos. Os derrames decorrentes dessa região são os individualizados em corpos tabulóides, denominados por Trapps, representando cada episódio de atividade vulcânica do tipo fissural (MENDONÇA, 1992).

As altitudes variam entre 350 metros e 860 metros (Figura 3) acima do nível do mar, sendo que as áreas mais planas do município estão localizadas ao norte, onde predominam as classes de declividade que não ultrapassam 10%, já a região central e sul são mais acidentadas, com as áreas de maior declividade concentradas na porção sudoeste, próximo ao rio Tibagi, onde a maioria das áreas possui declividade acima dos 30%, a região central do município, em sua maioria apresenta áreas com declividade que variam de 15% a 30%.

O município de Londrina é abastecido pela bacia do Rio Tibagi, considerada a segunda bacia de maior importância no Estado do Paraná e um dos principais formadores da bacia hidrográfica do rio Paranapanema, possui uma área total de 24.711 quilômetros quadrados, ocupando 13% do território estadual. Situa-se à leste do município de Londrina, recebe os rios tributários localizados na área urbana e em seu entorno (MENDONÇA, 1992).

A área urbana de Londrina é formada pelas seguintes bacias hidrográficas: Jacutinga, Lindóia, Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas. Os ribeirões Jacutinga e Três Bocas são os limites ao norte e ao sul, respectivamente. A direção dos canais fluviais das bacias dos ribeirões Jacutinga e Lindóia, ao norte, é no sentido oeste-leste enquanto que as demais bacias: Cambé, Limoeiro, Cafezal e Três Bocas estão orientadas no sentido noroeste-sudeste (BARROS et al., 2008).



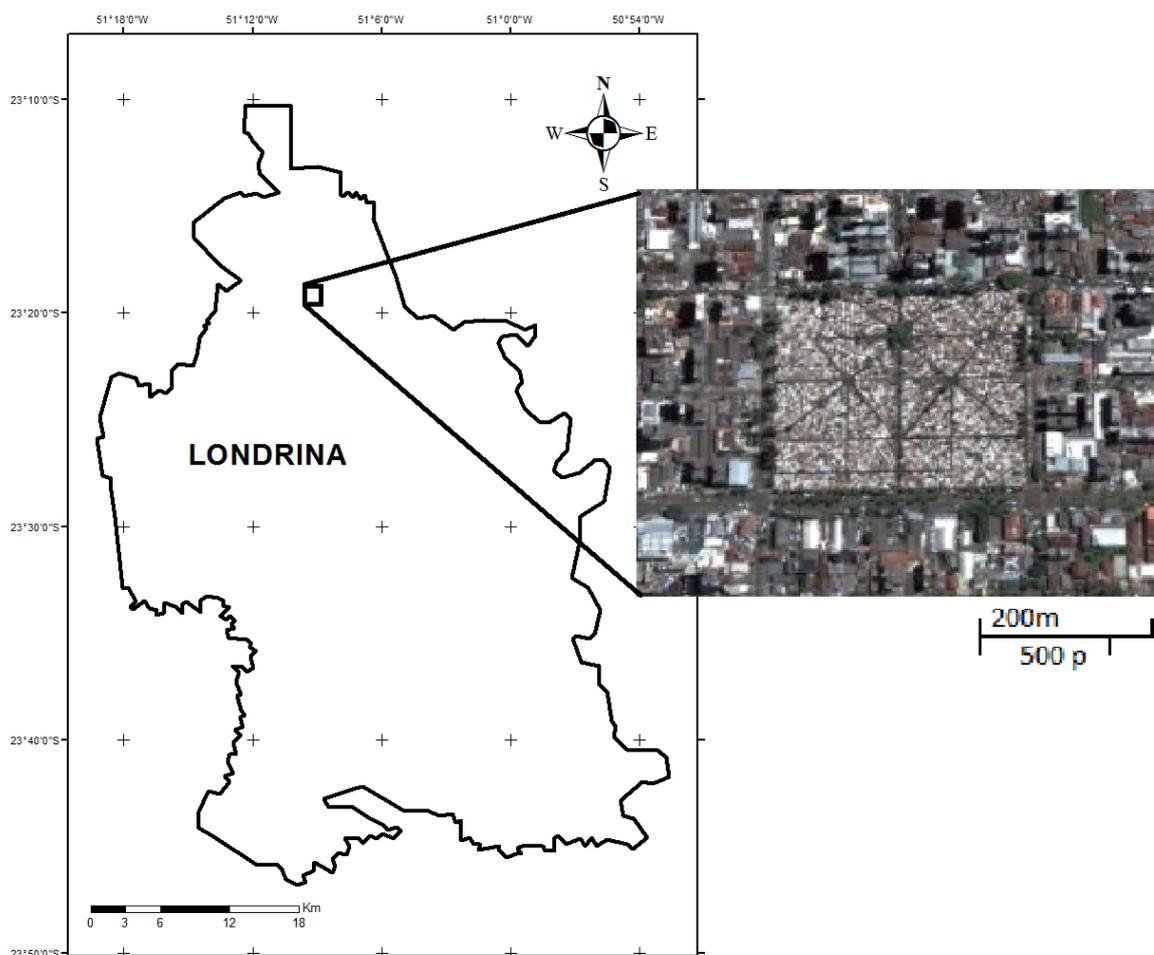
**Figura 3 - Carta de altimetria de Londrina-PR**  
**Fonte: Atlas Ambiental.**

Com a expansão da cidade, o manancial do ribeirão Cambé, tornou-se insuficiente, e foi substituído pelo ribeirão Cafezal, situado mais ao sul e distante da cidade, posteriormente também o rio Tibagi foi incorporado ao abastecimento da cidade. Estes dois mananciais superficiais são responsáveis pelo abastecimento de água em Londrina, além dos mananciais subterrâneos do Aquífero Serra Geral e do Aquífero Guarani (BARROS et. al., 2008).

#### 3.1.4 Cemitério São Pedro

Situado na região central da cidade de Londrina-PR, nas coordenadas 23°19'09" S e 51°09'37" W, o cemitério foi fundado no ano de 1932, onde ainda não havia sido demarcado na Planta Inicial da cidade na época. Contudo, com a expansão da área urbana de Londrina, o cemitério (Figura 4) acabou sendo totalmente integrada a malha urbana (STIPP; ARFELLI-SILVA; BERTACHI, 2011).

Do ponto de vista pedológico, a área de estudo é composta principalmente por Nitossolos de alteração basáltica, a qual é composta de solos constituídos por material orgânico ou mineral, com pequena aparência de processos pedogenéticos (MENDONÇA, 1992).



**Figura 4 - Localização do Cemitério São Pedro.**  
**Fonte: Google Earth, 2013.**

## 3.2 METODOLOGIA

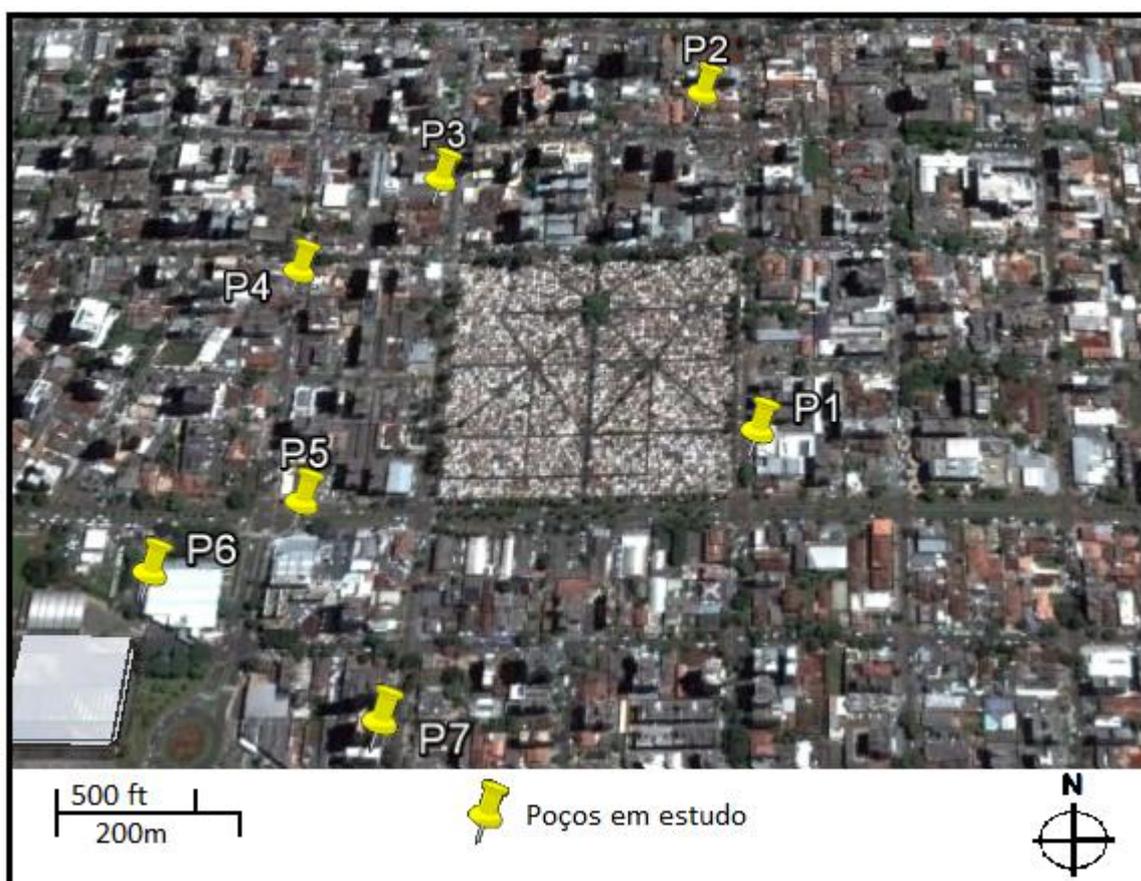
### 3.2.1 Pontos de coleta

Segundo a Administração de Cemitérios e Serviços Funerários de Londrina (ACESF), por se tratar do cemitério mais antigo da cidade, e por estar inserido na região central da malha urbana de Londrina, esse cemitério não apresenta poços de monitoramento para as águas subterrâneas.

Para localizar os possíveis pontos de coletas de amostras para análise, utilizou-se o registro de poços tubulares profundos cadastrados no Sistema de

Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), focando as pesquisas em poços tubulares existentes no centro do município.

Dos 298 poços tubulares profundos cadastrados no SIAGAS, 13 deles são localizados na região central de Londrina. Os trezes poços foram plotados através de suas coordenadas geográficas, porém nem todos se encontram nas proximidades do cemitério São Pedro, resultando apenas em 7 poços possíveis para investigação no presente estudo (Figura 5).



**Figura 5 - Poços tubulares profundos da região central de Londrina-PR, no entorno do cemitério São Pedro.  
Fonte: Google Earth (2013).**

Com as sete possibilidades, fez-se então uma busca a campo para localizar os poços. Após a investigação nos locais indicados não apresentar sucesso, por não se localizar visualmente os poços, iniciou-se uma investigação telefônica em todos os prédios, estabelecimentos e empreendimentos circundantes.

O ponto P2 é um poço tubular profundo com coordenadas geográficas em  $23^{\circ}18'58''$  S e  $51^{\circ}09'33''$  O (Figura 6), pertencente a um edifício residencial de

classe média. Foi constatado que o seu funcionamento é diário e utilizado para abastecer parcialmente a demanda de água dos moradores do edifício.

O ponto P3 também é um poço tubular profundo, com coordenadas geográficas em 23°19'04" S e 51°09'43" O (Figura 7), porém, constatou-se que o mesmo encontra-se desativado desde 2003, quando as análises periódicas do edifício a qual pertencia, apresentaram resultados insatisfatórios em relação aos padrões de potabilidade da Portaria n° 2914/2011, tornando-o inviável como fonte de abastecimento de água.

O ponto (P8) do Córrego do Leme é o primeiro ponto visível do córrego local, nas coordenadas 23°19'24" S e 51°09'49" O (Figura 7), com suas nascentes nas proximidades da Catedral Metropolitana de Londrina e do Ginásio de Esportes Moringão, ele é canalizado por galerias por toda a extensão da Rua Professor João Cândido, até desaguar na Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão) (FRAZÃO, 2007), sofrendo influência direta do cemitério. Este ponto foi escolhido ser o corpo d'água superficial mais próximo da área de estudo, parte-se do princípio então que não sofre descarga de efluentes.



Figura 6 - Locais de coleta de amostras para análise.  
Fonte: Google Earth (2013).



**Figura 7 - Córrego do Leme.**  
**Fonte: Autoria Própria.**

### 3.2.2 Coleta de Amostras

As amostras de água foram coletadas em recipientes descartáveis de polietileno, sendo um para cada poço, evitando assim a contaminação entre os poços; esses coletores foram pré-higienizados com água deionizada, para evitar contaminação. Para as amostras de água a ser coletada para determinação dos parâmetros físico-químicos, para análises microbiológicas, utilizou-se frascos estéreis. As técnicas para conservação da amostra foram realizadas como descritas na “Amostragem e monitoramento das águas subterrâneas” da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 1999).

As amostras do Ponto 2 foram coletadas no período da manhã, cerca de meia hora após o início do funcionamento da bomba ligada ao poço tubular profundo, para remoção de água estagnada (VARNIER et. al., 2010), em amostras íntegras, sem filtração ou qualquer outra alteração, como descrito no CONAMA n° 396 de 2008.

No ponto do Córrego do Leme, as amostras foram coletadas no período da manhã, com um intervalo mínimo de 24 horas da chuva mais recente, com intuito de evitar possíveis alterações nas condições comuns do córrego.

### 3.2.3 Coliformes Termotolerantes

Após coletadas as amostras para análises microbiológicas foram enviadas para um laboratório local, para a identificação da presença de unidades formadoras de colônia (UFC) da bactéria *Escherichia coli*.

### 3.2.4 Análises Físico-Químicas

Os parâmetros de pH, condutividade elétrica e turbidez foram analisados através de aparelhos específicos para as respectivas análises.

### 3.2.5 Dureza

A quantidade de oxigênio dissolvido nas amostras e as concentrações de cálcio e magnésio (dureza) da água foram analisadas por um ECOKIT Sênior ALFAKIT.

### 3.2.6 Nitrogênio Amoniacal

A análise do teste de nitrogênio amoniacal foi determinada pela metodologia “nitrogênio total Kjeldahl” proposta por APHA (2005). Esse método é baseado na digestão da amostra por ácido bórico concentrado em presença de um catalisador, a fim de converter o nitrogênio orgânico em íon amônio. O nitrogênio amoniacal foi obtido através das etapas de destilação e titulação.

### 3.2.7 Nitrato

Assim como o teste de Nitrogênio Amoniacal, as concentrações de Nitrato foram determinadas pelo método proposto por APHA (2005) através da espectrofotometria das amostras coletadas.

Esse método consiste na absorção de luz visível ou outra energia radiante pela solução. A quantidade de energia radiante absorvida deve ser proporcional à concentração do material absorvente na solução a ser analisada. Então, pela medida da absorção da luz, ou outra energia radiante, é possível determinar quantitativamente a substância absorvente presente. A concentração da substância é calculada pela luz absorvida e comparada com a absorbância de soluções-padrão (Figura 8). Para a determinação espectrofotométrica das concentrações de nitrato, a região considerada é a de luz visível (220 nm a 275 nm) (Foresti et al., 2005).

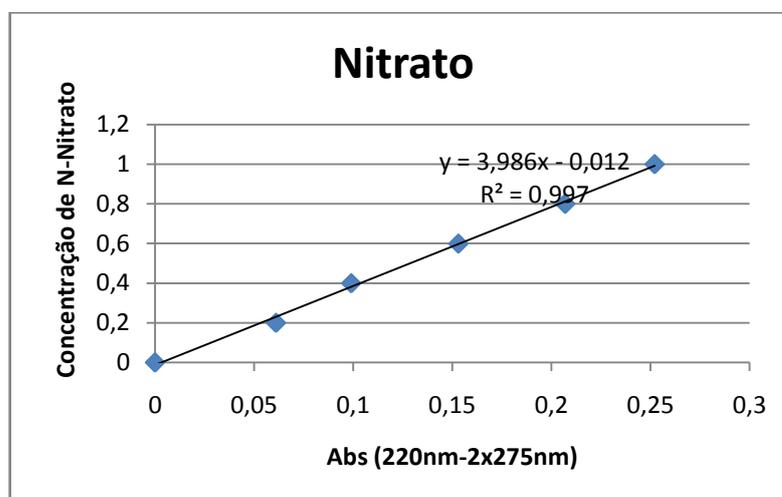


Figura 8 - Gráfico para cálculo de nitrato (mgN-Nitrato)

### 3.2.8 SURFER®

Assim como o estudo realizado por Varnier et. al. (2010) em "Nitrato nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru, área urbana do Município de Marília (SP)", foi realizado um ao tratamento dos dados pré-existentes,

correspondentes aos resultados de análises químicas, com o intuito de obter um primeiro diagnóstico da distribuição sazonal e espacial das concentrações de nitrato na água subterrânea.

Através das coordenadas de um mapa base, geram-se pontos de referência com os eixos de abscissas e ordenadas. Os pontos em estudos são localizados no programa através destas coordenadas, onde uma terceira coordenada é adicionada, criando-se então um parâmetro quantificado. O conjunto de pontos é interpolado resultando gráficos com curvas ou picos de concentração.

A partir das coordenadas do ponto e dos valores assumidos pela variável nesses pontos, pode-se obter um mapa da distribuição espacial para cada variável, utilizando-se um algoritmo de interpolação.

Segundo Landim, Monteiro e Corsi (2002), base de muitos métodos de interpolação é a mesma. O valor de um ponto a ser predito ( $Z^*$ ) é a somatória do produto entre o valor da variável de um ponto conhecido ( $Z_i$ ) por um peso calculado ( $\lambda_i$ ) para os pontos  $i$ , variando de 1 até  $N$ , onde  $N$  representa o número total de pontos considerados (Equação 6).

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_i \quad (6)$$

Na verdade, é até intuitivo que, quando trabalhando no espaço, pontos conhecidos mais próximos aos pontos a serem preditos devam ter um peso maior, pois sua influência é maior.

Assim, utiliza-se um algoritmo para calcular os pesos, baseado no Inverso da Distância (Equação 7), que estabelece que quanto menor for a distância entre o ponto conhecido e o predito, maior será o peso (LANDIM; MONTEIRO; CORSI, 2002):

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z_i = \frac{1}{d_1} Z_1 + \frac{1}{d_2} Z_2 + \frac{1}{d_3} Z_3 + \frac{1}{d_4} Z_4 \quad (7)$$

Neste trabalho, o programa SURFER® versão 8, foi utilizado para a representação geográfica dos poços da região central de Londrina-PR, de acordo com seus parâmetros analisados (nitrato, nitrito e pH).

### 3.2.9 SPRING 5.1.5

Utilizou-se o programa Spring, versão 5.1.5, que é um programa livre de sistema de informação geográfica, para ser utilizado para processamentos de imagens e análises espaciais através de modelagens numéricas do terreno, para se fazer a análise de declividade e hipsometria da região.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Juntamente com as análises realizadas neste trabalho, fez-se também uma visita ao cemitério em estudo e uma investigação bibliográfica sobre características geográficas região de seu entorno. Todas as informações coletadas foram analisadas com o intuito de serem indicativos para a contaminação das águas no entorno do cemitério São Pedro.

### 4.1 VISITA AO LOCAL DE ESTUDO

#### 4.1.1 Cemitério São Pedro

Em visita ao local, é possível observar que a estrutura antiga e mal preservada do Cemitério São Pedro auxilia no escoamento da água proveniente das chuvas e das constantes lavagens dos túmulos, que aumenta o risco de contaminação do aquífero freático na área interna do cemitério.

As águas da chuva infiltram diretamente nas galerias pluviais (Figura 9) ou nos solos expostos que se apresentam de diversas formas:

Os jazigos do tipo convencional são feitos diretamente em contato com o solo e quando abertos, expõem o solo a infiltração das águas (Figura 10 e 11). Como descrito por Leli et. al. (2012), quando a parede tumular está rompida, conseqüentemente, é facilmente inundada pelas águas das chuvas, e posteriormente estas águas, já contaminadas, infiltram no solo podendo atingir o lençol freático.



**Figura 9 - Escoamento superficial da água para galerias.  
Fonte: STIPP, ARFELLI-SILVA e BERTACHI (2011).**



**Figura 10 - Túmulos mal preservados.  
Fonte: STIPP, ARFELLI-SILVA e BERTACHI (2011).**



**Figura 11 - Solo exposto no cemitério São Pedro.  
Fonte: Autoria Própria.**

Em muitos pontos, é possível encontrar fissuras no concreto (Figura 12 e 13), apresentando o solo exposto, e permitindo que a água que escoar infiltre diretamente no solo, como observado por Matos (2001) em São Paulo, podendo atingir as águas subterrâneas.



**Figura 12 - Fissuras no concreto.**  
Fonte: Autoria Própria.



**Figura 13 - Água escoando até entrar no solo exposto.**  
Fonte: STIPP, ARFELLI-SILVA e BERTACHI (2011).

Muitos jazigos são utilizados para mais de uma sepultura, e sua arquitetura apresenta-se em desenhos vazados, os quais permitem que a água entre diretamente no túmulo e posteriormente infiltre no solo (Figura 14).



**Figura 14 - Arquitetura moderna nos túmulos.**  
**Fonte: STIPP, ARFELLI-SILVA e BERTACHI (2011).**

## 4.2 ANÁLISE GEOGRÁFICAS DA REGIÃO

Como se pode observar nas Figuras 15, 16 e 17 têm-se a declividade e hipsometria da região de Londrina-PR, sendo destacados o local de estudo.

As feições morfológicas do Município de Londrina mostram um relevo suavemente ondulado, onde a área de estudo apresenta-se sob vertentes côncavas, convexas, retilíneas e topos convexos.

A declividade ou inclinação pode ser explicada pela amplitude e perfil do terreno ou da encosta, considerada do ponto mais alto em relação ao mais baixo. A área considerada para estudo apresenta pontos, os quais tem suas declividades variando de 2 até 20%, e altitudes que variam de 550m a 610m .

# Carta Declividade – Londrina/PR

Projeção UTM – WGS 84



SF-22-Y-D

Escala 1:100.000

Fuso 22

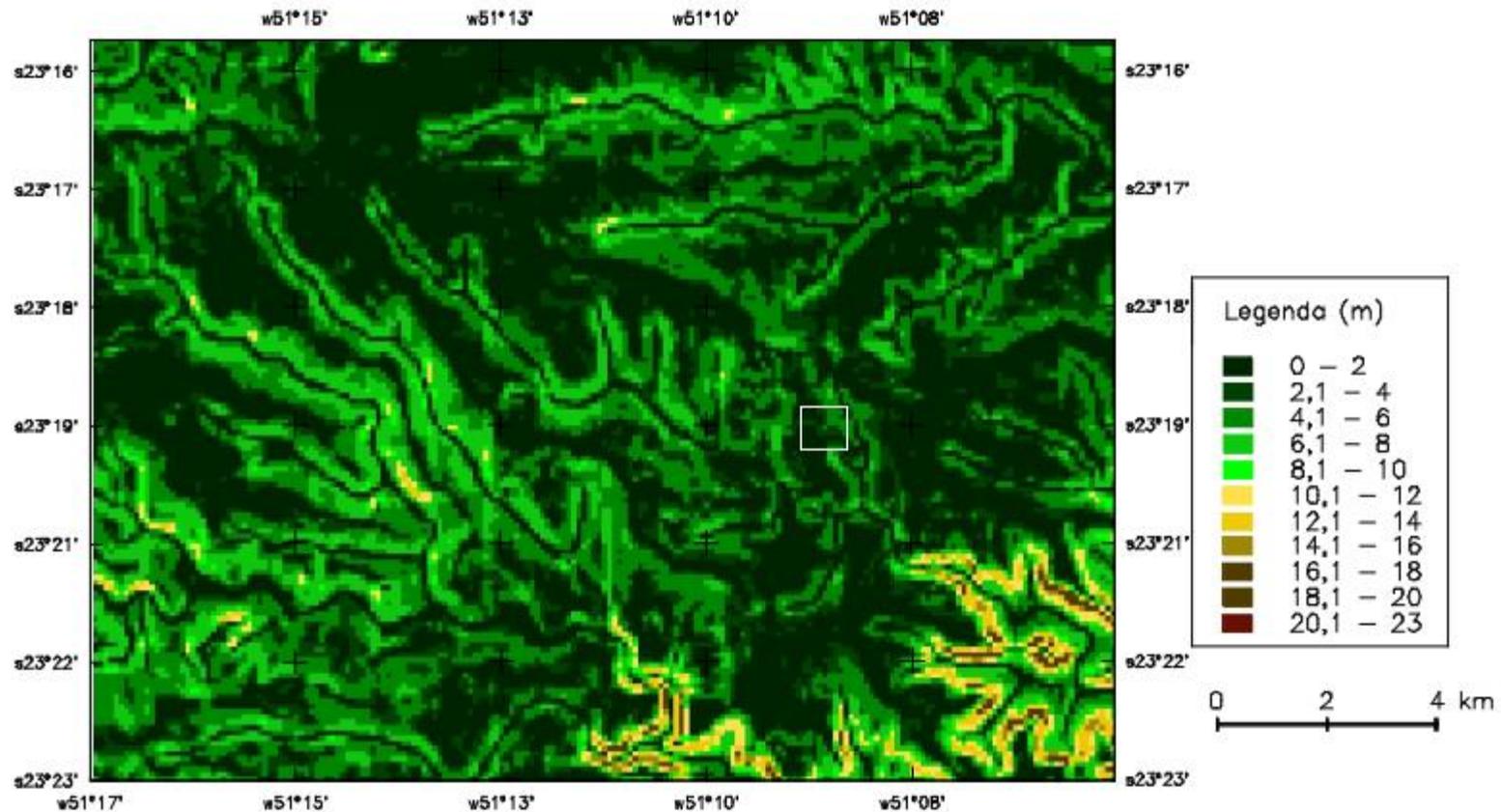


Figura 15 - Declividade no município de Londrina-PR.

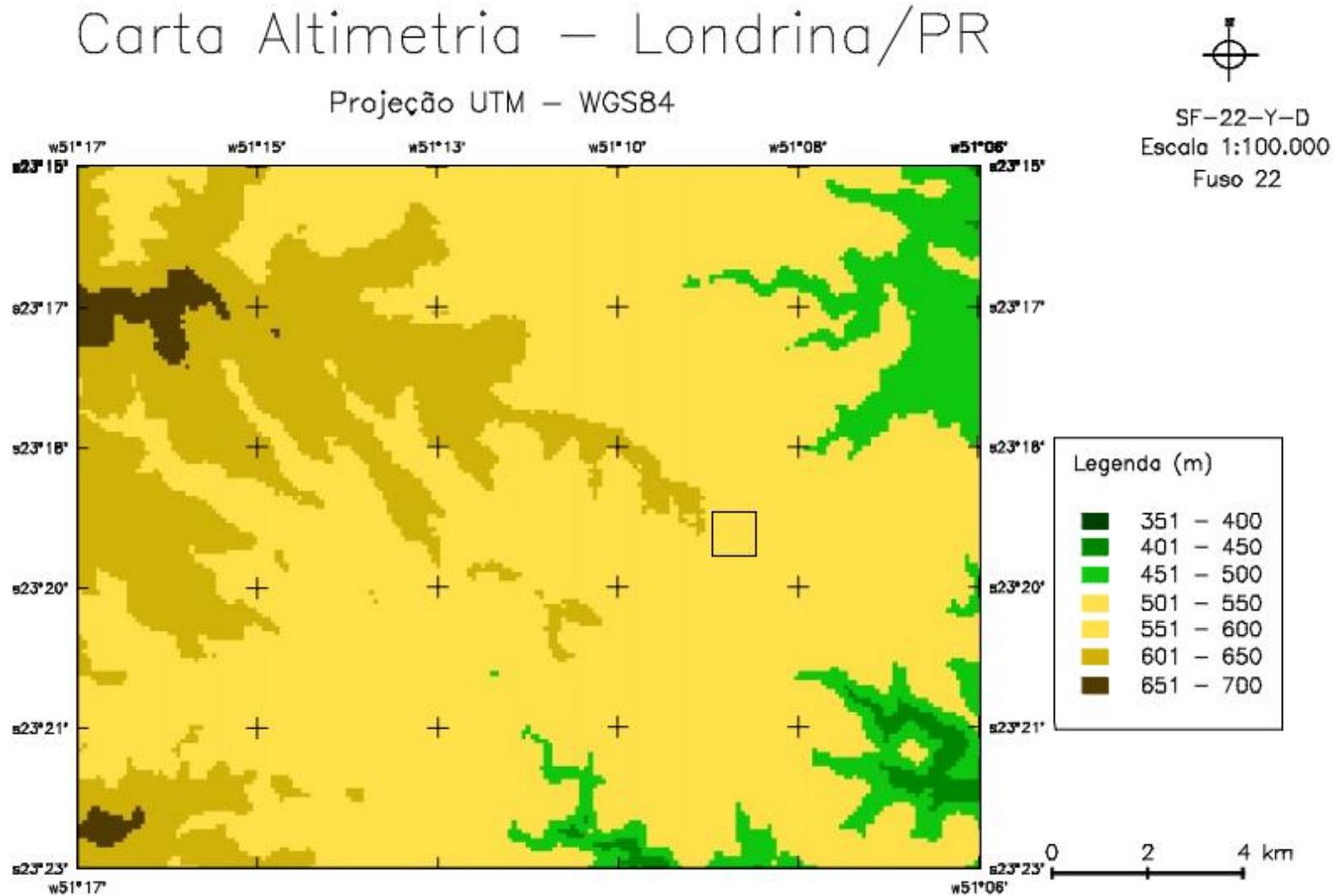


Figura 16 - Altimetria da região central de Londrina-PR.

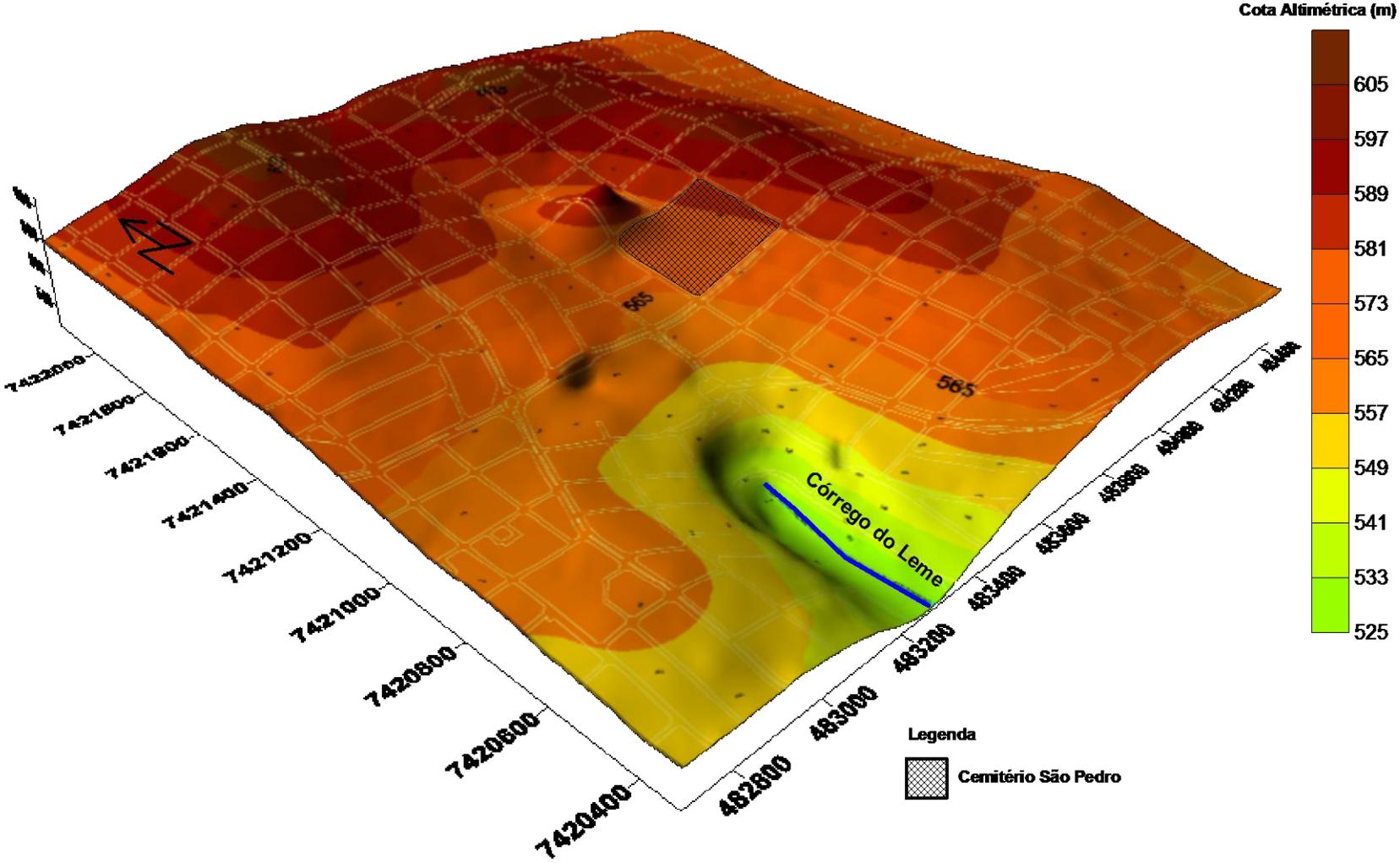


Figura 17 - Bloco diagrama evidenciando a conformação topográfica da área de estudo.

### 4.3 ANÁLISE DE AMOSTRAS

Após as análises de cada parâmetro da amostra coletada no Ponto 2 no dia 20 de dezembro de 2012 (Figura 6), pode-se perceber a precisão encontrada nos valores através das três repetições de cada teste (Tabela 1).

Na Tabela 1 encontram-se os valores referentes às análises realizadas no P2 e no Córrego do Leme em dezembro de 2012 e fevereiro de 2013.

Analisando os fatores pontualmente, tem-se que o valor do pH apresentou discreta variação se relacionado os resultados das análises de dezembro de 2012. Observa-se que este permaneceu na média de 6,1 e 5,9 para os pontos P2 e Córrego do Leme, respectivamente, variando apenas 0,2 entre os pontos de coleta. Todavia, nas análises realizadas em fevereiro de 2013, nota-se que os valores de pH apresentaram pequena variação entre os pontos e também em comparação as médias já obtidas. Tem-se que as médias permanecem em torno de 6,46 e 5,66 para os pontos P2 e Córrego do Leme, respectivamente. Comparando com as médias das análises realizadas em dezembro de 2012, tem-se que o valor do pH aumentou apenas em 3% para o P2 e diminuiu apenas em 5% para o Córrego do Leme. Observa-se que o regime pluviométrico (Figura 18) se apresentou de forma bastante distintas para os dois meses, no qual dezembro apresentou quantidade de chuvas bastante inferior ao mês de fevereiro, porém o índice pluviométrico não alterou o valor do pH, contrariando o resultado encontrado por Abrão (2007), em Campo Grande - MS.

A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11. A legislação brasileira estabelece valores de pH entre 6,5 e 9,5 para águas destinadas ao consumo humano, e entre 6,0 e 9,0 para todas as classes de água doce. (FRANCA et al., 2006).

Tabela 1 - Análise das amostras de água do Ponto 2 e do Córrego do Leme

	2012						2013					
	P2			Córrego Do Leme			P2			Córrego Do Leme		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	6,1	6,2	6,1	5,9	6,02	5,8	6,51	6,4	6,47	5,41	5,72	5,85
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	-	-	-	-	-	-	37,2	26,3	25,9	69	72,9	71,2
Turbidez (NTU)	0,89	0,96	1,02	4,48	3,97	4,03	1,09	1,06	1,12	7,08	7,2	6,97
Dureza (mg/L)	72	74	74	80	84	84	78	74	72	82	90	84
Nitrato (mgN-Nitrato)	11,20	11,20	11,20	8,69	8,70	8,71	12,14	12,14	11,95	10,47	10,47	10,54
Nitrogênio Amoniacal	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-

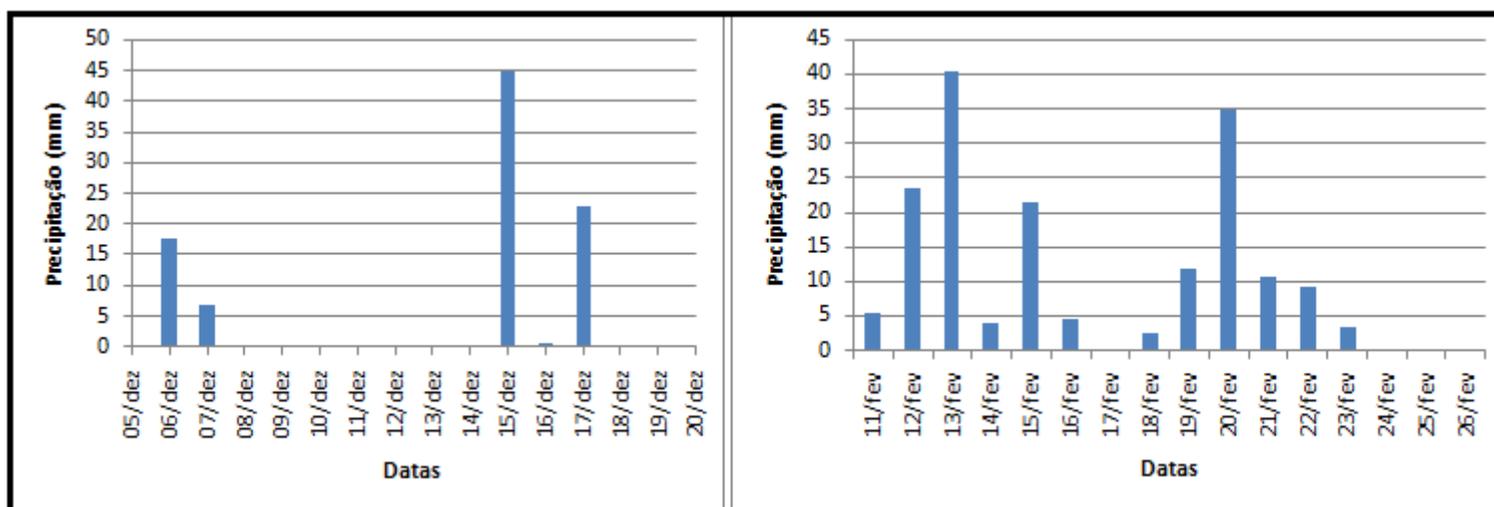


Figura 18 - Índice de precipitação nos meses de dezembro/2012 e fevereiro/2013.  
Fonte: IAPAR (2013).

A condutividade elétrica (capacidade de uma substância conduzir corrente elétrica através dos sais dissolvidos) apresentou valores bastante distintos nas análises de 2013. Tem-se que esta se encontra na média de 365 e 710 para os pontos P2 e Córrego do Leme, respectivamente. Valores dos quais pode-se concluir que há maior presença de sólidos dissolvidos totais no corpo d'água superficial. Suspeita-se também que o aumento da condutividade elétrica no Córrego do Leme apresenta valores mais elevados devido a dissociação de cátions e ânions e maior concentração de amônia, cálcio, magnésio, sódio e outros sais, como sugerido por Fineza (2008).

Um fator que causa o aumento da condutividade elétrica em poço tubular profundo em regiões próximas a cemitérios é o fato que este quando bombeado provoca um gradiente hidráulico ao seu redor. Este gradiente hidráulico bombeia águas mais distantes, aumentando assim, a concentração de sólidos dissolvidos provenientes tanto da formação geológica como do necrochorume (MIGLIORINI; LIMA; ZEILHOFER, 2006).

Em relação à turbidez, tem-se que esse parâmetro apresentou alterações no decorrer das análises. Nota-se que nas análises realizadas em dezembro/2012 a média do P2 foi de 0,95 e do Córrego do Leme foi de 4,16. Observa-se que a turbidez do Córrego do Leme é praticamente 5 vezes maior que a turbidez do P2, e esses valores apresentam-se bastante distintos se comparados com as análises realizadas em fevereiro/2013, na qual as médias estão próximas a 1,09 e 7,08 para P2 e Córrego do Leme, respectivamente. Tem-se que ambos os pontos de coleta apresentaram alterações significativas nos valores de turbidez, com acréscimo de 15% e 70% nos valores. O aumento na turbidez pode ser justificado pelo regime pluviométrico (Figura 18) nos respectivos meses. Essas alterações encontradas devido ao regime de chuvas é um indicativo da recarga rápida nas águas subterrâneas da região.

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, partículas do solo, matéria orgânica, fontes de poluição que lança material fino e outros (MACEDO, 2006). Nota-se que em fevereiro/2013, a precipitação foi bastante intensa, diferente de dezembro/2012, onde as chuvas apresentam frequências e intensidades menores, fato que pode

ter influenciado diretamente os índices de turbidez das águas, tanto subterrâneas quanto superficiais da região.

Os valores de dureza apresentaram leves alterações se comparados os meses de coleta. Tem-se que em dezembro/2012 as médias dos valores encontrados para dureza foram de 73 e 82 para P2 e Córrego do Leme, respectivamente. Nota-se que nas análises de fevereiro/2013, os resultados apresentaram-se pouco mais espaçados, porém a média do P2 não sofreu grandes alterações, permanecendo em 74, enquanto a média do Córrego do Leme apresentou discreta variação, resultando em 85. Esse discreto aumento pode ser decorrente da alta intensidade de chuvas, pois a água da chuva apresenta teores consideráveis de cálcio e magnésio, podendo dessa forma, ser responsável por essa alteração.

Os valores de dureza para as águas subterrâneas estão geralmente situadas 10 e 300 mgL<sup>-1</sup>, podendo atingir 1.000 mgL<sup>-1</sup> e, em casos excepcionais, 2.000 mgL<sup>-1</sup>. As águas subterrâneas podem ser classificadas em termos de dureza (mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>) como “branda” (< 50 mg CaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>), “pouco dura” (50-100 mgCaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>), “dura” (100-200 mg CaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>) e “muito dura” (>200 mg CaCO<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>) (FRANCA et. al., 2006).

Valores encontrados a partir das análises de nitrato apresentaram variações tão significativas quanto as variações observadas no parâmetro turbidez. Nota-se que os valores encontrados nas três repetições para P2 em dezembro/2012 foram 11,20, entretanto os valores do Córrego do Leme, para este mês, apresentaram variações, resultando na média de 8,7. Observa-se que na análise do mês de fevereiro/2013 as médias aumentaram para 12 e 10 para P2 e Córrego do Leme, respectivamente.

Os parâmetros de nitrato são utilizados, mundialmente, como indicadores de contaminação das águas subterrâneas devido à sua alta mobilidade, podendo atingir extensas áreas (VARNIER et. al., 2010).

A intensidade do processo de contaminação depende das quantidades de nitrato presentes ou adicionadas ao solo, da permeabilidade do solo, da pluviosidade, e neste caso, da profundidade do lençol freático ou aquífero (BHUMBLA, 2001).

O ânion nitrato por ser fracamente retidos nas cargas positivas dos colóides, permanece mais em solução nas camadas superficiais do solo, onde a

matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo da fase sólida (repelindo o nitrato), ficando este propenso ao processo de lixiviação ao longo do tempo, motivo pelo qual contamina águas profundas (RESENDE, 2002).

Com base na Portaria nº 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, os níveis de potabilidade de água exigem que os níveis de nitrato sejam menores ou iguais a  $10 \text{ mgL}^{-1}$ , o que indica que a água retirada do poço tubular profundo em estudo, P2 é inadequada para o consumo humano.

Em relação aos valores de nitrogênio amoniacal, observa-se que não houve presença deste no ponto P2, mas uma leve concentração do mesmo no Córrego do Leme. A ocorrência de concentrações elevadas de amônia ( $\text{NH}_3$ ) pode ser indicativa de poluição recente, possivelmente oriunda da redução de nitrato por bactérias ou íons ferrosos, presentes no solo (ABRÃO, 2007).

Apesar de não se encontrar acima dos limites permitidos pela Portaria nº 2.914 de 2011 ( $1,5 \text{ mgL}^{-1}$ ), os índices de nitrogênio amoniacal é consistente com o conhecimento da contaminação por necrochorume, e seus principais compostos nitrogenados. O indicador de contaminação, nitrogênio amoniacal é a forma inorgânica mais reduzida do nitrogênio na água, compondo-se da amônia dissolvida ( $\text{NH}_3$ ) e o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ). Quando a poluição é recente (quando normalmente o perigo para a saúde é maior), o nitrogênio em geral está presente na forma amoniacal; se houver condições aeróbicas, com o passar do tempo, passa as formas nitrito e nitrato (ABRÃO, 2007).

De acordo com a Resolução Nº 357 do CONAMA, o Córrego do Leme não se enquadra nas classes 1, 2, ou 3, cujo valor máximo é de  $0,02 \text{ mgL}^{-1}$ , podendo ser enquadrado na classe 4 (águas destinadas à navegação), para qual um valor limite de amônia não foi estipulado, mesmo resultado encontrado em um trabalho de Franca et. al. (2006) em Juazeiro do Norte no Ceará.

As análises microbiológicas estão representadas na Tabela 2:

**Tabela 2 - Contagem de coliformes nos pontos de estudo**

	P2	Córrego do Leme
Contagem de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/ml	18 UFC/ml

A escolha para análise de *Escherichia Coli* se deu por esta ser bactéria do grupo coliforme considerada a mais específica indicadora de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos (BRASIL, 2000).

Embora não exista limitação para o número de coliformes totais presentes na água potável, esta mesma portaria sugere que, quando for verificada a presença de coliformes totais e ausência de fecais sejam tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizado novo ensaio (CONTE et. al., 2004).

Como evidenciado na Portaria nº 2914 de 2011, para os padrões de potabilidade, o valor máximo permitido (VMP) é a ausência de microrganismos em 100 ml de amostra, caso seja identificado a presença dos microrganismos patógenos, então “o responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis (...)” (BRASIL, 2011).

Evidencia-se entre os indicadores considerados de maior especificidade para avaliação da contaminação de águas subterrâneas em áreas de cemitérios, o predomínio de grupos de bactérias responsáveis pela degradação de matéria orgânica, que não apresentam, à primeira vista, relação com essa fonte específica de contaminação, mas com qualquer fonte que resulte em aumento da disponibilidade de matéria orgânica no meio, além de não constituírem, por si só, indicadores da presença de patógenos. Contudo, não se pode desprezar os cemitérios como possível fonte de contaminação dessas águas, tendo em vista o potencial de patogenicidade que ela representa (ESPINDULA, 2004).

Como se pode notar pelas análises realizadas, tem-se que os dois pontos de coleta de amostras apresentaram contaminação por microrganismos termotolerantes, mais específico *Escherichia coli*, microrganismo patógeno e que pode causar prejuízos para a saúde humana. Nota-se também que a carga microbiana é consistente com a direção do fluxo das águas subterrâneas (Figura 15 e 16) e com o lençol freático (FINEZA, 2008), que sofre influência direta do Cemitério São Pedro.

Como descrito por Pacheco (2012), se a água do aquífero fluir contaminada pelo necrochorume da área de influência do cemitério e for captada por nascentes ou em poços escavados, as pessoas que fizerem uso dessa água na atividade doméstica correrão riscos de saúde. É o que ocorre no caso do

Córrego do Leme, que apresenta sua nascente diretamente influenciada pela contaminação do cemitério.

#### 4.4 ANÁLISE GLOBAL DA REGIÃO CENTRAL

Na Tabela 3 estão listados os poços encontrados na região do entorno do Cemitério São Pedro do município de Londrina-PR, com alguns dos parâmetros da qualidade de suas águas, e o padrão de qualidade encontrado na Portaria nº 2914 de 2011, que define os valores máximos prováveis de cada parâmetro para a potabilidade de água.

**Tabela 3 - Análise da qualidade da água no entorno do Cemitério São Pedro de Londrina-PR**

PARÂMENTRO	P1	P2	P3	P4	P5	P7	Port. 2914
Cálcio (Ca) (mg/L)	-	-	-	28,8	-	16,9	-
Cloreto (Cl) (mg/L)	243	-	48	13	13,5	25	250
Ferro Total (Fe) (mg/L)	0,07	-	0,15	0,1	-	-	0,3
Sódio (Na) (mg/L)	-	-	-	7	-	-	200
NH3N (mg/L)	-	0	-	0,02	-	-	1,5
Nitrito (NO2) (mg/L)	0,27	-	2,35	0,01	-	-	1
Nitrato (NO3) (mg/L)	-	11,68	11,61	-	2,59	-	10
pH	9,5	6,5	8,3	6	7,78	8,2	6 ~ 9,5
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	-	-	-	306	227	-	1000
Alcalinidade Total	-	-	-	59	122	80	-
Condutividade Elétrica (µs/cm)	-	365	-	250	326	-	-
Turbidez (NTU)	-	1,09	<1	-	-	-	5

Apesar das análises de muitos dos poços ter sido feita no momento de suas instalações, nota-se que seus parâmetros estão perto do limite permitido para o consumo humano, sendo todos esses poços utilizados para o abastecimento de edifícios e residências.

Sobre o poço P1 deve-se analisar regularmente seu pH, pois o constado em seu laudo de instalação, já é o VMP, e qualquer alteração, ele se tornará impróprio para o consumo humano.

O poço P2, como relatado no tópico anterior, não está apto ao consumo humano devido aos seus altos índices de nitrato.

O poço P3 é um poço no entorno do cemitério, o qual foi desativado no ano de 2003 devido ao seu alto nível de nitrato e nitrito, ambos acima do regulado pelas normas de potabilidade. Como seu uso era exclusivamente para atender o consumo dos moradores de seu edifício, seu funcionamento foi desativado.

Os outros poços, apesar de não apresentarem valores alarmantes ou fora dos padrões estabelecidos, devem manter o controle de suas análises em períodos semestrais de intervalos (ROMANÓ, 2005), para assim se obter o monitoramento da qualidade de suas águas e a influência da contaminação do cemitério.

Apesar dos valores representados na Tabela 3, pode-se afirmar que o Cemitério São Pedro é fonte de contaminação das águas subterrâneas da região que o circunda, uma vez que os valores dos poços P1, P4, P5 E P7 datam a década de 90 e as análises de P2 e P3 feitas neste ano e em 2003, respectivamente, mostram que para o consumo desta água é necessário um prévio tratamento.

#### 4.5 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CONTAMINANTES

Através dos pontos cadastrados no SIAGAS e nos dois pontos em estudo (Figura 19), fez-se a referência geográfica do espaço através do SURFER® e então distribuição espacial dos parâmetros de nitrato, nitrito e pH da região central do Município de Londrina-PR.

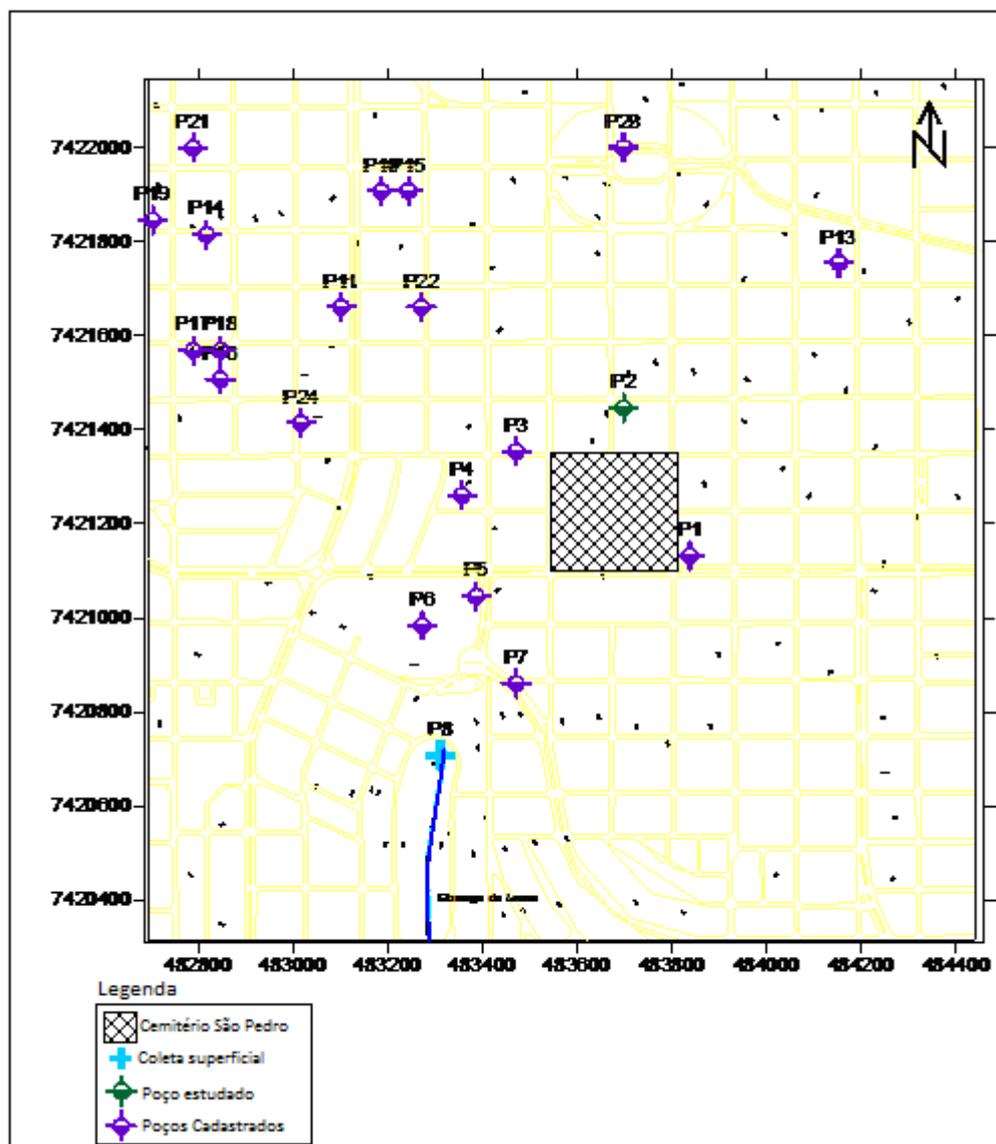


Figura 19 - Conjunto de pontos em estudo para análise espacial de contaminantes.

#### 4.5.1 Nitrato

Como pode ser observada na Figura 20, a região central do Município de Londrina-PR apresenta valores variados de concentração de nitrato, porém é importante destacar que em muitos pontos amostrados, o nível de contaminante é acima do permitido pelo padrão de potabilidade (Portaria n° 2914/11). Considerando que os poços da região são utilizados para o abastecimento, torna-se necessário investigações frequentes de cada ponto, para que não haja prejuízos à saúde de quem consome este recurso.

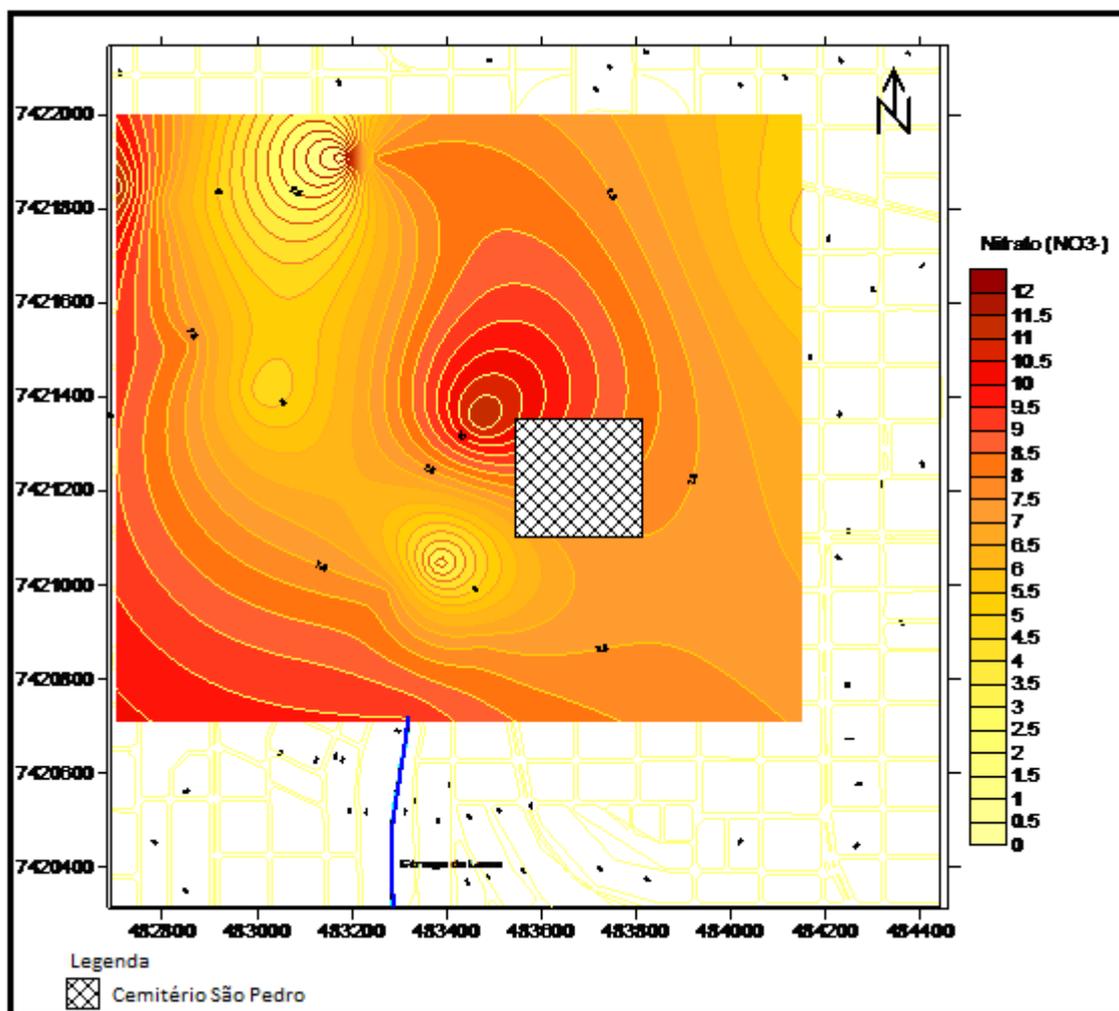


Figura 20 - Distribuição espacial de nitrato no centro de Londrina-PR.

Assim como observado por Varnier et. al. (2010), poços com concentração média de nitrato, entre  $3$  e  $10 \text{ mgL}^{-1}$  ( $\text{N-NO}_3^-$ ), encontram-se dispersos por todo o centro da cidade, o que não permitiu estabelecer um padrão preliminar de correlação com a expansão urbana.

Além da contaminação pelo cemitério São Pedro, os altos índices de nitrato no centro urbano de Londrina sugere a vinculação entre estes o processo de urbanização, cuja origem segundo Varnier et. al. (2010) pode associada também às antigas fossas e vazamentos das redes coletoras de esgoto.

#### 4.5.2 Nitrito

Na figura 21, encontram-se representados os valores de nitrito dos poços cadastrados no SIAGAS, nota-se que sua distribuição espacial apresenta um aumento gradativo. Os maiores valores encontrados estão na região do entorno do Cemitério São Pedro, onde os valores também ultrapassam os exigidos na Portaria n° 2914/11.

O nitrito é um contaminante presente na fase intermediária da oxidação do nitrogênio (NEIRA et. al., 2008) e é um indicativo da presença de matéria orgânica em decomposição (CAMPOS, 2007), neste caso considera-se que a decomposição é proveniente dos cadáveres, e a contaminação tem como fonte, o cemitério local.

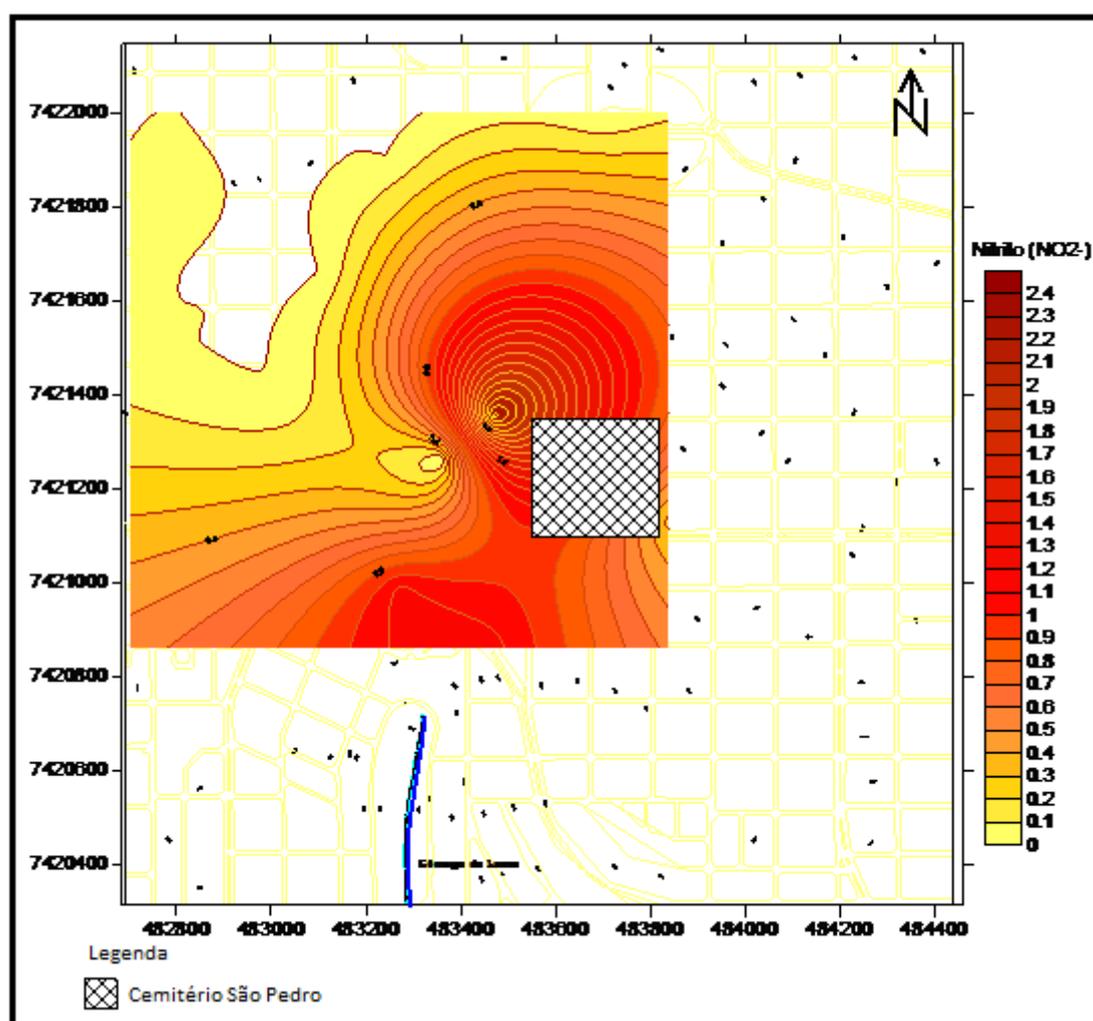


Figura 21 - Distribuição espacial de nitrito na região central de Londrina-PR.

Nota-se que os poços apresentaram baixas concentrações de nitrito, o que evidencia que o meio é bastante oxidante, facilitando a nitrificação (GIAFFERIS; OLIVEIRA, 2006), uma vez que o nitrito é a forma de nitrogênio em estado de oxidação intermediário entre o nitrato e a amônia, sendo rapidamente conversível, assim encontrado em menores quantidade na água (FINEZA, 2008).

Quanto aos demais compostos da série nitrogenada (nitrogênio orgânico, amônio, nitrito), muitos estiveram abaixo do limite de detecção, denotando que o ambiente da área de estudo, apresenta a existência de nitrato em forma abundante e estável (VARNIER et. al., 2010).

#### 4.5.3 pH

Na figura 22, encontra-se o valores do parâmetro pH encontrados em todos os poços subterrâneos da região, e também do Córrego do Leme. Com auxílio da legenda, evidencia-se que grande parte dos poços não apresenta água com condições adequadas para o consumo humano, sem prévio tratamento. De acordo com a Portaria nº 2914/11, a água somente é considerada potável se apresentar níveis de pH entre 6,5 e 9,5 à temperatura de 25 °C.

Para auxiliar a visualização desta distribuição, utilizou-se a programa SURFER® para distribuir os valores em relação a topografia da região (Figura 23). É possível observar então que a faixa mais aceitável dos valores de pH se encontram seguindo a altimetria e declividade da área mais próxima ao cemitério.

O resultado de pH da região observado é semelhante ao encontrado por Migliorini, Lima e Zeilhofer (2006), a tendência ácida para as águas subterrâneas não deve estar relacionada com a presença de corpos em decomposição, visto que os poços a montante também apresentam pH com tendência ácida. Observa-se também, que os valores de pH permanecem relativamente nas faixas mais distantes do cemitério.

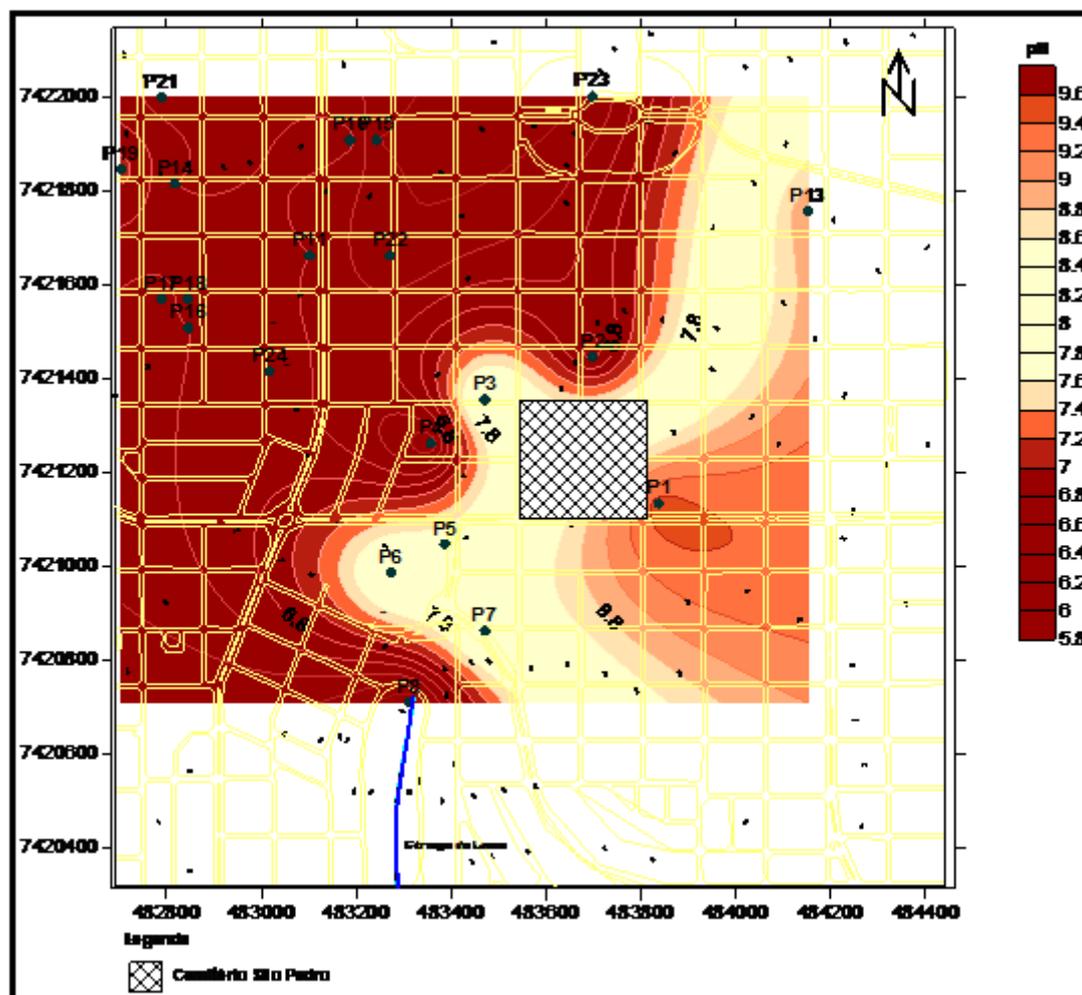


Figura 22 - Distribuição espacial do pH na região central de Londrina-PR

Mesmo após a constatação que o cemitério é fonte de contaminação, mostra-se necessário um monitoramento do lençol freático, não somente na área do cemitério, mas também no entorno à montante do mesmo, pois como relatado em um estudo do Ceará por Cardoso, Pontes e Buarque (2010), os níveis de contaminantes nos pontos à montante da necrópole pode ser indicativo de que o aquífero apresente uma contaminação em um local acima do cemitério.

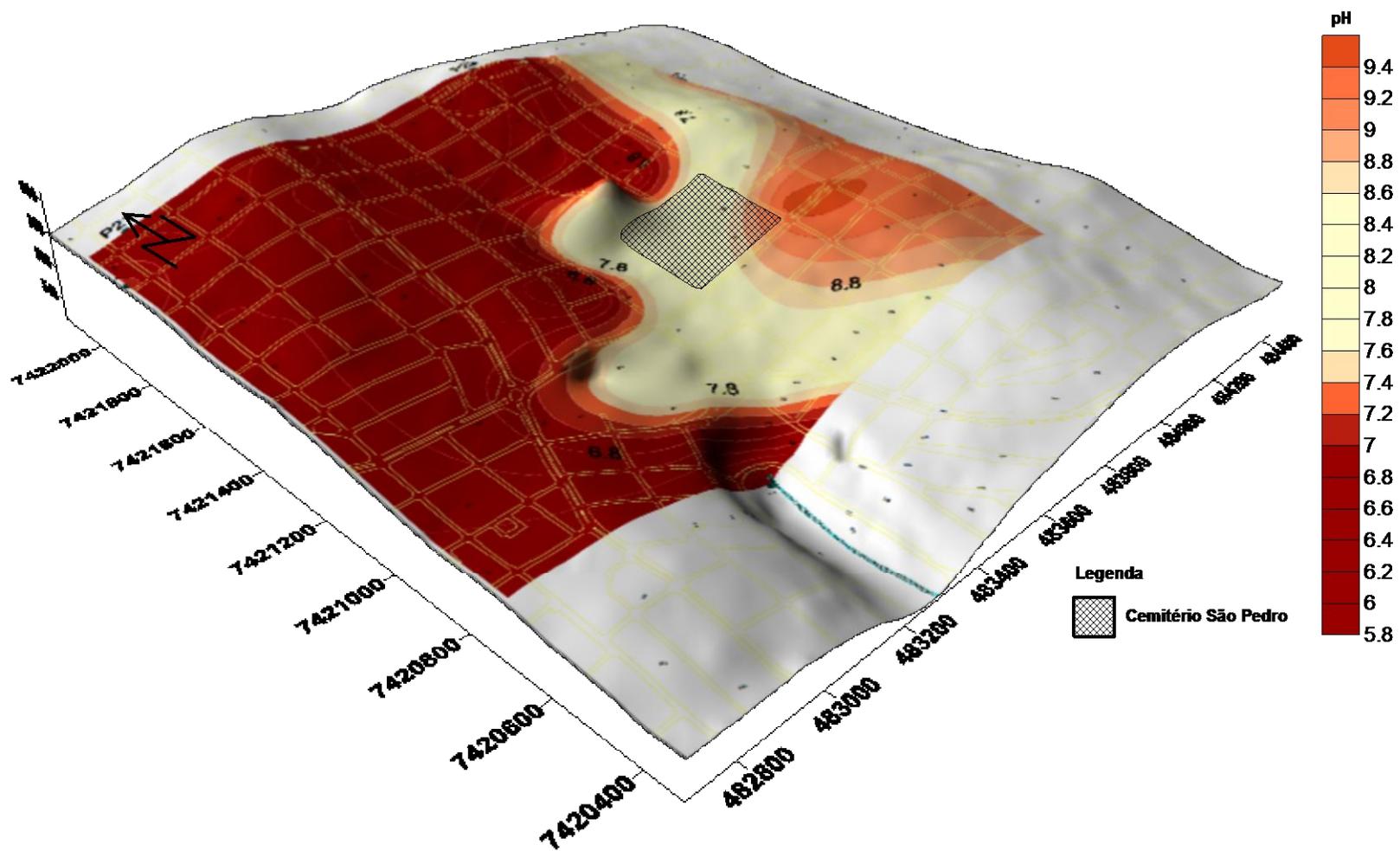


Figura 23 - Bloco diagrama evidenciando as concentrações de pH na área de estudo.

#### 4.6 ESTUDO PRÉVIO PARA INSTALAÇÕES DE CEMITÉRIOS

O cemitério é um empreendimento indispensável a toda sociedade, mas por ser um ambiente de alto risco de poluição e grande impacto psicológico (LELI et. al., 2012). Com o intuito de evitar que o funcionamento dos cemitérios possam contaminar as águas subterrâneas, é necessário projetá-los e implantá-los de forma adequada, levando em consideração, os aspectos geológicos, hidrogeológicos e geotécnicos do meio em que se planeja construir o empreendimento (PACHECO, 2012).

Deve-se fazer um estudo geológico-geotécnico e de observação, informações topográficas, litológicas, geológicas e estruturais, solos agrícolas, hidrogeológicos, drenagem superficial, capacidade de infiltração, corrosibilidade, qualidade do solo, classificação dos solos para fins de engenharia, recursos de engenharia, resistência à compressão simples, qualidade da rocha, estabilidade de taludes, dificuldades de escavação, adequação para instalações subterrâneas, dos recursos, disposição de rejeitos, para construções pesadas, adequabilidade do terreno para áreas destinadas à implantação (PIRES, 2008).

Segundo Campos (2007), existem fatores que condicionam os terrenos a serem adequados à implantação de cemitérios e critérios mínimos necessários para instalação destes, são eles:

- Elevação: é necessário assegurar que as sepulturas não sejam inundadas e os microrganismos fiquem retidos em camadas não-saturadas do solo, com condições de arejamento favorecidas pelo regime de ventos e manutenção das condições de potabilidade de captações pré-existentes. O ideal é declividade de 5% a 15%.

- Geologia: o local deve apresentar solo homogêneo e com porcentagem balanceada de areia silte e argila. Concentrações de até 30% em peso de argila tendem a evitar a saponificação e garantir a condutividade hidráulica, que retém a lixiviação de bactérias e microrganismos.

- Hidrogeologia: é o posicionamento da superfície piezométrica do lençol freático e o escoamento subsuperficial em sentido e velocidade de fluxo. É

necessário haver uma distância mínima entre o nível do lençol freático e o plano de fundo das covas, para evitar a contaminação pelo necrochorume.

Na Tabela 4 se apresentam os aspectos a serem considerados e seus respectivos impactos no estudo de possíveis áreas de implantação de cemitérios visando atender aos critérios estipulados na resolução CONAMA 335/03.

**Tabela 4 – Indicadores ambientais para cemitérios**

<b>Dimensão</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Impacto</b>	<b>Indicador</b>
<b>Física</b>	Dinâmica da água superficial	Transporte de sedimentos provenientes da construção de sepulturas e de erosão do solo exposto	Quantidade de processos erosivos e sedimentos depositados a jusante
	Características da água subterrânea	Contaminação das águas subterrâneas	cor, turbidez, pH, temperatura, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, cálcio, coliformes termotolerantes e totais
	Características do ar	Mudanças nas características do ar por emissão de gases provenientes da decomposição dos cadáveres	Emissão de gases como CO <sub>2</sub> , Gás sulfídrico, Metano, amônia, hidrogênio, odor
<b>Biótica</b>	Características da fauna	Presença de vetores como ratos, formigas e mosquitos	Quantidade de vetores
<b>Socio-econômica</b>	Infra-estrutura urbana	Alteração de tráfego, demanda de serviços e comércio, qualidade de serviços públicos	Quantidade de veículos em circulação, eficiência do transporte coletivo, quantidade de estabelecimentos comerciais, eficácia de serviços públicos
		Valorização ou desvalorização imobiliária	Evolução dos valores dos imóveis do entorno
	Qualidade de vida	Incomodo da população vizinha	Porcentagem de satisfação da população com o empreendimento

Fonte: LELI et.al. (2012).

Devido a todos os riscos, o monitoramento das águas subterrâneas na vizinhança dos cemitérios é da maior importância nos estudos ambientais (ROMANÓ, 2005; ESPINDULA, 2004; ABRÃO, 2007, PACHECO, 2012).

A amostragem de análises para controle da qualidade da água deve ocorrer de acordo com o tempo de funcionamento de cada cemitério (ROMANÓ, 2005):

- Cemitérios implantados até 1 (um) ano - Amostragem trimestral;
  - Cemitérios implantados de 1 (um) ano a 5 (cinco) anos - Amostragem semestral
  - Cemitérios implantados acima de 5 (cinco) anos - Amostragem anual.
- (ROMANÓ, 2005).

A escolha da localização para implantação de cemitério deverá, além do previsto nos itens seguintes, ser observada a norma ABNT NBR nº 10157/1987 (ROMANÓ, 2005):

- fica proibida a implantação de cemitérios em terrenos sujeitos à inundação permanente e sazonal;
- fica proibida a implantação de cemitérios onde a permeabilidade dos solos e produtos de alteração possam estar modificada e/ou agravada por controles lito-estruturais, como por exemplo, falhamentos, faixas de cataclasamento e zonas com evidências de dissolução (relevo cárstico);
- fica proibida a implantação de cemitérios em áreas de influência direta dos reservatórios destinados ao abastecimento público (área de proteção de manancial – APM), bem como nas áreas de preservação permanente (APP).

## 5 CONCLUSÕES

Através das coletas e análises realizadas, prova-se a as águas subterrâneas da região do entorno do cemitério São Pedro sofrem influências diretas da degradação dos corpos ali presentes.

Foi possível comprovar que cemitérios, mesmo que antigos, apresentam impactos de contaminação na água do local, seja ela subterrânea ou superficial.

Embora a presença do cemitério cause a contaminação da água da região, deve-se monitorar a qualidade do aquífero, possibilitando identificar outras possíveis fontes de contaminação à montante do empreendimento.

Este estudo não só contribuiu para pesquisas científicas, que são escassas na área, mas também revelou a necessidade por parte das autoridades municipais em enquadrar os cemitérios de acordo com a legislação para gestão de necrópoles, afim de evitar riscos para a saúde pública e para o meio ambiente.

Duas estratégias básicas de monitoramento deveriam ser delineadas em continuação aos estudos de detalhe: uma voltada à proteção dos próprios poços de abastecimento públicos e a outra dirigida à identificação da contaminação do aquífero pelas atividades antrópicas. No primeiro caso, o programa de monitoramento seria do tipo defensivo e/ou de vigilância sanitária. No segundo, um programa baseado em uma monitoração ofensiva, restrita à atividade potencialmente contaminante.

Para trabalhos como este, se faz necessárias investigações mais aprofundadas, tais como caracterização da toxicidade e patogenicidade do necrochorume.

## 6 REFERÊNCIAS

BHUMBLA, D. K. Agriculture practices and nitrate pollution of water. Disponível em: <<http://transpaktrading.com/static/pdf/research/environment/AgPracticesAndNitrate.pdf>>. Acesso em 10.mar.13

BOCCHESI, M. G.; PELLIZZARO, L.; BOCCHESI, J. K. Problemas ambientais decorrentes do cemitério municipal de Pato Branco-PR. Geoambiente on-line **Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí – UFG**, n.9 p 109-122. jul-dez/2007.

BRASIL – Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 335** de 03 de abril de 2003.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 368** de 28 de março de 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 396** de 03 de abril de 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 402** de 17 de novembro de 2008.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº. 2.914**, de 12 de dezembro de 2011. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.

ABRÃO, M. E. A. S. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas a partir de cemitérios: o caso do cemitério Santo Amaro em Campo Grande – MS**. 2007, 89 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2007.

ALMEIDA, A. M.; MACEDO, J. A. B. Parâmetros físico-químicos de caracterização da contaminação do lençol freático por necrochorume. **Seminário de Gestão Ambiental**. Instituto Vianna Junior. Universidade Federal de Juiz de Fora-MG. 2005.

APHA, AWWA, WEF (2005). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 edition, American Public Health Association, Washington, D.C. CLIPPING.

BARROS, M. V. F.; ARCHELA, R. S.; BARROS, O. N. F., *et al.*; **Atlas Ambiental de Londrina**. Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/>>. Acesso em 07.mar.13.

CAMPOS, A. P. S. **Avaliação do potencial de poluição no solo e nas águas subterrâneas decorrente da atividade cemiterial**. 2007. 141 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CARDOSO, L. M. F.; PONTES A. P.; BUARQUE H. L. B. Qualidade das águas subterrâneas na área de influência do Cemitério São João Batista No Município de Fortaleza-CE. In: V CONNEPI – Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação, 2010, Fortaleza/CE. IFCE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará.

CASTRO, David L. de. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza – CE. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 251-271, 2008.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEMANETO AMBIENTAL. Norma L1.040: Implantação de cemitérios. São Paulo, 1999.

CONTE, V. D.; COLOMBO, M.; ZANROSSO, A. V.; SALVADOR, M.; Qualidade microbiologia de águas tratadas e não tratadas na região na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Infarma**. v 16. N 11-12. 83-84 p. 2004.

COSTA, W. D.; MENEGASSE, L. N.; FRANCO, R. D.. **Contaminação da água subterrânea relacionada com os Cemitérios da Paz e da Saudade No Município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2002, Florianópolis – SC.

ESPINDULA, Jeane C. de. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da várzea – Recife**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

FIEDLER, S.; BREUER, J.; PUSCH, C.M.; HOLLEY, S.; WAHL, J.; INGWERSEN, J.; GRAW, M. **Graveyards — Special landfills**. Volume 419, 1 March 2012, Pages 90–97

FINEZA, A. G. **Avaliação da contaminação de águas subterrâneas por cemitérios: estudo de caso de Tabuleiro – MG**. 2008, 54 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.

FORESTI, E.; ZAIAT, M.; MORAES, E. M.; ADORNO, M. A. T.; PAIM, A. P. S.; RODRIGUES, J. A. D.; RATUSZNEI, S. M.; CANTO, C. S.; DAMASCENO Le. H. S. **Métodos de Análises Físico-Químicas de Rotina de Águas Residuárias Tratadas Biologicamente**. 2005.

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 – n.1 - jan/mar 2006 p. 92-102, 2006.

FRAZÃO, M. **Ecometrópole**. Disponível em: <<http://acquametropole.blogspot.com.br/2007/05/rea-urbana-possui-84-rios-guas-que.html>>. Acesso em 05.mar.2013.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Cemitérios como fonte potencial de contaminação das águas subterrâneas. Região de Cuiabá e Várzea Grande – MT – Brasília, 2007.

GIAFFERIS, G. P.; OLIVEIRA, E. L.; Investigação da qualidade das águas subterrâneas do Município De Bauru. In: XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Curitiba, 2006.

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

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná - **Cartas do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>> Acesso em: 25.nov.2012.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C.; Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer®. Departamento de Geologia Aplicada – IGCE, texto didático - UNESP. Rio Claro, 2002.

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. **Biologia e Geografia**. v 30. n 1. 45 – 54 p. Maringá, 2012.

PREFEITURA DE LONDRINA. Plano Municipal de Saneamento Básico – Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento, 2010. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/aspectos\\_ambientais\\_03\\_10.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/aspectos_ambientais_03_10.pdf)>. Acesso em 10.fev.13.

\_\_\_\_\_. Perfil de Londrina, 2012. Disponível em: <[http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec\\_planejamento/perfil/perfil\\_2012f.pdf](http://www1.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/sec_planejamento/perfil/perfil_2012f.pdf)>. Acesso em 10.fev.13.

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

MENDONÇA, F. A. **Dinâmica dos ventos de superfície na cidade de Londrina - Pr. influência do relevo e estrutura urbana**. Simpósio Brasileiro De Climatologia Geográfica Rio Claro, 1992.

NEIRA, D. F.; TERRA, V. R.; PRATTE-SANTOS, R.; BARBIÉRI R. S. **Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil**. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal – RN.

OLIVEIRA, M. F. **Condicionantes sócio-ambientais urbanos da incidência da dengue na cidade de Londrina/Pr**. Curitiba, 2005. 171p. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná.

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

PIRES, A. S.; GARCIAS, C. M. **São os cemitérios a melhor solução para a destinação dos Mortos?** In: IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília –DF. Jun, 2008

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. 1 ed. – Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002.

ROMANÓ, E.N.L.; Cemitérios: Passivo ambiental, medidas preventivas e mitigadoras. **VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-americano sobre Recuperação de Áreas Degradadas**. Curitiba, PR, nov.2005.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Resolução 002, Curitiba-PR, 2009.

SILVA, F.; SUGUIO, K.; PACHECO, A.. Avaliação ambiental preliminar do Cemitério de Itaquera, segundo a Resolução CONAMA 335/2003, Município de São Paulo. **Revista Geociências - UnG**, v.7, n.1, p. 31-47. 2008.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTI FILHO, W. Cemitérios como áreas potencialmente contaminadas. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 26-35, abr. 2008.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTI FILHO, W.; MOREIRA, C. A. Emprego do método da eletro-resistividade no estudo da contaminação subterrânea do cemitério municipal de Vila Rezende, Piracicaba – SP. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 3, p. 389-399, jul/set. 2009.

SILVA, R. W. C.; MALAGUTI FILHO, W. Cemitérios: Fontes potenciais de contaminação. **Geologia ambiental – Ciência hoje**. Vol. 44 nº 263. 24-29 p. 2009.

STIPP, M. E. F.; ARFELLI-SILVA, M.; BERTACHI, M. H.. Caracterização de impactos ambientais causados por cemitérios em cidades de médio porte: Estudo de caso do cemitério São Pedro na cidade de Londrina-PR. **Revista Geografia e Pesquisa**. v. 5. n. 2. 99-118 p. Ourinhos, 2011.

ÜÇISIK AS, RUSHBROOK P. The impact of cemeteries on the environment and public health: an introductory briefing. Denmark: **WHO**; 1998. Disponível em <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em 17.abr.2012.

VARNIER, C.; IRITANI, M. A.; VIOTTI, G. H.; ODA, G. H.; FERREIRA, L. M. R. Nitrito nas águas subterrâneas do sistema Aquífero Bauru, área urbana do Município de Marília (SP). **Revista do Instituto Geológico**. n. 31. v. 1/2. p. 1-21. São Paulo, 2010.

VERÍSSIMO, L. S.; LUZ, C. A.; AGUIAR, R. B. Diagnóstico dos poços tubulares e a qualidade das águas subterrâneas dos municípios Itapecuru Mirim, Ninam

Rodrigues, Presidente Vargas e Santa Rita no Estado do Maranhão. In: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. São Luiz – MA, 2010.

VON SPERLING, M. 1996. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade federal de Minas Gerais. 243p. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&pg=PA53&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q=correadeira&f=false](http://books.google.com.br/books?id=1pxhLVxVFHoC&pg=PA53&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q=correadeira&f=false)>. Acesso em 10.mar.13

ŻYCHOWSKI, J. Impact of cemeteries on groundwater chemistry: A review. **CATENA**. . 93, June 2012 Poland, Pages 29–37.