

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

IZABELLI ZINA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO E METAIS  
PESADOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL: Estudo de  
caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA  
2015

IZABELLI ZINA

**AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO POR NITRATO E METAIS  
PESADOS NA ÁGUA SUBTERRÂNEA E SUPERFICIAL: 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. Maurício Moreira dos Santos

LONDRINA  
2015



**Ministério da Educação**  
**Universidade Tecnológica Federal do**  
**Paraná**



Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental

## TERMO DE APROVAÇÃO

**Avaliação da contaminação por nitrato e metais pesados na água subterrânea e superficial: Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR por Izabelli Zina**

Monografia apresentada no dia 19 de junho de 2015 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).

\_\_\_\_\_  
Profa. MsC. Brenda Cristye Tonon Debiasi  
(UEL)

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira  
(UTFPR)

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

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

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelas oportunidades que me foram dadas ao longo da vida, por sempre me manter forte e perseverante durante os momentos difíceis e por mais este sonho concretizado.

Aos meus pais, Geraldo Zina Filho e Magda Luciane Lima Zina, por toda a confiança depositada em mim, sempre me dando apoio nos momentos difíceis, pela educação transmitida e por todo esforço para me manter na graduação.

À minha irmã Marielli Zina e ao meu irmão Eduardo Zina, meus maiores presentes.

À minha avó Magdalena César de Assis, por todas as orações, por ser meu exemplo de mulher guerreira e batalhadora.

À minha amiga Isabela Cristina de Souza, uma irmã com a qual a vida me presenteou, obrigada pelos momentos de risada e alegria.

Destaco minha gratidão e admiração por meu professor orientador Dr. Maurício Moreira dos Santos. Agradeço pela dedicação, pelo exemplo de competência e excelência profissional e por toda a colaboração em meu crescimento profissional.

Agradeço também a banca pela disponibilidade e atenção dada ao desenvolvimento do projeto e trabalho final de conclusão de curso.

Agradeço a Embrapa Soja e seus funcionários Joviano Kleinert, Esmael Santos, Donizete Loni e Henrique Debiasi, pelo auxílio na execução das análises e equipamentos imprescindíveis para a realização deste estudo.

Ao professor Airton Nozawa da Universidade Estadual de Londrina pelo auxílio na composição das imagens aéreas para a concretização do estudo.

Peço desculpas caso algum nome não seja mencionado, mas declaro minha gratidão a todos aqueles que me auxiliaram no cumprimento desta etapa.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

ZINA, Izabelli. **Avaliação da contaminação por nitrato e metais pesados na água subterrânea e superficial: Estudo de caso do entorno do cemitério São Pedro – Londrina-PR.** 2015. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Muitos efluentes líquidos, associados a diferentes atividades humanas, são capazes de contaminar as águas subterrâneas e superficiais contribuindo para a diminuição da quantidade de água potável disponível para consumo humano. Uma das substâncias responsáveis por essa contaminação é o necrochorume, líquido liberado dos corpos humanos em processo de decomposição. O cemitério São Pedro, localizado no município de Londrina-PR, foi fundado em 1932 quando não era parte integrada da malha urbana do município. Com a expansão urbana, ocasionada pelo crescimento populacional da cidade, o cemitério passou a ser envolvido por casas e estabelecimentos comerciais, onde muitas dessas atividades passaram a fazer uso das águas subterrâneas para abastecimento. Dessa forma, o presente trabalho visa diagnosticar a qualidade da água superficial e subterrânea no entorno do cemitério São Pedro. Realizou-se um levantamento dos poços tubulares profundos existentes no centro de Londrina, através do SIAGAS, além de visita a campo. Amostras de água do córrego do Leme e de poços tubulares foram coletadas para determinação do pH, nitrato e metais pesados presentes nessas águas. Além disso, levantamentos e avaliação dos aspectos geográficos locais através de mapas de altimetria e declividade foram de suma importância para observar a influência do Cemitério na água subterrânea e superficial do seu entorno. Através das avaliações realizadas, foi possível observar a contaminação das águas do entorno do Cemitério, sendo que estas sofrem influências diretas dos corpos em decomposição. Comprovou-se que cemitérios apresentam impactos no seu entorno, quando não construídos de maneira correta, sendo necessário o monitoramento dos impactos causados por esse tipo de empreendimento para que se evitem possíveis contaminações.

**Palavras-chave:** Cemitério. Necrochorume. Decomposição. Nitrato. Metais.

## ABSTRACT

ZINA, Izabelli. **Nitrate contamination assessment and heavy metals in cemeteries water: A case study surrounding São Pedro cemetery – Londrina-PR.** 2015. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Many wastewater associated with different human activities are able to contaminate ground and surface water contributing to the decreased amount of drinking water available for human consumption. One of the substances responsible for this contamination is the necrochorume, liquid released from human bodies in decomposition process. The São Pedro cemetery, located in Londrina-PR, was founded in 1932 as a non-integrated part of the urban fabric of the city. With urban sprawl, caused by population growth of the city, the cemetery became surrounded by homes and businesses, where many of these activities have come to make use of groundwater for supplies. Thus, this study aims to diagnose the quality of surface and groundwater in the vicinity of the São Pedro cemetery. We conducted a survey of existing deep wells in central Londrina, through SIAGAS, and visit the field. Stream water samples Leme and wells were collected for determination of pH, nitrate and heavy metals in those waters. In addition, surveys and evaluation of local geographical features through altimetry maps and slope were of paramount importance to observe the influence Cemetery in ground and surface water from its surroundings. Through the evaluations, we observed water contamination surrounding the cemetery, and these suffer direct influence of rotting bodies. It was proved that cemeteries have impacts on their surroundings when not built properly, requiring the monitoring of impacts of this type of project for the avoidance of possible contamination.

**Keywords:** Cemetery. Necrochorume. Decomposition. Nitrate. Metals.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática da distribuição vertical da água subterrânea, indicando as zonas de umidade. ....	12
Figura 2 - Localização do Cemitério São Pedro em destaque na região central de Londrina, no contexto do Brasil e do estado do Paraná. ....	21
Figura 3 – Localização da área de estudo em relação ao contexto da área urbana do município de Londrina-PR. ....	22
Figura 4 - Precipitação média do Estado do Paraná. ....	23
Figura 5 - Mapa geológico do município de Londrina. ....	25
Figura 6 - Diáclases sub-verticais e sub-horizontais de pequeno porte com surgência de água na rodovia que liga os municípios de Londrina e Ibiporã. ....	27
Figura 7 - Carta de altimetria da cidade de Londrina-PR. ....	28
Figura 8 – Técnica de fotointerpretação utilizando estereoscópio da marca Topcon fornecido pela Universidade Estadual de Londrina - UEL. ....	30
Figura 9 – Interface do SIAGAS. ....	32
Figura 10 – Localização dos poços com cadastro no SIAGAS. ....	33
Figura 11 – Córrego do Leme. ....	35
Figura 12 - Construção da Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão) em 1975. ....	36
Figura 13 – Preparo dos frascos de coleta a) Preparo do ácido clorídrico a 10% b) Imersão dos frascos em ácido clorídrico a 10% c) Identificação dos frascos já higienizados. ....	37
Figura 14 - Esquema de funcionamento de um espectrofotômetro UV-Visível. ....	37
Figura 15 – a) Preparo da solução para calibrar o espectrofotômetro UV-Vis b) Vista do espectrofotômetro utilizado na análise de nitrato. ....	38
Figura 16 - Esquema de funcionamento de um espectrômetro de emissão atômica (ICP). ....	39
Figura 17 – ICP-OES. ....	39
Figura 18 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1949. ....	42
Figura 19 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1957, com destaque em azul para o caminho percorrido pelas águas do Córrego do Leme, sua drenagem intermitente e permanente. ....	43
Figura 20 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1974, já representando o processo de canalização do córrego. ....	44
Figura 21 – Locais de coleta de amostra para análise no mapa da situação atual quanto ao uso e ocupação do solo na área de estudo. ....	45
Figura 22 – Bloco diagrama evidenciando a cota altimétrica da região central de Londrina-PR e a direção do fluxo das águas com base na diferenciação topográfica. ....	46
Figura 23 - Teores de nitrato e chumbo da amostra branco e nos diferentes pontos de coleta (P1, P6, P7, P11, P12, C13), além da linha em vermelho indicando o VMP. ....	53
Figura 24 – Distribuição espacial do pH na região central de Londrina-PR. ....	54
Figura 25 – Distribuição espacial do nitrato na região central de Londrina-PR. ....	55

Figura 26 – Distribuição espacial do chumbo na região central de Londrina-PR.....56



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
3.1 DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	8
3.2 CICLO HIDROLÓGICO.....	9
3.2.1 Evaporação e transpiração.....	10
3.2.2 Drenagem.....	10
3.2.3 Infiltração.....	10
3.3 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	11
3.4 CONSTITUINTES DA ÁGUA SUBTERRÂNEA .....	12
3.5 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	13
3.6 CEMITÉRIOS.....	14
3.7 NECROCHORUME.....	15
3.7.1 Nitrato.....	15
3.8 METAIS PESADOS.....	17
3.9 LEGISLAÇÃO.....	19
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	20
4.1.1 Clima .....	22
4.1.2 Geologia .....	23
4.1.3 Hidrogeologia .....	26
4.1.4 Geomorfologia .....	27
4.2 FOTOGRAMETRIA .....	29
4.3 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS .....	30
4.3.1 Escolha dos Pontos de Amostragem .....	31
4.3.2 Preparo de Materiais .....	36
4.3.3 Análise de Nitrato .....	37
4.3.4 Análise de Metais Pesados .....	38
4.4 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS .....	40
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>41</b>
5.1 ANÁLISE GEOGRÁFICA DA REGIÃO.....	41
5.2 DADOS HIDROGEOLÓGICOS DOS POÇOS .....	46
5.3 ANÁLISE GLOBAL DA REGIÃO CENTRAL .....	48
5.4 ANÁLISE DE AMOSTRAS .....	49
5.4.1 Metais Pesados.....	49

5.4.2 pH e Temperatura .....	50
5.4.3 Nitrato.....	51
5.5 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CONTAMINANTES.....	53
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O futuro da água potável torna-se cada dia mais enfoque de discussões em fóruns mundiais no que diz respeito à preservação dos recursos hídricos, isso porque é notório que a água está continuamente perdendo sua qualidade natural, afetando assim sua disponibilidade para o abastecimento humano.

A perda de qualidade da água é afetada principalmente pelo crescimento populacional e atividades industriais mais constantes. A contaminação desenfreada das águas superficiais e subterrâneas se torna cada vez mais frequente, tornando a utilização desses recursos mais caro (FILIZOLA et al., 2002).

Muitos efluentes líquidos são capazes de contaminar as águas subterrâneas e, assim, contribuir para a diminuição da quantidade de água potável disponível para consumo humano. Uma das substâncias responsáveis por essa contaminação é o necrochorume, composto liberado dos corpos humanos em processo de decomposição (LOZANO et al., 2012).

Durante o processo de putrefação, os tecidos e o corpo passam pelo processo de decomposição, formando um ecossistema constituído de artrópodes, bactérias, microrganismos patogênicos, entre outros, trazendo riscos à saúde pública e ao meio ambiente. As bactérias e enzimas transformam os tecidos dos corpos em gases, líquidos e sais, sendo que os principais gases produzidos nesse processo são:  $H_2S$  (ácido sulfídrico),  $CH_4$  (metano),  $NH_3$  (amônia),  $CO_2$  (gás carbônico) e  $H_2O$  (água) (ALMEIDA; MACEDO, 2005).

Dependendo das condições do ambiente em que se encontra - temperatura, umidade e tipo de solo - a decomposição do corpo pode durar desde meses até anos, sendo comprovado o potencial poluidor do necrochorume em mananciais hídricos que se encontram próximos dos cemitérios (PALMA; SILVEIRA, 2010).

As águas superficiais e pluviais infiltram nas sepulturas, entram em contato com os corpos e contaminam as águas subterrâneas através do necrochorume. Valores anômalos de compostos das cadeias do fósforo e do nitrogênio, metais pesados (advindos do embalsamento de corpos) (BARROS et al., 2008) e aminas estão relacionados à toxicidade química desse composto nas águas freáticas (NEIRA et al., 2008).

Deve-se dar atenção especial aos compostos inorgânicos, já que os metais pesados em altas concentrações se tornam tóxicos. Esses elementos possuem densidade específica e características de toxicidade particulares e, quando presentes em corpos hídricos, possuem impacto significativo na saúde humana e na biodiversidade aquática (RIBEIRO et al., 2012).

Com isso, tornam-se necessárias pesquisas a respeito da contaminação de águas subterrâneas e superficial ocasionadas por cemitérios, visto que esse tipo de impacto pode afetar a saúde humana e a biodiversidade aquática. Além disso, a elaboração de estudos técnicos e científicos serve de subsídio para a elaboração de medidas mitigadoras para áreas impactadas e possíveis medidas preventivas para a implantação de novos empreendimentos. Sendo assim, o presente trabalho visa diagnosticar a qualidade da água superficial e subterrânea no entorno do cemitério São Pedro, localizado no município de Londrina, no estado do Paraná, Brasil.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar e interpretar a qualidade da água superficial e subterrânea do entorno do cemitério São Pedro da cidade de Londrina quanto aos valores de nitrato e metais pesados que possam ser oriundos do cemitério.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar pontos potenciais de coleta de água superficial e subterrânea no entorno da área de estudo;
- Coletar amostras de água para análises de nitrato e metais pesados para análise em laboratório específico, visando à avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea;
- Realizar análise estatística dos dados obtidos de acordo com os resultados laboratoriais, considerando os valores máximos permitidos pela legislação brasileira para nitrato e metais pesados;
- Contribuir com a produção de conhecimento científico e tecnológico a respeito da contaminação de águas subterrâneas por necrochorume e os impactos associados a atividades irregulares de cemitérios em áreas urbanas.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 DEFINIÇÃO E IMPORTÂNCIA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água subterrânea é definida, segundo Manoel Filho (2008), como sendo:

Solução diluída de inúmeros elementos e compostos sólidos, líquidos ou gasosos em proporções diversas, provenientes do ar (durante o processo de condensação e precipitação), dos solos e das rochas (nas quais circula ou é armazenada) e do contato com as atividades humanas. (MANOEL FILHO, 2008, p. 7).

Apesar de muitas pessoas acharem que a maior fonte de atendimento das necessidades do homem provém de águas superficiais como rios e lagos, apenas 3% da água potável disponível no planeta advém das águas de superfície. O restante desse percentual, ou seja, 97% estão alocadas no subsolo. Segundo dados fornecidos pela UNESCO (1992), perfuraram-se 300 milhões de poços entre os anos de 1970 e 1995. Esses poços são fornecedores de água para mais de 50% da população do planeta e suas águas são utilizadas para irrigar cerca de 90 milhões de hectares.

No Brasil, 61% da população são abastecidas com água subterrânea, sendo 43% por poços tubulares, 12% por fontes ou nascentes e 6% por poços escavados, que são poços cilíndricos abertos manualmente com o auxílio de picareta e pá (IBGE, 1991). Segundo Rebouças (1996), nas regiões Sul e Sudeste, 90% das cidades do estado do Paraná e Rio Grande do Sul já eram abastecidas por poços, já no estado de São Paulo esse número chegava a 76%. Na região Nordeste, cidades importantes como Maceió, Alagoas, Recife, Olinda e Natal tem parte de seu abastecimento público realizado por poços. Deve-se ressaltar, porém, que esses números podem variar, visto que no país não há um controle na utilização da água subterrânea.

As águas subterrâneas são resultado de um acúmulo ao longo de milhares de anos e se encontram, em condições naturais, numa situação de quase equilíbrio, regido por um mecanismo de recarga e descarga. O seu movimento tende a ser

muito lento, além de não estar exposto diretamente às influências climáticas, o que implica, muitas vezes, num tempo de trânsito muito longo. Além disso, nem toda a água localizada no subsolo pode ser extraída das formações aquíferas em que se encontra. O volume a ser extraído é alvo de estudos e é uma decisão a ser tomada como parte de um plano de gestão do sistema (MANOEL FILHO, 2008).

Com isso, faz-se necessário desenvolver modelos de simulação que possam fornecer informações locais sobre a resposta do sistema de água subterrânea a bombeamento e/ou recarga artificial e, ainda, modelos de otimização para identificar políticas adequadas de gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis utilizando análises de sistemas.

### 3.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é composto por precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem. Apesar de esse fenômeno ser único para todo o planeta, o volume de cada um dos fatores que o compõem variam nas diferentes regiões da Terra e também de acordo com as bacias hidrográficas. Os fluxos subterrâneos também tendem a variar de acordo com a velocidade de recarga, o que interfere, conseqüentemente, na descarga dos rios (PIELOU, 1998).

Segundo Tundisi (2003), o ciclo hidrológico é regido, no solo e no subsolo, pela ação da gravidade, assim como pelo tipo e densidade da cobertura vegetal. Na atmosfera e superfícies líquidas são os fatores climáticos e insolação que o governam. Sendo assim, rios, lagos, mares, oceanos, temperatura do ar, ventos, umidade relativa e radiação solar são variáveis que interferem na circulação da água.

### 3.2.1 EVAPORAÇÃO E TRANSPIRAÇÃO

A evaporação é o processo em que as moléculas de água presentes na superfície líquida ou na umidade do solo adquirem energia suficiente para passar do estado líquido para o de vapor, sendo que essa energia é adquirida pela radiação solar. A transpiração, por sua vez, é o processo pelo qual as plantas tendem a perder água para a atmosfera (MANOEL FILHO, 2008).

### 3.2.2 DRENAGEM

A drenagem, ou escoamento superficial, é o processo pelo qual a água de chuva que se precipita flui pela superfície terrestre por ação da gravidade, partindo de partes mais altas para as mais baixas, nos leitos de rios e riachos. A magnitude da drenagem depende diretamente da intensidade e duração da chuva, permeabilidade e declividade da superfície do terreno e o tipo de vegetação que a compõe, área da bacia hidrográfica, distribuição espacial da precipitação, geometria dos canais dos rios e riachos e profundidade do nível das águas subterrâneas (MANOEL FILHO, 2008).

### 3.2.3 INFILTRAÇÃO

A infiltração é definida por Horton (1993) como sendo a taxa máxima à qual um solo pode absorver a precipitação numa determinada condição. Segundo ele, a capacidade de infiltração do solo decresce com o tempo, até manter-se constante, à medida que o solo se torna saturado e suas partículas de argila expandem (MANOEL FILHO, 2008).



### 3.3 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

As águas presentes abaixo da superfície do terreno é dividida ao longo do perfil vertical em duas zonas horizontais, sendo elas saturada e não saturada. Essa denominação é feita de acordo com a proporção relativa do espaço poroso ocupado pela água (MANOEL FILHO, 2008).

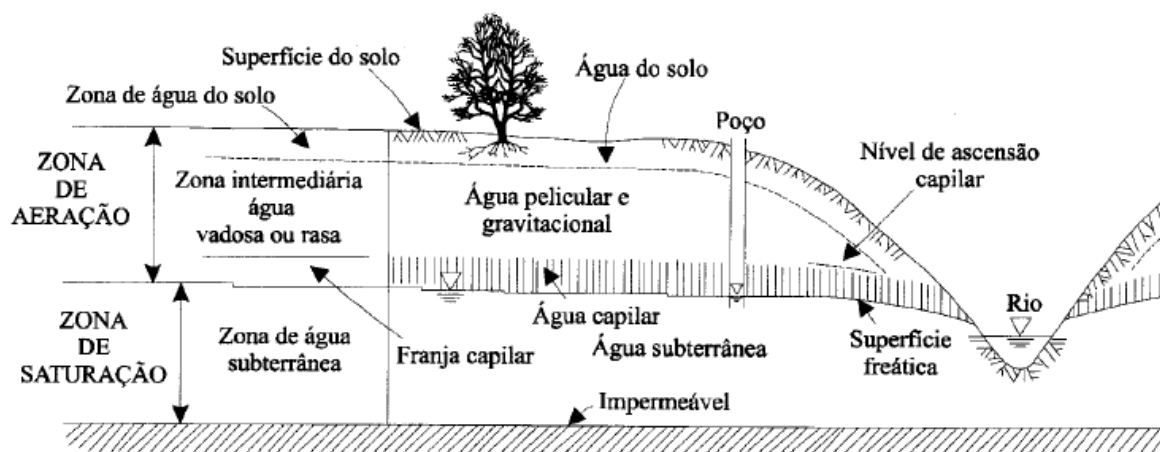
Ainda segundo esse autor, a zona saturada, ou zona de saturação, como também é conhecida, encontra-se abaixo da superfície freática, que é o lugar geométrico onde a água está submetida à pressão atmosférica. Na zona saturada, todos os vazios existentes no terreno estão preenchidos com água. A zona não saturada, ou zona de aeração, está situada entre a superfície freática e a superfície do terreno. Nela, os poros encontram-se parcialmente preenchidos por gases, sendo eles ar e vapor d'água, basicamente. Essa zona divide-se em três partes, sendo elas, de baixo para cima:

- Zona capilar: encontra-se entre a superfície freática até o limite de ascensão capilar da água. Sua espessura pode variar de acordo com a distribuição de tamanho dos poros e da homogeneidade do terreno.

- Zona intermediária: área entre o limite de ascensão capilar da água e o limite de alcance das raízes das plantas.

- Zona de água do solo: se estende do extremo radicular da vegetação até a superfície do terreno. Sua espessura varia de acordo com a cobertura vegetal local. Pode medir poucos centímetros na ausência de vegetação ou metros em regiões de vegetação farta.

A zona não saturada possui um importante papel no que diz respeito à retenção de microorganismos patogênicos advindos da decomposição de corpos. Esse fenômeno se dá através de um conjunto de fatores físico e químicos ambientais, que afetam a infiltração e o movimento desses organismos (PACHECO, 1997). A distribuição vertical da água subterrânea pode ser visualizada na Figura 1.



**Figura 1 - Representação esquemática da distribuição vertical da água subterrânea, indicando as zonas de umidade.**  
**Fonte: Manoel Filho (2008).**

### 3.4 CONSTITUINTES DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A água possui propriedade de solvente, sendo capaz de incorporar variadas substâncias ao entrar em contato com os solos e as rochas nos quais circula. Durante o processo de lixiviação de solos e rochas, a água subterrânea enriquece-se com sais minerais, advindos da dissolução dos minerais que os compõem. Esse processo é favorecido pela velocidade diminuta de circulação das águas no subsolo, além de elevadas pressões e temperaturas a que estão submetidas. Com isso, as águas subterrâneas possuem concentrações de sais superiores às das águas superficiais em geral (MANOEL FILHO, 2008).

As rochas ígneas possuem composição variada, entretanto, os silicatos são predominantes. Os íons  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  e  $\text{K}^+$  se ligam fracamente à estrutura do silicato, o que os permitem passar com facilidade para a água. O pH, a temperatura e o grau de saturação de cada um desses elementos pode influenciar no processo de dissolução. Os produtos que surgem nesse processo podem ainda reagir entre si, formando compostos insolúveis, como a argila, que permanece na água em estado coloidal e tendem a fixar íons como do potássio (MANOEL FILHO, 2008).

A presença de metais na água subterrânea deve receber atenção especial, já que em grandes concentrações são considerados tóxicos para a saúde humana (RIBEIRO et al., 2012). Alguns elementos possuem limites máximos permissíveis

fixados pelos padrões de água potável, sendo eles: cádmio, cromo, cobre, ferro, manganês, mercúrio, zinco, entre outros. As consequências da contaminação das águas subterrâneas por metais podem ser sérias.

### 3.5 CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Os usuários dos recursos subterrâneos, sejam eles particulares ou governamentais, ainda desconhecem sua importância e, muitas vezes, ignoram as consequências que podem surgir da sua contaminação (HIRATA, 1993). Isso se dá devido ao fato de que a contaminação das águas subterrâneas não é visível como as de águas superficiais, que por sua vez é mais facilmente percebida.

Visto que a recarga das águas no subsolo, na maioria das vezes, ocorre devido à infiltração da água da chuva, inclusive contaminada, algumas atividades podem ser nocivas e fontes de poluição para a água subterrânea (FOSTER et al, 2002), como é o caso da implantação de cemitérios quando ocorrem sem os devidos cuidados técnicos que impedem a migração dos compostos potencialmente contaminantes pela zona não saturada.

Segundo Ribeiro et al (2007), tem-se a respeito da contaminação do subsolo:

Em uma análise das atividades do homem que podem gerar uma carga contaminante no subsolo é importante reconhecer quais fontes são de emissão pontual e quais são de emissão difusa. Da mesma forma, devem ser distinguidas atividades onde a geração de carga é parte integral do sistema daquelas onde estão envolvidos componentes acidentais e incidentais, sobretudo considerando-se a prevenção e o controle de contaminação (RIBEIRO et al., 2007, p. 3).

A susceptibilidade que um aquífero possui em ser afetado por uma carga contaminante é chamada de vulnerabilidade. A caracterização da vulnerabilidade do aquífero pode ser expressa por dois fatores, sendo eles pela acessibilidade da zona saturada pelos poluentes e a sua capacidade de atenuação, resultante de reações físico-químicas (HIRATA; SUHOGUSOFF, 2004). Segundo os mesmos autores, estes fatores podem interagir com os elementos característicos da carga poluidora,

de acordo com o modo com que estão dispostos no solo, em sub-superfícies ou, ainda, com a mobilidade físico-química e a persistência do poluente. Esses fatores combinados permitem avaliar o grau de poluição a que um aquífero está sujeito.

No caso dos cemitérios, devem-se levar em consideração diversos aspectos durante sua implantação. A má conservação dos túmulos ou sua localização indevida pode acarretar no surgimento de focos de contaminação das águas subterrâneas, advindos do extravasamento do produto da coliquação (degeneração liquidificante de tecidos do corpo humano) (LELI, 2012).

De acordo com Fineza (2008), o necrochorume solúvel possui certa viscosidade e densidade e, juntamente com a água do aquífero, formam plumas migrantes que se disseminam pelo subsolo saturado, com uma nuvem de velocidade variável, podendo atingir quilômetros de distância a partir da fonte de poluição.

### 3.6 CEMITÉRIOS

Cemitério é o local conhecido por agrupar corpos humanos de forma conjunta, isso é, após o falecimento, sepultam-se ou enterram-se os mesmos de maneira agrupada em sepulturas. Segundo Rocha e Ferreira (2008), esse hábito teve início nos tempos remotos e existe ainda nos dias atuais.

Os cemitérios nunca foram apontados como fontes tradicionais de contaminação ambiental no passado, entretanto, são causadores de impactos no meio ambiente, principalmente no que diz respeito aos aspectos físicos, químicos e biológicos (SILVA E MALAGUTTI, 2008).

Sendo assim, a escolha do local para se programar um cemitério deve seguir critérios pré-estabelecidos onde se atenda requisitos como:

- Distância efetiva de centros urbanos;
- Características físicas do ambiente favoráveis;
- Relevo e hidrografia favoráveis;
- Atributos do solo como: profundidade efetiva, textura e densidade do solo favoráveis.

Sabe-se, porém, que em centros urbanos de grande porte, onde ocorreu um processo de urbanização acelerado, é comum que os cemitérios sejam encontrados inseridos dentro da malha urbana, muitas vezes em áreas centralizadas, como ocorre no cemitério São Pedro, localizado no município de Londrina.

### 3.7 NECROCHORUME

Segundo Frazão (2007), necrochorume é “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.” Esse produto da decomposição dos corpos é o principal fator de contaminação advindo de um cemitério, e oferece alto risco à saúde humana daqueles que vivem no entorno desses locais (STIPP; ARFELLI-SILVA; BERTACHI, 2011).

Segundo Üçisik e Rushbrook (1998), um humano em idade adulta pesando em média 70 kg, possui em seu corpo em média 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).

Esses compostos quando se encontram no estado de putrefação contribuem para a formação do que se chama de necrochorume.

#### 3.7.1 Nitrato

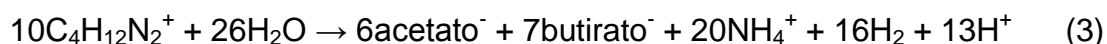
Pode-se apontar a eliminação do necrochorume pelos cadáveres como a principal causa de poluição dos cemitérios, em especial, no primeiro ano do sepultamento. O necrochorume pode veicular microrganismos, resíduos de tratamentos químicos hospitalares, como quimioterapia, e compostos da decomposição da matéria orgânica (SILVA e MALAGUTTI FILHO, 2008).

É constituído por 60% de água, 30% de sais minerais e 10% de substâncias orgânicas. Os compostos orgânicos, quando liberados no processo de decomposição dos cadáveres, tendem a aumentar a atividade microbiana no solo onde há a presença de sepultamentos (MATOS, 2001). Segundo este autor, ocorre a alteração de parâmetros químicos no local, como: condutividade hidráulica, pH, alcalinidade e dureza da solução do solo, ocasionados pela presença de nitrogênio, fósforo e diversos sais como  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Na}^+$ . Duas substâncias são extremamente tóxicas: cadaverina ( $\text{C}_5\text{H}_{14}\text{N}_2$ ) e putrescina ( $\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_2$ ).

Essas duas substâncias possuem como resíduo final de seus processos de composição o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), além de poder conter microrganismos patogênicos (CASTROL, 2008; FEITOSA e FILHO, 1997; MACEDO, 2004). O amônio pode ser gerado através da hidrólise das moléculas orgânicas, em condições anaeróbicas, segundo as Equações (1) e (2), proposta por Wilhelm et al. (1994) apud Matos (2001).



Segundo Madigan et al. (1997) apud Matos (2001, p. 7), os aminoácidos quando fermentados por bactérias anaeróbicas (clostrídios) formam substâncias como o ácido isobutírico, sulfeto de hidrogênio, cadaverina e putrescina. A putrescina, por sua vez, quando fermentada forma amônio (Equação 3).



Havendo consumo de oxigênio, a matéria orgânica é oxidada (Equação 4):



E o amônio é transformado em nitrato (Equação 5):



A concentração de nitrato na água destinada para consumo humano não deve exceder o valor de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{N.NO}_3^-$  ou  $44 \text{ mg L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$ , segundo limites estabelecidos pelo CONAMA e pelo Ministério da Saúde, em face de sua toxicidade à saúde humana.

Sabe-se que bebês menores de seis meses de idade são capazes de reduzir o nitrato a nitrito, através de bactérias que possuem no trato digestivo. O nitrito, quando atinge a corrente sanguínea, reage com a hemoglobina formando metahemoglobina, podendo ocasionar envenenamento na criança. Esse processo retira a capacidade do sangue de transportar oxigênio, fazendo com que a criança sofra asfixia (ZUBLENA et al., 2001 apud RESENDE, 2002).

### 3.8 METAIS PESADOS

Os metais presentes no necrochorume podem ser advindos de diversas fontes, sendo elas: vernizes, colas e tintas que revestem caixões de madeira; alças metálicas presentes nas urnas funerárias; caixões de metal muito comuns em sepultamentos no passado (KEMERICH, 2014) e próteses e resíduos nucleares de aplicações recebidas pelo indivíduo em vida (XAVIER et al., 2014). Os principais metais encontrados nesses casos são Ferro, Cobre, Chumbo e Zinco para os caixões de metais e Cromo para os conservantes da madeira que revestem os caixões (BARROS et al., 2008). O necrochorume pode conter ainda resíduos químicos provenientes de medicamentos e químicos hospitalares (SILVA e MALAGUTTI, 2008).

Os metais pesados possuem uma estreita relação com a toxicidade em relação à saúde humana e a biota aquática. Alguns metais são acumulados ao longo da cadeia alimentar, sendo que os predadores apresentam as maiores concentrações (RIBEIRO et al., 2012).

A Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde fixa o valor máximo de  $2 \text{ mg/L}$  como permissível de Cobre para águas reservadas para o abastecimento público, sendo que o *Water Quality Criteria* (EUA, 1968) indica a concentração de  $1,0 \text{ mg/L}$  apenas para esse fim. Em concentrações elevadas, esse metal confere sabor às águas e é prejudicial à saúde. Teores totais de  $100 \text{ mg/L}$  por dia podem

produzir intoxicação humana com lesões no fígado, sendo que apenas 5 mg/L são precisos para tornar a água impalatável. Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Assim, trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros, morrem em dosagens de 0,5 mg/L. Os peixes morrem pela coagulação do muco das brânquias e consequente asfixia, ação conhecida como oligodinâmica. Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg/L.

Para o Chumbo é fixado o valor máximo permissível de 0,01 mg/L pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Constitui um veneno cumulativo, provocando envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com consequências bastante sérias. Aos peixes, as doses fatais, no geral, variam de 0,1 a 0,4 mg/L, embora, em condições experimentais, alguns resistam até 10 mg/L. Outros organismos (moluscos, crustáceos, mosquitos quironomídeos e simúlídeos, vermes oligoquetos, sanguessugas e insetos tricópteros) desaparecem após a morte dos peixes, em concentrações superiores a 0,3 mg/L.

O Cromo produz efeitos corrosivos no aparelho digestivo e nefrite, doença essa que causa inflamação na parte filtrante dos rins. O padrão de potabilidade para o cromo fixado pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde é 0,05 mg/L.

O Ferro, apesar de não ser um elemento tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição. Por estes motivos, o ferro constitui-se em padrão de potabilidade, tendo sido estabelecida a concentração limite de 0,3 mg/L na Portaria nº 2.914/2011.

O Zinco, apesar de ser essencial para o crescimento, deve apresentar valores de até 5,0 mg/L para águas destinadas ao consumo humano segundo a mesma Portaria, sendo que em concentrações acima desse valor conferem sabor à água e uma certa opalescência à águas alcalinas. Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas.



### 3.9 LEGISLAÇÃO

A defesa da saúde pública e do meio ambiente define que os órgãos responsáveis devem tomar providências para que cadáveres não sejam simplesmente abandonados ao relento, isto é, na natureza, ao acaso (PACHECO, 2012). Sendo assim, existe uma série de leis que regem desde a implantação/regularização dos cemitérios, até o preestabelecimento de normas de onde e como devem ser construídos.

O CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente, define na Resolução nº 335, de 3 de Abril de 2003, como obrigatório o processo de licenciamento ambiental para cemitérios horizontais e verticais, sem que se prejudiquem outras normas aplicáveis à espécie. Essa Resolução traz ainda definições pertinentes ao tema, assim como os documentos que deverão ser apresentados na fase de Licença Prévia e Licença de Instalação.

A Resolução nº 368 altera a Resolução CONAMA nº 335/03, para se atender as necessidades de revisão existentes, em função das “particularidades existentes em áreas de proteção de mananciais localizadas em regiões metropolitanas”. Nela estão contidas especificações necessárias para a construção de cemitérios sem que haja impacto significativo de Áreas de Preservação Permanente ou da Mata Atlântica.

Deve-se lembrar ainda que os cemitérios de Londrina-PR existem antes do surgimento dessas legislações, sendo assim, não atendem aos requisitos pertinentes atualmente.

A Resolução nº 002 de 2009, da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, dispõe ainda sobre o licenciamento ambiental de cemitérios, estabelece condições e critérios e dá outras providências para a implantação e /ou regularização de cemitérios no Estado do Paraná.

Entretanto, a Resolução nº 40, de 17 de Novembro de 2008, altera os artigos 11 e 12 da Resolução CONAMA nº 335/03 e revoga os artigo 3º da Resolução nº 368, eliminando o prazo de adequação dos cemitérios antigos da legislação.

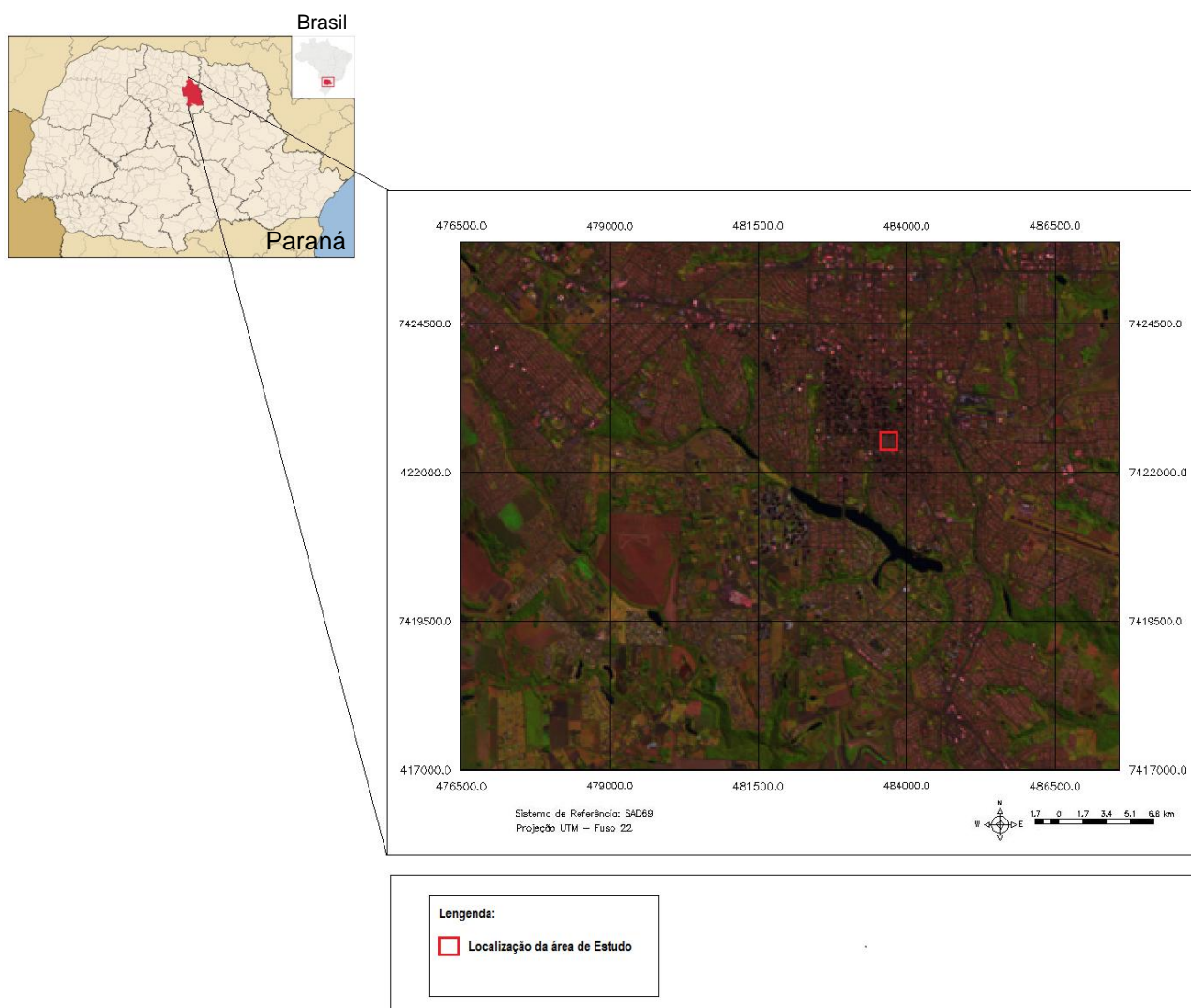
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se alcançar os objetivos propostos neste estudo, planejou-se o cumprimento de etapas essenciais das quais se destacaram: a caracterização geral da área de estudo quanto à topografia, hidrografia, uso e ocupação do solo, pedologia e climatologia, análise e conhecimento da hidrogeologia local, levantamento de poços tubulares profundos em funcionamento que abastecem a população do entorno da área de estudo, coleta de água e análises laboratoriais.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

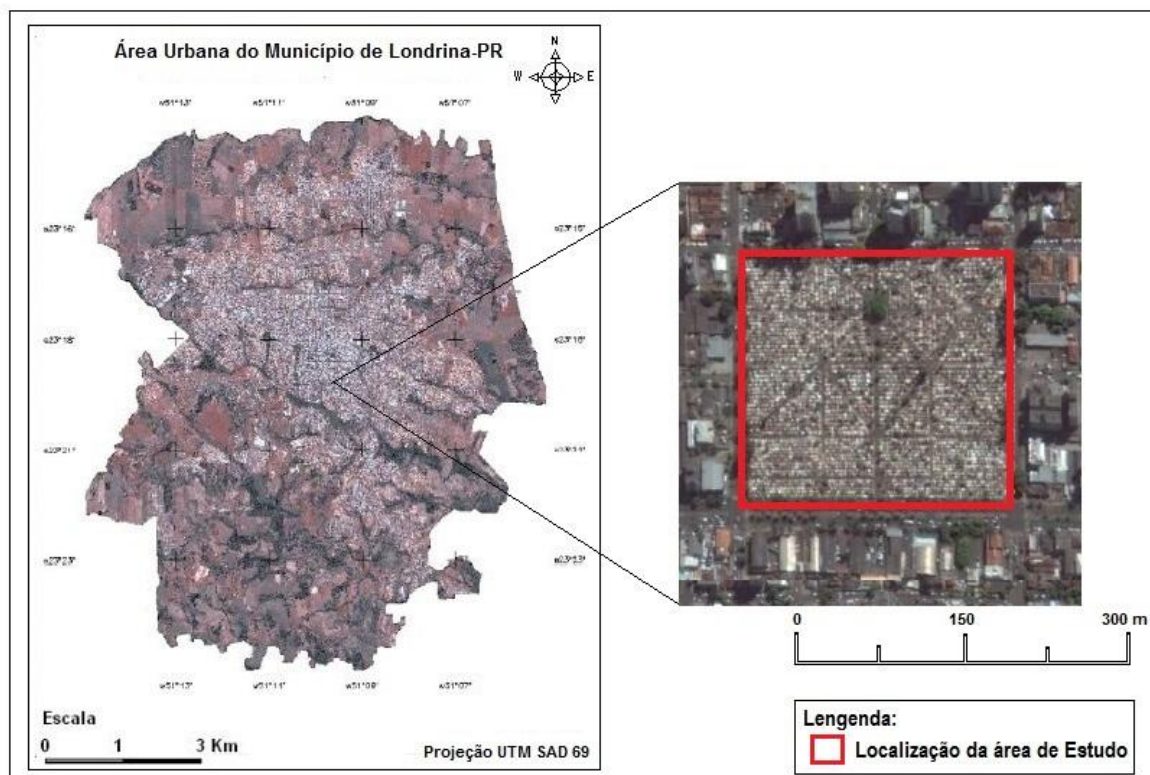
Londrina foi fundada em 1929 e com apenas dez anos de sua fundação deu-se início ao desenvolvimento comercial no município. Na década de 50, passou a ser vista como uma cidade importante do interior paranaense, em parte pela intensificação da produção de café nesse período. No ano de 1970, Londrina já possuía 230 mil habitantes e forte exportação agrícola. Criaram-se nessa década os primeiros centros industriais e, na década seguinte, a ação administrativa desenvolveu projetos para o planejamento urbano. Atualmente, o município é considerado um Polo Regional de bens e serviços, tal como a terceira cidade mais importante do Sul do país (PREFEITURA DE LONDRINA, 2012).

O cemitério São Pedro foi fundado em 1932 quando não era parte integrada da malha urbana do município de Londrina. Com a expansão urbana, ocasionada pelos crescimentos populacional e econômico da cidade, o cemitério passou a ser envolvido por bairros residenciais e estabelecimentos comerciais (STIPP; ARFELLI-SILVA; BERTACHI, 2011), conforme Figura 2.



**Figura 2 - Localização do Cemitério São Pedro em destaque na região central de Londrina, no contexto do Brasil e do estado do Paraná.**  
 Fonte: Adaptado de INPE (INSTITUTO..., 2011).

A área de estudo encontra-se localizada entre as coordenadas de  $23^{\circ}19'09''$  S e  $51^{\circ}09'37''$  W, hoje parte integrante da região central da cidade de Londrina (Figura 3).



**Figura 3 – Localização da área de estudo em relação ao contexto da área urbana do município de Londrina-PR.**  
**Fonte: Google Earth, 2014.**

#### 4.1.1 Clima

O clima no município de Londrina caracteriza-se como sendo Subtropical Úmido Mesotérmico (Cfa), com chuvas em todas as estações e possibilidade de secas no período de inverno (OLIVEIRA, 2005). Conforme a classificação de Koepen (Ayoade, 1998), tem-se para essa sigla, segundo médias termo-pluviométricas comparadas aos domínios vegetais:

C – o mês frio apresenta temperatura média entre 3°C e 18°C.

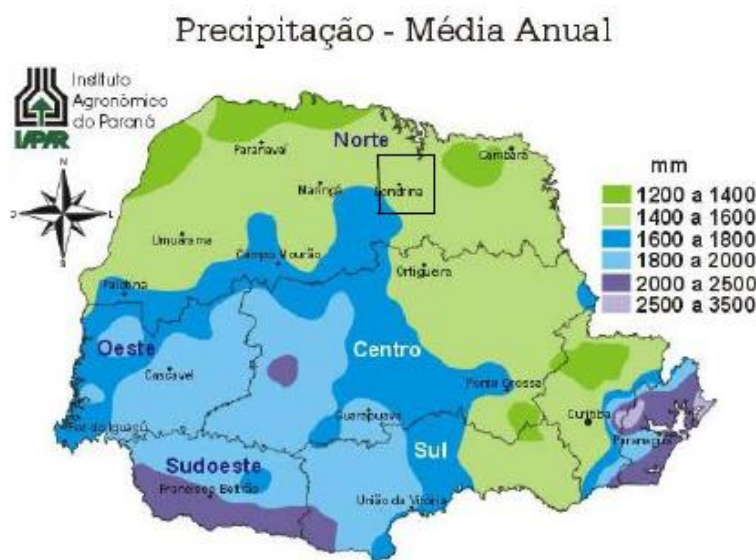
F – nenhuma estação seca, úmido o ano todo.

a – verão quente.

Segundo Mendonça (2000), o mês de julho é o mais frio do ano e fevereiro o mais quente da porção inferior do rio Tibagi, apresentando temperatura média máxima entre 28°C e 31°C e máximas absolutas podendo atingir 40°C. As chuvas costumam se concentrar nos meses de verão, mais especificamente nos meses de

janeiro e fevereiro, com médias em torno de 200 mm, mesmo assim, tendem a ser distribuídas pelo ano todo. Mesmo com algumas estiagens nos meses de inverno, não se pode caracterizá-lo como uma estação seca. As temperaturas médias mensais dos meses da estação de verão são superiores a 28°C, caracterizando-o como clima tipicamente tropical.

A faixa de precipitação no ano é de 1.400 a 1.600 mm, conforme Figura 4, sendo que nos meses menos chuvosos (junho, julho e agosto) as médias anuais são de 225 a 250 mm e nos meses mais chuvosos (dezembro, janeiro e fevereiro) as médias anuais são de 500 a 600 mm (IAPAR, 2011).



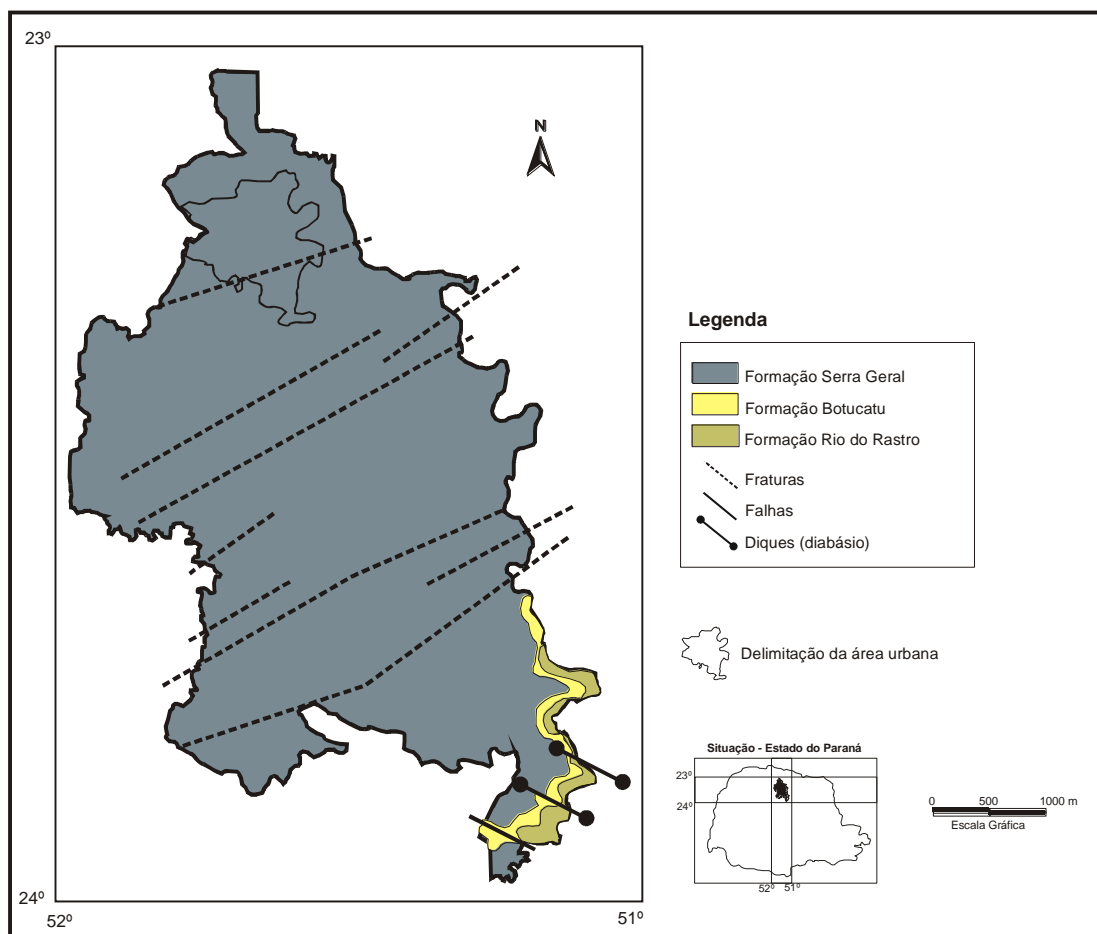
#### 4.1.2 Geologia

A área de estudo está inserida geologicamente na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, entidade geológica com preenchimento sedimentar-magmático, situada no centro-leste da América do Sul, abrangendo uma área de cerca de 1.600.000 Km<sup>2</sup>. Deste total, cerca de 1.000.000 km<sup>2</sup> está localizado em território brasileiro, distribuídos pelos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (PETRI e FÚLFARO 1983).

Segundo Petri e Fúlfaro (1983), as extensas deformações estruturais, tais como arcos, flexuras, sinclinais e depressões, posicionadas ao longo das margens da bacia, são classificadas como arqueamentos marginais, arqueamentos interiores e embaciamentos. Os mesmos autores ressaltam a importância dos grandes alinhamentos estruturais, a maioria com direção NW/EW, os quais influenciaram, ao longo da história evolutiva da bacia, as áreas de maior subsidência e, conseqüentemente, de maior sedimentação. Estes alinhamentos influenciaram ainda o magmatismo que afetou a bacia

A Bacia do Paraná sofreu com intenso vulcanismo fissural, constituindo ampla província magmática, definindo no Fanerozóico a maior manifestação ígnea não-oceânica e uma importante contribuição à geração da crosta ocidental do planeta. Esse evento traduziu-se na bacia como uma espessa cobertura de lavas, uma intrincada rede de diques contando a completa seção sedimentar. Hoje, após 100 milhões de anos de retrabalhamento erosivo, ainda restam  $\frac{3}{4}$  da área total da bacia recoberta pelas rochas ígneas da Formação Serra Geral, com área de aproximadamente 1.200.000 km<sup>2</sup> abrangendo os estados do centro-sul do Brasil, partes do Uruguai, Argentina e Paraguai, com uma espessura remanescente que se aproxima dos 2000 metros na região do Pontal do Paranapanema-SP (MILANI, 2004).

A cidade de Londrina encontra-se assentada sobre a Formação Serra Geral. Tal formação pertence ao Grupo São Bento, o qual compreende ainda as formações Botucatu e Pirambóia, porém de ocorrência limitada no extremo sul do município (Figura 5).



**Figura 5 - Mapa geológico do município de Londrina.**  
**Fonte: Santos (2005).**

A Formação Serra Geral, de maneira generalizada, é composta principalmente por rochas vulcânicas básicas, toleíticas e andesitos basálticos, ocorrendo subordinadas quantidades de riocitos e riolitos, de textura afanítica, coloração cinza e negra. Os topos dos derrames é geralmente amigdaloidal, apresentando grande desenvolvimento de juntas verticais e horizontais com intrusões alcalinas e de pequenas lentes de arenito (MILANI, 2004). Apresenta manto de intemperismo pouco espesso em algumas localidades e de até 30 metros nas regiões mais elevadas topograficamente.

Segundo Lastoria (2002), nos basaltos são comuns as fraturas de resfriamento, podendo até mesmo estabelecer-se uma certa “estratigrafia” de derrames basálticos com base nas fraturas encontradas. Assim, as fraturas horizontais predominam no topo e na base do derrame, enquanto as fraturas verticais dominam em sua parte central. Um outro tipo de fratura esperado é o

fraturamento originado pelo alívio de carga. Conforme a erosão vai desgastando as rochas e retirando o solo, o peso sobre as rochas mais profundas vai diminuindo. As juntas que são geradas por este processo são abertas, o que facilita a percolação de líquidos.

#### 4.1.3 Hidrogeologia

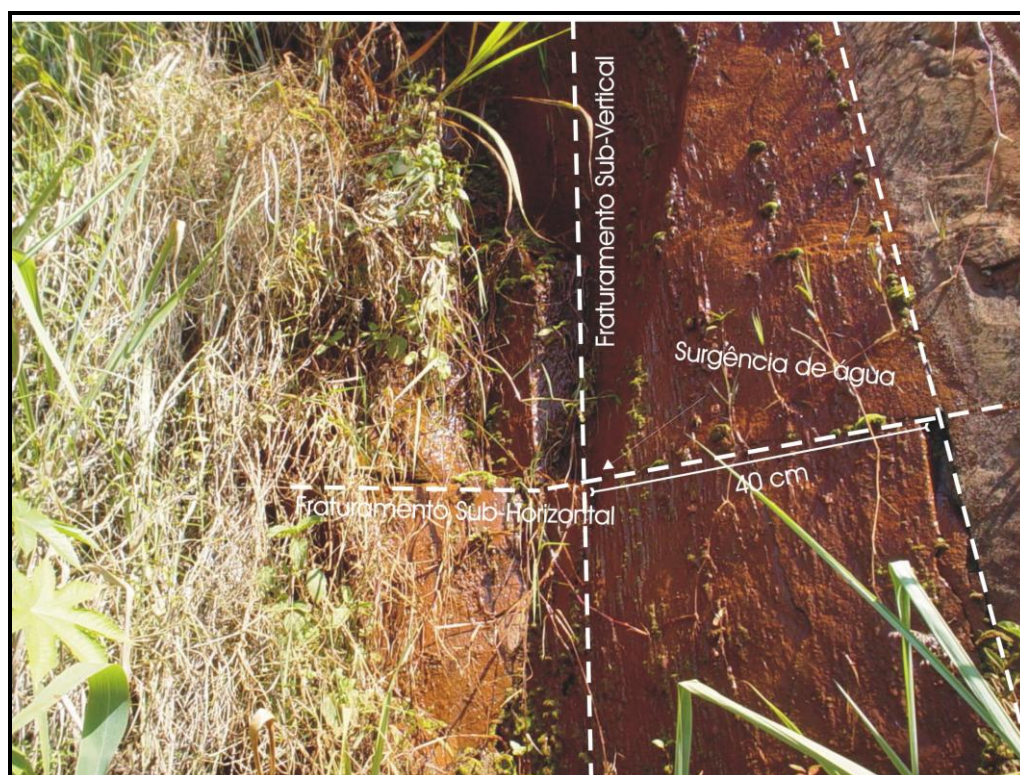
Segundo Santos (2005), na área do município de Londrina existem duas formas principais de ocorrência de água subterrânea: o aquífero freático e o sistema aquífero Serra Geral. Além disso, o sistema aquífero citado serve como camada confinante superior do aquífero Guarani, um dos principais reservatórios de água subterrânea na América Latina, mas ainda pouco explorado para o abastecimento hídrico no município de Londrina.

O aquífero freático, representado pelas camadas de solo e rocha alterada (saprolito), é produto direto do intemperismo das rochas vulcânicas basálticas. Dessa forma, esse aquífero constitui-se em um meio poroso relativamente homogêneo, geralmente pouco espesso próximo às drenagens e com baixa profundidade do nível saturado.

Este aquífero tem características essenciais de aquífero livre, ou não-confinado. Dessa forma, a recarga se dá diretamente a partir de águas pluviais nas áreas mais elevadas topograficamente, aumentando os riscos em relação à contaminação ou poluição das águas subterrâneas. Ao contrário dos sistemas aquíferos porosos, os quais possuem uma certa continuidade física, o sistema Serra Geral, por suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas. Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidade das rochas basálticas, principalmente em estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamentos.

Segundo Santos (2005), a circulação de água nos basaltos é orientada pelo padrão de disjunção dessas rochas; em geral, são as juntas verticais que permitem uma circulação mais franca, pela ação da gravidade que por sua vez irá alimentar as diáclases horizontais (Figura 6).





**Figura 6 - Diáclases sub-verticais e sub-horizontais de pequeno porte com surgência de água na rodovia que liga os municípios de Londrina e Iporã. Fonte: SANTOS, 2005.**

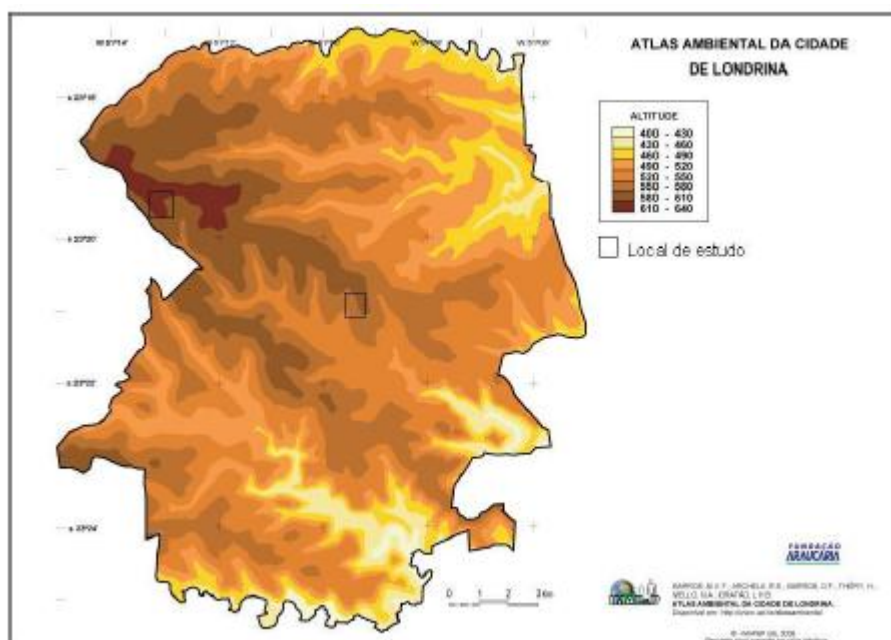
#### 4.1.4 Geomorfologia

As áreas mais planas do município estão localizadas ao norte, sendo que as altitudes variam entre 350 metros e 860 metros, acima do nível do mar, conforme a Figura 7. As classes de declividade não ultrapassam 10%. As regiões mais acidentadas são a central e sul, 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%.

A bacia que abastece o município de Londrina a 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. Essa bacia possui uma área total de 24.711 km<sup>2</sup>, 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).

As bacias hidrográficas compreendidas na área urbana de Londrina é a do 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 7 - Carta de altimetria da cidade 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 o rio Tibagi também 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).

## 4.2 FOTOGRAMETRIA

Para o presente trabalho, técnicas de mapeamento aerofotogramétrico foram utilizadas para localizar a nascente principal do Córrego do Leme e seu formato original de drenagem antes de sua canalização na década de 1970, para que assim pudesse apontar a possível influência do cemitério na qualidade química de suas águas.

A utilização dessa técnica permitiu a obtenção da visão tridimensional do terreno possibilitando a interpretação de uma série de aerofotos históricas da área de estudo. A análise tridimensional foi obtida por meio da técnica de estereoscopia utilizando um equipamento denominado estereoscópio. Para isso, é necessário trabalhar com pares de aerofotos sequencialmente numeradas juntamente com o estereoscópio. A percepção tridimensional da área fotografada só é possível se as aerofotos forem pares que recobrem cerca de 60% da imagem em cada um dos eixos fotografados, sendo necessário ainda que o paralelismo dos eixos óticos sobrecaia nas duas aerofotos (TEMBA, 2000).

A localização da nascente do Córrego do Leme fundamentou-se na análise visual de fotografias aéreas verticais pertencentes ao levantamento aerofotogramétrico da cidade de Londrina, executado em 1949 e 1957 pela Empresa Nacional de Fotografias Aéreas LTDA, de São Paulo. A escala aproximada das fotos utilizadas foram de 1:25.000, com dimensões de 23 cm x 23 cm, formando pares estereoscópicos.

Utilizou-se para essa metodologia um estereoscópio de espelhos da marca Topcon fornecido pela Universidade Estadual de Londrina (Figura 8). Como resultados da interpretação visual realizada nas fotografias aéreas e nos documentos cartográficos foram identificados os seguintes geoindicadores: rede hidrográfica, comunidades vegetais naturais e agrícolas (culturas de café presentes na região central, na época) e as áreas urbanizadas.



**Figura 8 – Técnica de fotointerpretação utilizando estereoscópio da marca Topcon fornecido pela Universidade Estadual de Londrina - UEL.  
Fonte: Autoria própria.**

#### 4.3 COLETA E ANÁLISE DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas no dia 30 de abril de 2015, no período da manhã, cerca de meia hora após o início do funcionamento das bombas ligadas aos poços tubulares profundos para remoção de água estagnada (VARNIER et al., 2010), em amostras íntegras, sem filtração ou qualquer outra alteração, como descrito pela Resolução do CONAMA nº 396 de 2008.

As análises das amostras para determinação do nitrato e dos metais pesados foram realizadas em laboratório específico para esse fim.

#### 4.3.1 Escolha dos Pontos de Amostragem

De acordo com a Resolução nº 002/2009 da SEMA/PR, os sistemas de poços de monitoramento para águas subterrâneas devem ser instalados quando necessários, a critério do IAP, onde devem se localizar a montante e a jusante da área do cemitério, em relação ao sentido de escoamento freático. Entretanto, por se tratar de um estabelecimento antigo, o cemitério São Pedro não possui poços de monitoramento para águas subterrâneas. Sendo assim, as coletas de amostras para análise das águas se deram através de corpo d'água superficial, além de poços tubulares profundos localizados nos seus arredores.

Para se localizar esses poços, utilizou-se o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), desenvolvido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB). Essa ferramenta possui como funções coletar, recuperar, consistir, armazenar e difundir dados que dão suporte às pesquisas, gestão e planejamento dos recursos hídricos subterrâneos. O SIAGAS possui “requisitos relacionados com a normalização do modelo de dados e a padronização do dicionário de dados”, o que o torna uma ferramenta capaz de manusear uma grande quantidade de dados com agilidade e confiabilidade, sendo adotado na atualidade como referência na maioria dos estados brasileiros (PEIXINHO e BARBOSA DE LIMA, 2008).

Ainda segundo estes autores, o sistema do SIAGAS oferece aos usuários um grupo de informações sobre os poços, sendo constituído dos seguintes dados: localização; identificação; proprietário; cadastramento; hidrográficos; exploração; construtivos; perfuração; revestimento; filtro; pré-filtro; cimentação; litologia; estratigrafia; aquíferos; perfilagem; testes de bombeamento e análises químicas e bacteriológicas.

Em seu sistema de busca, colocaram-se as coordenadas circundantes do local de estudo, a fim de se localizar os poços presentes na região do entorno do cemitério. O site, então, apresenta todos os poços que possuem registro presentes dentro das coordenadas digitadas, conforme Figura 9.

Após prévia localização dos poços tubulares profundos pelo Sistema, realizaram-se visitas a campo e entrevistas nas residências, condomínios e



empreendimentos presentes nas imediações do cemitério, a fim de se verificar as condições dos poços para estudo.

The screenshot shows the SIAGAS search interface. At the top left is the CPRM logo (Serviço Geológico do Brasil). The main title is 'PESQUISA GERAL' with an 'Ajuda' link. A navigation menu on the left includes: Home, Apresentação, Visualizar Mapa, Pesquisa, Créditos, and Informações Complementares. The search form includes:
 

- Geographic coordinates: Superior Esquerdo (Latitude 1, Longitude 1) and Inferior Direito (Latitude 2, Longitude 2).
- Dropdowns for 'Bacia Hidrográfica', 'Região' (Sul), 'Estado' (Paraná), and 'Município' (Londrina).
- A 'Campos' section with a 'Selecionar' dropdown.
- A 'Condições' table with columns: Remove, Campo, Critério, Valor, and Condição.
- A 'Buscar' button.

 Below the form, it says 'Sua pesquisa retornou 14 registros' and 'Clique no código para ver os detalhes'. A table of results is shown below:

Código do Ponto	UF	Município	Localidade
<a href="#">3500013495</a>	PR	Londrina	Jardim Londri-Lar
<a href="#">3500013886</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500014343</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500018714</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500018720</a>	PR	Londrina	LONDRINA
<a href="#">3500018847</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500019292</a>	PR	Londrina	Vila Ipiranga
<a href="#">3500022165</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500022283</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500038188</a>	PR	Londrina	Vila Ipiranga
<a href="#">3500038303</a>	PR	Londrina	Lago Parque
<a href="#">3500039264</a>	PR	Londrina	Vila Ipiranga
<a href="#">3500040852</a>	PR	Londrina	Centro
<a href="#">3500044872</a>	PR	Londrina	Centro

**Figura 9 – Interface do SIAGAS.**

Fonte: [www.siasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa](http://www.siasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa).

A busca resultou em 14 registros de poços na região central de Londrina, no entorno do Cemitério, porém, após plotar suas coordenadas descartaram-se 4, por não receberem influências diretas do Cemitério, sobrando 10 poços (Figura 10). Além dos 10 poços cadastrados no SIAGAS, encontraram-se 2 poços sem registro, que não constavam neste sistema.

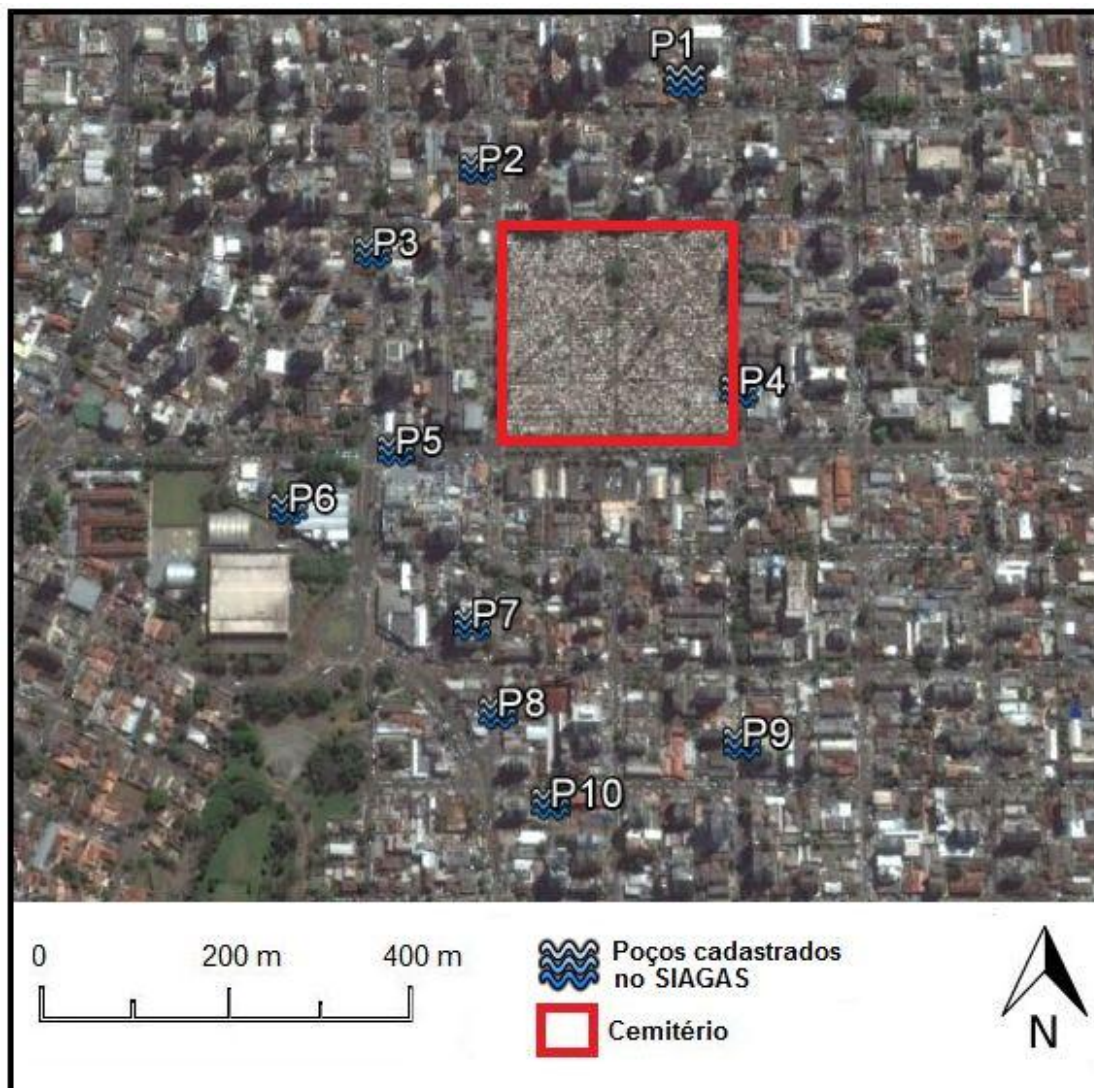


Figura 10 – Localização dos poços com cadastro no SIAGAS.  
Fonte: BERTACHI, 2013.

Após visita a campo, pode-se observar a condição dos poços e sua situação de abastecimento (Quadro 1).

Poços	Código	Localização	Situação atual	Cadastro no SIAGAS	Mistura água com o sistema da Sanepar para abastecimento público
P1	3500014343	23°18'59.00"S 51° 9'34.00"O	Ativo	Sim	Sim
Poços	Código	Localização	Situação atual	Cadastro no SIAGAS	Mistura água com o sistema da Sanepar para abastecimento público
P2	3500013886	23°19'2.00"S 51° 9'42.00"O	Desativado	Sim	-
P3	3500018720	23°19'5.00"S 51° 9'46.00"O	Não encontrado	Sim	-

<b>P4</b>	<b>3500022283</b>	23°19'10.00"S 51° 9'32.00"O	Não encontrado	Sim	-
<b>P5</b>	<b>3500018714</b>	23°19'12.00"S 51° 9'45.00"O	Não encontrado	Sim	-
<b>P6</b>	<b>3500022165</b>	23°19'14.00"S 51° 9'49.00"O	Ativo	Sim	Sim
<b>P7</b>	<b>3500018847</b>	23°19'18.00"S 51° 9'42.00"O	Ativo	Sim	Sim
<b>P8</b>	<b>3500019292</b>	23°19'21.00"S 51° 9'41.00"O	Não encontrado	Sim	-
<b>P9</b>	<b>3500039264</b>	23°19'22.00"S 51° 9'32.00"O	Não encontrado	Sim	-
<b>P10</b>	<b>3500038188</b>	23°19'24.00"S 51° 9'39.00"O	Ativo	Sim	Não
<b>P11</b>	-	23°19'25.52"S 51° 9'32.47"O	Ativo	Não	Sim
<b>P12</b>	-	23°19'26.74"S 51° 9'34.17"O	Ativo	Não	Sim

**Quadro 1 – Poços da região central de Londrina-PR com suas respectivas coordenadas e situação em que se encontram atualmente.**

**Fonte: Aatoria própria.**

Verificou-se que o poço P1, localizado nas coordenadas 23°18'59.00"S e 51° 9'34.00"O, encontra-se ativo e pertence a um edifício residencial cujo funcionamento é diário, havendo mistura de suas águas com a da Sanepar para abastecimento dos moradores. O poço P2, cujas coordenadas são 23°19'2.00"S e 51° 9'42.00"O, 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 nº 2.914/2011, tornando-o inviável como fonte de abastecimento de água. Os poços P3, P4, P5, P8 e P9 não foram localizados durante o reconhecimento de campo. O poço P6, de coordenadas 23°19'14.00"S e 51° 9'49.00"O, encontra-se em um supermercado, cujo funcionamento é diário, juntamente com o abastecimento da Sanepar. O poço P7 (coordenadas 23°19'18.00"S e 51° 9'42.00"O) está localizados em um edifício residencial, em funcionamento, abastecendo os moradores com águas do poço e também da Sanepar. O poço P10, por sua vez, encontra-se em um hotel, cujas coordenadas são 23°19'24.00"S e 51° 9'39.00"O, cujo gerente não autorizou a coleta de amostras para análise.

Além dos poços cadastrados no SIAGAS, os 2 poços sem registro neste sistema, também foram usados como pontos de coleta para análise de água



subterrânea, o poço P11 (23°19'25.52"S e 51° 9'32.47"O) e P12 (23°19'26.74"S e 51° 9'34.17"O), sendo que ambos misturam água de seus poços com as águas da Sanepar para abastecimento dos moradores.

Assim, foram obtidos 5 pontos de coleta de água subterrânea (P1, P6, P7, P11 e P12) e um ponto de coleta de água superficial (C13), localizado no Córrego do Leme, coordenadas 23°19'24.94"S e 51° 9'48.77"O, que possui suas nascentes nas proximidades do cruzamento da Avenida Juscelino Kubitschek com a rua Pernambuco, em Londrina, e é canalizado através de galerias por toda a extensão até desaguar na Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão) (Figura 11), sofrendo influência direta do cemitério. Este ponto foi escolhido por ser o corpo d'água superficial mais próximo da área de estudo.



**Figura 11 – Córrego do Leme.**  
**Fonte: BERTACHI, 2013.**

Na Figura 12 é possível observar a canalização do Córrego Leme, ocorrida durante a construção da Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão). O Zerão é resultado de um projeto de urbanização do fundo de vale do Córrego do Leme na década de 70, idealizado pelo arquiteto João Baptista Bortolotti, projetista da Prefeitura àquela

época (BORTOLOTTI, 2007). O Zerão encontra-se, atualmente, entre as ruas Gomes Carneiro e Prof. Júlio Estrela Moreira, próximo ao Moringão.



**Figura 12 - Construção da Área de Lazer Luigi Borghesi (Zerão) em 1975.**  
Fonte: Oswaldo Leite, 1975. Disponível no acervo do Museu Histórico de Londrina.

#### 4.3.2 Preparo de Materiais

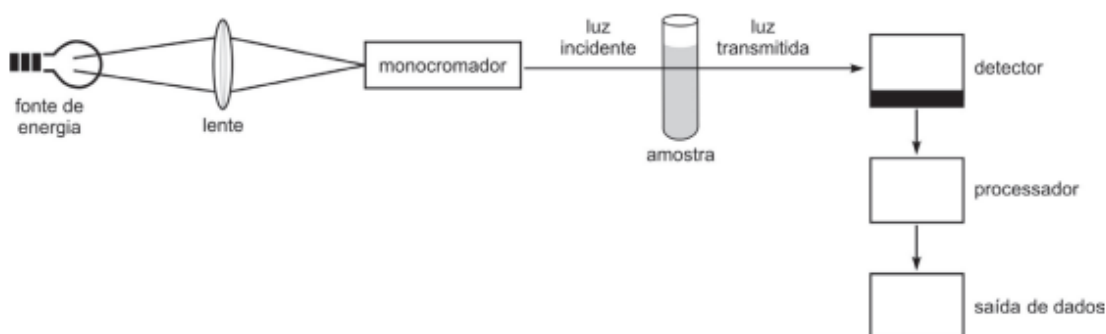
As amostras de água foram coletadas em recipientes descartáveis de polietileno de alta densidade (PEAD), sendo utilizados dois para cada poço, onde um foi coletado amostra de água para análise de nitrato e outra para análise de metais pesados. Os frascos foram pré-higienizados, lavados com detergente, enxaguados com água, e posteriormente com água deionizada, sendo colocados submersos em ácido clorídrico, preparado a 10%, por uma hora, para evitar contaminação e possível precipitação dos metais quando em contato com os recipientes, conforme Figura 13a, 13b, 13c.



**Figura 13 – Preparo dos frascos de coleta a) Preparo do ácido clorídrico a 10% b) Imersão dos frascos em ácido clorídrico a 10% c) Identificação dos frascos já higienizados.**  
 Fonte: Autoria própria.

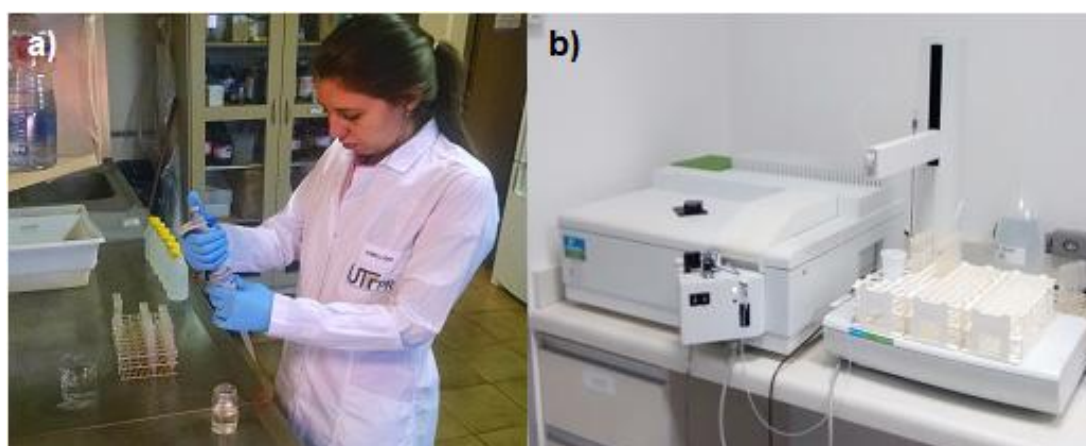
#### 4.3.3 Análise de Nitrato

As concentrações de nitrato foram determinadas conforme o método proposto por APHA (2005), ou seja, através de espectrometria de UV-Visível. Esse método analítico se baseia na interação da matéria com a energia radiante, onde os compostos presentes na solução absorvem a luz. A concentração da substância é calculada através da luz absorvida e comparada com a absorbância de soluções-padrão. Considera-se, para a determinação do nitrato, a região de luz visível (220 nm a 275 nm). Os espectrofotômetros são compostos por uma fonte de luz, um suporte para a amostra, um detector e uma grade de difração do monocromador que tem como finalidade separar os diferentes comprimentos de onda da luz, conforme se observa na Figura 14 (EMBRAPA, 2011).



**Figura 14 - Esquema de funcionamento de um espectrofotômetro UV-Visível.**  
 Fonte: EMBRAPA, 2011.

Calibrou-se o espectrofotômetro para que se pudesse ler uma faixa de comprimento de onda em que se encontravam as concentrações das amostras. Montou-se a curva de calibração conforme metodologia da EMBRAPA (Figura 15a) e as análises das amostras foram realizadas no espectrofotômetro UV-Visível (Figura 15b).

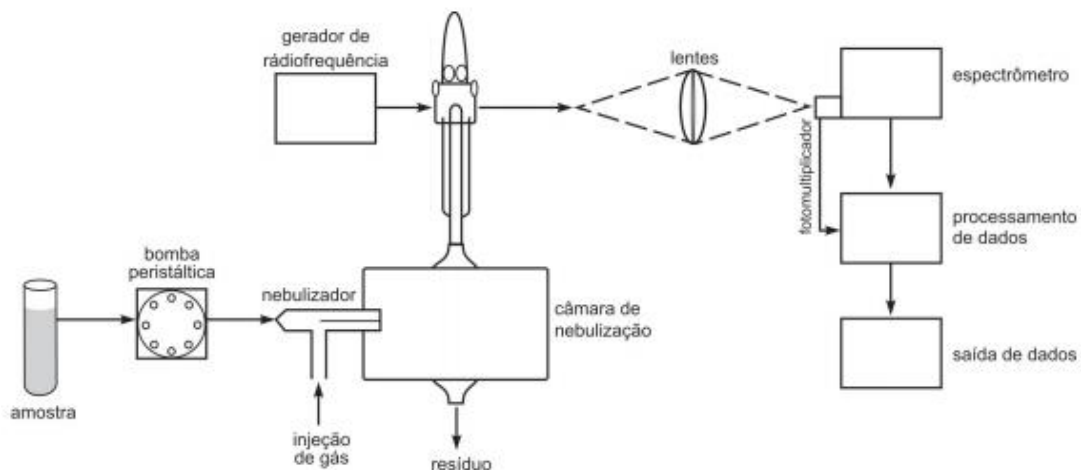


**Figura 15 – a) Preparo da solução para calibrar o espectrofotômetro UV-Vis b) Vista do espectrofotômetro utilizado na análise de nitrato.**  
Fonte: Autoria própria.

#### 4.3.4 Análise de Metais Pesados

A determinação dos metais pesados foi realizada através do equipamento ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry), cuja tradução é Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Acoplado Indutivamente. O princípio desse método consiste em ionizar os elementos a serem analisados pelo plasma indutivo de argônio. O plasma é definido como uma nuvem de gás ionizado parcialmente que possui temperatura elevada. A radiação de comprimento de onda de interesse é separada da radiação emitida remanescente e sua intensidade é medida. A medida de intensidade é então medida e comparada com uma intensidade medida de uma curva de calibração. Compõem um ICP-OES: sistema de introdução de amostras, monocromador, sistema de detecção e unidade de processamento de dados (Figura 16) (EMBRAPA, 2011).





**Figura 16 - Esquema de funcionamento de um espectrômetro de emissão atômica (ICP).  
Fonte: EMBRAPA, 2011.**

Para isso, calibrou-se o aparelho para que ele lesse uma faixa de valores em que se encontravam as concentrações das amostras. Montou-se a curva de calibração conforme metodologia da EMBRAPA (2011) e as análises das amostras foram realizadas no ICP-OES (Figura 17). Deve-se lembrar de que o aparelho realiza automaticamente as análises em triplicata, a fim de se obter resultados estatísticos representativos.



**Figura 17 – ICP-OES.  
Fonte: Autoria própria.**

#### 4.4 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS

Para se descobrir qual a distribuição sazonal e espacial das concentrações de algumas substâncias aqui analisadas, utilizou-se o programa *Golden Software® Surfer 8*. O programa é responsável por realizar uma interpolação das coordenadas adicionadas através de um mapa base. Geram-se pontos de referência com os eixos de abcissas e ordenadas, onde uma terceira coordenada é adicionada, criando-se um parâmetro quantificado. O conjunto de pontos que é interpolado resulta em gráficos com curvas ou picos de concentração.

Segundo Landim, Monteiro e Corsi (2002), os pontos conhecidos próximos aos pontos a serem calculados têm um peso maior, já que sua influência é maior. Assim, o algoritmo utilizado pelo programa estabelece que quanto menor for a distância entre o ponto conhecido e o predito, maior será o peso.

No presente trabalho, o Surfer 8 foi utilizado para representar geograficamente os poços da região central de Londrina-PR, as concentrações de ph, nitrato e chumbo no espaço estudado, além das tendências de fluxos preferenciais da água subterrânea, utilizando-se o método de interpolação matemática Krigagem.

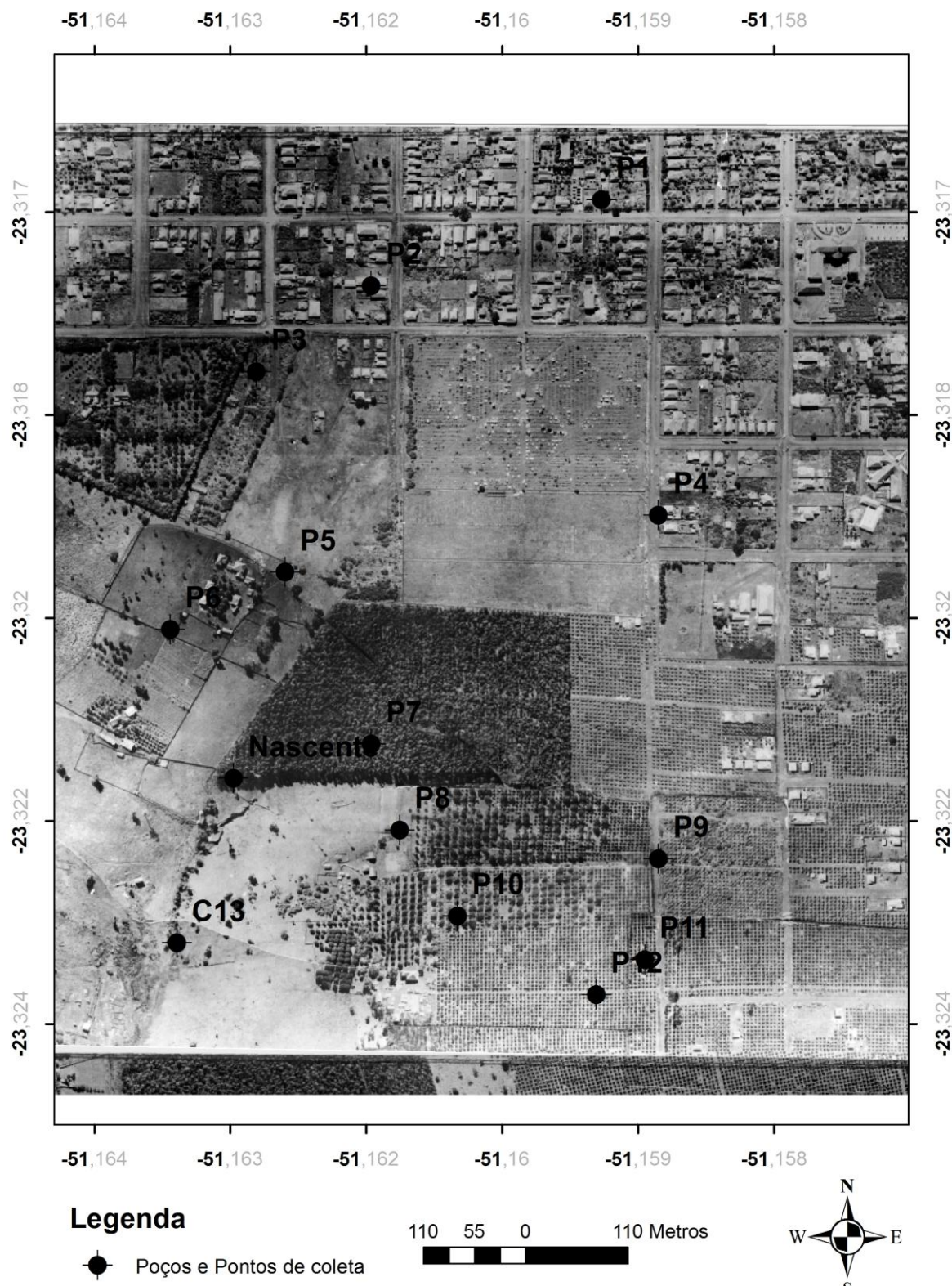
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE GEOGRÁFICA DA REGIÃO

A Cartografia constitui-se em um instrumento de representação, correlação e análise de fundamental importância para o planejamento e gestão territorial. Neste contexto, a representação cartográfica do relevo tem papel relevante, visto que é sobre as feições geomorfológicas que se localizam e se desenvolvem as atividades humanas (CUNHA, 2001).

As técnicas de fotointerpretação para a avaliação do terreno têm sido amplamente utilizadas em trabalhos de monitoramento ambiental (RODRIGUES et al, 2009), sendo utilizadas no presente trabalho para identificação do traçado original da drenagem do Córrego do Leme e sua nascente, sendo ele um dos pontos de coleta para análise da qualidade da água.

Através da técnica de estereoscopia foi possível identificar a localização da nascente do Córrego do Leme. Com o auxílio do software Arcgis, plotou-se os pontos em estudo em imagens mais antigas, pertencentes aos anos de 1949, 1957 e 1974, fornecidas pelo acervo histórico de aerofotos da Universidade Estadual de Londrina, conforme Figura 18, 19, 20, respectivamente.



**Figura 18 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1949.**  
 Fonte: Adaptado de IPPUL (INSTITUTO..., 2011).

Na Figura 19 é possível observar o caminho percorrido pelas águas do Córrego, sua drenagem intermitente e permanente.



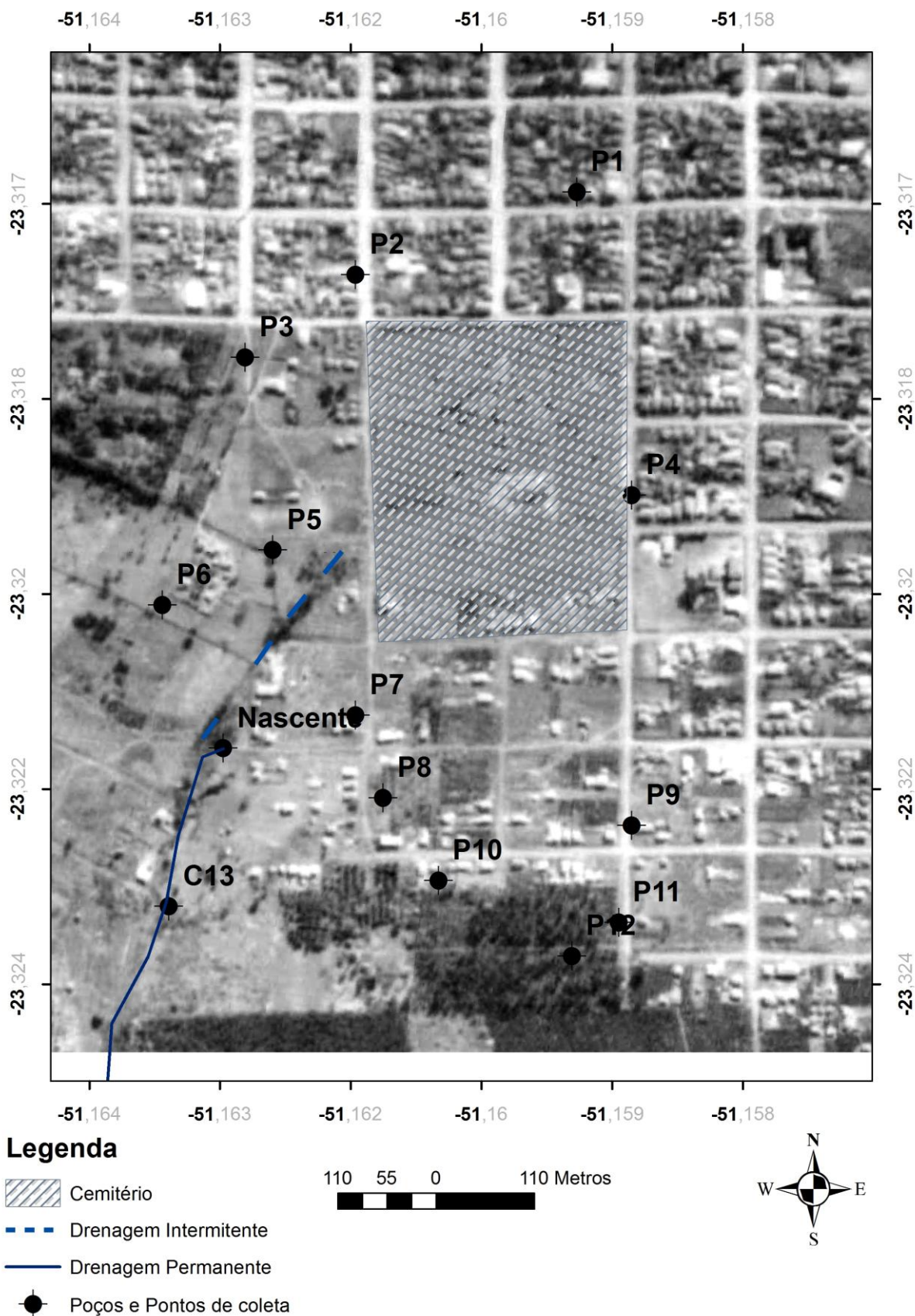


Figura 19 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1957, com destaque em azul para o caminho percorrido pelas águas do Córrego do Leme, sua drenagem intermitente e permanente.

Fonte: Adaptado de IPPUL (INSTITUTO..., 2011).

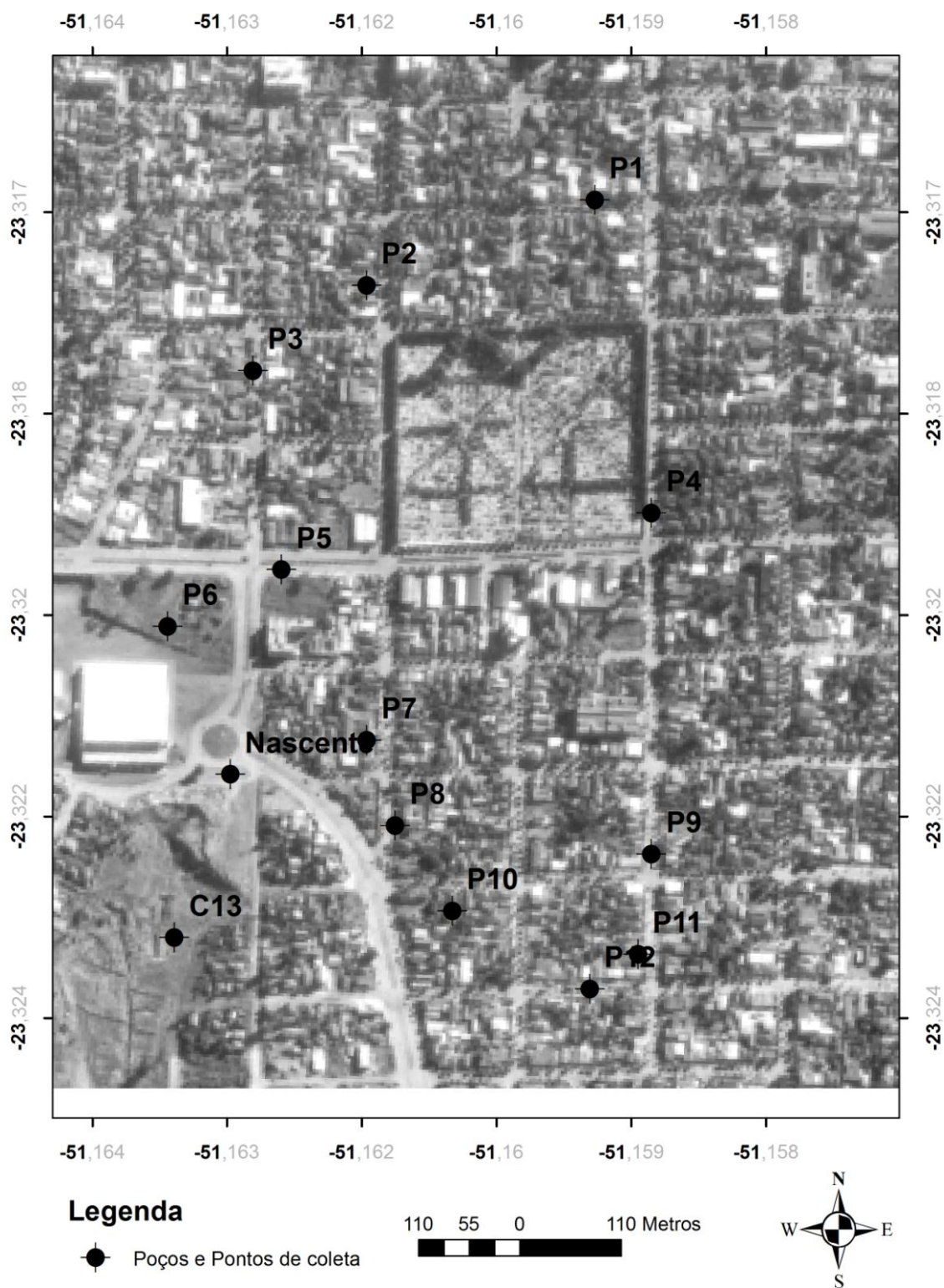
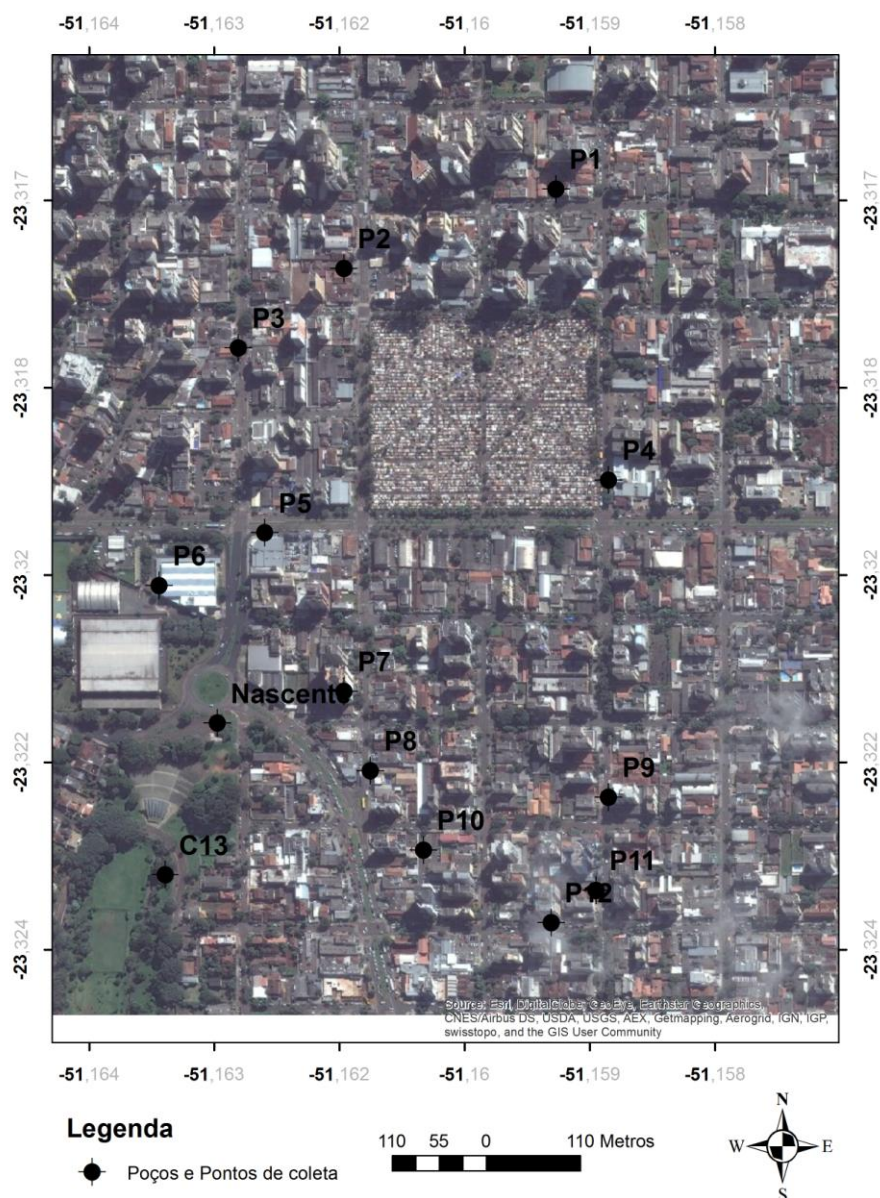


Figura 20 - Locais de coleta de amostra para análise no mapa de 1974, já representando o processo de canalização do córrego.

Fonte: Adaptado de IPPUL (INSTITUTO..., 2011).



Na Figura 21 encontram-se os locais de coleta de amostra no mapa da situação atual quanto ao uso e ocupação do solo na área de estudo. É interessante notar a supressão da vegetal existente no local que foi sendo substituída por casas e estabelecimentos comerciais ao longo dos anos. A nascente que antes era protegida por uma pequena porção de vegetação, hoje se encontra canalizada.



**Figura 21 – Locais de coleta de amostra para análise no mapa da situação atual quanto ao uso e ocupação do solo na área de estudo.**  
**Fonte: Digital Globe, 2015.**

Através do programa *Golden Software® Surfer 8*, utilizando as curvas de níveis da área de estudo, o método de interpolação matemática Krigagem, foi

possível gerar e interpretar um bloco diagrama tridimensional, que apresenta a tendência de direção de fluxo preferencial das águas subterrâneas.

Com base nessa análise observou-se que o Cemitério encontra-se em uma cota altimétrica maior, no sentido do fluxo natural das águas que confluem para o Córrego Leme, sendo sua drenagem principal localizada em uma cota altimétrica menor, conforme se apresenta na Figura 22.

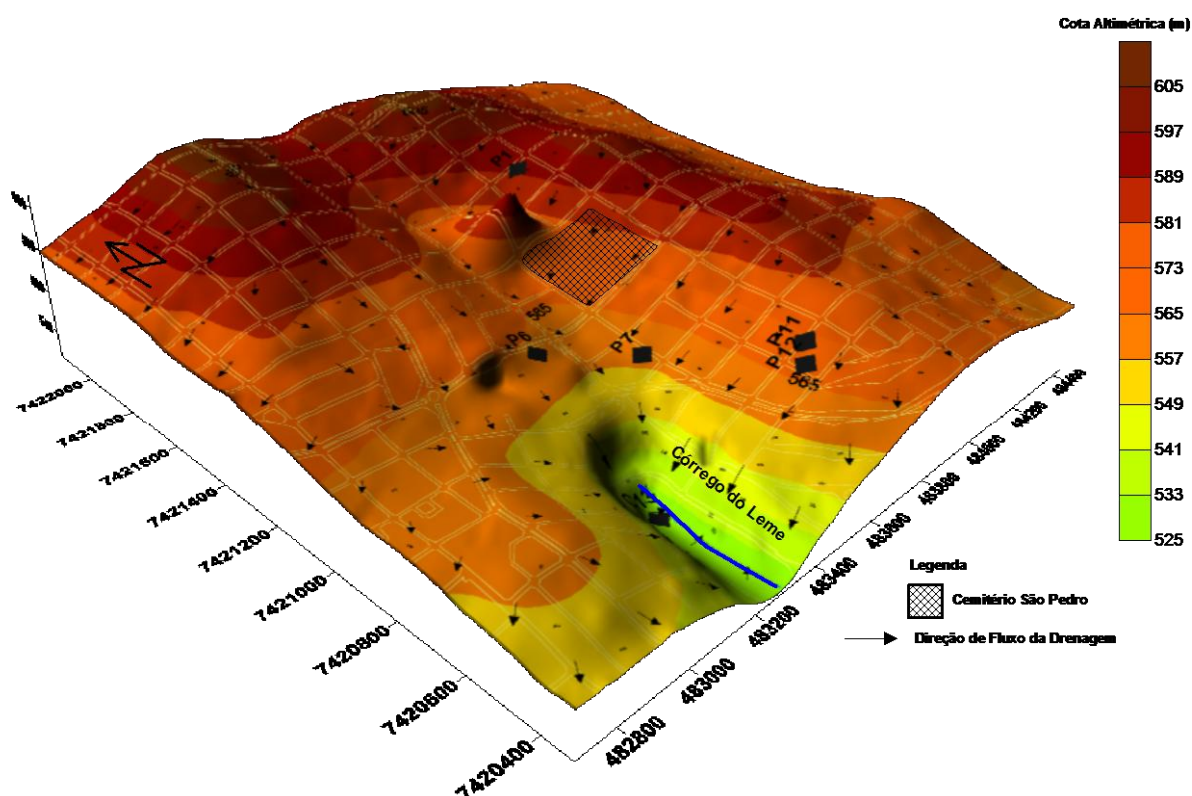


Figura 22 – Bloco diagrama evidenciando a cota altimétrica da região central de Londrina-PR e a direção do fluxo das águas com base na diferenciação topográfica.

Fonte: SANTOS, 2015.

## 5.2 DADOS HIDROGEOLÓGICOS DOS POÇOS

Os poços P1, P2, P6 e P8 não possuem dados hidrogeológicos cadastrados no SIAGAS. O poço P3 possui profundidade inicial de 0m (metros) e profundidade final de 102m. O mesmo poço P3 está perfurado na Formação geológica Serra Geral e sua vazão é de 6 m<sup>3</sup>/h após estabilização. Seu revestimento foi feito com aço sem

costura com rosca e luva, de 0 a 31m (camada de solo e material inconsolidados). O poço P4, de profundidade de 0 a 300m, também pertence à Formação Serra Geral. O poço P5 possui profundidade de 0 a 120m, possui a Formação Serra Geral e vazão de 8 m<sup>3</sup>/h após estabilização, sendo que seu revestimento é de aço galvanizado com rosca e luva, de 0 a 24m (solo e inconsolidados). O poço P7 possui profundidade final de 140m, está inserido na Formação Serra Geral e possui vazão de 7 m<sup>3</sup>/h após estabilização enquanto que o poço P9 possui profundidade final de 184m. Por fim, o poço P10 possui profundidade final de 146m e vazão de 10 m<sup>3</sup>/h após estabilização. Os dados podem ser melhores visualizados no Quadro 2.

Deve-se lembrar de que apesar de alguns poços não apresentarem informações de seu revestimento, todos os poços cadastrados no SIAGAS possuem essa especificação.

Parâmetro	Código	Data	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Formação Geológica	Vazão após estabilização (m <sup>3</sup> /h)	Revestimento
P3	3500018720	19/05/1993	0	102	Formação Serra Geral	6	Aço sem costura com rosca e luva, de 0-31m
P4	3500022283	10/06/2006	0	300	Formação Serra Geral	-	-
P5	3500018714	26/10/1983	0	120	Formação Serra Geral	8	Aço galvanizado com rosca e luva, de 0-24m
P7	3500018847	26/07/2001	0	140	Formação Serra Geral	7	-
P10	3500038188	09/06/2010	0	146	-	10	-

**Quadro 2 – Dados hidrogeológicos dos poços cadastrados no SIAGAS.**

Fonte: SIAGAS.

### 5.3 ANÁLISE GLOBAL DA REGIÃO CENTRAL

Após levantamentos de dados dos dez poços cadastrados no SIAGAS (Tabela 1), pode-se reunir alguns dos parâmetros da qualidade de suas águas apresentados pelo sistema, os quais foram comparados ao padrão de qualidade encontrado na Portaria nº 2.914 de 2011, que define os valores máximos permitidos de cada parâmetro para a potabilidade de água. Deve-se notar que nem todos possuem valores cadastrados para todos os parâmetros. Assim, os valores de nitrato, que são foco de estudo no presente trabalho, não podem ser comparados em todos os poços.

**Tabela 1 – Análise da qualidade da água no entorno do Cemitério São Pedro de Londrina-PR**

	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Port. 2.914
Data da coleta	-	-	-	12/07/19 93	08/08/20 06	27/01/20 05	-	31/07/20 01	-	08/02/20 11	09/06/20 10	-
Cálcio (Ca)	(mg/L)	-	-	28.81	-	-	-	16.87	-	21.68	32	-
Cloreto (Cl)	(mg/L)	-	-	13	243	13.5	-	25	-	-	-	250
Ferro Total (Fe)	(mg/L)	-	-	0.1	0.07	-	-	-	-	-	-	0,3
Sódio (Na)	(mg/L)	-	-	7	-	-	-	-	-	4.7	82	200
NH <sub>3</sub> N	(mg/L)	-	-	0.02	-	-	-	-	-	-	-	1,5
Nitritos (NO <sub>2</sub> )	(mg/L)	-	-	0.005	0.27	-	-	1.13	-	-	-	1
Nitratos (NO <sub>3</sub> )	(mg/L)	-	-	-	-	2.59	-	7.66	-	-	-	10
pH	-	-	-	6	9.5	7.78	-	8.2	-	7.64	7.55	6 ~ 9,5
Sólidos Dissolvidos Totais	(mg/L)	-	-	306	-	227	-	-	-	256	164	1000
Alcalinidade e Total	(mg/L)	-	-	59	-	121.5	-	80	-	-	-	-
Condutividade Elétrica	(µS/cm)	-	-	250.00	-	326.00	-	300.00	-	330.00	210.90	-
Turbidez	(NTU)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5

Fonte: SIAGAS.

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

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 (BERTACHI, 2013). Como seu uso era exclusivamente para atender o consumo dos moradores de seu edifício, seu funcionamento foi desativado.

Sobre o poço P4, deve-se analisar regularmente seu pH, pois o constado em seu laudo de instalação já é o valor máximo permitido (VMP), e diante de qualquer alteração, ele se tornará impróprio para o consumo humano. O valor de cloreto para esse poço também se encontra próximo ao VPM (250 mg/L de Cl), sendo que segundo o Manual de saneamento, da Fundação Nacional de Saúde, algumas substâncias químicas, como os compostos nitrogenados e os cloretos, são indicadoras de contaminação por matéria orgânica (BRASIL, 2007).

O poço P7 encontra-se com nitrito acima do permitido pela Portaria nº 2.914 de 2011, substância esta que representa alto teor de toxicidade. O nitrito pode ser encontrado na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microorganismos sobre o nitrogênio amoniacal. Seu principal efeito na água em teores maiores que o permitido, é uma doença conhecida como Metahemoglobinemia ou descoloramento da pele, causada pela alteração do sangue, tanto em bebês recém-nascidos, como em adultos com determinada deficiência enzimática (GADELHA, 2005).

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.

## 5.4 ANÁLISE DE AMOSTRAS

### 5.4.1 Metais Pesados

Para os metais pesados, têm-se valores do VMP para Ferro, Cromo, Cobre e Zinco em todos os pontos analisados. Já o Chumbo encontra-se no limite para o padrão de potabilidade tendo como referência a Portaria nº 2.914 de 2011 para os poços P1, P7 e P11, conforme se observa na Tabela 2.

Deve-se ressaltar que o valor da amostra branco não foi zero para alguns metais devido ao fato de que o valor do branco não é só referente à concentração de metais em solução, mas também de ruído de fundo do espectrômetro. Quando o ICP-OES efetua a leitura das amostras, o valor da concentração já está levando em conta o valor do branco, seja ela em virtude de eventual existência do analito de interesse ou apenas em virtude de radiação de fundo; ou seja, o valor do branco já está descontado para os resultados obtidos na Tabela 2 para os metais.

**Tabela 2 – Valores médios das triplicatas para metais pesados de cada ponto analisado e os respectivos valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria nº 2.914 de 2011 de padrão de potabilidade.**

	Unidade	Branco	P1	P6	P7	P11	P12	C13	Port. 2.914
<b>Ferro (Fe)</b>	mg/L	0,01	0	0,01	0,16	0	0	0,02	0,3
<b>Cromo (Cr)</b>	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0,05
<b>Cobre (Cu)</b>	mg/L	0,02	0	0	0	0	0	0	2
<b>Chumbo (Pb)</b>	mg/L	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0	0	0,01
<b>Zinco (Zn)</b>	mg/L	ND	0,02	0,03	0,01	0,05	0,18	0,01	5

Fonte: Autoria própria.

#### 5.4.2 pH e Temperatura

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 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). Para as análises realizadas no presente estudo, obtiveram-se os valores da Tabela 2 para os poços e Córrego, respectivamente. Para os valores de pH, os resultados encontrados não apresentaram grande variação entre os pontos amostrados, sendo que a média para eles foi de 6,28. O ponto P1 encontra-se com um valor de pH abaixo do permitido pela Portaria nº 2.914 de 2011 que diz respeito a potabilidade de água. A temperatura também não apresentou grande variação de um poço para outro e do Córrego do Leme, permanecendo com uma média de 23°C.



Os valores para pH e temperatura dos pontos amostrados estão representados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Valores para pH e temperatura de cada ponto analisado e os respectivos valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria nº 2.914 de 2011 de padrão de potabilidade.**

	Unidade	Branco	P1	P6	P7	P11	P12	C13	Port. 2.914
pH	-	-	5,96	6,24	6,57	6,33	6,15	6,32	6 ~ 9,5
Temperatura	°C	-	24	23	23	24	23	23	-

Fonte: Aatoria própria.

#### 5.4.3 Nitrato

Os valores para nitrato dos pontos amostrados estão representados na Tabela 4.

Os valores de nitrato variaram entre um ponto e outro. Os valores encontrados para os poços P1, P6 e P12 encontram-se acima do valor permitido para potabilidade da água, segundo a Portaria nº 2.914 de 2011, que define o valor máximo de 10 mg/L para o nitrato. Os valores dos pontos P7 e P11 encontram-se abaixo do valor máximo permitido para esse parâmetro, porém, o valor de nitrato para o Córrego do Leme encontra-se no limite do permitido.

**Tabela 4 – Valores para nitrato de cada ponto analisado e os respectivos valores máximos permitidos (VMP) pela Portaria nº 2.914 de 2011 de padrão de potabilidade.**

	Unidade	Branco	P1	P6	P7	P11	P12	C13	Port. 2.914
Nitrato	mg/L	0	12,8	12,36	1	8,8	11,19	10,05	10

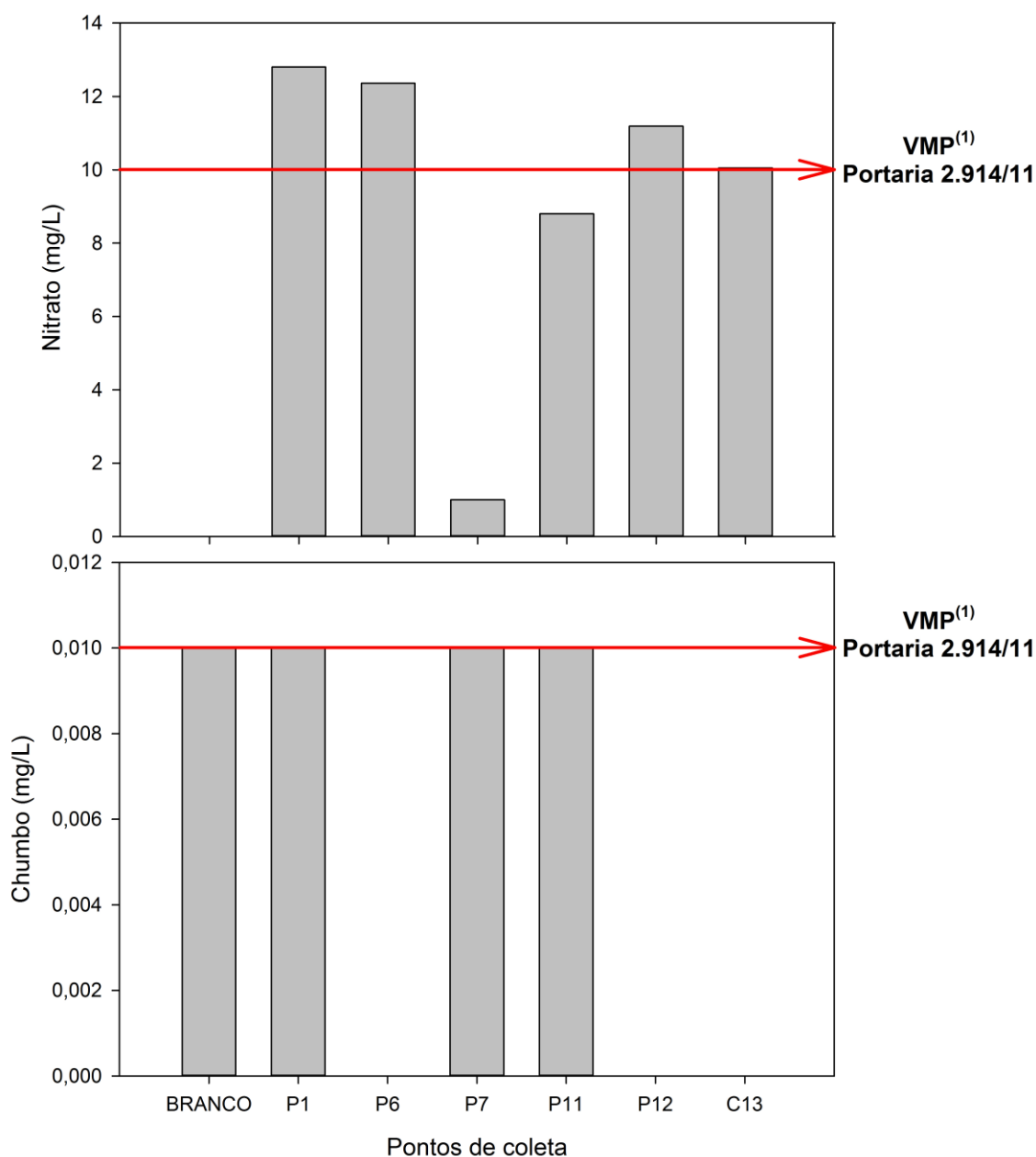
Fonte: Aatoria própria.

A explicação para o fato de que o ponto P1 esteja contaminado com valores de nitrato acima do permitido está na teoria dos vasos comunicantes. Este poço, apesar de se encontrar em uma cota altimétrica maior que o Cemitério, pode estar sofrendo influência do mesmo. Isto porque, segundo Rodrigues (2007), a água em

um aquífero, ao percolar em direção a profundidades crescentes, sofre pressão hidrostática da coluna de água entre a zona de recarga e o ponto considerado, ou seja, esse poço permite a ascensão da água através do interior do seu furo, que procura o equilíbrio hidrostático pelo princípio dos vasos comunicantes, construindo o que é chamado de cone de depressão que é acionado no momento do ligamento do sistema de bombeamento do poço, invertendo dessa forma, o sentido do fluxo natural das águas subterrâneas.

Tendo os valores de nitrato e chumbo, cujos valores ultrapassaram o VPM para alguns pontos de coleta, elaborou-se os gráficos para cada um desses parâmetros através do programa SigmaPlot 12.5 (Figura 23), facilitando a visualização desses resultados. Assim, é possível notar que os pontos P1, P6 e P12 encontram acima do VPM para nitrato e as águas do córrego do Leme encontra-se no limite do VPM para esse mesmo parâmetro.

O chumbo, por sua vez, encontra-se no limite do VPM para os pontos P1, P7 e P11.



(1) Valor Máximo Permitido.

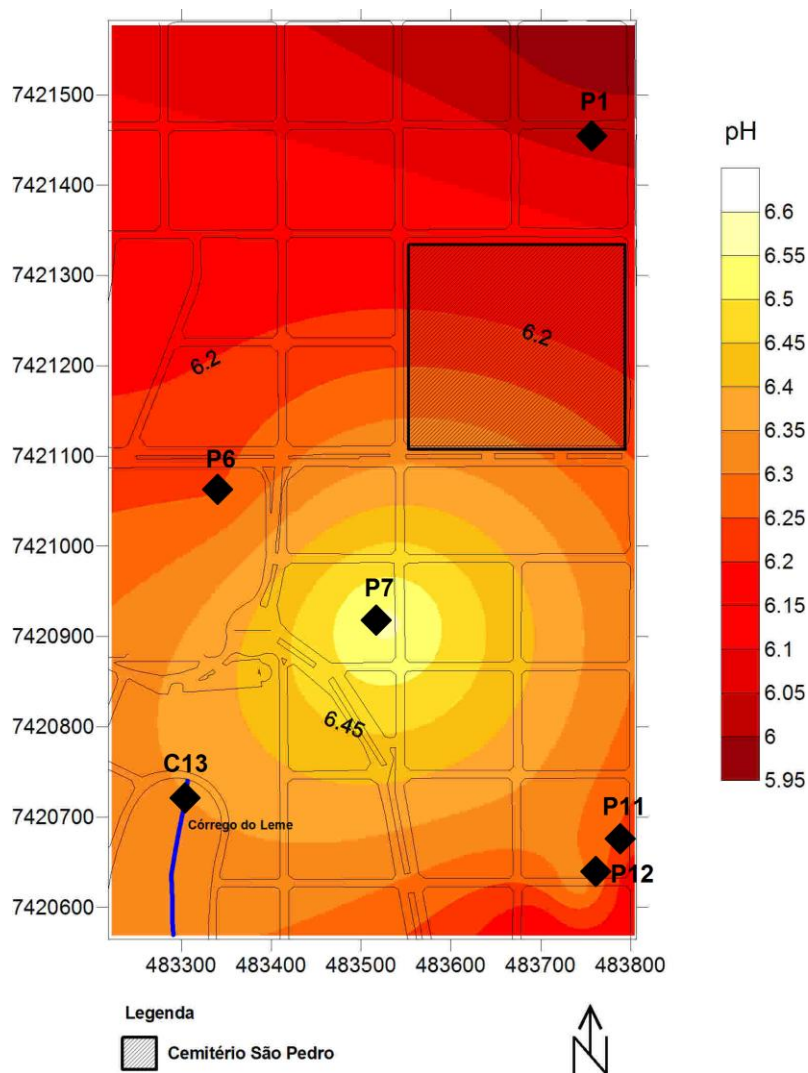
Figura 23 - Teores de nitrato e chumbo da amostra branco e nos diferentes pontos de coleta (P1, P6, P7, P11, P12, C13), além da linha em vermelho indicando o VMP.

Fonte: Autoria própria.

## 5.5 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS CONTAMINANTES

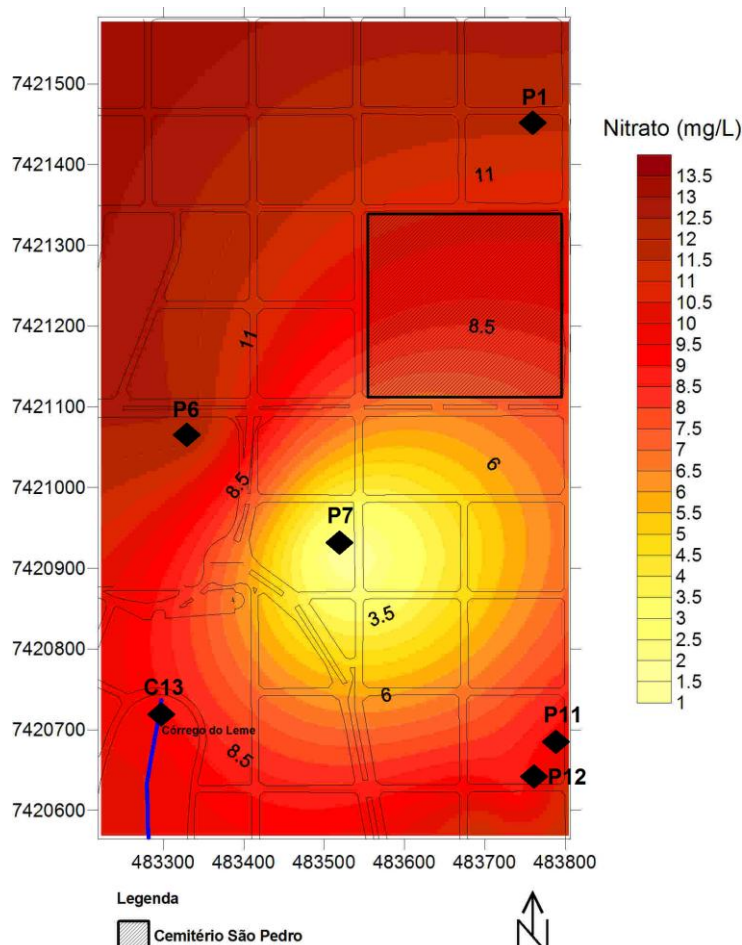
O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água. A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5. Em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). Neste caso, os valores de pH variaram de acordo com os pontos analisados (Figura 24). Assim como ocorreu no

trabalho de Fineza (2008), realizado em águas subterrâneas de um cemitério de Tabuleiro-MG, o pH analisado de forma isolada não permite afirmar que haja eventuais impactos do cemitério sobre o aquífero.



**Figura 24 – Distribuição espacial do pH na região central de Londrina-PR.**  
Fonte: Autoria própria.

Através da Figura 25 é possível observar que os valores de Nitrato na região central de Londrina-PR variaram, sendo que em alguns pontos amostrados o valor encontra-se acima do permitido pelo padrão de potabilidade pela Portaria nº 2.914/11.

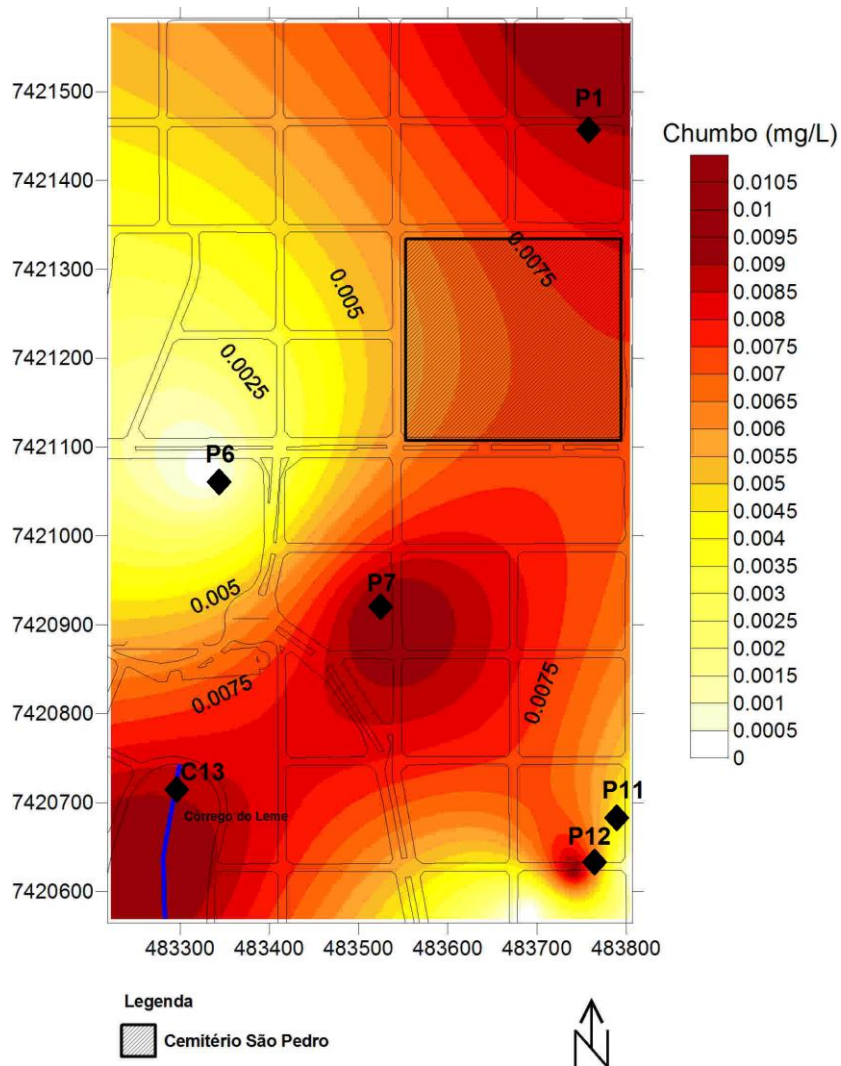


**Figura 25 – Distribuição espacial do nitrato na região central de Londrina-PR.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Fazem-se necessários estudos periódicos nos poços tubulares profundos do entorno do Cemitério São Pedro, visto que estes são utilizados para abastecimento da população local, podendo comprometer a saúde daquelas que os utilizam.

Segundo Feitosa e Manoel Filho (1997), o nitrato ocorre nas águas subterrâneas com valores entre 0,1 e 10 mg/L, sendo que teores acima de 5 mg/L podem indicar contaminação das águas subterrâneas por esgotos, fossas sépticas, lixo, cemitérios, adubo ou qualquer matéria orgânica em decomposição. Segundo Varnier et al. (2010), além da contaminação pelo Cemitério São Pedro, os altos índices de nitrato no centro urbano de Londrina pode estar associado às antigas fossas e vazamentos das redes coletoras de esgoto.

A distribuição espacial do Chumbo na região central de Londrina encontra-se na Figura 26.



**Figura 26 – Distribuição espacial do chumbo na região central de Londrina-PR.**  
**Fonte: Autoria própria.**

Para o Chumbo, as águas subterrâneas apresentam quantidades médias em torno 20  $\mu\text{g/L}$  (FEITOSA e MANOEL FILHO, 1997). Nas amostras analisadas, três pontos (P1, P7 e P11) se encontram no limite permitido para o padrão de potabilidade, segundo a Portaria nº 2.914/11.

## 6 CONCLUSÕES

Concluem-se, através das análises geográficas da região e das análises realizadas nas águas subterrânea e superficial, que o cemitério São Pedro interfere diretamente na região central de Londrina-PR, onde está inserido. O cemitério, mesmo sendo antigo, ainda está em atividade e gera decomposição de corpos, o que é comprovado através da presença de nitrato nas águas do seu entorno. Os valores de chumbo, encontrados em alguns pontos no limite estabelecido pela Portaria nº 2.914 de 2011 para potabilidade de água, também podem ter origem nesse empreendimento, já que as alças metálicas presentes nas urnas funerárias e caixões de metal possuem esse metal como base.

Além do cemitério, as concentrações de nitrato e chumbo podem estar sujeitos a interferências por outros tipos de uso e ocupação do solo que podem vir a contaminar as águas, já que a área de estudo está localizada em plena área central urbana da cidade de Londrina, como foi possível observar nas imagens aéreas. Contudo, a possibilidade desta contaminação ser advinda do cemitério é corroborada pelos estudos levantados neste trabalho.

Por se tratar de um empreendimento já em funcionamento, as medidas mitigadoras a serem sugeridas são de caráter corretivo, já que não seria viável tomar as medidas de impermeabilização das covas no presente. Sendo assim, a manutenção dos calçamentos do cemitério, evitando rachaduras, são imprescindíveis para que se diminua o nível de infiltração de água no solo.

Este estudo revelou a necessidade de se dar atenção especial às necrópoles, por parte das autoridades municipais, para que se enquadrem os cemitérios de acordo com a legislação para gestão desse tipo de estabelecimento, a fim de evitar riscos para a saúde pública e para o meio ambiente.

## REFERÊNCIAS

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.

BARROS, J. I.; MELO, V. DE F.; ZANELLO, S.; ROMANÓ, E. N. DE 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, Vol.32, p.1763-1773, 2008.

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.

BORTOLLOTTI, João Batista. Planejar é preciso: memórias do planejamento urbano de Londrina. Londrina: Midiograf, 2007.

BRASIL – Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 20** de 18 de junho de 1986.

\_\_\_\_\_. Ministério Do Meio Ambiente. Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução nº 335** de 28 de março de 2006.

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

\_\_\_\_\_. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2007.

\_\_\_\_\_. 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. 518**, de 15 de março de 2004. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2011.

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

CASTRO, D. L. Caracterização geofísica e hidrogeológica do cemitério Bom Jardim, Fortaleza – CE. **Revista Brasileira de Geofísica**. 26: 251-271.

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.

CUNHA, C.M.L. **A Cartografia do Relevo no contexto da Gestão Ambiental**. 2001. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – IGCE, UNESP, Rio Claro, 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. – Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMBRAPA. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. – Brasília: Embrapa Florestas, 2011.

FEDERAL WATER POLLUTION CONTROL ADMINISTRATION. **Report of the National Advisory Committee to the Secretary of the Interior**. Washington, Water Quality Criteria, 1968.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 659-667, maio/jun. 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 – 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 20.jul.2014.

GADELHA, F. J. S. DOMINGOS, M. S. SOUZA, M. NESS, R. L. L. **Verificação da presença de nitrito em águas de consumo humano da comunidade de Várzea do Cobra em Limoeiro do Norte-CE**. Disponível em:  
<[http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo\\_266.html](http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo_266.html)  
>. Acesso em 20.mai.2015

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <[www.inpe.br](http://www.inpe.br)>. Acesso em 12.nov.2014.

IPPUL. **Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano**. Disponível em: <  
[http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13629&Itemid=1527](http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=13629&Itemid=1527)>. Acesso em 20.mai.2015.

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.

LASTORIA, G. **Hidrogeologia da formação Serra Geral no Estado do Mato Grosso do Sul**. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.

LOPES, J.; LOZOVEI, A. L. **Ecologia de mosquitos (Diptera: Culicidae) em criadouros naturais e artificiais de área rural do Norte do Estado do Paraná, Brasil**. Revista Saúde Pública 29 (3) 183-91, 1995.

LOZANO J. G.; DALLA COSTA, C.A.M.; LABADESSA, A.S. As consequências sanitárias ocorridas pela contaminação do lençol freático por necrochorume: Um estudo de caso no cemitério São Sebastião em Ariquemes - RO. Revista Fiar: **Revista do Núcleo de Pesquisa e Extensão Ariquemes**, Rondônia, v. 1, n. 1, p. 17-39, mai. 2012.

MAACK, R. **Geografia do Estado do Paraná**. 2ª ed. Rio de Janeiro, J. Olympio, 1981.

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

MANOEL FILHO, J. **Água Subterrânea: Histórico e Importância**, in Fernando A. C. Feitosa e João Manoel Filho. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações 2ª Edição – Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2008. 391 p il.

MANOEL FILHO, J. **Ocorrência das Águas Subterrâneas**, in Fernando A. C. Feitosa e João Manoel Filho. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações 2ª Edição – Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2008. 391 p il.

MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microorganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo**. Sao Paulo. 2001.

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.

MILANI, E. J. **Comentários sobre a origem e a Evolução tectônica da Bacia do Paraná**. In: Mantesso-Neto, Virgínio et al. Org. Geologia do continente sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: BECA, 2004. p. 265–279.

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.

PALMA, S. R.; SILVEIRA, D. D. **A saúde ecologicamente correta: A educação ambiental e os problemas ambientais em cemitérios.** Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs.2.2.2/index.php/remoa/article/view/2766/1608>>. Acesso em 10.jul.2014.

PACHECO, A. **Meio Ambiente & Cemitérios.** – São Paulo : Editora Senac São Paulo, 2012. – (Série Meio Ambiente, 15 / Coordenação José de Ávila Aguiar Coimbra).

PACHECO, A. **O problema geo-ambiental da localização de cemitérios em meio urbano.** São Paulo, CEPAS, 1997. 48p.

PEIXINHO, F.C. BARBOSA DE LIMA, J. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas - SIAGAS**, in Fernando A. C. Feitosa e João Manoel Filho. Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações 2ª Edição – Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2008. 391 p il.

PETRI, S. FÚLFARO, V. J. **Geologia do Brasil.** São Paulo: EDUSP, 1983.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento**, 2012. 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.jul.2014.

REBOUÇAS, A. C. **Diagnóstico do setor hidrogeologia.** [S. l] : ABAS/PADCT, 1996. (Inédito).

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

RIBEIRO, M. L. LOURENCETTI, C. PEREIRA, S. Y. MARCHI, M. R. R. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar.** Química Nova. vol 30. no. 3. São Paulo. 2007

RIBEIRO, E. V.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; HORN, A.H.; TRINDADE, W.M. **Metais pesados e qualidade da água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias E Pirapora - MG: Índice de contaminação.** Disponível em: <[http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/20121/07\\_Ribeiro\\_et\\_al.pdf](http://www.igc.ufmg.br/geonomos/PDFs/20121/07_Ribeiro_et_al.pdf)>. Acesso em: 12.jul.14.

ROCHA. D. B.; FERREIRA, O. M. **Marcas ambientais resultantes pela instalação de tumulações.** Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/MARCAS%20AMBIENT AIS%20RESULTANTES%20PELA%20INSTALA%C3%87%C3%83O%20DE%20TUMULA%C3%87%C3%95ES.pdf>>. Acesso em: 12.jul.14.

RODRIGUES, ANAMARIA MOYA. **Exploração e uso do Aquífero Guarani no Triângulo Mineiro - estudo de caso: Cachoeira Dourada.** 2007. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

RODRIGUES, FLAVIA MAZZER. PISSARRA, TERESA CRISTINA TARLÉ. CAMPOS, SÉRGIO. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 314-324, julho-setembro, 2009.

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.

SANTOS, M. M. **Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do Aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR).** Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005. 130p.

Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Resolução 002, Curitiba-PR, 2009.  
SILVA, R. W. C.; MALAGUTTI 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.; MALAGUTTI FILHO, W. **O emprego de métodos geofísicos na fase de investigação confirmatória em cemitérios contaminados.** Eng Sanit Ambient. v.14 n.3 | jul/set 2009 | 327-336

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.

TEMBA, PLÍNIO. **Fundamentos da Fotogrametria**. Departamento de Cartografia, texto didático - UFMG. Minas Gerais, 2000.

TUNDISI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. *Cienc. Cult.*, Dez 2003, vol.55, no.4, p.31-33.

ÜÇISIK AS, R. 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 10.jul.2014.

UNESCO. **Ground water**. Paris : [n.s.], 1992.

XAVIER, CLEBER CARMINO. AMORIM, MARLEIDE RODRIGUES. VALENTINI, CARLA MARIA ABIDO. **Análise do potencial de contaminação dos cemitérios em Cuiabá-MT: Estudo de caso Parque Bom Jesus de Cuiabá e cemitério São Gonçalo**. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2014, Belo Horizonte-MG.