

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

DIEGO ALLYSSON ROCHA

**PROPOSTA DE EXPLORAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL
(SASG) E SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG) EM LONDRINA-PR PARA O
ABASTECIMENTO PÚBLICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2017**

DIEGO ALLYSSON ROCHA

**PROPOSTA DE EXPLORAÇÃO DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL
(SASG) E SISTEMA AQUÍFERO GUARANI (SAG) EM LONDRINA-PR PARA O
ABASTECIMENTO PÚBLICO**

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

Orientador: Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

LONDRINA

2017



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Proposta de exploração do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG) em Londrina/PR para o abastecimento público.

por

Diego Allysson Rocha

Monografia apresentada no dia 22 de novembro de 2017 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

(UTFPR)

Prof. Dr. Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci

(UTFPR)

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos

(UTFPR)

Orientador

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira

Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos derramadas sobre a minha vida, por jamais me abandonar e manter minha fé inabalável mesmo em momentos em que tudo parecia desmoronar.

Aos meus pais, Cleide e Donizetti que desde o meu primeiro dia de vida sempre lutaram para que eu pudesse ter todo o conforto e possibilidade de educação, pelo amor e carinho que sempre recebi, pela paciência que sempre tiveram e por estarem ao meu lado em exatamente todos os momentos da minha vida, me ajudando a conquistar tudo que sempre sonhei, me apoiando e guiando para o caminho do bem.

Aos meus avôs Jocel e Albino (in memoriam), minhas avós Ana e Helena, ao meu tio Francisco e meu tio Joaquim (in memoriam), além de toda a minha família, que sempre me incentivou e apoiou em minhas decisões por toda a minha vida.

À minha namorada Caroline, pelo carinho, companheirismo e paciência, principalmente nos momentos mais difíceis, bem como pelo amor e apoio que foram fundamentais para que eu concluísse mais essa etapa da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos, pela confiança, apoio, ajuda e principalmente grande conhecimento científico, que com certeza elevaram o nível deste trabalho, levarei sua amizade e seus ensinamentos por toda a minha vida.

Agradeço também aos professores de graduação do curso de Engenharia Ambiental que contribuíram na minha formação, principalmente os professores Marcos Jeronimo Goroski Rambalducci e Ricardo Nagamine Costanzi membros da banca, pelas correções e sugestões no presente trabalho.

Aos amigos de curso, principalmente Antônio Maranzatto, Barbara Damasio, Glaucia Porto, Ingrid Guimarães, Larissa Botura e Thiago Henrique pelo convívio, amizade sincera, apoio e principalmente por compartilharmos tantos momentos na graduação.

À UTFPR, por proporcionar o melhor do ensino e a SANEPAR, especialmente à Antônio Carlos Ajarilla, pela disponibilização dos recursos necessários para a realização deste trabalho, bem como pelo auxílio nos momentos em que precisei.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para minha formação pessoal e profissional, e que por alguma distração não tenham sido citados, meu muito obrigado.

*"Conhecimento não é aquilo que você sabe,
mas o que você faz com aquilo que você sabe."*

Aldous Huxley

RESUMO

Rocha, Diego Allysson. **Proposta de exploração do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG) em Londrina/PR para o abastecimento público.** 2017. 66 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

O contínuo desenvolvimento econômico e populacional no município de Londrina, Paraná, desencadeou uma crescente demanda de água para abastecimento em todos os setores de atividades. Diante disso, evidenciou-se a necessidade de estudos que avaliam os mananciais subterrâneos como fonte alternativa de abastecimento hídrico. O objetivo deste estudo foi apresentar diferentes cenários para a exploração exclusiva do Sistema Aquífero Guarani (SAG) e Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) visando o abastecimento público municipal a fim de auxiliar, com base no planejamento urbano, na gestão dos recursos hídricos. Foram levantados dados do SIAGAS e da companhia de saneamento em relação aos diversos poços tubulares profundos localizados em Londrina, Paraná, bem como os volumes de água explotados atualmente. Com base nas projeções populacionais de cada cenário, foi construída uma base de cálculo da demanda de água, dos custos totais da obra, bem como a comparação econômica com o atual sistema de captação e distribuição. Os mananciais subterrâneos se mostraram mais vantajosos, com o custo do m³ da água subterrânea variando entre R\$ 0,189 no SASG e R\$ 0,45 no SAG, quando comparado ao custo médio de R\$ 0,68 dos mananciais superficiais, evidenciando ainda uma redução média para o ano de 2040 de 33% no cenário do SAG e maior que 67% nos três cenários apresentados no SASG. Pôde-se concluir com o presente trabalho que os mananciais subterrâneos do município têm condições de serem utilizados para abastecimento público, gerando redução nos custos de produção, além de beneficiarem a população, auxiliando na garantia do acesso a água potável, melhora na qualidade de vida e possível redução no valor dos serviços de abastecimento hídrico.

Palavras-chave: Abastecimento público. Águas subterrâneas. Aquífero. Recursos hídricos.

ABSTRACT

Rocha, Diego Allysson. **Proposal for the exploitation of the Serra Geral Aquifer System (SASG) and Guarani Aquifer System (SAG) in Londrina/PR for public supply.** 2017. 66 f. Conclusion of Course Work (Environmental Engineering) – Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2017.

The continuous economic and population development in the municipality of Londrina, Paraná, triggered an increasing demand of water for supply in all sectors of activities. In view of this, it was evidenced the need for studies that evaluate the underground water sources as an alternative source of water supply. The objective of this study was to present different scenarios for the exclusive exploitation of the Guarani Aquifer System (SAG) and the Serra Geral General Aquifer System (SASG), aiming at municipal public water supply in order to assist, based on urban planning, the management of water resources. Data were collected from SIAGAS and the sanitation company in relation to the several deep tubular wells located in Londrina, Paraná, as well as the volumes of water currently exploited. Based on the population projections of each scenario, a calculation base was constructed for the water demand, the total costs of the work, as well as the economic comparison with the current system of abstraction and distribution. Underground springs were more advantageous, with the cost of m³ of groundwater varying between R \$ 0.189 in SASG and R \$ 0.45 in SAG, when compared to the average cost of R \$ 0.68 of surface water sources, average reduction for the year 2040 of 33% in the SAG scenario and greater than 67% in the three scenarios presented in the SASG. It was possible to conclude with the present work that the underground water sources of the municipality are able to be used for public supply, generating a reduction in production costs, besides benefiting the population, helping to guarantee access to drinking water, improved quality of life and possible reduction in the value of water supply services.

Keywords: Public supply. Groundwater. Aquifer. Water resources.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ciclo hidrológico e seus principais componentes	15
FIGURA 2 - Representação dos compartimentos do Paraná	21
FIGURA 3 - Mapa de abrangência da Formação Serra Geral	24
FIGURA 4 - Área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani (SAG)	28
FIGURA 5 - Limites municipais de Londrina/PR	30
FIGURA 6 - Mapa apresentando a localização dos poços outorgados no município de Londrina/PR	38
FIGURA 7 - Gráfico do comparativo de investimentos necessários para os cenários apresentados.....	46
FIGURA 8 - Gráfico do comparativo entre custos de produção (R\$/m ³) para os quatro cenários apresentados e o atual sistema.....	49
FIGURA 9 - Gráfico do investimento na produção de água para atender a demanda de 2040 entre os cenários apresentados	50
FIGURA 10 - Gráfico da redução (%) do investimento total necessário para o ano de 2040	51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Classificação, localização e tipo dos mananciais de abastecimento público em Londrina/PR.....	37
QUADRO 2 - Volumes totais de água produzidos no município nos diferentes mananciais em maio de 2017	37
QUADRO 3 - Demanda diária para abastecimento público dos habitantes do município nas projeções/cenários projetados	39
QUADRO 4 - Número de poços necessários para atender a demanda diária a partir da potencialidade dos poços no SAG e SASG	40
QUADRO 5 - Número de poços necessários para atender a demanda diária a partir da potencialidade dos poços no SAG e SASG localizados na área urbana	42
QUADRO 6 - Investimento total da proposta de exploração do SASG a partir dos diferentes dados e cenários	44
QUADRO 7 – Investimento total da proposta de exploração do SAG a partir dos diferentes dados e cenários	45
QUADRO 8 - Investimento por habitante nos projetos máximos de cada cenário	45
QUADRO 9 – Gastos financeiros anuais referentes à energia consumida por cada poço	48
QUADRO 10 - Custo total de produção do m ³ de água subterrânea em reais.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Ciclo hidrológico.....	14
3.2 Gestão dos recursos hídricos.....	15
3.2.1 <i>Gestão das águas subterrâneas.....</i>	<i>17</i>
3.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG).....	18
3.4 Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS).....	19
3.5 Caracterização geral da área.....	20
3.5.1 <i>Geomorfologia</i>	<i>20</i>
3.5.2 <i>Clima.....</i>	<i>21</i>
3.5.3 <i>Solos.....</i>	<i>22</i>
3.5.4 <i>Geologia</i>	<i>23</i>
3.5.4.1 Formação Serra Geral	23
3.5.4.2 Formação Botucatu	24
3.5.4.3 Formação Piramboia	25
3.6 Hidrogeologia	25
3.6.1 <i>Sistema Aquífero Serra Geral (SASG).....</i>	<i>26</i>
3.6.2 <i>Sistema Aquífero Guarani (SAG).....</i>	<i>26</i>
4 MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1 Localização da área	29
4.2 Metodologia.....	30
4.2.1 <i>Construção do banco de dados</i>	<i>30</i>
4.2.2 <i>Levantamento quantitativo e estatístico.....</i>	<i>31</i>
4.2.3 <i>Estimativa e avaliação das potencialidades do SASG e SAG</i>	<i>31</i>
4.2.4 <i>Construção de cenários potenciais.....</i>	<i>32</i>
4.2.5 <i>Proposta alternativa de abastecimento público</i>	<i>33</i>
4.2.5.1 Quantidade de poços necessários	33
4.2.5.2 Dados técnicos para a construção dos poços	34
4.2.5.3 Valor total da obra	34
4.2.5.4 Comparativo econômico.....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Demanda de água	38
5.2 Cálculo do número de poços necessários	40
5.3 Dados para construção dos poços	42
5.3.1 <i>Cálculo do valor total da obra</i>	<i>43</i>
5.3.2 <i>Cálculo do comparativo econômico</i>	<i>47</i>

6 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO A - Modelo de orçamento para sistema de bombeamento de poço na área do SASG	59
ANEXO B - Modelo de orçamento para perfuração de poço de até 500m na área do SASG	60
ANEXO C – Dados dos 290 poços do SIAGAS outorgados em Londrina/PR.....	61

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada como imprescindível para qualquer atividade humana e indispensável à sobrevivência de qualquer espécie. Mesmo assim, a qualidade dos recursos hídricos superficiais está crescentemente sendo comprometida, principalmente devido ao intenso crescimento demográfico e desordenado de grandes centros urbanos, concomitante à deficiência de políticas públicas de uso e ocupação do solo e de saneamento básico, com isso se torna cada vez mais difícil e cara à obtenção de água potável para abastecimento público.

De acordo com Freire (2002) existem cerca de 10,5 milhões de km³ de água subterrânea disponíveis e estas podem ser acessadas por meios tecnológicos e econômicos, podendo assim ser utilizadas para abastecimento das populações, pelo setor industrial, entre outros. Sendo que nas últimas décadas houve um aumento progressivo da procura por água de melhor qualidade para abastecimento público.

Isso vem ocorrendo devido à forte degradação constatada nas águas superficiais, principalmente nos casos em que há proximidade com centros urbanos e pelo fato da água subterrânea ter normalmente uma melhor qualidade em comparação com a água superficial, que está mais sujeita a contaminações, entre outros.

Para Zanatta e Coitinho (2002) existem alguns fatores de risco que podem comprometer a qualidade das águas subterrâneas, o autor afirma que:

À ocupação desordenada das áreas de recarga, através da utilização indiscriminada de defensivos agrícolas e efluentes industriais, além do grande número de poços rasos e profundos que são construídos, operados e abandonados sem tecnologia adequada, consequência da falta de controle e fiscalização, resultante da ausência de legislação estadual. Nesse quadro, a poluição dos aquíferos superiores, poderá contaminar a água que é extraída dos poços profundos que captam do Aquífero Guarani, até mesmo quando estão localizados nos seus setores confinados. (ZANATTA; COITINHO, 2002)

Com isso, gerir de forma adequada os recursos hídricos, baseando-se nas legislações vigentes e nas condições hidrogeológicas dos aquíferos torna-se indispensável para a sua preservação, principalmente em locais que já se comprovam superexplorações. (FREIRE, 2002)

O município de Londrina/PR e sua população foram os objetos do presente estudo, devido ao contínuo desenvolvimento econômico e populacional,

especialmente de sua área urbana, o município acabou por desencadear uma demanda crescente de água para abastecimento em todos os setores de atividades. Sendo que o estudo e determinação das reservas de águas subterrâneas e usos do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e do Sistema Aquífero Guarani (SAG), sobre a qual se estabelece a cidade, se torna de fundamental importância.

Também se destaca a contaminação dos mananciais superficiais, que acabam por diminuir a qualidade da água, além de impactar economicamente a água distribuída a população. Além disso, as águas superficiais estão sujeitas a diminuição de fluxo e volume em períodos de estiagem, podendo afetar o abastecimento, sendo assim necessário obtenção de meios mais vantajosos de exploração de recursos hídricos.

Os estudos aqui desenvolvidos são voltados a contribuir para a gestão sustentável do SASG e SAG, além de reunir informações sobre uso, gestão e exploração de águas subterrâneas, auxiliando ainda na garantia da sociedade ao acesso a água, visto que os aquíferos são uma alternativa viável de abastecimento.

Considerando a importância dos recursos hídricos subterrâneos, a apresentação de cenários para o possível abastecimento público do município, aliado a um projeto de exploração do SASG e do SAG para suprir tal demanda hídrica se torna de fundamental importância para a gestão futura do recurso e para o planejamento público municipal em relação a captação e distribuição de água, além de representar um grande benefício para a população do município.

2 OBJETIVOS

Os objetivos aqui descritos servirão para nortear o trabalho, ou seja, demonstrarão de forma clara as metas que deverão ser atingidas, esclarecendo a real intenção de tal pesquisa e quais etapas serão desenvolvidas para que o estudo seja concluído de forma satisfatória.

2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo principal apresentar cenários futuros de exploração do SASG e do SAG no município de Londrina-PR visando suprir a demanda hídrica para abastecimento público.

2.2 Objetivos específicos

Para que o objetivo principal do trabalho seja cumprido serão realizados diversos levantamentos/estudos, podendo ser destacados:

- ✓ Levantar dados a partir do SIAGAS e da empresa de saneamento e distribuição de água referente ao município de estudo;
- ✓ Construir um banco de dados digital em SIG capaz de conter informações diversas sobre os poços tubulares profundos em atividade no SASG e SAG no município de estudo;
- ✓ Diagnosticar de forma quantitativa e estatística os volumes explorados atualmente, incluindo análise da produção do sistema de abastecimento público, tanto subterrâneos quanto superficiais, referente ao município de estudo;
- ✓ Apresentar cenários que representam alternativas na implantação de sistema de abastecimento público total da cidade de Londrina-PR com uso exclusivo das águas subterrâneas.
- ✓ Apresentar um comparativo econômico entre os cenários de exploração de mananciais subterrâneos e o atual sistema de exploração de mananciais superficiais.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que haja uma contextualização do tema deste estudo, este capítulo apresenta uma abordagem geral com informações relevantes no que tange os recursos hídricos, bem como geologia da região, além da descrição de outras fontes importantes na realização desta pesquisa.

3.1 Ciclo hidrológico

Segundo Silva (2009) para compreender todos os fenômenos relacionados a água, em todos os seus estados, é necessário entender como ocorre a dinâmica da água na natureza, bem como seus componentes e fases, o autor explica que

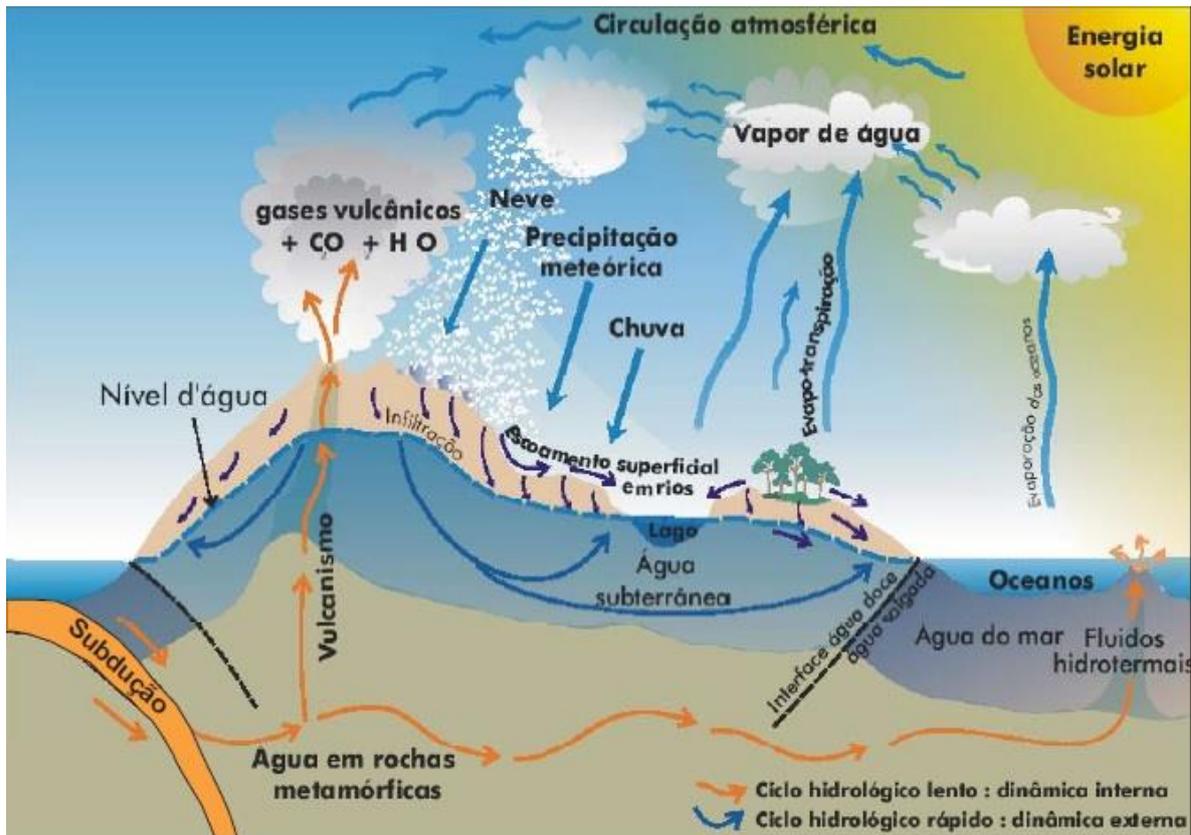
[...] O ciclo hidrológico é o processo cíclico e contínuo de transporte das águas no planeta, interligando atmosfera, continentes e oceanos. É um processo complexo, impulsionado fundamentalmente pela energia solar, sendo esse ciclo o responsável pela renovação de água na terra.

O ciclo hidrológico pode ser inicialmente descrito a partir do vapor de água presente na atmosfera, esse vapor de água pode ser condensado em função da altitude, onde ocorre a diminuição da temperatura, ou por meio de micropartículas que funcionam como núcleo de condensação. A partir disso ocorre a transferência da água da atmosfera para a superfície terrestre, na forma de precipitação. (SILVEIRA et al, 2009)

No trajeto em direção à superfície a precipitação pode ser parcialmente evaporada e também interceptada pela vegetação, com o restante sendo distribuído pela superfície, como o solo é um meio poroso, ocorre infiltração de toda precipitação que chega, à medida que o solo vai sendo saturado o excesso não-infiltrado gera o escoamento superficial, indo para lagos, rios e raramente oceanos. A umidade do solo é absorvida pelas plantas e liberada como forma de transpiração. (SILVEIRA et al, 2009)

Com isso, o ciclo hidrológico pode ser definido como a contínua circulação da umidade e da água no planeta Terra, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo hidrológico e seus principais componentes



Fonte: Karmann (2001)

3.2 Gestão dos recursos hídricos

Em 8 de janeiro de 1997, foi instituída nacional a Política Nacional dos Recursos Hídricos - PNRH, por meio da Lei Federal nº 9.433. Tal lei baseia-se em alguns fundamentos, como o de que a água é um bem de domínio público, sendo que a mesma é um recurso natural limitado, atribuído assim de valor econômico, logo é inevitável que haja cobrança pelo seu uso, em benefício de sua conservação. E o de que se deve proporcionar o uso múltiplo das águas por meio da gestão dos recursos hídricos. (BRASIL, 1997)

Ao que se refere aos objetivos do PNRH, encontram-se no Art. 2º da Lei 9.433/97:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;

III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

Ainda em relação à Lei 9.433/97, no Art. 32, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, que dentre alguns de seus objetivos está o de planejamento, regulamentação e controle do uso, da preservação e da recuperação dos recursos hídricos, do mesmo modo que o de coordenar a gestão integrada das águas, sendo capaz de promover a cobrança pelos recursos hídricos. (BRASIL, 1997)

Com isso, a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos, proporcionou que movimentos sociais e técnicos criassem arranjos institucionais, possibilitando que a gestão dos recursos hídricos contasse com a participação de diversos setores da sociedade. (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, 2011)

As águas subterrâneas são enquadradas de acordo com sua utilização, isso ocorre para que haja uma simplificação do processo de gestão, com isso, a resolução CONAMA nº 396/08 têm por meio de seu Art. 3 categorizar as águas subterrâneas em:

I - Classe Especial: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses destinadas à preservação de ecossistemas em unidades de conservação de proteção integral e as que contribuam diretamente para os trechos de corpos de água superficial enquadrados como classe especial;

II - Classe 1: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

III - Classe 2: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas características hidrogeoquímicas naturais;

IV - Classe 3: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, para as quais não é necessário o tratamento em função dessas alterações, mas que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante, devido às suas

Características hidrogeoquímicas naturais;

V - Classe 4: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que somente possam ser utilizadas, sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo; e

VI - Classe 5: águas dos aquíferos, conjunto de aquíferos ou porção desses, que possam estar com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades que não têm requisitos de qualidade para uso (CONAMA nº 396/2008).

De acordo com o Instituto das Águas do Paraná (2016), o Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH), Instituto das Águas do Paraná, Comitês de Bacia Hidrográfica, Agências de Bacia Hidrográfica e Secretaria do Meio Ambiente (SEMA), sendo esses responsáveis pela coordenação da gestão integrada das águas, pelo cumprimento da Política Estadual de Recursos Hídricos, resolver conflitos pertinentes aos recursos hídricos, bem como ao planejamento, regulamento e controle do uso, preservação e recuperação dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos do Estado e ainda desenvolver e aplicar a cobrança pelos direitos de uso de recursos hídricos.

3.2.1 Gestão das águas subterrâneas

A água é um recurso natural indispensável às atividades humanas e de forma a garantir que tanto sua qualidade, quanto sua quantidade sejam mantidas, são necessárias ações adequadas de gestão dos recursos hídricos. Visando o desenvolvimento sustentável, são imprescindíveis estudos hidrogeológicos e o correto gerenciamento de explorações de água subterrânea com relação a estimativa de recarga dos aquíferos, tendo atenção progressiva das instituições gestoras dos recursos hídricos. (SILVA, 2009)

Com relação à exploração dos recursos hídricos, merece menção a crescente utilização dos mananciais subterrâneos para suprir a demanda de água, tanto para o abastecimento público quanto para os diversos setores da economia. Este fato, de acordo com FREIRE (2002) é decorrente principalmente, ao fator econômico e boa qualidade das águas subterrâneas em relação às águas superficiais.

No tocante da crescente utilização das águas subterrâneas no Brasil, Setti et al. (2001) declara que

[...] a utilização das águas subterrâneas tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas, e há indicações de que essa tendência deverá continuar, o que explica o crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos e do número de pessoas interessadas pelas águas subterrâneas tanto nos aspectos técnico-científicos e socioeconômicos como no administrativo e legal.

Por iniciativa do governo federal foi criada uma proposta que visa incluir um sistema de obtenção e adução de águas subterrâneas, chamado Programa Nacional de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – PROÁGUA Nacional, onde segundo Silva (2011) o projeto tem a intenção de conscientizar a população, visando promover o uso sustentável dos recursos hídricos, sendo assim uma política pública que visa

[...] contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, especialmente nas regiões menos desenvolvidas do País, mediante planejamento e gestão dos recursos hídricos, simultaneamente com a expansão e otimização da infra-estrutura hídrica, de forma a garantir a oferta sustentável de água em quantidade e qualidade adequadas aos usos múltiplos.

Silva (2011) diz ainda, que a ação é um dos primeiros passos para que as políticas públicas de interesse hídrico possam ser realizadas.

Para que se possibilite uma política de gestão das águas subterrâneas de qualidade, é imprescindível a assimilação tanto da disponibilidade dos aquíferos, quanto da qualidade de suas águas. Com isso é necessário conhecer os fatores de exploração das águas subterrâneas, as quais dependem de quantidade, qualidade e econômico, sendo este último relacionado a profundidade do aquífero e as condições de bombeamento. (SETTI et al., 2001)

Onde segundo Aguinaga (2007) é preciso criar gestões conjuntas entre os recursos hídricos e a questão do uso do solo, porém esse tipo de gestão tem de lidar com contrariedades, visto que a gama de organismos que tratam sobre o tema acaba por dificultar a harmonização administrativa e institucional.

Segundo Santos (2009) devido ao aumento da demanda de água para abastecer a população e demais setores da economia, o excesso de exploração pode fazer com que tanto à sociedade atual, quanto as gerações futuras sejam prejudicadas pela má gestão desses recursos, causando problemas sociais, ambientais, econômicos e físicos.

3.3 Sistema de Informação Geográfica (SIG)

Geoprocessamento é o termo que representa a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para que se consiga executar o tratamento da

informação geográfica, há uma crescente influência de sua aplicação em algumas áreas, como: Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. (CÂMARA; DAVIS, 2001)

Segundo Marques et al (2011), os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) são as ferramentas computacionais que são usadas possivelmente para automatizar a produção de documentos cartográficos, sendo exequível o manuseio de grande volume de dados e criação de banco de dados geo-referenciados, integração de diversas fontes, sendo de fundamental importância para manipular informações geográficas.

A gestão das águas superficiais, o tratamento das informações de topografia e da rede hidrográfica, bem como as redes de monitoramento das águas superficiais são alguns pontos bem comuns da utilização dos SIGs em Recursos Hídricos. Sendo esses a convergência em se buscar a melhoria no gerenciamento do uso da água, com a crescente utilização de meios tecnológicos. (BARBOSA, 2008)

Com as informações reunidas nos SIGs e a facilidade em se tratar a modelagem computacional, o processo de geração de mapas se torna simplificado e mais ágil, sendo esses fáceis de serem analisados, visualizados e reproduzidos (SANTOS et al, 2010).

3.4 Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS)

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos foi criado com o propósito de fornecer subsídios para a elaboração do plano de recursos hídricos, bem como servir de auxílio em relação à disponibilidade e análise de tais recursos. Diante da crescente preocupação no que tange o setor de águas subterrâneas, o Serviço Geológico do Brasil desenvolveu, em 1997, o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), que coordena o Cadastro Nacional de Poços, possuindo por volta de 100.000 poços cadastrados. (PEIXINHO; OLIVEIRA, 2012)

O autor ainda salienta que o modelo de dados do SIAGAS alimenta a formação do Cadastro Nacional de Poços, pois o mesmo conta com dados de localização de poços, dados de identificação, dados de proprietário, dados de cadastramento, dados hidrográficos, dados de exploração, dados construtivos de poços, dados de perfuração, dados de revestimento, dados de filtro, dados de pré-filtro, dados de cimentação, informações litológicas, informações estratigráficas,

dados do aquífero, dados de perfilagem, dados de teste de bombeamento e dados de análise química, sendo essa uma rede completa de informações que facilitam o acesso do utilizador dos mais diversos tipos de demanda, sendo o SIAGAS um excelente instrumento de gestão.

Segundo o mesmo autor, o SIAGAS é um passo importante para que a missão do Serviço Geológico Brasileiro seja cumprida, visto que permitirá a divulgação do conhecimento hidrogeológico para a sociedade, pretendendo galgar o uso racional deste recurso, além de reunir informações confiáveis e significantes, onde os gestores municipais, visando a exploração sustentável dos aquíferos, poderão administrar de maneira eficaz os recursos hídricos.

3.5 Caracterização geral da área

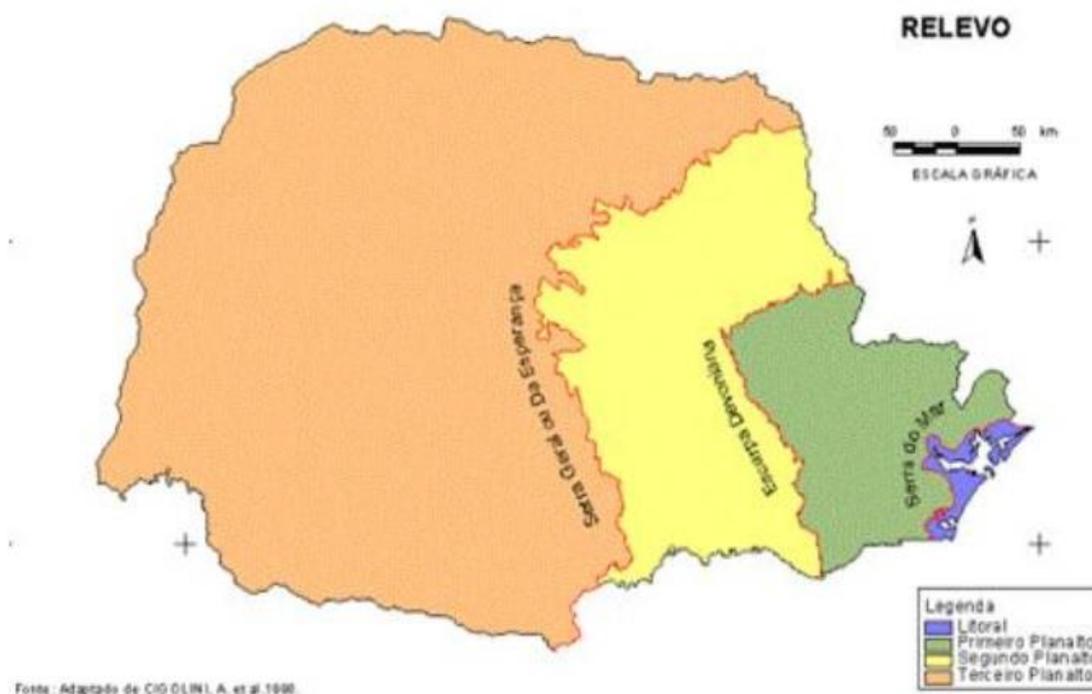
O município de Londrina possui população estimada para o ano de 2017 de 558.439 habitantes em uma área territorial de 1.652,569km², possuindo assim densidade demográfica de 337,92 hab./km². (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017, org. ROCHA, D. A.)

De acordo com Santos (2005) o estudo do meio físico é de fundamental importância para a percepção de como ocorre a interação e influência de alguns elementos sob uma determinada região.

3.5.1 Geomorfologia

Segundo Celligoi (1993) área de estudo está situada na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, mais precisamente no terceiro planalto paranaense, onde existe a ocorrência de afloramentos de rochas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral, representados na Figura 2.

Figura 2 - Representação dos compartimentos do Paraná



Fonte: Carmelo (2011)

O terceiro planalto representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da serra Geral do Paraná, sendo denominada serra da Boa Esperança, ou escarpa mesozóica. Esta escarpa é constituída por estratos do arenito São Bento Inferior ou Botucatu, com espessos derrames de lavas básicas muito compactas do trapp do Paraná, que na testa da escarpa apenas evidenciam espessuras de 50 a 200 metros, atingindo, entretanto, mais para oeste 1.100 a 1.750 metros (MAACK, 2002, p. 419).

3.5.2 Clima

O clima de Londrina é considerado do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen, sendo assim tido como de clima subtropical úmido, com a ocorrência de chuvas em todas as estações, porém podendo ocorrer diminuição da quantidade de chuvas no período de inverno. A temperatura média do mês mais quente é, habitualmente, superior a 25,5 °C e a do mês mais frio, inferior a 16,4 °C, tendo umidade relativa do ar média, em torno de 69%. (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA, 2017)

Polo de uma região essencialmente agrícola, Londrina - PR sempre foi beneficiada por um regime pluviométrico bem distribuído durante todo o ano,

sendo raríssimos os períodos de grandes estiagens ou chuvas prolongadas. Segundo o IAPAR, a precipitação pluviométrica anual em 2007, foi de 1.566 mm, sendo janeiro, julho e dezembro, os meses mais chuvosos e junho, setembro, e agosto os meses mais secos (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA - PR, 2017).

Conforme diz Carmello (2011), como Londrina está situada entre a zona tropical e subtropical, poderá haver reduções dos totais de chuva no inverno, sendo essa uma característica dessa área de transição.

3.5.3 Solos

De acordo com Carmello (2011) foram geradas espessas camadas de derramas de lava, criadas por meio de vulcanismo fissural, essas camadas recobrem quase todo o terceiro planalto paranaense e ainda parte dos estados de Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Segundo Maack (2002) os solos que estão presentes no maior espaço do terceiro planalto, são os intitulados de terra roxa, que são aqueles decompostos das rochas eruptivas básicas, formando solos argilosos vermelhos muito coesos.

O melhor solo de Londrina - PR e um dos mais férteis do mundo está na região setentrional do município, que se caracteriza por uma topografia mais plana. Aí, predominam os solos Terra Roxa Estruturada Eutrófica, Latossolo Roxo Eutrófico e, em menor quantidade, o Brunizen Vermelho e o Litólico Eutrófico.

Aos primeiros, só se comparam os famosos Chernozem (solos negros) da Ucrânia.

Na região sul do Município, onde a topografia é mais acidentada, os solos são mais diversificados, mais ácidos e menos férteis, com a predominância do Brunizen Vermelho, Litossolo, Latossolo Roxo Distrófico e Terra Roxa Estruturada Eutrófica. Nesta região, o subsolo promete ser rico em minérios, conforme apontam as pesquisas que só agora tiveram início. É aí também que as condições de clima e solo começam a atrair os fruticultores, principalmente os de maçã e uva (PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA - PR, 2017).

São solos que contém alto potencial agrícola, porém por conta de sucessivos plantios podem apresentar erosão, sendo necessárias técnicas de correção e adubação para suprir o desgaste de sua constante utilização. (LARINI, 2013)

3.5.4 Geologia

Como já dito por Celligoi (1993), Londrina localiza-se na porção sudeste da Bacia Sedimentar do Paraná, estando estabelecida no terceiro planalto paranaense, na qual afloram rochas do grupo São Bento. Esse grupo aparece em sua totalidade com os arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e os afloramentos de rochas basálticas pertencentes à Formação Serra Geral, sendo essas últimas predominantes na região de estudo.

Sendo apresentadas a seguir:

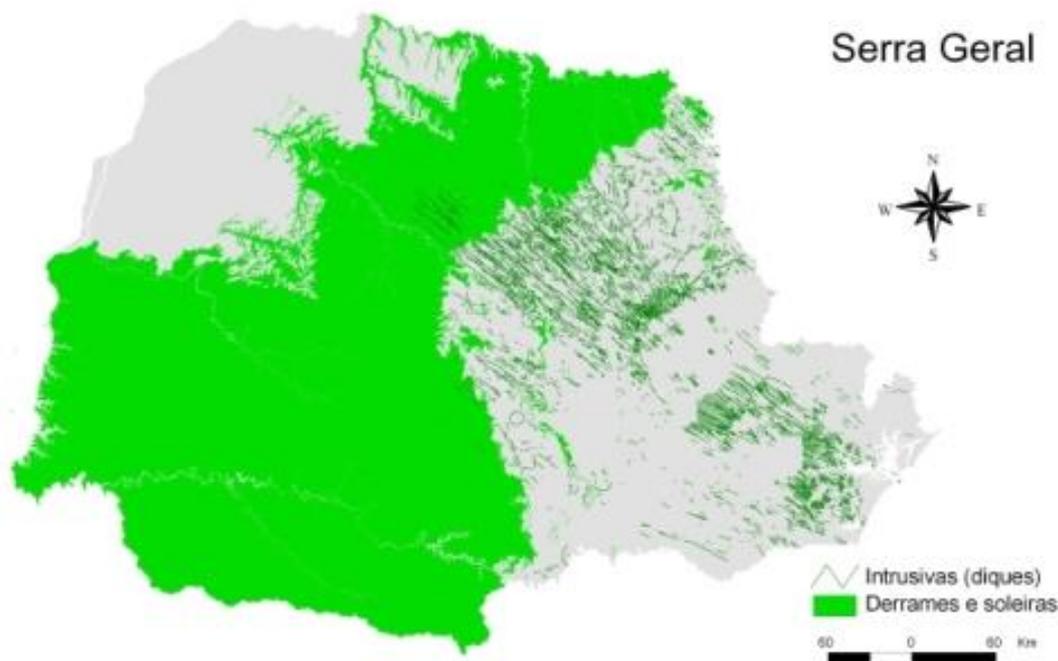
3.5.4.1 Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral é a caracterizada pela sequência de derrames de lavas basálticas sucedidas no Terceiro Planalto Paranaense. Sua área de ocorrência é de cerca de 109.000 Km², em território Paranaense. (MANASSES et al, 2007 apud Araújo, 1995).

Segundo Souza (2004), a Formação Serra Geral é composta sobretudo por rochas ígneas vulcânicas, evidenciadas por basaltos toleíticos e andesitos basálticos, mas apresentando também quantidades menores de riolitos e riodacitos. Diques e soleiras também estão relacionados à Formação Serra Geral (Figura 3), apresentando assim diabásios, o autor salienta ainda que

[...] a idade do conjunto das rochas vulcânicas, obtidas através do método K-Ar em rocha total e em feldspato e biotita, mostra distribuição, no tempo, de 115 a 135 milhões de anos. Assim sendo, pode ser esse magmatismo datado como neojurássico e o cretáceo, tendo as manifestações perdurado, em conjunto, pelo menos 20 milhões de anos.

Figura 3 - Mapa de Abrangência da Formação Serra Geral



Fonte: MINEROPAR, 2016

3.5.4.2 Formação Botucatu

A Formação Botucatu é descrita por arenitos quartzosos finos a grossos, sendo caracterizados como selecionados e arredondados (FERNANDES et al, 2010). Para Souza (2004), “é característica da Formação Botucatu a presença de estratificação de grande porte, correspondendo a um empilhamento de corpos prismáticos ou cuneiformes, achatados, podendo alcançar espessuras da ordem de 20 metros”.

A estratificação, marcada por lentes de fluxo granular relativamente delgadas (menos de 3 cm), seria representativa do avanço de dunas e draas em campo de dunas seco. Estratificação deformada e laminações cruzadas cavalgantes subcríticas são feições relativamente frequentes. De forma subordinada, mais tipicamente próximos ao contato basal da unidade, ocorrem arenitos com estratificação cruzada de ângulo baixo, que poderiam representar planícies ou depressões interdunas da fase de instalação do sistema deposicional eólico (GESICKI, 2007, p. 34).

A variação de sua espessura, que atinge menos de 150 metros é devido ao seu recobrimento por meio dos derrames basálticos da Formação Serra Geral e distribuição do campo de dunas. (SANTOS, 2009).

Segundo Petri & Fúlfaro (1983 apud SOUZA, 2004), a idade da formação está datada no período compreendido entre o Neotriássico e o Neojurássico.

3.5.4.3 Formação Piramboia

A Formação Pirambóia é composta, segundo Soares (1975 apud SOUZA, 2004, p. 18), por camadas principalmente arenosas, ocorrendo clásticos finos, em repetição cíclica, sendo que a fácies fluvial e de transbordamento demonstram certa alternância na vertical.

Para STRUGALE et al (2004) esta formação “é constituída de litologias quase exclusivamente arenosas, friáveis, num pacote de até 20 m de espessura que apresenta reduzida quantidade de afloramentos.

Já em relação à idade da Formação Pirambóia, “é atribuída ao intervalo de tempo entre o Tirássico Superior e o Jurássico Inferior” (SOUZA, 2004).

3.6 Hidrogeologia

De acordo com Celligoi (1993), em Londrina existem duas formas de ocorrência de águas subterrâneas: o aquífero freático e as zonas aquíferas da Formação Serra Geral, isso ocorre devido as suas características litológicas. O primeiro possui relação com à zona saturada da camada de solo e rocha alterada, já a segunda forma de ocorrência está relacionada às rochas basálticas propriamente ditas.

O autor ainda salienta, que a forma em que ocorre a água subterrânea fica limitado às zonas de descontinuidade das rochas, com isso a vazão obtida em cada poço tubular fica associada ao número e a condição de abertura das fraturas atravessadas pelas perfurações.

Os aquíferos podem ainda ser classificados de acordo com dois fatores: pressão das águas nas suas superfícies limítrofes e segundo sua porosidade. (ZANETTI, 2012)

Os aquíferos utilizados para abastecimento público em Londrina, são:

3.6.1 Sistema Aquífero Serra Geral (SASG)

Segundo Celligoi e Vianna (2002) o SASG evidencia-se litologicamente de rochas cristalinas e vulcânicas que compõem, regionalmente, a camada confinante do aquífero Botucatu.

Este aquífero abrange os estados de Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso, engloba ainda parte da Argentina, Paraguai e Uruguai. No Estado do Paraná está restrito ao 3º Planalto Paranaense possuindo uma área com cerca de 110.000 Km², com espessura máxima de 1.400 metros. (SOUZA, 2004)

Segundo o mesmo autor, o SASG é formado por rochas originalmente impermeáveis. Contudo, foi criada uma porosidade permeabilidade secundárias que faz com que ocorra a circulação e armazenamento de água nas estruturas, isso se deve ao próprio resfriamento das rochas ígneas e também pela ação de eventos tectônicos.

Sendo assim, esse sistema aquífero apresenta condutividade hidráulica modificável, complexa e de difícil avaliação. (MANASSES et al, 2007).

As águas tipicamente pertencentes à Formação Serra Geral são dotadas de características físico-químicas que as categorizam como bicarbonatada cálcica a bicarbonatada cálcica-magnésiana. (MENDES et al, 2002)

3.6.2 Sistema Aquífero Guarani (SAG)

O SAG é apontado como uma das maiores reservas de água subterrânea do mundo, localiza-se no centro-leste da América do Sul e estende-se por quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai. Possui dimensão de cerca de 1,2 milhão de Km², do qual 840 mil km² localizam-se por estados brasileiros, sendo 131.300 km² no Estado do Paraná, conforme Figura 4. (SILVA, 2011)

Segundo Zanatta e Coitinho (2002), o SAG evidencia-se por ser constituído por sedimentos flúvio-lacustres da Formação Pirambóia e por depósitos de origem eólica da Formação Botucatu.

São unidades formadas de arenitos de granulometria fina a média, bem selecionados e que possuem espessura média de 80 m, contendo bom grau de arredondamento. Em virtude disso, caracterizam-se por um extraordinário potencial

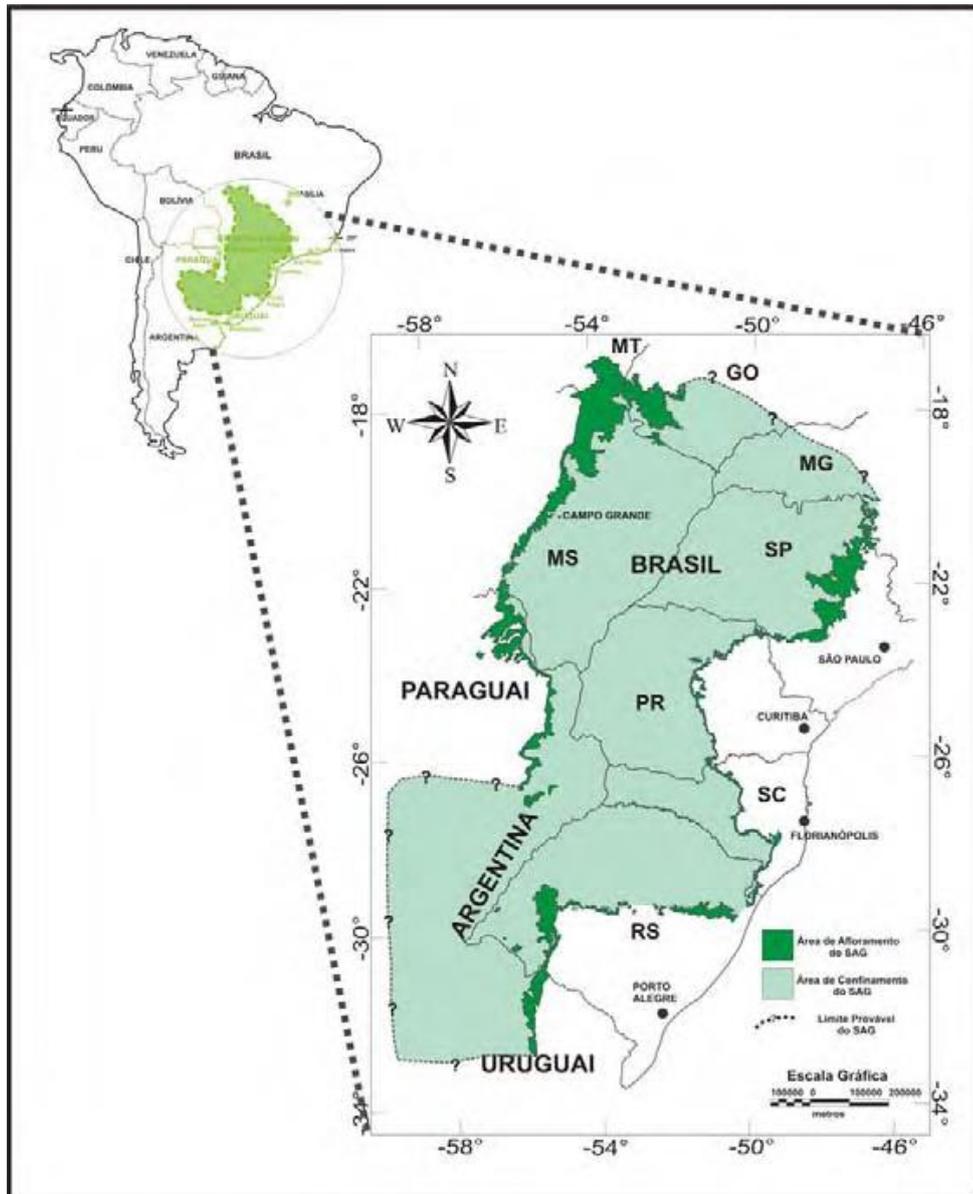
hidrogeológico, tendo vazões capazes de abastecer cidades de grande porte. O SAG aflora no sentido oeste e as espessuras do basalto crescem neste sentido, chegando a atingir 1500 metros. (MENDES et al, 2002)

Em algumas situações, essas águas acabam sendo restringidas ao consumo humano pela presença de flúor em concentrações variáveis, sendo essa uma característica hidroquímica frequente destas águas. (MENDES et al, 2002)

O SAG dispõe de uma área de recarga de 150.000 km², cujo potencial de recarga natural é de 160 Km³/ano (5.000 m³/s). Contudo, apenas uma parcela das reservas reguladoras torna-se passível de exploração, sob condições naturais (AMANTHEA, 2004).

De acordo com Silva (2011) no Brasil, a maior parte do uso das águas do SAG é utilizada para abastecimento humano (70%), seguido do setor industrial (25%) e os 5% restantes são usados na irrigação, no hidrotermalismo de lazer recreativo e terapêutico.

Figura 4 - Área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani (SAG)



Fonte: Gastmans, 2007.

4 MATERIAL E MÉTODOS

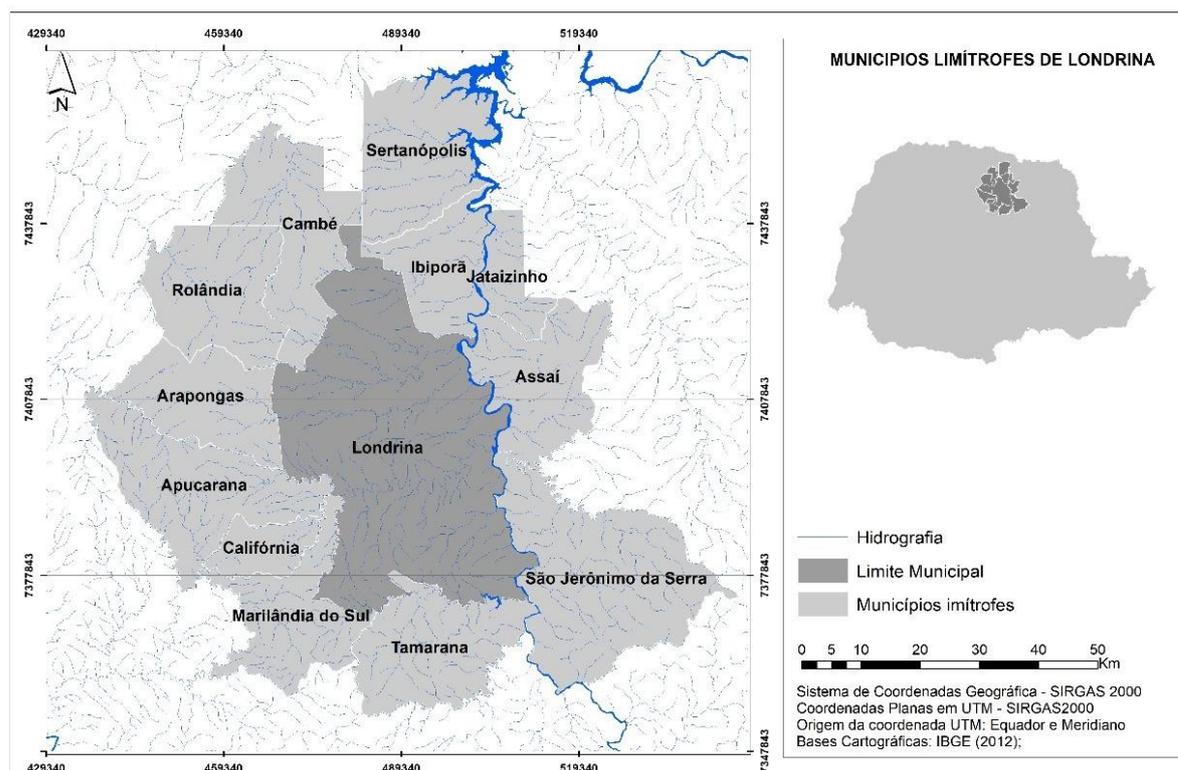
Para Bertucci (2008), a metodologia da pesquisa pode ser compreendida como um aglomerado de etapas, estruturadas de forma ordenada, na qual o pesquisador deverá seguir para que possa chegar à conclusão de um determinado estudo, seja a escolha do tema e da região de estudo, coleta e tabulação de dados e outras etapas. Desta forma, este capítulo serviu para esclarecer quais os materiais e métodos foram utilizados para que se pudesse chegar aos resultados e conclusão do estudo.

4.1 Localização da área

O município de Londrina está localizado a 23°18'37" de latitude Sul e 51°09'46" de longitude Oeste, apresenta altitude de 585 metros e sua sede encontra-se à 377,77 km da capital do estado. (INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. IPARDES, 2015)

Os limites municipais são: Sertanópolis, Cambé, Ibiporã; Arapongas, Apucarana, Marilândia do Sul; Tamarana, Ortigueira, São Jerônimo da Serra e Assaí. (Figura 5)

Figura 5 - Limites municipais de Londrina/PR



Fonte: Autoria Própria (2017).

4.2 Metodologia

Para atingir o objetivo principal desta proposta várias etapas foram realizadas a fim de serem melhor organizadas e facilitarem o andamento do respectivo projeto.

4.2.1 Construção do banco de dados

A primeira etapa do trabalho consistiu na construção de um banco de dados digital em SIG, capaz de armazenar, processar, visualizar e analisar os dados referenciados. Sendo que para que houvesse a estruturação desse banco de dados, foi feita uma extensiva pesquisa em trabalhos em que é abordada a gestão dos recursos hídricos e da hidrogeologia do SASG e SAG, tendo como base os bancos de dados textuais e referenciais disponíveis em estudos técnico-científicos e na internet. Por meio da coleta de material bibliográfico, aspectos socioeconômicos e dados dos poços existentes que exploram tanto o SASG quanto o SAG no município, elaborou-se um banco de dados em SIG.

Por meio de informações do SIAGAS (2017), visitas a órgãos públicos e empresas perfuradoras e informações recebidas por meio digital, as fontes de bases foram estruturadas. Obtiveram-se ainda informações socioeconômicas e demográficas a partir do censo demográfico do IBGE (2010) e de outras fontes oficiais como o IPARDES (2016), com vistas à obtenção dos dados mais recentes sobre população e atividades econômicas do município inserido nos limites dos sistemas aquíferos estudados.

4.2.2 Levantamento quantitativo e estatístico

A segunda etapa do projeto compreendeu um levantamento quantitativo e estatístico sobre os volumes explorados atualmente, onde cada poço tubular profundo inserido na área de abrangência tanto do SASG quanto do SAG no município foi identificado, com suas coordenadas geográficas e seus pontos locados em mapa.

O levantamento dos dados de poços tubulares profundos outorgados na área de estudo deu-se principalmente por consulta ao SIAGAS/CPRM (Serviço Geológico do Brasil) no qual inicialmente foi acessado o endereço web disponível nas referências, selecionada a bacia hidrográfica do Rio Paraná, na região Sul, no estado do Paraná e no município de Londrina, a partir disto buscou-se os dados dos poços e também à concessionária pública de serviço de água (SANEPAR, 2017). Dessa forma, a estimativa volumétrica de consumo de água no município em estudo teve como referência o mês de maio de 2017, pois de acordo com a própria companhia de saneamento os valores se aproximam da média anual de consumo, com isso a demanda de água para abastecimento público foi obtida pelos dados fornecidos pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2017).

O tratamento estatístico dos parâmetros relacionados ao uso atual e potencial, foi realizado por meio de planilha organizada no programa Microsoft Excel.

4.2.3 Estimativa e avaliação das potencialidades do SASG e SAG

A terceira etapa do trabalho consistiu na estimativa e avaliação das potencialidades das reservas hídricas subterrâneas do SASG e do SAG no município de estudo, em se tratando da disponibilidade e máximo volume explorável e teve como base de dados os estudos já realizados na região de acordo com Celligoi e Vianna

(2002) e Honorato (2013) no SASG, bem como outras referências em se tratando de SAG.

4.2.4 Construção de cenários potenciais

Com todos esses dados organizados foram construídos cenários potenciais de utilização tanto do SASG quanto do SAG, a partir das informações socioeconômicas e demográficas.

Para as projeções populacionais, o método empregado foi o dos componentes demográficos, na qual se baseiam nas estimativas oficiais da população do Brasil.

Este método parte de uma divisão da população de base em cortes ou grupos etários definidos. Para cada grupo são considerados os componentes do crescimento populacional, que possibilitam determinar a população do período de projeção.

Segundo Oliveira, Albuquerque e Lins (2004), o método das componentes demográficas para projetar populações por sexo e idade tem sua origem na conhecida equação compensadora ou equação de equilíbrio populacional, cuja expressão analítica é descrita na equação 1.

$$P(t + n) = P(t) + B(t, t + n) - D(t, t + n) + I(t, t + n) - E(t, t + n) \quad (1)$$

Onde:

$P(t+n)$ = população no ano $t+n$,

$P(t)$ = população no ano t ,

$B(t,t+n)$ = nascimentos ocorridos no período $t,t+n$,

$D(t,t+n)$ = óbitos ocorridos no período $t,t+n$,

$I(t,t+n)$ = imigrantes no período $t,t+n$,

$E(t,t+n)$ = emigrantes no período $t,t+n$,

t = momento inicial da projeção e

n = intervalo projetado.

As projeções populacionais são essenciais para orientação de políticas públicas e tornam-se instrumentos valiosos para todas as esferas de planejamento, tanto na administração pública quanto na privada. Tais informações viabilizam estudos prospectivos da demanda por serviços públicos, como o fornecimento de água, além

de serem fundamentais para pesquisadores e no estudo de determinados segmentos populacionais para os quais são formuladas políticas específicas, como os idosos, jovens e crianças e mulheres, bem como para o setor privado, no dimensionamento de mercados específicos. (OLIVEIRA, ALBUQUERQUE e LINS, 2004).

Dessa forma, para as estimativas de uso e potencial das águas tanto do SASG quanto do SAG no município, as projeções foram baseadas no método dos componentes demográficos, com os valores sendo obtidos através do IPARDES (2017).

4.2.5 Proposta alternativa de abastecimento público

Por fim, uma proposta de abastecimento público para o município foi apresentada, tendo como base a potencialidade e estimativa das reservas subterrâneas do aquífero, ou seja, a disponibilidade de água para atender a demanda, onde cenários foram apresentados visando o abastecimento público de Londrina-PR considerando o uso exclusivo das águas subterrâneas.

4.2.5.1 Quantidade de poços necessários

O primeiro passo da proposta de abastecimento se deu a partir da metodologia de Almeida (2006), onde calculou-se o consumo diário de água, através dos dados da estimativa de população (EP) para os anos de 2020, 2030 e 2040, relacionando com a estimativa volumétrica do consumo per capita (CPC) a partir da equação 2.

$$CDA = EP \times CPC \quad (2)$$

Após os dados do CDA serem encontrados, considerou-se um regime de bombeamento de 18 horas, a partir dessas informações o número de poços necessários para suprir as necessidades da população foi obtido, de forma que primeiramente foi calculada a vazão diária de cada poço (Q diária) inserido na região de estudo, de acordo com a equação 3.

$$Q \text{ diária} = Q \text{ média do Poço} \times \text{Regime de Bombeamento} \quad (3)$$

De acordo com a equação 4, foi encontrado o número de poços necessários para suprir a demanda da população.

$$\text{Número de poços} = \frac{CDA}{Q \text{ diária}} \quad (4)$$

4.2.5.2 Dados técnicos para a construção dos poços

Após obter-se o número de poços necessários, foi realizada uma pesquisa, que incluiu o custo de perfuração e captação (sistema de bombeamento) de cada poço, onde levantamentos de profundidade, método de perfuração, bem como outras características tanto dos materiais necessários para a perfuração de um poço, quanto de outros dados técnicos referentes ao sistema de abastecimento subterrâneo foram catalogados.

4.2.5.3 Valor total da obra

Com o agrupamento de tais dados, foi possível iniciar uma nova etapa da proposta, onde se orçou o valor total da obra levando em consideração o número de poços para abastecimento, a partir dos dados obtidos junto a empresas perfuradoras sobre o custo de perfuração do metro linear de cada poço e também o custo do sistema de bombeamento para cada um deles, calculando assim o valor total da obra (V_t) e ao fim estimou-se o preço hipotético por habitante (Preço Hab.). Vide equações 5 e 6.

$$V_t = (n^\circ \text{ poços} \times \text{preço por poço}) \quad (5)$$

$$\text{Preço Hab.} = \frac{(V_t)}{n^\circ \text{ habitantes}} \quad (6)$$

4.2.5.4 Comparativo econômico

Para que se possa comparar metro cúbico do sistema a ser implantado com o atual, foram realizados cálculos financeiros, onde de acordo com Almeida (2006) e a partir dos dados de custo de construção de cada poço (P), e uma taxa de juros anual baseada na taxa Selic (i), com relação também a vida útil do poço (n), será encontrado o gasto financeiro anual de investimento por poço (Gap), apresentado na equação 7.

$$Gap = (P \times (I \times (1 + I)^n) / (1 + I)^n - 1) \quad (7)$$

Além disso, será necessário orçar os gastos financeiros referentes à energia consumida da bomba submersa de cada poço (Ec) por hora, onde será utilizada a equação 8 para primeiro definir o total gasto em kw/h:

$$Ec/hora = 15 \times Q \text{ média do poço} \times \text{Altura Manométrica (bomba)} \quad (8)$$

Após essa etapa, será calculada então o valor diário de energia consumida, por meio de multiplicação simples (equação 9), em relação ao número de horas de bombeamento.

$$\frac{Ec}{dia} = \frac{Ec}{Hora} * \text{Regime de Bombeamento} \quad (9)$$

Esse valor será multiplicado pela tarifa do Kw/h, de acordo com a companhia de energia elétrica atuante no município e por 365 para que se possa encontrar o custo total do gasto de energia em 1 ano (Te), apresentada na Equação 10.

$$Te = \frac{Ec}{Dia} * Tarifa \frac{KW}{h} * n^{\circ} \text{ dias do ano} \quad (10)$$

Serão levados em consideração também os gastos financeiros anuais referentes à manutenção do poço (Gm), onde de acordo com empresas de perfuração, exigem em torno de 5% sobre o custo de poço, além de encontrar um volume anual previsto (Va) que será produzido por poço, conforme equação 11.

$$Va = Q \text{ média do poço} \left(\frac{m^3}{h} \right) x \text{ Regime de bombeamento} x (365 \text{ dias}) \quad (11)$$

Com todos esses dados será possível calcular o custo de produção (Cp) do m³ de água subterrânea, conforme a Equação 12.

$$Cp = \frac{(GAp + Te + Gm)}{Va} \quad (12)$$

Após a conclusão dos conceitos matemáticos, será exequível orçar o custo do m³ da água subterrânea, do mesmo modo que compará-lo economicamente com o m³ de água superficial, de acordo com dados da empresa de abastecimento de água de Londrina-PR, a fim de se apresentar cenários em busca de alternativas de abastecimento de água com potencial de ser incorporada pelos planejadores municipais e/ou estaduais. Além disso, a construção de uma base conceitual serve como uma melhoria da qualidade de vida da população, bem como auxilia na melhora no planejamento urbano municipal futuro no que tange a gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a formulação e organização do banco de dados integralizado em ambiente SIG da presente pesquisa, foram utilizadas duas fontes de bases de dados principais, a SANEPAR (2017), que é a empresa responsável pelos serviços de saneamento e abastecimento público de Londrina/PR e o SIAGAS. O Quadro 1 apresenta as informações coletadas em relação aos mananciais responsáveis atualmente pelo abastecimento do município.

Quadro 1 – Classificação, localização e tipo dos mananciais de abastecimento público em Londrina/PR

Tipo de Manancial	Local	Manancial
Superfície	Estação de Tratamento de Água	Ribeirão Cafezal
Superfície	Estação de Tratamento de Água	Rio Tibagi
Subterrâneo	Sistema Guarani	2 poços no Sistema Aquífero Guarani (SAG)
Subterrâneo	João Paz, Vivi Xavier, Parque Buena Vista	SASG
Subterrâneo dos distritos de Londrina	Warta, Recanto do Salto, Maravilha, Paiquerê, Irerê, Vila Rural Esperança, Selva, Guaravera, Taquaruna, São Luiz, Patrimônio Regina e Lerroville	SASG

Fonte: SANEPAR (2017). Organização Rocha, D.A. (2017).

Diante de tal classificação (Quadro 1), foi organizado com base no mês de maio (2017), o volume total produzido em Londrina por mananciais subterrâneos, de acordo com o Quadro 2.

Quadro 2 – Volumes totais de água produzidos no município nos diferentes mananciais em maio de 2017.

Referência:	Mês de Maio/2017
Local	Volume Total Produzido (m³/mês)
Mananciais Subterrâneos de Londrina	349.683
Mananciais Subterrâneos dos distritos de Londrina	90.684

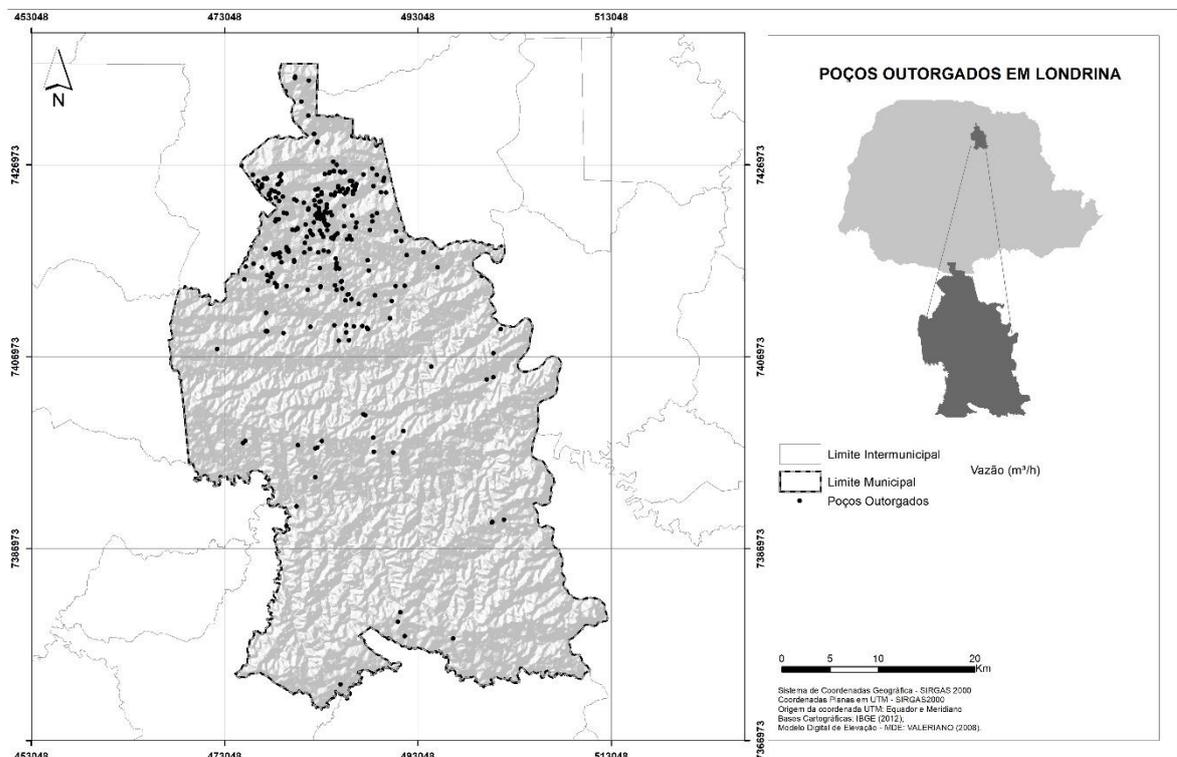
Fonte: SANEPAR (2017). Organização Rocha, D.A. (2017).

Através de busca no banco de dados dos poços do SIAGAS foram encontrados 594 registros, dos quais foram selecionados 290 poços no município de

Londrina/PR, sendo esses georreferenciados na área de estudo, com os dados apresentados no anexo C. A distribuição dos poços tubulares selecionados pode ser visualizada na Figura 6.

Cabe destacar que essa seleção conta com poços que possuíam vazões (Q) acima de zero e que utilizam o SASG para os mais diversos usos, o que permitiu o cálculo estimado da exploração diária do aquífero em 132.964,2 m³. No qual foi considerada a somatória da produção diária de cada poço, nos mais diversos regimes de bombeamento.

Figura 6 – Mapa apresentando a localização dos poços outorgados no município de Londrina/PR



Fonte: Autoria Própria (2017).

5.1 Demanda de água

Baseado na metodologia descrita para a construção dos cenários potenciais de utilização do SASG e do SAG, foram obtidas junto ao IPARDES (2016), através da metodologia de Oliveira, Albuquerque e Lins (2004), as informações referentes a estimativa de população para os anos de 2020, 2030 e 2040 para o município de

Londrina, sendo esses de 574.368, 611.857 e 628.600 habitantes respectivamente.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico, o consumo médio em Londrina é de 170 L/hab.dia, contudo para que haja uma margem de segurança, ao se calcular as projeções utilizou-se no trabalho um consumo médio de 200 L/hab.dia.

Desse modo, a utilização da equação 2 possibilitou o cálculo da demanda de água diária para abastecimento, ou seja, aquilo que é necessário para suprir as necessidades da população, para cada cenário futuro, de acordo com o Quadro 3.

Quadro 3: Demanda diária para abastecimento público dos habitantes do município para as projeções/cenários projetados

	Habitantes	Demanda por habitante (L/hab.dia)	Demanda diária (m ³ /dia)
População 2020	574.368	200	114.873,6
População 2030	611.857	200	122.371,4
População 2040	628.600	200	125.720

Fonte: Autoria Própria (2017).

Além disso, existem poços perfurados pela SANEPAR que são utilizados para abastecimento público e que produzem diariamente 14.205,39 m³/dia, quantidade essa que será descontada da demanda necessária, sendo assim para o ano de 2020 será exigido um montante de 100.668,21 m³/dia, para 2030 necessitará de 108.166,01 m³/dia e para o ano de 2040 com o aumento da população serão requeridos 111.514,61 m³/dia.

O SAG é composto no estado do Paraná pelas formações Pirambóia e Botucatu, abrangendo uma área de aproximadamente 138.000 km² com recarga anual de 160 km³/ano, sendo que desta, 40 km³/ano de água constituem o potencial explorável sem riscos para o sistema aquífero. (MENDES et al., 2002)

Desta forma, não haveria riscos para o aquífero a exploração no município, visto que a maior demanda de água seria para o ano de 2040, onde através de multiplicação simples da demanda diária por 365 dias necessita-se de aproximadamente 45.900.000 m³, o que em conversão simples seria 0,0459 km³, muito abaixo do limite máximo de exploração.

No caso do SASG, ao observar os dados encontrados em trabalhos referentes ao aquífero, como Celligoi e Vianna (2002) e Honorato (2013), bem como aos dados dos poços localizados na área de estudo, é possível afirmar que a demanda hídrica

de Londrina/PR para os anos do estudo não causará impacto ao aquífero se geridas corretamente. Desta forma as próximas etapas do trabalho podem ser realizadas sem problema algum.

5.2 Cálculo do número de poços necessários

Para que se possa calcular o número de poços necessários para atender as necessidades diárias e futuras da população, foi considerado um regime de bombeamento médio de 18h/dia além de dados recebidos da SANEPAR (2017) por meio digital. Então a vazão média estimada foi calculada por poço no SAG e SASG, com vazões médias de 210,7 m³/h e 24,17 m³/h, respectivamente.

Foi adicionado ainda um terceiro cenário, que levou em consideração os dados extraídos do banco de dados do SIAGAS (2017), de poços que estão em funcionamento no SASG, neste caso foi calculada a vazão média a partir das vazões de cada poço, onde foram somadas as vazões nos mais diversos regimes de bombeamento, e calculada uma média simples, sendo a vazão média encontrada nos poços de 25,47 m³/h.

Os três cenários propostos então foram dispostos no quadro 4 e a partir das equações 3 e 4 foram calculados o número de poços necessários para atender a demanda anteriormente prevista, na qual os mananciais foram separados e agem de forma independente. Sendo os resultados apresentados no Quadro 4.

Cabe ressaltar que a vazão diária se dá pela multiplicação simples entre a vazão média do poço em seu respectivo cenário e o regime de bombeamento adotado de 18h, resultando na vazão máximo produzida por poço diariamente.

Quadro 4: Número de poços necessários para atender a demanda diária a partir da potencialidade dos poços no SAG e SASG

Ano/População	Cenários	Dados	Vazão diária (m ³ /dia)	Demanda diária (m ³ /dia)	Nº de poços
2020 / 574.368	Cenário 1	Sanepar SAG	3792,49	100.668,87	27
2020	Cenário 2	Sanepar SASG	435,06	100.668,87	232
2020	Cenário 3	SIAGAS	458,5	100.668,87	220

2030 / 611.857	Cenário 1	Sanepar SAG	3792,49	108.166,01	29
2030	Cenário 2	Sanepar SASG	435,06	108.166,01	249
2030	Cenário 3	SIAGAS	458,5	108.166,01	236
2040 / 628.600	Cenário 1	Sanepar SAG	3792,49	111.514,61	30
2040	Cenário 2	Sanepar SASG	435,06	111.514,61	257
2040	Cenário 3	SIAGAS	458,5	111.514,61	244

Fonte: Autoria Própria (2017).

Para os cenários apresentados, foi considerada a vazão média horária por poço, multiplicada pelo regime de bombeamento selecionado, no caso 18h, assim foi encontrada a vazão média diária. Utilizando a demanda diária, anteriormente calculada, foi encontrado o número de poços necessários para que a demanda fosse atendida.

Ressalta-se que no caso do banco de dados do SIAGAS, os 290 poços outorgados produzem diariamente 132.964,2 m³ de água, o que significa que considerando uma condição hipotética, se todos os poços fossem direcionados para abastecer a população do município, não seria necessária a construção de mais nenhum poço, sendo os 290 já existentes capazes de suprir as necessidades da população até o ano de 2040, demonstrando a potencialidade hídrica da região.

Através do banco de dados da SANEPAR (2017) foi possível observar que os poços do SASG localizados na área urbana de Londrina/PR, apresentam vazões superiores aos que estão instalados na zona rural, com isso o procedimento anterior foi refeito levando em consideração apenas os poços da área urbana, criando-se assim um novo cenário, de tal forma que a vazão média considerada foi de 68,43 m³/h, com os resultados sendo apresentados no Quadro 5.

Quadro 5: Número de poços necessários para atender a demanda diária a partir da potencialidade dos poços no SASG localizados na área urbana

Ano/População	Cenário	Dados	Vazão Diária (m ³ /h)	Demanda diária (m ³ /dia)	Nº de poços
2020 / 574.368	Cenário 4	Sanepar (urbana)	1231,74	100.668,21	82
2030 / 611.857	Cenário 4	Sanepar (urbana)	1231,74	108.166,01	88
2040 / 628.600	Cenário 4	Sanepar (urbana)	1231,74	111.514,61	91

Fonte: Autoria Própria (2017).

Neste caso, consideram-se especificamente as vazões médias dos poços da SANEPAR (2017) localizados na região urbana do município, do qual o mesmo procedimento foi realizado.

Caso haja necessidade de reparos temporários nos poços, considera-se a possibilidade de implantação de 3 poços reservas na área do SAG e 5 poços reservas na área do SASG.

5.3 Dados para construção dos poços

De acordo com as características hidrogeológicas da área estudada e com base em pesquisas junto a empresas perfuradoras da região, foi possível levantar os dados e valores necessários para a perfuração, bem como análises da água e outorga do poço nas duas áreas do estudo, seja no SAG, quanto no SASG. Com isso um orçamento médio foi estimado, sendo o Anexo A e B apresentando um modelo de orçamento que foi utilizado para o cálculo do valor total da obra no SASG, com informações do sistema de bombeamento sendo levantadas através de telefonemas para as empresas de perfuração.

Em se tratando dos poços do SAG, devido a profundidades que podem chegar a 1000 metros, poucas empresas prestam tal serviço, assim foram consultadas por meio de telefonemas empresas do interior do estado do Paraná e do estado de São Paulo, sem o recebimento das informações por meio digital. No caso dos poços de 1000 metros e vazão em torno de 250 m³/h que atendem as características da proposta de exploração do SAG em Londrina/PR, apenas uma das empresas conseguiu orçar o valor completo da perfuração e do sistema de bombeamento.

5.3.1 Cálculo do valor total da obra

Os valores apresentados no anexo B são para a perfuração dos poços na área do SASG, onde a partir de 100 metros de profundidade há um aumento no valor unitário do metro perfurado, sendo esse alterado a cada 50 metros devido as características das rochas conforme a perfuração ocorre. Os dados referentes aos poços do SASG apresentam uma profundidade média na casa dos 150 metros, contudo foi utilizada uma profundidade de 200 metros para que seja feito o orçamento do custo de perfuração do poço na região em estudo.

A partir dos dados levantados com diversas empresas de perfuração, um poço com 200 metros de profundidade no SASG custará R\$ 9.500 para a perfuração dos 100 primeiros metros, mais R\$ 6.500,00 nos próximos 50 metros e R\$ 9.000 nos últimos 50 metros, totalizando R\$ 25.000,00. Sendo necessário ainda incluir os custos de material e itens 1.5 a 1.12 do anexo B, onde o valor total de perfuração calculado será de aproximadamente R\$ 30.715,00.

Sobre o sistema de bombeamento, o anexo A apresenta um modelo dos materiais necessários para que se instale um sistema completo, contudo os valores nela apresentados não serão levados em consideração, pois o orçamento enviado foi para um poço com vazão máxima de 6 m³/h, não atendendo as características passadas, com isso novas pesquisas foram realizadas e o valor médio levantado para o sistema de bombeamento do SASG foi de R\$ 15.550,00, com todos os materiais necessários inclusos, de acordo com dados de empresas de perfuração.

Vale ressaltar que de acordo com as empresas perfuradoras, o tempo de vida útil de cada bomba, se altera de acordo com as mais variadas características, como a manutenção realizada no poço, o tipo de local em que se encontra o poço, a qualidade da água, dentre outras. Dessa maneira, não foi considerado um tempo de vida útil para cada bomba, sendo esse valor incluso na taxa de manutenção do poço.

A partir do custo unitário de perfuração, do valor médio do sistema de bombeamento e do número de poços necessários para atender a demanda londrinense, foi calculado o investimento necessário para tais poços, baseado nos Quadros 4 e 5 referentes a base dados da Sanepar no SASG e do SIAGAS, sendo esses resultados apresentados no Quadro 6 a seguir.

Quadro 6: Investimento total da proposta de exploração do SASG a partir dos diferentes dados e cenários

Ano/População	Cenários	Dados	Custo de perfuração (por poço)	Custo do Sistema de Bombeamento (por poço)	Nº de poços	Investimento total
2020 / 574.368	Cenário 4	Sanepar (urbana)	30.715,00.	15.550,00	82	3.793.730,00
2020 / 574.368	Cenário 3	SIAGAS	30.715,00.	15.550,00	220	10.178.300,00
2020 / 574.368	Cenário 2	Sanepar SASG	30.715,00.	15.550,00	232	10.733.480,00
2030 / 611.857	Cenário 4	Sanepar (urbana)	30.715,00.	15.550,00	88	4.071.320,00
2030 / 611.857	Cenário 3	SIAGAS	30.715,00.	15.550,00	236	10.918.540,00
2030 / 611.857	Cenário 2	Sanepar SASG	30.715,00.	15.550,00	249	11.519.985,00
2040 / 628.600	Cenário 4	Sanepar (urbana)	30.715,00.	15.550,00	91	4.210.115,00
2040 / 628.600	Cenário 3	SIAGAS	30.715,00.	15.550,00	244	11.288.660,00
2040 / 628.600	Cenário 2	Sanepar SASG	30.715,00.	15.550,00	257	11.890.105,00

Fonte: Autoria Própria (2017).

Considerando a implantação de 5 poços reservas no SASG, o valor de investimento extra será de R\$ 231.325, devendo esse montante ser adicionado ao valor total de investimento.

Em se tratando da perfuração de poços na área do SAG, foi encontrada apenas uma empresa de perfuração, localizada no interior do estado de São Paulo, mais precisamente na cidade de Boituva-SP, a qual disponibilizou os dados a partir de telefonemas e troca de mensagens em aplicativo de celular, no qual o valor médio de cada poço com profundidade média de 1000 metros e sistema de bombeamento capaz de atender uma demanda de até 250 m³/h num regime de 18h diárias foi de R\$ 1.100.750,00.

Desta forma, o investimento necessário para perfurações no SAG nos cenários apresentados, estão dispostos no Quadro 7.

Quadro 7: Investimento total da proposta de exploração do SAG a partir dos diferentes dados e cenários

Ano/População	Dados	Custo total (por poço)	Nº de poços	Investimento total
2020 / 574.368	Sanepar SAG	1.100.750,00	27	29.720.250,00
2030 / 611.857	Sanepar SAG	1.100.750,00	29	31.921.750,00
2040 / 628.600	Sanepar SAG	1.100.750,00	30	33.022.500,00

Fonte: Autoria Própria (2017).

Da mesma forma em que foi considerada a implantação de poços reservas no SASG, o mesmo será feito com o SAG, contudo devido ao menor número de poços apenas 3 extras serão estimados, com isso o valor de investimento extra será de R\$ 3.302.250,00 devendo esse montante ser adicionado ao valor total de investimento para perfuração.

Considerando uma situação hipotética, foi selecionado o ano de 2040, período máximo no qual de acordo com os cenários apresentados a população estaria contemplada com o novo sistema de captação e distribuição de água, considerando também os poços reservas necessários. Assim, foi calculado um valor hipotético caso a atual população fosse pagar pela obra, sendo esses resultados apresentados no Quadro 8.

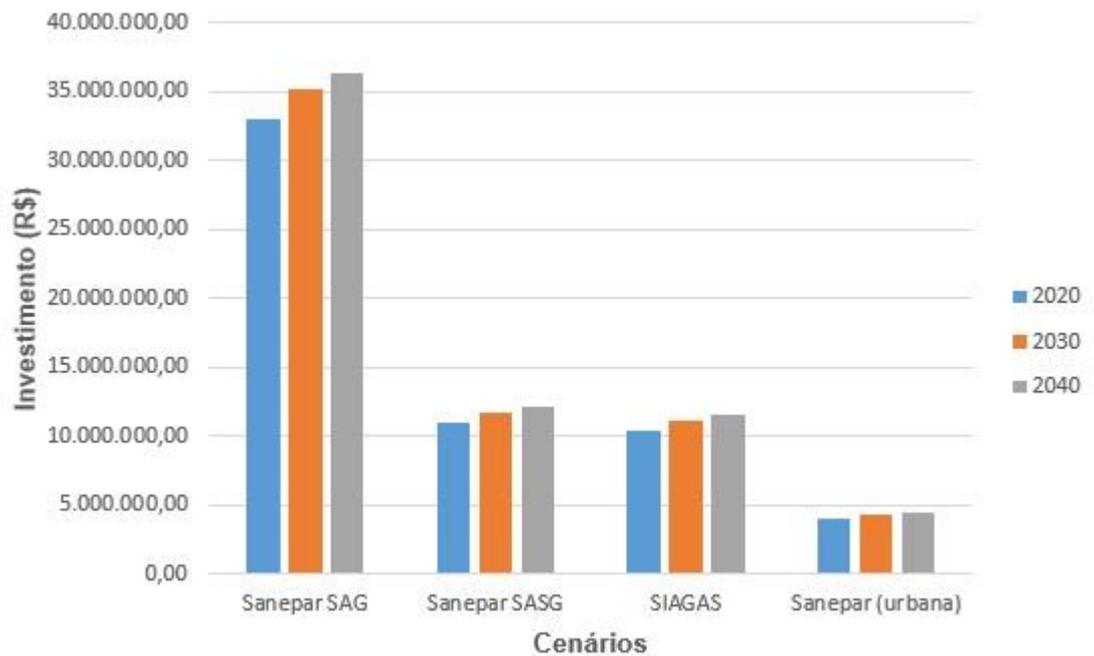
Quadro 8: Investimento por habitante nos projetos máximos de cada cenário

Ano/População	Dados	Investimento total	População atual (2017)	Preço por habitante
2040 / 628.600	Sanepar (urbana)	4.441.985,00	558.439	7,95
2040 / 628.600	SIAGAS	11.519.985,00	558.439	20,63
2040 / 628.600	Sanepar SASG	12.121.430,00	558.439	21,71
2040 / 628.600	Sanepar SAG	36.324.750,00	558.439	65,05

Fonte: Autoria Própria (2017).

A Figura 7 apresenta o comparativo de investimentos entre os 4 cenários apresentados, para os anos escolhidos.

Figura 7 – Gráfico do comparativo de investimentos necessários para os cenários apresentados



Fonte: Autoria Própria (2017).

Mesmo possuindo um valor de investimento maior que em relação aos cenários que explorariam do SASG, o cenário apresentado com possível exploração do SAG tem como vantagem o número reduzido de poços, o que se torna fundamental devido ao número de bombas que deverão sofrer manutenção em comparação aos demais cenários, bem como a própria manutenção de uma menor quantidade de poços, além de que existe uma maior área possível de ser explorada, mesmo que longe da área urbana. Outro ponto importante é de que ao se investir de forma parcelada, ou seja, devido a tal demanda necessária, apenas 1 poço pode ser mais viável que vários outros, devido à grande vazão encontrada no SAG.

5.3.2 Cálculo do comparativo econômico

Para que se pudesse comparar o m³ produzido pelo sistema a ser implantado com o do valor do m³ do atual sistema de captação e distribuição de água para a população. Foi considerado o custo de produção de cada poço e fixada uma taxa de juros anual baseada na taxa Selic (Sistema Especial de Liquidação e Custódia), taxa essa que é obtida pelo cálculo da média ponderada de juros praticados pelas instituições financeiras e que hoje se encontra em 9.15% ao ano, contudo a fim de se considerar uma margem de erro foi adotada uma taxa de juros de 10% ao ano.

Levou-se em consideração também a vida útil do poço, nesse caso o período entre 2020 e 2040, sendo então a vida útil considerada de 20 anos.

Assim foi possível encontrar o gasto financeiro anual de investimento por poço (Gap) a partir da equação 7, onde para os poços do SASG, que possuem um investimento de R\$ 46.265,00 o Gap foi de R\$ 5.434,27/ano. Para os poços do SAG que possuem um investimento de R\$ 1.100.750,00 o Gap foi de R\$ 129.293,68/ano.

Além disso, foram orçados os gastos financeiros referentes à energia consumida da bomba submersa de cada poço (E_c) em kw/h, utilizando a equação 8, e posteriormente encontrando a energia consumida baseada no regime de bombeamento de 18h, conforme a equação 9.

A partir de dados obtidos junto as empresas perfuradoras, foi considerada a altura manométrica (H) nos poços do SASG de H = 70 metros, e de H = 130 metros para os poços do SAG e as vazões referentes ao poço de cada região.

Outrossim, foi considerado o valor do kWh de acordo com a companhia de energia elétrica atuante no município (COPEL, 2017), que para indústrias e afins relacionados a classes de água, esgoto e saneamento possuem custo de 0,59 R\$/kWh, sendo esse multiplicado pela energia consumida diariamente e por 365 dias, conforme equação 10, encontrando assim os custos anuais em energia (T_e), resultados estes dispostos no Quadro 9.

Quadro 9: Gastos financeiros anuais referentes à energia consumida por cada poço

Dados	Vazão (m ³ /s)	Energia consumida por hora, por poço (kw/h)	Energia consumida por dia, por poço (18h) (kw)	Custo anual de energia (R\$)
Sanepar (urbana)	1,9x10 ⁻²	19,95	359,1	77.332,19
SIAGAS	7,075x10 ⁻³	7,43	133,74	28.800,91
Sanepar SASG	6,71x10 ⁻³	7,05	126,9	27.327,91
Sanepar SAG	5,85x10 ⁻²	114,08	2053,44	442.208,30

Fonte: Autoria Própria (2017).

Conforme dito anteriormente, de acordo com dados das empresas de perfuração, foi adotado um valor de 5% do custo de perfuração e bombeamento do poço, para que se leve em consideração um valor de manutenção para o mesmo, visto que não foi considerada a vida útil do sistema de bombeamento, pelo motivo de alguns fatores já citados. Com isso o valor de manutenção dos poços do SASG será de R\$ 2.313,25 e dos poços do SAG de R\$ 55.037,50.

Utilizou-se então a equação 11 para encontrar o volume anual (Va) previsto, ou seja, baseando-se na vazão média do poço, multiplicou-se pelo regime de 18h de bombeamento e por 365 dias, calculando então o volume que será produzido por poço nos cenários apresentados. A partir disto, utilizou-se a equação 12 e calculou-se o custo do m³ da água subterrânea nos mais diversos cenários (Cpa) no Quadro 10.

Quadro 10: Custo total de produção do m³ de água subterrânea em reais

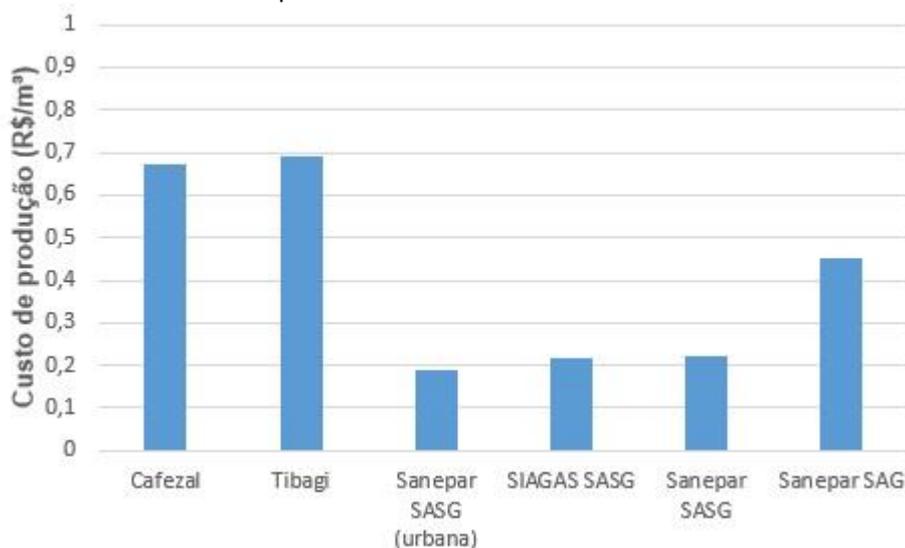
Dados	Gap	Te	Gm	Va	Cpa
Sanepar (urbana)	5.434,27	77.332,19	2.313,25	449.585,1	0,189
SIAGAS	5.434,27	28.800,91	2.313,25	167.352,5	0,218
Sanepar SASG	5.434,27	27.327,91	2.313,25	158.796,9	0,22
Sanepar SAG	129.293,68	442.208,30	55.037,50	1.384.258,85	0,45

Legenda: Gasto financeiro anual de investimento por poço (Gap); Custo em energia (Te); Gasto de manutenção por poço (Gm); Volume anual a ser produzido (Va); Custo do m³ de água subterrânea (Cpa)

Fonte: Autoria Própria (2017).

A partir de dados da SANEPAR (2017) sobre os custos de produção do m³ de água de mananciais superficiais, no qual estão inseridos custos com energia elétrica e manutenção anual foi possível então comparar economicamente com os cenários apresentados, sendo possível observar na Figura 8.

Figura 8 – Gráfico do comparativo entre custos de produção (R\$/m³) para os quatro cenários apresentados e o atual sistema

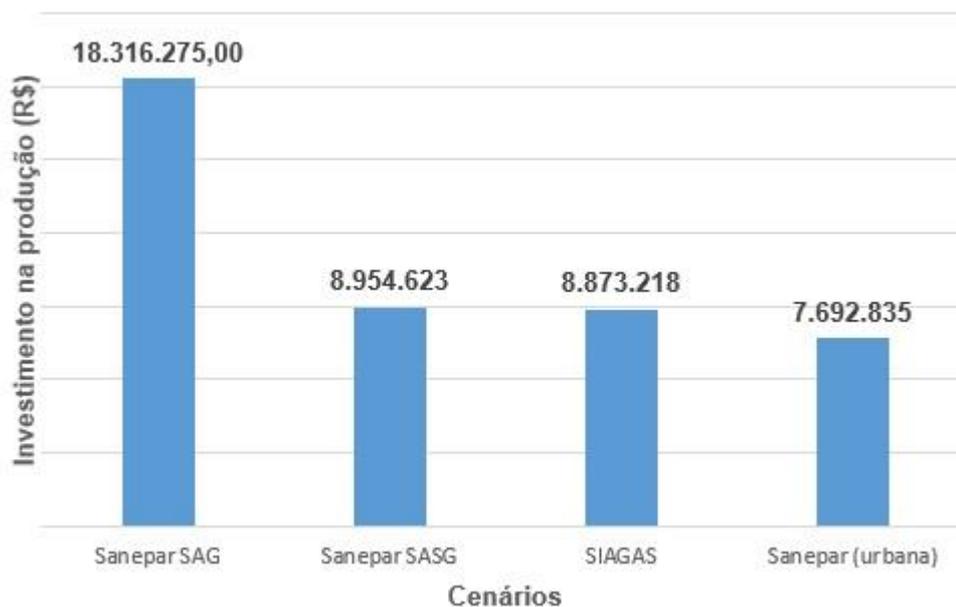


Fonte: SANEPAR (2017). Org. ROCHA, D.A. (2017).

Desta forma é evidente que os mananciais subterrâneos possuem grande vantagem em comparação ao atual sistema, de acordo com dados da empresa de saneamento do município, o valor do m³ de água que provém dos mananciais superficiais estão em R\$ 0,67 no Ribeirão Cafezal e R\$ 0,69 no Rio Tibagi, sendo possível observar que independente do sistema de captação e quantidade de poços necessários, o custo de produção do m³ é muito mais baixo que o do sistema superficial.

Ao se utilizar o ano de 2040 como estudo, período em que a demanda será máxima, a população necessitará de uma quantidade de 40.702.833 m³ de água para o abastecimento, ao se analisar o custo de R\$ 0,67 e R\$ 0,69 dos mananciais superficiais será necessário um investimento de R\$ 27.270.898,00 e R\$ 28.084.955,00, respectivamente para captar, tratar e distribuir essa quantidade de água. Contudo ao se aplicar o custo dos cenários apresentados esses valores diminuem, como pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Gráfico do investimento na produção de água para atender a demanda de 2040 com os cenários apresentados

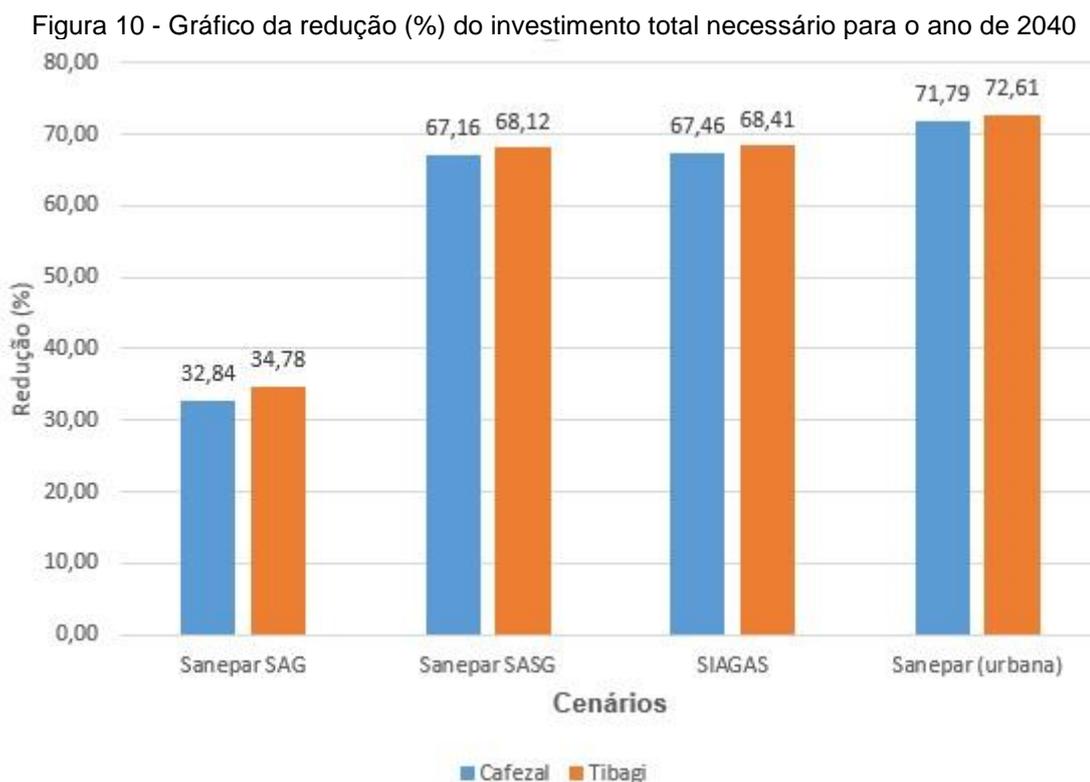


Fonte: Autoria Própria (2017).

A partir da Figura 9 é possível então afirmar que a principal vantagem ao se utilizar águas subterrâneas para abastecimento público ao comparar com os mananciais superficiais é a redução dos custos de produção, confirmado por Borguetti et al (2004), que diz que:

Em termos de custos, verifica-se que, mesmo nas condições mais desfavoráveis, o valor monetário médio do metro cúbico produzido é de cerca de 65% inferior àquele que seria obtido dos mananciais de superfície alternativos para abastecimento de demandas situadas entre 300 e 700 m³/h. (BORGHETTI et al. p. 166, 2004).

Nos cenários apresentados foi possível encontrar dados que comprovem este fato, sendo esses resultados apresentados na Figura 10.



Fonte: Autoria Própria (2017).

O que fica evidenciado que para 3 cenários a redução dos custos com a produção ultrapassa os 67%, enquanto que para o cenário do SAG a redução é de mais de 32%.

Sendo que para o autor, é possível ainda ressaltar outras vantagens do uso de águas subterrâneas, como estarem mais protegidas em relação a poluição, não necessitarem de tratamento, aliando assim vantagem econômica com melhora da saúde humana.

6 CONCLUSÕES

A avaliação dos recursos hídricos na região de Londrina, bem como os volumes explorados atualmente e respectivos poços perfurados, demonstram que os aquíferos da região em estudo, se explorados de forma correta, surgem como uma excelente alternativa no abastecimento do município.

Foi possível constatar que o custo do m³ de água proveniente de mananciais subterrâneos são bem menores que os de água dos mananciais superficiais, isso ficou evidente através da conclusão dos conceitos matemáticos, que demonstraram valores entre R\$ 0,18 e R\$ 0,45 por m³, no SASG e SAG respectivamente, estes menores quando comparados com os R\$ 0,67 dos mananciais superficiais, que ao gerar a redução dos custos para a companhia de saneamento teria a possibilidade de acarretar na diminuição do valor da conta de água para com a população.

Outra conclusão que pode ser destacada é a de que o volume produzido atualmente pelos 290 poços outorgados em Londrina/PR no SASG, seria suficiente para abastecer o município até o ano de 2040, período máximo estudado, contudo isso se torna impossível devido aos mais diversos fins de utilização de tais poços, no qual a outorga é de direito de cada um, sendo então considerada uma situação hipotética, mas que serve para confirmar o grande potencial hídrico do SASG.

Em se tratando da construção de poços para abastecimento, o cenário que apresentou menor custo foi o que levou em consideração os dados da companhia de saneamento de poços localizados na zona urbana de Londrina, no SASG, sendo necessários inicialmente 96 poços, tendo esse um valor de investimento de R\$ 4.441.985,00, contudo a grande maioria dos poços outorgados no município se fazem presentes nessa região, sendo necessários novos estudos a fim de se alocar corretamente tais poços, devido a interferência que pode ocorrer entre eles.

Uma excelente alternativa no que tange a exploração subterrânea é a utilização de poços no SAG, as vazões encontradas são maiores, na ordem de 210,7 m³/h, cerca de três vezes maiores que as dos poços no SASG localizados na zona urbana de Londrina, contudo vazões superiores são normalmente encontradas na região e no aquífero, nesse caso os investimentos são maiores e a profundidade é elevada, apesar disso seriam necessários “apenas” 33 poços, com um investimento inicial de R\$ 36.324.750,00, porém o Sistema Aquífero Guarani (SAG) é importante manancial, com investimentos crescentes na área e com bons retornos financeiros.

Além de que, seria possível considerar um novo cenário, no qual se a população atual fosse pagar pela obra o custo máximo por habitante seria de R\$ 65,05, para que fosse contemplada até o ano de 2040, sem riscos de desabastecimento, podendo esse valor ser parcelado conforme as obras forem sendo realizadas.

Fica evidente também a redução do custo de produção do m³ de água de mananciais subterrâneos quando comparado aos mananciais superficiais, de forma que para os três cenários do SASG a redução ultrapassa os 67%, enquanto que para o cenário do SAG a redução é de mais de 32%, sendo essa cerca de R\$ 10 milhões de reais de economia apenas considerando o ano de 2040, recuperando quase 1/3 do investimento necessário para tal proposta.

Esta proposta tem ainda, condições de ser incorporada pelos planejadores municipais, visto que são escassos os trabalhos relacionados ao abastecimento público municipal em se tratando de mananciais subterrâneos, além de ter possibilidade de servir como base para o planejamento urbano, auxiliando os gestores no que tange os recursos hídricos subterrâneos do município, bem como para a melhoria da qualidade de vida da população, auxiliando na garantia do acesso a água potável e possível redução no valor da conta de água.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. 2011 (Brasil). **Política Nacional de Recursos Hídricos: fundamentos, objetivos e diretrizes**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. -- Brasília: ANA, 2011. 37 p.
- ALMEIDA, F. M. de, et al; Proposta de Abastecimento de Água Utilizando os Aquíferos da Região de Barcarena-Abetetuba, Pará - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XIV., 2006. Curitiba. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23109>> Acesso em: 15 abr. 2017.
- AMANTHEA, N. R. **De Volta Para o Futuro: o Aquífero Guarani como Alternativa Viável ao Desenvolvimento da Região de Londrina - PR**. 2004. 287 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Programa de Pós Graduação em Administração, Universidade Estadual de Londrina - PR e Universidade Estadual de Maringá, Londrina - PR. 2004.
- BARBOSA, S. A. **Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas em Gestão de Recursos Hídricos Subterrâneos**. 2007. 68 f. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2008.
- BERTUCCI, Janete L. de O. Metodologia básica para elaboração de trabalhos de conclusão de cursos: Ênfase na Elaboração de TCC de Pós-Graduação Lato Sensu. São Paulo: Atlas, 2008.
- BORGHETTI, N.; BORGHETTI, J. R.; ROSA, E.F.F. *Aquífero Guarani – A verdadeira integração dos países do Mercosul*. Curitiba, 2004.
- BRASIL. - Lei Federal 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. **Política e Sistema Nacional de Recursos Hídricos** – “Lei das águas”. MMA/SRH – Movimento de Cidadania pelas Águas. Brasília, 1997.
- CÂMARA, G.; DAVIS, C. – Introdução, por que Geoprocessamento? In: CAMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V.; **Introdução a ciência da informação**. Inpe, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>> Acesso em: 14 mar. 2017.
- CARMELLO, V. **Vulnerabilidade Agrícola da Produção de Soja em Cinco Municípios da Região Metropolitana de Londrina – PR**. 2011. 79f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Geografia – Universidade Estadual de Londrina - PR, Londrina, 2011.
- CELLIGOI, A. **Recursos hídricos subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina – PR**. 83 p. Dissertação de mestrado – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CELLIGOI, A; VIANNA, T. R. Análise das reservas de água subterrânea do aquífero Serra Geral em Londrina: Recarga e Consumo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XII., 2002. Florianópolis. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo, 2002. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22693>> Acesso em: 14 jun. 2017.

CONAMA (2008) Resolução Conselho nº 396. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Ministério do Meio Ambiente. Brasil. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562f>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA – COPEL. **Tarifas por classe**. 2017. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F424c5fac3731460e03257488005939ef>>. Acesso em: 12 de out. 2017.

FERNANDES, A. J. et al. Estratigrafia dos Derrames de Basaltos da Formação Serra Geral (Ribeirão Preto – SP) baseada na Geologia Física, Petrografia e Geoquímica. **Revista do Instituto de Geociências**– USP. Geol. USP, Sér. Cient. São Paulo, v. 10, n. 2, p. 73-99, julho 2010.

FREIRE, C. C. **Modelo de Gestão para a Água Subterrânea**. 2002. 140 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.

GASTMANS, D. **Hidrogeologia e Hidroquímica do Sistema Aquífero Guarani na porção ocidental da Bacia Sedimentar do Paraná**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2007.

GESICKI, A. L. D. **Evolução Diagenética das Formações Pirambóia e Botucatu (Sistema Aquífero Guarani) no Estado De São Paulo**. 2007. 175 f. Dissertação (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

HONORATO, T. Z. **Utilização da Curva de Recessão na bacia do Rio Taquara: Uma Análise metodológica de aplicação na gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos**. 2013. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Informações completas do município**. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=411370> >. Acesso em: 26 mai. 2017.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Sistema Estadual de Gerenciamento de**

Recursos Hídricos. 2017. Disponível em:
<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=203>
Acesso em: 22 out. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Caderno Estatístico do município de Londrina.** 2015. Disponível em:
<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=86000>. Acesso em: 01 jun. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Projeção da população dos municípios do Paraná, por Sexo e grupos de idades, para o período 2017-2040.** 2016. Disponível em:
http://www.ipardes.pr.gov.br/ipardes/pdf/nota_tecnica_populacao_projetada.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Metodologia.** 2013. Disponível em:
ftp://ftp.ibge.gov.br/Projecao_da_Populacao/Projecao_da_Populacao_2013/nota_metodologica_2013.pdf. Acesso em: 05 ago. 2017.

KARMANN, I. **Águas subterrâneas.** In: TEIXEIRA, W.; MOTTA, T, M.C.; FAIRCHILD, T, R.; TAIOLI, F. (Ed). **Decifrando a Terra.** São Paulo: Oficina de textos, 2000, p. 113-138.

LARINI, M. M. **Avaliação do uso das Águas Subterrâneas na região metropolitana de Londrina-PR e comparativo da utilização dos mananciais superficiais para o abastecimento público.** 2013. 126f. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

MAACK, R.. **Geografia Física do Estado do Paraná.** 3ª. Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 400p. (Brasil diferente).

MANASSES, F.; FILHO, E. F. R.; BITTENCOURT, A. V. L. Estudo Hidrogeoquímico da Formação Serra Geral na Região Sudoeste do Estado do Paraná. **Águas Subterrâneas**, v.21, n.02, p.49-58, 2007.

MARQUES, É. A. T.; CUNHA, M. C. C.; MELO, I. D. F. Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na Gestão de Recursos Hídricos. **Revista Gestão Pública: Práticas e Desafios**, Recife, v. 2, n.4, p. 24-37, jun. 2011.

MELLO, M. P. M. **Qualidade da água subterrânea em poços do assentamento Nova Amazônia (RR): influência dos agentes impactantes.** 2009. 63 f. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista. 2009.

MELO, D. C. D. **Estimativa de impacto de mudanças climáticas nos níveis do aquífero livre em zona de recarga do Sistema Aquífero Guarani.** 2013. 190p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

MENDES E. A. A. et al; Mananciais Subterrâneos no Estado do Paraná. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XII., 2002, Florianópolis. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo, 2002. ABAS, 2002. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22845>> Acesso em: 11 mai. 2017.

MINEROPAR - **Serviço Geológico do Paraná**. Disponível em: <<http://www.mineropar.pr.gov.br>>. Acesso em: 02 jun. 2017.

OLIVEIRA, J. C.; ALBUQUERQUE, F. R. P. C.; LINS, I. B. **Estimativas das populações municipais: metodologia**. Diretoria de Pesquisas – DPE e Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS: Rio de Janeiro, 2004. 84p.

PEIXINHO, F. C.; OLIVEIRA, J. E. C.O. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS – As suas Funcionalidades e Importância no Contexto das Políticas Públicas**. 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA - PR. **Dados Geográficos**. 2017. Disponível: <<http://www.londrina.pr.gov.br/>>. Acesso em: 02 Jun. 2017.

SANTOS, M. M. dos. **Avaliação Hidrogeológica para determinação da Vulnerabilidade natural do Aquífero Freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2005.

SANTOS, M. M. dos. **Gerenciamento de recursos hídricos Subterrâneos: uso atual e potencial do sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo (SP)**. 2009. 224 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2009.

SANTOS, M. M. dos; CHANG, M. R. C.; KIANG, C. H. Utilização de SIG na Avaliação do Uso da Água do Sistema Aquífero Guarani no Estado de São Paulo. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, São Luís. 2010. **Revista Águas Subterrâneas**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23135>> Acesso em: 01 abr. 2017.

SETTI, et al. 2001. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 207 p.: il. ; 23 cm.

SILVA, L. A. da. **Regime de escoamento e recarga subterrânea de nascentes na região do Alto Rio Grande – MG**. 2009. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, MG. 2009.

SILVA, P. C. A. **Reserva hídrica: Aquífero Guarani e seu uso sustentável**. Monografia (especialização) - Curso em Legislativo e Políticas Públicas, Câmara dos

Deputados, Centro de Formação, Treinamento e Aperfeiçoamento (Cefor), 2011.

SILVEIRA et al, A. L. L. da. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, Carlos E. **M. Hidrologia: Ciência e Aplicação**. (4.Ed) 1ª reimp. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2009. Cap 2, p.36-38.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS. **Pesquisa geral sobre poços**. 2017. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php. Acesso em: 01 de abr. 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2015. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>> Acesso em: 22 out. 2017.

SOUZA, A. A. **Caracterização da Bacia do Rio Iguaçu, a Jusante do Município de Reserva do Iguaçu, como Área de descarga do Aquífero Guarani**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 2004.

STRUGALE, M. et al. Compartimentação Estrutural das Formações Pirambóia e Botucatu na Região de São Jerônimo da Serra, Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, n. 3, p. 303-316, setembro de 2004.

ZANATTA L. C.; COITINHO J. B. L; Utilização de Poços Profundos no Aquífero Guarani Para Abastecimento Público em Santa Catarina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 12, 2002. Florianópolis. **Anais**. Florianópolis: ABAS, 2002.

ZANETTI, N.. **Estimativa da vulnerabilidade natural do aquífero livre no município de Rio Claro/SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geociências) - – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2012.

ANEXO A – Modelo de orçamento para sistema de bombeamento de poço na área do SASG

<i>Qtd</i>	<i>Ud</i>	<i>Descrição</i>	<i>V. Unitário</i>	<i>V. Total R\$</i>
1,00	ud	Conjunto moto-bomba potência 02CV, 254 V, monofásico, 01 (um) ano de garantia de fábrica, instalado a 60m de profundidade, com capacidade para uma vazão de até 6m³/h	2.903,00	2.903,00
1,00	ud	Painel de comando elétrico 02CV, 254 V, monofásico (completo)	1.085,00	1.085,00
70,00	m	Cabo elétrico submersível 3 x 4 mm	9,90	693,00
15,00	ud	Cano edutor PVC Geomecânico 1 ½" roscável - 04 metros a barra	66,00	990,00
10,00	ud	Cano PVC de nível soldável - 06 metros a barra	16,00	160,00
1,00	ud	Curva ferro galvanizado 1 ½"	55,00	55,00
16,00	ud	Luvas ferro galvanizado 1 ½"	16,00	256,00
1,00	ud	Suporte de segurança ferro galvanizado 1 ½" (30 cm)	62,00	62,00
1,00	ud	União ferro galvanizado 1 ½"	60,00	60,00
TOTAL PARCIAL R\$				6.264,00

Fonte: Empresa de perfuração

ANEXO B – Modelo de orçamento para perfuração de poço de até 500m na área do SASG

Cliente:	Diego				
Endereço:				Bairro:	
Cidade:	Londrina	Estado:		Fone:	
CNPJ/CPF:		Ins. Esta.:		CEP:	
Email:	diegoorocha11@gmail.com			Data:	<u>28/09/2017</u>
Local da Perfuração:					

ORÇAMENTO

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	VALOR	TOTAL
1,00	MÃO DE OBRA				
1,1	Perfuração em 08" até 100 mts Rocha	Metro	100,00	95,00	R\$ 9.500,00
1,2	Perfuração em 08" até 150 mts Rocha	Metro	50,00	130,00	R\$ 6.500,00
1,3	Perfuração em 08" até 200 mts Rocha	Metro	50,00	180,00	R\$ 9.000,00
1,4	Perfuração em 08" até 250 mts Rocha	Metro	50,00	243,00	R\$ 12.150,00
1,3	Perfuração em 08" até 300 mts Rocha	Metro	50,00	320,00	R\$ 16.000,00
1,4	Perfuração em 08" até 350 mts Rocha	Metro	50,00	416,00	R\$ 20.800,00
1,3	Perfuração em 08" até 400 mts Rocha	Metro	50,00	520,00	R\$ 26.000,00
1,4	Perfuração em 08" até 450 mts Rocha	Metro	50,00	650,00	R\$ 32.500,00
1,4	Perfuração em 08" até 500 mts Rocha	Metro	50,00	812,00	R\$ 40.600,00
1,5	Relatório Geotécnico por poço	Verba	1,00	120,00	R\$ 120,00
1,6	Locação Geológica do Poço	Verba			R\$ -
1,7	Transporte dos maquinários até Londrina	Verba	3,00	300,00	R\$ 900,00
1,8	Base de proteção cimentada + cimentação do tubo	Verba	1,00	250,00	R\$ 250,00
1,9	Manutenção de Rancho	Verba	1,00	120,00	R\$ 120,00
1,10	Montagem do equipamento	Verba	1,00	500,00	R\$ 500,00
1,11	Processo de Outorga Prévia + Direito + Análises de Água	Verba	1,00	1800,00	R\$ 1.800,00
1,12	Desenvolvimento do poço	Verba	1,00	1500,00	R\$ 1.500,00
2,00	MATERIAL				
2,1	Revestimento em aço carbono 08"	Metro	1,00	275,00	R\$ 275,00
2,2	Tampa de proteção	Peça	1,00	250,00	R\$ 250,00
1,00	Total Mão de Obra				R\$ 178.240,00
2,00	Total Material				R\$ 525,00
4,00	Desconto				
5,00	TOTAL DO ORÇAMENTO				R\$ 178.765,00

Condições de PGTO: à combinar

Início da obra: Após anuência prévia

OBS: A empresa não garante quantidade e nem qualidade da água encontrada

O item 2,1 Revestimento é apenas um valor estimado podendo variar para mais ou para menos.

** POÇO EM 08" PARA ATENDER A VAZÃO DE 100m³/h solicitado por email

Fonte: Empresa de perfuração

ANEXO C – Dados dos 290 poços do SIAGAS outorgados em Londrina/PR

ID	Longitude	Latitude	Vazão (M³/h)	Profundidade (m)	Vazão (m³/d)
3500018828	-51,166108	-23,316747	1	220	18
3500021984	-51,150281	-23,358694	1	250	18
3500018837	-51,147782	-23,363972	2	241	36
3500041367	-51,169455	-23,295281	2	125	36
3500032429	-51,17208	-23,533188	1,9	150	34,2
3500041443	-51,172223	-23,560277	1,9	150	34,2
3500036320	-51,178889	-23,219717	4,5	175	81
3500038027	-51,164724	-23,313334	3,25	229	58,5
3500033707	-51,206116	-23,357863	1,3	80	23,4
3500034645	-51,190829	-23,299999	6,9	304	124,2
3500020203	-51,209719	-23,284519	2	316	36
3500018757	-51,193047	-23,298686	2	300	36
3500037962	-51,208609	-23,300283	2,5	120	45
3500018846	-51,195006	-23,3273	3	210	54
3500018718	-51,168331	-23,311469	3	155	54
3500041582	-51,179163	-23,308332	2,2	150	39,6
3500018735	-51,131936	-23,289798	1	128	18
3500034142	-51,155556	-23,335004	2,5	200	45
3500021855	-51,135279	-23,336749	3	150	54
3500035626	-51,171669	-23,313606	3	200	54
3500038312	-51,211113	-23,381107	2,4	150	43,2
3500042411	-51,219716	-23,375829	3	150	54
3500019327	-50,99306	-23,603413	3	426	54
3500032250	-50,992629	-23,602663	3	426	54
3500018814	-51,151939	-23,379803	4	105	72
3500038238	-51,166671	-23,313332	3	102	54
3500038090	-51,17305	-23,299721	2	230	36
3500039764	-51,207785	-23,348891	4	150	72
3500018833	-51,109444	-23,312018	5	100	90
3500018687	-51,167784	-23,312301	3	105	54
3500038525	-51,179163	-23,308332	4,6	222	82,8
3500018710	-51,114174	-23,319521	4	120	72
3500033720	-51,149447	-23,330918	2,5	102	45
3500021001	-51,137222	-23,333143	4	250	72
3500040058	-51,165547	-23,526393	5	184	90
3500018636	-51,169717	-23,316752	4	200	72
3500038303	-51,159724	-23,327783	4	170	72
3500033885	-51,204174	-23,424809	2	102	36
3500018621	-51,032501	-23,712579	5	90	90
3500040251	-51,169999	-23,315279	3,5	101,5	63
3500018711	-51,167778	-23,315363	5	150	90
3500018823	-51,192502	-23,184517	4	153	72
3500042220	-51,134725	-23,281674	5	120	90
3500018826	-51,209174	-23,292857	4	93	72
3500035554	-51,220547	-23,422781	3,5	150	63
3500019086	-51,165285	-23,331472	4	152	72

3500036318	-51,20472	-23,296106	4	300	72
3500018717	-51,162217	-23,310365	4	186	72
3500020961	-51,062221	-23,348691	2	150	36
3500021918	-51,142778	-23,323969	3	130	54
3500021949	-51,215829	-23,368409	2	154	36
3500018831	-51,168335	-23,306754	3	183	54
3500039713	-51,131112	-23,286953	6,6	120	118,8
3500038423	-51,242499	-23,361939	4,5	150	81
3500038187	-51,183331	-23,301941	6	152	108
3500018704	-51,168326	-23,315362	6	98	108
3500018720	-51,162784	-23,318141	6	102	108
3500038334	-51,168326	-23,315561	5	78,4	90
3500018707	-51,166391	-23,300641	3	186	54
3500018714	-51,162503	-23,320084	8	120	144
3500034430	-51,163889	-23,334174	1,65	100	29,7
3500042233	-51,150547	-23,360826	2,8	306	50,4
3500018841	-51,200827	-23,380362	5	142	90
3500021153	-51,181667	-23,322303	3	117	54
3500021798	-51,213609	-23,350906	2	100	36
3500022262	-51,09444	-23,394518	4	100	72
3500033316	-51,086116	-23,687863	13	220	234
3500038188	-51,160834	-23,323328	10	146	180
3500021856	-51,130284	-23,320629	5	150	90
3500018847	-51,161673	-23,321747	7	140	126
3500038723	-51,153335	-23,334438	3	200	54
3500018622	-51,167222	-23,36341	7	172	126
3500033314	-51,145114	-23,375916	9	150	162
3500034285	-50,980828	-23,600558	6	194	108
3500039669	-51,165277	-23,293614	3	110	54
3500038282	-51,203892	-23,311391	8	177	144
3500038956	-51,118607	-23,421112	6	100	108
3500018838	-51,155282	-23,335357	3	102	54
3500021122	-51,192217	-23,183144	1	180	18
3500022175	-51,208613	-23,284249	2	150	36
3500036573	-51,138614	-23,288888	6	120	108
3500034102	-51,166666	-23,317216	6,5	190	117
3500018732	-51,159441	-23,311469	8	100	144
3500041369	-51,211675	-23,297217	6	150	108
3500018811	-51,189996	-23,326466	5	194	90
3500035342	-50,984172	-23,421111	3,6	96	64,8
3500018701	-51,160286	-23,306473	6	178	108
3500018859	-51,17194	-23,304248	15	234	270
3500040119	-51,168065	-23,309717	6,6	92	118,8
3500042744	-51,225829	-23,363057	10	130	180
3500021498	-51,207782	-23,353407	13	238	234
3500021299	-51,198891	-23,348135	5	100	90
3500021819	-51,214175	-23,350084	5	80	90
3500034823	-51,153605	-23,263329	5	100	90
3500040229	-51,127775	-23,397222	8	150	144
3500041984	-51,201106	-23,344717	12	80	216

3500019524	-51,170002	-23,532305	9	150	162
3500038291	-51,169173	-23,288886	8,5	227	153
3500019142	-51,165549	-23,292024	3	100	54
3500021566	-51,22111	-23,278406	3	10	54
3500043245	-51,234442	-23,359169	2,5	100	45
3500038236	-51,174451	-23,33222	5	120	90
3500041581	-51,176943	-23,418889	9	77	162
3500021502	-51,210281	-23,3498	2	80	36
3500018604	-51,112783	-23,536476	20	120	360
3500038287	-51,16778	-23,301109	6,5	186	117
3500043409	-51,158614	-23,348054	4,4	100	79,2
3500031982	-51,082694	-23,517056	20,3	120	365,4
3500018597	-51,098062	-23,712578	20	250	360
3500018675	-51,217779	-23,292583	10	100	180
3500037280	-51,081668	-23,710276	5	140	90
3500038494	-51,167496	-23,316113	4,95	93	89,1
3500034206	-51,178327	-23,186674	12	100	216
3500033291	-51,093072	-23,537229	36	250	648
3500040644	-51,093062	-23,53722	36	250	648
3500018721	-51,163611	-23,314518	9	100	162
3500041661	-51,137783	-23,431394	8	80	144
3500019450	-51,176112	-23,330909	8	0	144
3500036692	-51,11333	-23,523332	3,5	270	63
3500040057	-51,054438	-23,456394	3,7	34	66,6
3500013211	-51,223888	-23,279251	2	100	36
3500018688	-51,176941	-23,328415	4	203	72
3500039264	-51,158887	-23,322779	8,5	184	153
3500039073	-51,271393	-23,439439	4,65	100	83,7
3500019150	-51,166944	-23,328408	7	94	126
3500019102	-51,178614	-23,307303	6	198	108
3500034813	-51,151107	-23,354439	5	100	90
3500039110	-51,140556	-23,424174	9	100	162
3500037694	-51,003327	-23,371114	10	52,5	180
3500021000	-51,13972	-23,336194	9	144	162
3500018743	-51,124438	-23,418145	8	0	144
3500038758	-51,163893	-23,313064	7,9	112	142,2
3500038237	-51,168887	-23,348893	5,4	150	97,2
3500034666	-51,218614	-23,294723	6,5	110	117
3500033525	-51,152507	-23,29481	14,4	108	259,2
3500038548	-51,10222	-23,27861	5	198	90
3500038292	-51,189995	-23,325834	18	187	324
3500018651	-51,155003	-23,313687	11	205	198
3500018685	-51,133612	-23,293689	15	126	270
3500037332	-51,140558	-23,417219	8	100	144
3500021427	-51,225827	-23,286755	5	100	90
3500042232	-51,132778	-23,418328	6	100	108
3500037874	-51,148327	-23,431944	5,6	140	100,8
3500018761	-51,13361	-23,291187	7	150	126
3500038390	-51,142218	-23,29333	1,5	126	27
3500019081	-51,220548	-23,370083	6	51	108

3500044011	-51,04805	-23,362779	7,9	130	142,2
3500021033	-51,142778	-23,305081	5	150	90
3500039712	-51,130278	-23,284442	33	180	594
3500018611	-50,991657	-23,466475	20	80	360
3500018664	-51,114443	-23,314517	7	138	126
3500032216	-50,998208	-23,468517	20	80	360
3500022371	-51,176944	-23,345361	6	100	108
3500018815	-51,111386	-23,389249	18	150	324
3500041113	-51,211394	-23,317496	7,2	120	129,6
3500021407	-51,177501	-23,34536	6	120	108
3500041121	-51,212219	-23,319437	10,2	150	183,6
3500018848	-51,199171	-23,346192	10	105	180
3500035757	-51,152784	-23,417497	8	89	144
3500039557	-51,222221	-23,422779	5,5	132	99
3500041140	-51,182502	-23,339718	20	197	360
3500033040	-51,081396	-23,380361	4	30	72
3500018840	-51,163328	-23,34702	5	101	90
3500038801	-51,150001	-23,266106	15	175	270
3500038661	-51,134454	-23,313887	6	320	108
3500041967	-50,991659	-23,443613	4,4	200	79,2
3500037015	-51,146954	-23,755562	10	190	180
3500021489	-51,183062	-23,348687	7	156	126
3500035308	-51,22556	-23,284723	9,37	126	168,66
3500032422	-51,11164	-23,38924	20	150	360
3500041368	-51,116656	-23,327776	6	150	108
3500031975	-51,123488	-23,501131	24,9	97	448,2
3500018772	-51,148607	-23,287579	45	240	810
3500018639	-51,170278	-23,311747	10	110	180
3500021483	-51,200278	-23,346751	4	80	72
3500018780	-51,15361	-23,33591	20	153	360
3500018692	-51,109717	-23,275633	18	258	324
3500036456	-51,200832	-23,311937	6,5	90	117
3500018573	-51,121392	-23,502018	25	97	450
3500018844	-51,195006	-23,3273	15	90	270
3500032428	-51,194918	-23,327337	15,1	90	271,8
3500019338	-51,171393	-23,289525	18	100	324
3500018782	-51,133888	-23,285632	10	112	180
3500032419	-51,108619	-23,248417	999	1053	17982
3500018700	-51,09639	-23,410911	45	150	810
3500039064	-51,222218	-23,344996	26,4	124	475,2
3500038501	-51,20889	-23,31722	28	150	504
3500018853	-51,201114	-23,343688	18	141	324
3500039252	-51,090565	-23,380564	12	100	216
3500018674	-51,218328	-23,293143	14	107	252
3500034466	-51,242222	-23,354722	6,5	100	117
3500037675	-51,079441	-23,351393	4,5	200	81
3500018827	-51,151944	-23,332858	4	115	72
3500032217	-51,088594	-23,696795	50	250	900
3500018762	-51,14028	-23,292021	14	132	252
3500018808	-51,146674	-23,272576	55	130	990

3500018813	-51,145829	-23,376466	55	150	990
3500033690	-51,145003	-23,27349	55	150	990
3500034701	-51,246394	-23,26667	24	70	432
3500018709	-51,123054	-23,275361	30	120	540
3500018796	-51,138326	-23,388144	43	151	774
3500032424	-51,139207	-23,388513	43	151	774
3500022298	-51,105281	-23,292022	5	58	90
3500018798	-51,157783	-23,273975	72	150	1296
3500032663	-51,152794	-23,272471	72	150	1296
3500038534	-51,217224	-23,371939	8,8	100	158,4
3500014075	-51,243608	-23,374249	16	75	288
3500036316	-51,21278	-23,291389	8,8	116	158,4
3500018799	-51,162223	-23,274801	55	150	990
3500033958	-51,15295	-23,27183	55	150	990
3500018753	-51,117785	-23,365912	50	150	900
3500039714	-51,131943	-23,286952	19,8	150	356,4
3500018730	-51,09639	-23,410911	18	150	324
3500037575	-51,13111	-23,32528	9,9	100	178,2
3500018679	-51,231673	-23,285906	32	102	576
3500032421	-51,118794	-23,356111	56,5	150	1017
3500034569	-51,109724	-23,248064	56,5	150	1017
3500034975	-51,118892	-23,356111	56,5	150	1017
3500018785	-51,159999	-23,303691	5	101	90
3500044054	-51,148615	-23,286106	8,45	170	152,1
3500038288	-51,150834	-23,363888	12	72	216
3500040234	-51,13667	-23,281393	5,2	130	93,6
3500018771	-51,221937	-23,405644	20	80	360
3500032342	-51,221898	-23,405526	20	80	360
3500039715	-51,131935	-23,288894	6,6	180	118,8
3500041976	-51,114171	-23,269722	9	120	162
3500012748	-51,221112	-23,279517	18	84	324
3500018832	-51,112776	-23,28619	6	122	108
3500021872	-51,135277	-23,392582	10	110	180
3500042111	-51,19139	-23,587777	6	100	108
3500018770	-51,148607	-23,287579	40	210	720
3500038864	-51,180558	-23,334174	2,5	200	45
3500032427	-51,134477	-23,239147	50,62	150	911,16
3500018810	-51,210827	-23,379518	6	120	108
3500032344	-51,212947	-23,377735	6	120	108
3500037266	-51,119722	-23,41972	6,5	115	117
3500034613	-51,220554	-23,279174	4,5	60	81
3500021834	-51,228334	-23,288693	15	100	270
3500018778	-51,216113	-23,290084	45	300	810
3500018699	-51,09639	-23,410911	58	120	1044
3500018702	-51,192218	-23,327584	12	180	216
3500041632	-51,146675	-23,291392	7,75	100	139,5
3500018784	-51,151673	-23,2923	9	105	162
3500033780	-51,172783	-23,237032	79,5	132	1431
3500018800	-51,173047	-23,237302	80	132	1440
3500035127	-51,155831	-23,294166	20,84	120	375,12

3500032345	-51,179568	-23,383992	20	72	360
3500018656	-51,231673	-23,285906	21	95	378
3500036604	-51,235	-23,275549	21,4	90	385,2
3500019227	-51,112221	-23,242299	360	961,29	6480
3500020989	-51,108609	-23,248408	360	1053	6480
3500018603	-51,243064	-23,526192	40	80	720
3500032211	-51,24536	-23,528239	40	80	720
3500038144	-51,156672	-23,310831	15,84	191	285,12
3500018807	-51,166942	-23,381468	48	87,5	864
3500018744	-51,169998	-23,245363	178	150	3204
3500033320	-51,166676	-23,380637	48,45	150	872,1
3500018731	-51,09639	-23,410911	30	150	540
3500032423	-51,169498	-23,244045	180	150	3240
3500012722	-51,200549	-23,344799	40	152	720
3500018683	-51,147222	-23,291193	22	107	396
3500018570	-51,19944	-23,609518	30	150	540
3500018792	-51,231673	-23,285906	30	150	540
3500018822	-51,102779	-23,281473	15	100	270
3500031972	-51,201621	-23,606534	30	150	540
3500018742	-51,134448	-23,239246	51	120	918
3500018745	-51,201666	-23,196754	39	80	702
3500044009	-51,084715	-23,337778	6	157	108
3500039029	-51,143895	-23,288893	40,58	105	730,44
3500032251	-51,189661	-23,530268	30	49	540
3500018824	-51,206389	-23,274804	8	102	144
3500034261	-51,17333	-23,32028	3	170	54
3500032420	-51,193338	-23,357581	40	150	720
3500034976	-51,193326	-23,356109	40	150	720
3500037615	-51,141936	-23,524438	660	300	11880
3500019336	-51,100284	-23,292296	22	150	396
3500036458	-51,090275	-23,328886	60	148	1080
3500039558	-51,166113	-23,313061	2,4	154	43,2
3500018797	-51,14472	-23,382863	102	150	1836
3500032425	-51,141307	-23,393931	102	80	1836
3500033954	-51,141278	-23,393995	102	150	1836
3500012839	-51,208065	-23,277304	5	100	90
3500018801	-51,15028	-23,383969	56	72	1008
3500033313	-51,156951	-23,273145	100	120	1800
3500018741	-51,141942	-23,272861	110	180	1980
3500032426	-51,141922	-23,272734	110	180	1980
3500039511	-51,217221	-23,298329	20	110	360
3500032230	-51,185829	-23,206467	39	80	702
3500018791	-51,206389	-23,28147	53	100	954
3500018695	-51,22972	-23,281474	10	102	180

Calculada a vazão de cada poço em m³/d, respeitando um regime de bombeamento de 18h.