



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"

Programa Interunidades

unesp 

Mestrado

Engenharia Civil e Ambiental

AMANDA BASTOS COELHO LOPES

**AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR EM ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LINS**

BAURU-SP

2017



AMANDA BASTOS COELHO LOPES

**AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR EM ÁGUAS
SUBTERRÂNEAS – ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LINS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”. Área de Concentração Geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Lodi

BAURU
2017



Lopes, Amanda Bastos Coelho.

Avaliação das concentrações de flúor em águas subterrâneas: estudo de caso do município de Lins / Amanda Bastos Coelho Lopes, 2017

70 f.

Orientador: Paulo César Lodi

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2017

1. Água subterrânea. 2. Aquífero. 3. Flúor. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE AMANDA BASTOS COELHO LOPES, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 20 dias do mês de dezembro do ano de 2017, às 14:00 horas, no(a) Anfiteatro da Diretoria Técnica de Informática, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. PAULO CESAR LODI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. ADRIANO SOUZA do(a) Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Profa. Dra. SANDRA REGINA RISSATO do(a) Departamento de Química / Faculdade de Ciências - UNESP - Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de AMANDA BASTOS COELHO LOPES, intitulada **AVALIAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE FLÚOR EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE LINS**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. PAULO CESAR LODI

Prof. Dr. ADRIANO SOUZA

Profa. Dra. SANDRA REGINA RISSATO

Dedico esta dissertação à minha mãezinha Lúcia Helena Costa Martins que me acompanhou e incentivou no início, mas não conseguiu ver a finalização desta etapa de minha vida. Aqui registro minha profunda gratidão pelo seu exemplo de vida, de coragem, de determinação e principalmente de amor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Orientador Professor Dr. Paulo César Lodi, pela paciência, acolhimento, incentivo e orientação.

À Professora Dra. Sandra Regina Rissato pelas contribuições e ideias durante a qualificação.

Ao professor Adriano Souza pelas correções e críticas construtivas durante a qualificação.

À professora Ilza Machado Kaiser, pelo apoio, amizade e exemplo durante o estágio à docência.

À Capes pelo apoio financeiro.

Ao mestrando e Engenheiro da SABESP Arthur Renato de Assis Bueno pelo auxílio, amizade e pelos dados fornecidos.

À minha sogra Rosa Regina Aparecida Coelho Lopes, pelo apoio.

Ao meu esposo Gustavo Coelho Bastos Lopes pelo seu companheirismo, amor e dedicação a mim e a nossa filha nos momentos em que esta dissertação se tornou meu foco principal.

À minha filha Paolla Bastos Coelho Lopes que nasceu há pouco tempo, pela inspiração e determinação que me trouxe para a conclusão desta dissertação.

Resumo

O abastecimento de água é vital para o modo de vida adotado atualmente pela sociedade e desta forma identificar as ameaças aos padrões de potabilidade, monitorá-las e remediá-las, se necessário, torna-se uma questão fundamental para garantir o abastecimento da população. Neste contexto, o presente trabalho avaliou a concentração de flúor através da presença de fluoreto nas águas de 32% dos poços responsáveis pelo abastecimento no município de Lins - SP (7 dos 22). Houve o cuidado de se selecionar poços que por sua profundidade atingissem cada um dos três aquíferos que abastecem a cidade (2 do Aquífero Guarani, 2 do Aquífero Serra Geral e 3 do Aquífero Bauru), visando-se identificar a influência do aquífero e da profundidade. Para tanto, foram analisados os dados de concentração de fluoreto de 2002 a 2006 e comparados com dados de 2013 a 2016 fornecidos pela SABESP. Uma ampla pesquisa bibliográfica foi fundamental para elucidar esta análise e salientar a importância de maiores discussões sobre a prática da fluoretação. Os principais resultados mostram que no município de Lins os poços que retiram água do Aquífero Serra Geral e Bauru precisam ter acréscimo de flúor em suas águas e os que retiram água do Aquífero Guarani o possuem em excesso, o que faz com que sejam necessárias medidas para garantir o equilíbrio destas situações, bem como o cumprimento das leis relacionadas a este parâmetro.

Palavras chave: água subterrânea, aquífero, profundidade, flúor, fluoretação.

Abstract

Water supply is vital to society's current way of life, and in this way identifying threats to drinking standards, monitoring and remedying them, if necessary, becomes a key issue in ensuring population supply. In this context, the present study evaluated the fluoride concentration by the presence of fluoride in the waters of 32% of the wells responsible for the supply in the municipality of Lins - SP (7 out of 22). Care was taken to select wells that reached each depth of the three aquifers that supply the city (2 from the Guarani Aquifer, 2 from the Serra Geral Aquifer and 3 from the Bauru Aquifer), in order to identify the influence of the aquifer and the depth. For that, we analyzed the fluoride concentration data from 2002 to 2006 and compared it with data from 2013 to 2016 provided by SABESP. A broad bibliographical research was fundamental to elucidate this analysis and to emphasize the importance of further discussions on the practice of fluoridation. The main results show that in the municipality of Lins the wells that withdraw water from the Serra Geral and Bauru aquifers need to have fluoride added in their waters and those that take water from the Guarani aquifer have it in excess, which means that measures are necessary to ensure the balance of these situations, as well as compliance with laws related to this parameter.

Keywords: groundwater, aquifer, depth, fluoride, fluoridation.

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Sumário	iii
Lista de figuras	iv
Lista de tabelas	vi
Lista de siglas	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. JUSTIFICATIVA	5
3. OBJETIVO	6
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
4.1. Água subterrânea	8
4.2 Hidrogeologia do Estado de São Paulo	11
4.3 Qualidade e potabilidade da água de abastecimento	15
4.4 Cloração e Fluoretação.....	15
4.4.1 Cloração	15
4.4.2 Fluoretação.....	16
4.5. Fluoreto nas águas subterrâneas	19
4.6 Países que não utilizam a fluoretação das águas de abastecimento	22
5. MATERIAIS E MÉTODOS	26
5.1. O Município de Lins	26
5.2. Hidrogeologia do município de Lins.....	29
5.3. Sistema de abastecimento de água do município de Lins.....	34
6. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES	40
7. CONCLUSÕES	51
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXOS	56

Lista de figuras

Figura 1: Ciclo hidrológico.....	9
Figura 2: Relação solo e água.....	9
Figura 3: Domínios Hidrogeológicos do Estado de São Paulo.....	11
Figura 4: Unidades Aquíferas Aflorantes.....	12
Figura 5: Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo.	13
Figura 6: Tabela Periódica	19
Figura 7: Ciclo geoquímico simplificado do flúor em regiões semiáridas.	20
Figura 8: Distribuição das concentrações de Fluoreto no Estado de São Paulo.....	22
Figura 9: Mapa localizando o município de Lins no Estado de São Paulo.	26
Figura 10: Mapa das sub-regiões do Estado de São Paulo e Minas Gerais, com destaque para o município de Lins.....	27
Figura 11: Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.	28
Figura 12: Características da UGRHI 16.....	28
Figura 13: Perfil hidrogeológico do Estado de São Paulo.	29
Figura 14: Localização do Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.....	30
Figura 15: Características gerais do Aquífero Bauru.....	30
Figura 16: Mapa de isovalores para o fluoreto (mq/L) do Sistema Aquífero Bauru em sua porção meridional no Estado de São Paulo.....	31
Figura 17: Localização do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.....	32
Figura 18: Poço profundo no município de Lins.	33
Figura 19: Sistema de abastecimento de rede de água de Lins.....	34
Figura 20: Fachada do PPJ2.....	35
Figura 21: PPS4 - R 15 de Novembro nº 626.....	35
Figura 22: Perfil do poço PPS2.	36
Figura 23: Fachada do PPS 10 (DAEE).	36
Figura 24: - PC-005 AV Tiradentes com Nicolau Zarvos.....	37
Figura 25: Fachada do poço PPS7.	37
Figura 26: Perfil do poço PPS9.	38
Figura 27: Procedimento de diluição utilizado pela SABESP de Lins.	39

Figura 28: Gráfico baseado na Tabela 7.....	40
Figura 29: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS2.....	41
Figura 30: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS4.....	42
Figura 31: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS5.....	42
Figura 32: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS7.....	43
Figura 33: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS9.....	43
Figura 34: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS10.....	44
Figura 35: Concentração de Fluoreto nos Aquíferos dos poços selecionados.....	45
Figura 36: Gráfico resultante dos dados apresentados na Tabela 9 dos poços do Aquífero Guarani.....	45
Figura 37: Gráfico da variação de fluoreto em um dia no PPJ2.....	46
Figura 38: Gráfico de Fluoreto em 28/11/02 no PPS10.....	46
Figura 39: Concentração média durante os anos analisados dos poços do Aquífero Guarani.....	47
Figura 40: Poços do Aquífero Bauru - concentração de fluoreto.....	47
Figura 41: Poços do Aquífero Bauru – Profundidade.....	48
Figura 42: Poços do Aquífero Serra Geral - concentração de fluoreto.....	49
Figura 43: Poços do Aquífero Serra Geral – Profundidade.....	49
Figura 44: Profundidade dos poços dos Aquíferos Bauru e Serra Geral.....	50
Figura 45: Concentração média de Fluoreto de 1996 a 2002 nos poços dos Aquíferos Bauru e Serra Geral.....	50

Lista de tabelas

Tabela 1: VQR das Águas subterrâneas do Estado de São Paulo.	14
Tabela 2: Limites recomendados para a concentração do fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.....	17
Tabela 3: Compostos recomendados para uso na Fluoretação.....	18
Tabela 4: Concentrações de Fluoreto acima do VMP.....	21
Tabela 5: Argumento de Daré (2006).....	24
Tabela 6: Dados referentes aos valores médios encontrados em análises da CETESB em diversos poços no Estado de São Paulo.....	33
Tabela 7: Concentração de fluoretos de 1996 a 2002 e de 2013 a 2016.....	40
Tabela 8: Aquífero, Ano de perfuração e profundidade dos poços.	41
Tabela 9: Dados dos poços nos anos de 1996 a 2002 com os dados do PPJ2.....	44

Lista de siglas

CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo
VMP	Valor Máximo Permitido

1. INTRODUÇÃO

Os cursos d'água têm sido cada vez mais poluídos e contaminados através das mais diversas atividades humanas, sendo que o lançamento de resíduos líquidos ao longo de seu percurso, sem tratamento, é um dos principais responsáveis.

Existem diferentes denominações para o modo como a poluição atinge os cursos d'água, sendo que a mais difícil de determinar e sanar é a denominada poluição difusa, pois esta ocorre ao longo do percurso de forma intermitente, podendo ter origem na agricultura, pecuária, centros urbanos próximos, dentre outros. Quando a poluição é tópica ou pontual as medidas de contenção e/ou atenuação tendem a ser mais eficientes, como é o caso, por exemplo, do lançamento de efluente de esgoto por uma ETE ou uma indústria. Tanto a poluição difusa quanto a pontual pode ocorrer simultaneamente, portanto elas não são excludentes (BRANCO 2014).

A contaminação do solo nas margens destes corpos d'água também é uma fonte relevante de poluição. Carvalho (2012) aborda que o uso e ocupação do solo pode impactá-lo diretamente e como consequência afetar a qualidade das águas superficiais devido ao escoamento superficial que pode carrear resíduos do solo que podem vir a comprometer a qualidade das águas.

No caso da zona rural o solo sofre influência do tipo de plantação local devido aos defensivos agrícolas e fertilizantes utilizados, normalmente em larga escala, o que além de contaminar o solo e causar alterações na flora e fauna, acarreta desequilíbrios nos cursos d'água que o margeiam. Podendo também penetrar em camadas mais profundas e atingir lençóis subterrâneos dependendo da permeabilidade do solo e da profundidade destes lençóis.

Neste sentido existem diversos estudos acadêmicos, como o de Fuess (2013) que estuda a disposição de vinhaça no solo à margem do rio, devido ao potencial poluente/contaminante da vinhaça e aos impactos negativos no solo e nos recursos hídricos no caso da aplicação de dosagens inadequadas na plantação de cana.

A vinhaça é um subproduto da produção de etanol que por ser rico em nutrientes é utilizado abundantemente na fertilização de plantações de cana, sendo que se utilizado em dosagens corretas é benéfico ao solo. Porém, se utilizado em excesso, entre outras coisas pode através do fenômeno da lixiviação chegar aos corpos d'água

e ser responsável pela eutrofização do mesmo. Além do excesso de nutrientes a vinhaça também pode ocasionar o aumento da concentração dos metais potássio, cálcio e magnésio que afetam a salinização do solo e poluem as águas subterrâneas e superficiais.

Para evitar os problemas ambientais que ela pode causar, a CETESB definiu critérios para esta aplicação que envolvem cálculos que consideram, entre outros fatores, a profundidade dos lençóis freáticos na proximidade da plantação, a fertilidade e a permeabilidade do solo, a concentração de potássio na vinhaça e a extração média desse nutriente na cultura no qual será utilizada.

Considerando esta questão do manejo das plantações interferindo na qualidade das águas, Ferrarese (2011) ressalta que a utilização da água de lavagem para fins de fertirrigação na agricultura assim como a associação desta com a vinhaça é uma prática aceitável para muitos produtores rurais, o que demonstra a necessidade de conscientização sobre o potencial poluente de ambas. Além disso, estudos referentes a constituição das mesmas aliadas à análises da contaminação dos solos que circundam os cursos d'água onde este tipo de fertirrigação já tem sido utilizado.

Inúmeros fatores influenciam os cursos d'água, pois estes se constituem em sistemas dinâmicos. Neste sentido Santos (2013), acredita que devido à dinâmica da água os solos que os margeiam variam no tempo e no espaço, sendo o acompanhamento dessas mudanças importante para o entendimento de diversos processos relacionados aos recursos hídricos.

As características dos solos que margeiam os cursos d'água (físicas, químicas, biológicas e mineralógicas) influenciam substancialmente na poluição que podem chegar aos mesmos, considerando principalmente o potencial de erodibilidade destes na poluição por sedimentos (MARTINS, 2005).

Dantas (2013) enfatiza que a permeabilidade do solo, a capacidade de armazenamento de água, a textura, os teores de silte, a coesão, o grau e o tipo de mineral de argila afetam a erodibilidade do solo regulando a infiltração de água, a desagregação e a resistência ao transporte pela chuva, o que influencia direta ou indiretamente na probabilidade de contaminação das águas tanto superficiais como subterrâneas.

Cuelbas (2007), por exemplo, aborda os impactos do uso e ocupação inadequado do solo, do desmatamento irracional, do uso indiscriminado de fertilizantes,

corretivos e agrotóxicos e principalmente da área urbana sobre uma bacia hidrográfica resultando na conseqüente contaminação dos cursos d'água e dos lençóis freáticos.

Devido a esta problemática que envolve a poluição e/ou contaminação dos cursos d'água, sempre que possível as cidades optam por ter fontes subterrâneas de abastecimento de água, já que em tese estas águas estariam protegidas por um filtro natural que seria o próprio solo, dificultando assim a contaminação destas águas.

As fontes subterrâneas, por normalmente se encontrarem confinadas são mais influenciadas em sua constituição química pelas rochas e/ou o solo que as circundam, o que pode acarretar na necessidade de um tratamento prévio antes de serem classificadas como potáveis.

Em relação a detecção de metais em amostras de solo Santos (2011), ressalta a importância de se analisar sua origem, já que muitos metais são oriundos da rocha de formação. Portanto não basta apenas detectar a presença de metais para constatar a existência de contaminação, é preciso estudar o solo.

Mesmo conhecendo a origem do solo, precisa-se considerar que com o tempo os elementos constituintes sofrem alterações devido a reações e processos geoquímicos (dissolução, hidratação, hidrólise, oxidação, redução e carbonatação), fenômeno este também conhecido como intemperismo químico da rocha (AMARANTE, 1997).

A avaliação de contaminantes nas proximidades dos poços também deve ser considerada e investigada, como por exemplo se eles se localizarem em pontos próximos a postos de combustíveis que podem acabar tendo algum tipo de vazamento em seus tanques e a pluma de contaminação pode vir a atingir estes poços.

Neste sentido, Souza (2016) cita alguns aspectos que podem aumentar a probabilidade de ocorrer contaminação por vazamento, como o tipo de material utilizado na construção dos tanques de armazenamento de combustíveis, a ausência ou atrasos em reformas ao atingir a vida útil dos mesmos, dentre outros.

Daí a importância de se analisar o uso e a ocupação do solo para a identificação e explicação de fontes de contaminação deste e conseqüentemente das águas tanto superficiais quanto subterrâneas.

As possíveis fontes de contaminação e poluição devem ser identificadas, pois nem sempre a contaminação ocorre de forma instantânea, e sim devido ao acúmulo de várias substâncias no decorrer do tempo, sendo desta forma recomendado o acompanhamento destas fontes.

O abastecimento de água é vital para o modo de vida adotado atualmente pela sociedade, e desta forma identificar as ameaças aos padrões de potabilidade torna-se uma questão fundamental para garantir o abastecimento da população, o que requer análises constantes para garantir a manutenção desta, assim como o constante estudo de remediação dos eventuais problemas encontrados.

Face ao exposto e considerando que a água pode ser contaminada em diversos níveis, este trabalho avaliou a contaminação de água subterrânea por excesso de flúor na cidade de Lins (SP). Foram avaliadas as causas e possíveis consequências desse processo de contaminação.

2. JUSTIFICATIVA

A preocupação com a qualidade da água de abastecimento vem crescendo exponencialmente com o decorrer dos anos devido principalmente ao fato do meio ambiente estar sendo cada vez mais o foco das atenções.

No caso do Brasil nos últimos anos as frequentes crises hídricas vêm cada vez mais chamar a atenção para a necessidade de se ter fontes de água confiáveis em relação à disponibilidade e qualidade.

Deste modo, com o intuito de compreender fatores que poderiam determinar a utilização ou não de uma fonte de abastecimento e o motivo disto, selecionou-se para esta pesquisa a variável Concentração de Fluoreto nas águas subterrâneas proveniente de alguns poços do município de Lins.

Esta escolha se baseou no fato do fluoreto ser um componente desejável (no panorama nacional) de se encontrar nas águas, porém em quantidades controladas, sem excesso.

Outro fator foi o interesse em relacionar os níveis de fluoreto ao Aquífero do qual o poço retira água, de modo a perceber a influência da hidrogeologia na água.

3. OBJETIVO

Avaliar as concentrações de fluoreto na água subterrânea em alguns poços de abastecimento utilizados pela SABESP no município de Lins (SP) e sua correlação com os Aquíferos dos quais extraem suas águas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O aumento da população aliado a consequente diminuição dos recursos florestais impactou negativamente o equilíbrio da biosfera, através da erosão eólica, hídrica, degeneração do solo e poluição do ar (MINGOTI, 2012), levando o homem a se preocupar com a interação com o meio ambiente.

Neste sentido uma das maiores preocupações que surgem é em relação à poluição das águas e a potabilidade delas, já que se trata de um recurso não renovável e escasso em termos principalmente de água doce.

O ser humano utiliza a água para diversas necessidades, como consumo, higiene, irrigação, criação de animais, dentre outros. E tais usos requerem padrões de qualidade adequados para cada tipo de atividade, daí a importância de estudos da caracterização físico-químico da água e determinação de metais pesados em sedimentos e no solo que margeia os cursos d'água, visando não só adequar a legislação específica de cada uso requerido, como prevenir danos à saúde e ao meio ambiente.

Pensando neste aspecto leis foram criadas para orientar no sentido de garantir a potabilidade das águas, sem apresentar risco à saúde.

A resolução CONAMA nº 357/2005 classifica as águas superficiais em classes que dizem respeito a quantidade de algumas substâncias presentes nos corpos d'água. Essa classificação norteia em relação ao que esperar encontrar ao se analisar uma amostra da água em relação ao grau de poluição. Orienta também no tipo de tratamento necessário para tornar a água potável de acordo com o grau de poluição que ela se encontra. Classificação semelhante pode ser encontrada na resolução CONAMA nº 396/2008, porém em relação às águas subterrâneas.

A água captada e distribuída para a população pode ter origem superficial ou subterrânea e em alguns casos mista, sendo alguns bairros abastecidos por água subterrânea e outros por águas superficiais.

A escolha da fonte de abastecimento a ser utilizada depende de uma análise complexa, que deve considerar dentre outros fatores a disponibilidade, a qualidade e o custo para a viabilização da captação, do transporte e do tratamento necessário para garantir o atendimento aos padrões de potabilidade.

A suscetibilidade à contaminação da fonte de abastecimento também constitui um fator importante a ser considerado, por exemplo, no caso de um acidente em uma rodovia com derramamento de óleo próximo a um curso d'água que sirva de fonte única para o abastecimento em uma determinada cidade, pode fazer com que a captação seja suspensa por um tempo. Neste mesmo exemplo se a fonte de captação for subterrânea o solo serve como um fator extra de proteção e não haveria problemas imediatos.

Apesar das águas subterrâneas frequentemente estarem menos suscetíveis, não são imunes à contaminação e quando esta ocorre os processos de tratamento são muito mais complexos e onerosos do que nas águas superficiais, que frequentemente necessitam passar por tratamentos físicos e químicos antes de serem consideradas potáveis.

No caso da água subterrânea o solo se comporta como um filtro natural e como já mencionado anteriormente, como um fator de proteção extra, o que faz com que frequentemente não precise passar por um processo de tratamento, sendo apenas acrescidas de cloro e flúor (cloração e fluoretação).

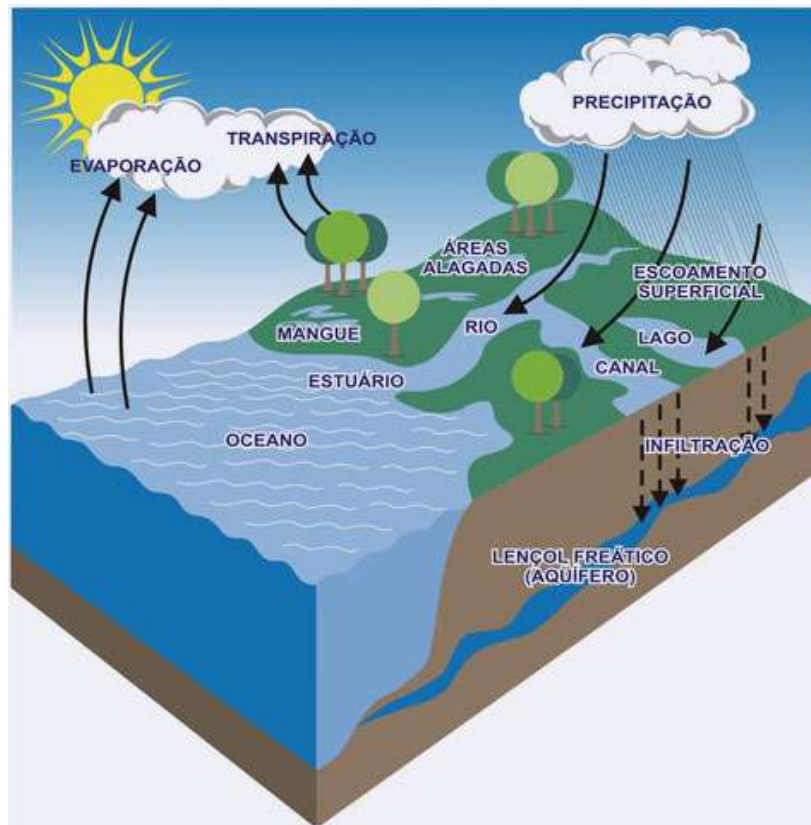
O monitoramento da qualidade da água deve ser constante, independentemente da fonte de abastecimento ser superficial ou subterrânea e deve ser feita através da coleta frequente de amostras e comparação com o padrão de potabilidade instituído pelo Ministério da Saúde através da portaria nº 2.914 (Brasil 2011).

4.1. Água subterrânea

A água subterrânea se forma a partir da água da chuva que se infiltra no solo através da ação da gravidade, sendo parte ativa dos processos de intemperismo do solo/rocha e carreando minerais destas, o que faz com que possua características químicas distintas.

Deste modo pode-se perceber que a água subterrânea faz parte do ciclo hidrológico (Figura 1 e 2), pois se constitui de uma parcela da água precipitada que se infiltra no solo e percola no interior do subsolo durante um certo período de tempo que está relacionado à porosidade do subsolo (permeabilidade), presença de cobertura vegetal, inclinação do terreno, duração e intensidade da chuva, saturação do solo, dentre outros fatores.

Figura 1: Ciclo hidrológico.



Fonte: <http://www.maramar.org.br/veja-animacao-do-ciclo-da-agua/>.

Figura 2: Relação solo e água.



Fonte: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/24177>.

A água que se movimenta no solo (água livre) é a principal responsável pela formação e recarga dos aquíferos, estando diretamente relacionada a presença de

vazios, o que influencia não só na possibilidade de ocorrer esta movimentação como principalmente na velocidade com que esta ocorre.

Aquíferos são formações geológicas que armazenam água, estando esta capacidade de armazenamento relacionada às propriedades do solo/rocha, tais como porosidade total (espaços entre as partículas constituintes do solo/rocha), porosidade efetiva (quantidade de poros com ligação entre eles), condutividade hidráulica (capacidade de um material de permitir a percolação de fluidos), transmissividade (relação entre a condutividade hidráulica e a espessura do aquífero), dentre outras (SCALVI, 2016).

Em relação a movimentação da água, Jesus (2012) coloca a permeabilidade do solo como a principal influência neste processo e correlaciona diversos fatores a ela, desde a granulometria do solo até as condições ambientais, de modo que este processo seja uma equação dinâmica, ou seja, dependente de cada solo e de suas condições de contorno. Porém, o que fica nítido neste contexto é que a infiltração e a consequente movimentação da água no solo não é um processo simples e rápido.

Pelo contrário, a formação de aquíferos é um processo extremamente lento, assim como sua recarga natural, principalmente porque apenas uma parcela da água que infiltra no solo serve efetivamente a este propósito, apenas a porção que consegue atingir a zona saturada do solo.

Na realidade, a velocidade com que a água subterrânea é retirada através de poços é bem superior a velocidade de recarga natural dos aquíferos. Somando-se o fato da quantidade de água retirada dos aquíferos frequentemente ultrapassar a reserva reguladora, tem-se um cenário futuro bastante alarmante.

Maluta (2014) vem ao encontro desta preocupação ressaltando a relevância de um monitoramento dos aquíferos através da junção de dados hidrológicos e hidrogeológicos para que se determine a quantidade máxima a ser explorada, sem prejudicar o sistema de reservas dos aquíferos e o reabastecimento dos corpos d'água superficiais, de modo que a criação de modelos matemáticos para a determinação das taxas de recarga dos aquíferos seja imprescindível.

No tocante a composição química das águas subterrâneas, Barison (2003) comenta que esta é um reflexo da interação de muitas variáveis, dentre elas, o tipo de rocha através da qual a água se movimenta, das fases minerais, gasosas e organismos presentes, de modo que seja necessário para esta determinação um estudo integrado

(no caso de uma bacia sedimentar) de dados estratigráficos, petrológicos, tectônicos e geoquímicos.

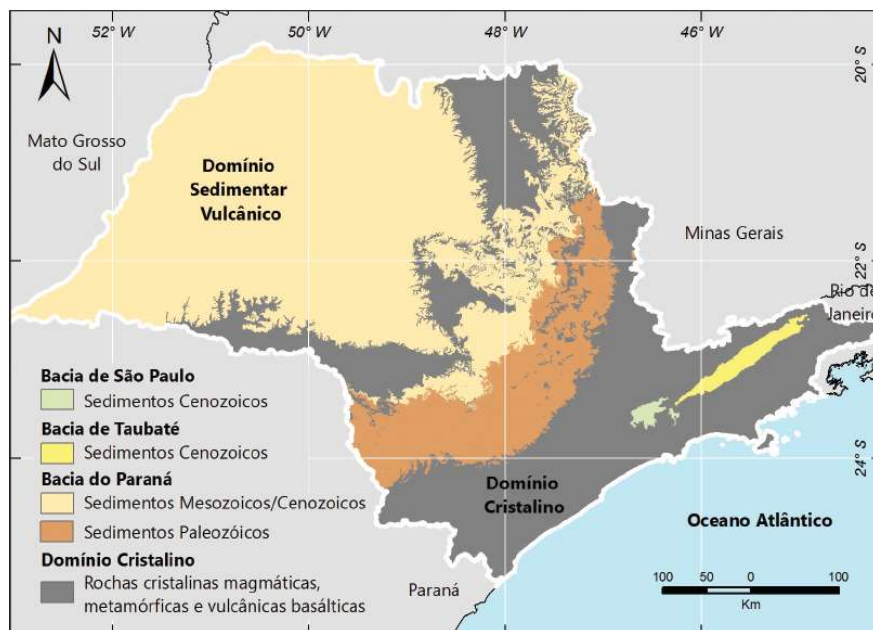
Neste contexto percebe-se a importância da hidrogeologia e hidrogeoquímica no planejamento de um sistema de abastecimento através de águas subterrâneas, além da relevância dos diversos estudos já realizados neste sentido o que torna possível, por exemplo, estimar a profundidade de um poço antes de sua perfuração em um determinado local, assim como estimar a vazão que ele poderá ter e as características químicas da água extraída.

A água subterrânea, assim como toda água que sirva como fonte de abastecimento, deve ser monitorada constantemente com o objetivo de se garantir o atendimento aos parâmetros de potabilidade e ausência de contaminação.

4.2 Hidrogeologia do Estado de São Paulo

O Estado de São Paulo possui dois domínios principais identificados na Figura 3, o domínio cristalino (rochas cristalinas magmáticas, metamórficas e vulcânicas basálticas) e o domínio sedimentar (rochas sedimentares), sendo que no primeiro a água se deposita em descontinuidades das rochas e no segundo nos poros dos sedimentos.

Figura 3: Domínios Hidrogeológicos do Estado de São Paulo.

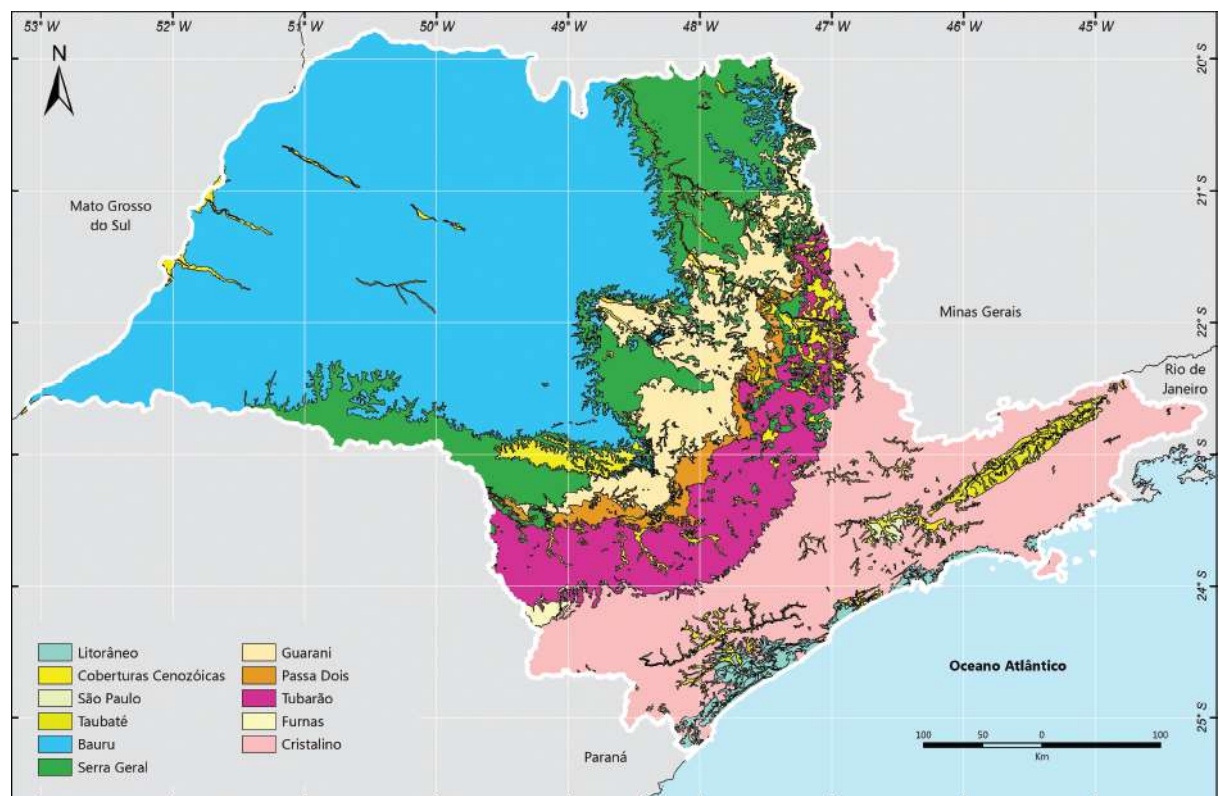


Fonte: São Paulo, 2013.

Através da observação das Figura 3 e Figura 4 pode-se observar que os Aquíferos Serra Geral e Cristalino pertencem ao domínio Cristalino, sendo os demais de domínio sedimentar.

Ressaltando que os Aquíferos podem ocorrer sobrepostos, portanto a localização no mapa não limita a ocorrência apenas da região representada, pois esta se trata dos afloramentos.

Figura 4: Unidades Aquíferas Aflorantes.

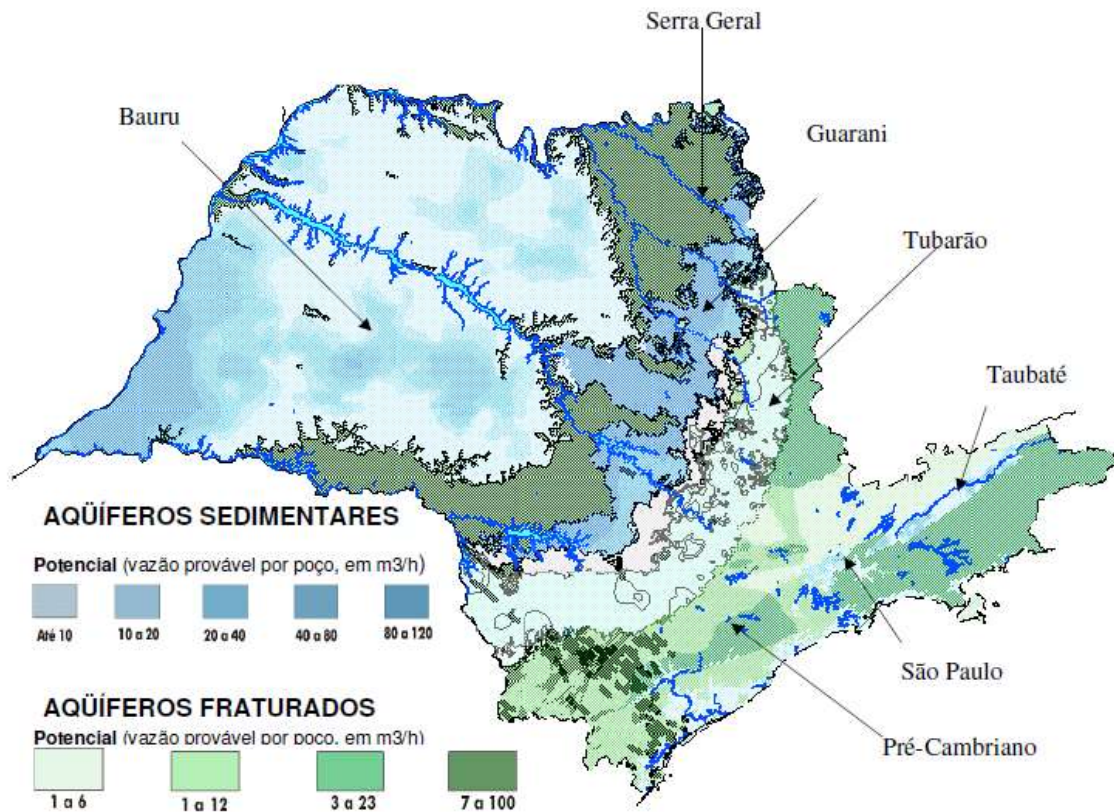


Fonte: São Paulo, 2013.

O interessante em se analisar mapas da mesma região com características distintas é que se visualiza a relação entre os tipos de rocha existentes no local, a origem das mesmas cronologicamente e o tipo de aquífero aflorante. Este levantamento de informações é o passo inicial para as correlações futuras com os resultados das pesquisas.

A distribuição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo apontando a vazão provável por poço nos aquíferos sedimentares e fraturados, determinados por amostragem pelo DAEE em 2005 está mapeada na Figura 5.

Figura 5: Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo.



Fonte: Site CETESB: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/programa-de-monitoramento/consulta-por-aquiferos-monitorados/>.

A Figura 5 traz além das informações de localização dos aquíferos e tipos de rochas vincula estas informações à vazão dos aquíferos. É interessante notar a variação considerável que ocorre na vazão em pontos próximos do mapa, fazendo com que se reflita sobre a presença de outros fatores além dos já mencionados que interfiram nesta característica.

“Os Valores de Referência de Qualidade para águas subterrâneas foram publicados no Relatório de Qualidade das Águas Subterrâneas 2004–2006, para cada um dos sistemas aquíferos do estado de São Paulo. Definiu-se como valor de referência para as substâncias inorgânicas o terceiro quartil (75%) da série de dados obtidos pela Rede de Monitoramento da Qualidade das Águas Subterrâneas no período de 1994 a 2006, expurgados aqueles resultados com valores superiores à soma da mediana e três vezes o desvio padrão (CETESB, 2007)”

Estes valores estão dispostos na Tabela 1, e são utilizados como referência nas análises da qualidade das águas subterrâneas.

Tabela 1: VQR das Águas subterrâneas do Estado de São Paulo.

Parâmetro	Unidade	Valor de Referência de Qualidade por Aquífero							VMP ^(a)
		Guarani	Bauru	Tubarão	Taubaté	São Paulo	Serra Geral	Pré-Cambriano	
pH	--	7,5	7,5	9,0	7,0	7,5	8,0	7,5	6,0-9,5 ^(b)
Temperatura	°C	28	26	26	26	26	26	24	--
Condutividade Elétrica	µS cm ⁻¹	160	240	410	145	160	170	240	--
Sólidos Dissolvidos Totais	mg L ⁻¹	120	200	375	155	150	145	190	1000
Sólidos Totais	mg L ⁻¹	135	215	360	165	130	170	200	--
Dureza Total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	60	100	60	40	30	55	90	500
Alcalinidade Bicarbonato	mg CaCO ₃ L ⁻¹	80	110	150	70	75	75	105	--
Alcalinidade Carbonato	mg CaCO ₃ L ⁻¹	0	0	<2	0	0	0	<2	--
Alcalinidade Hidróxido	mg CaCO ₃ L ⁻¹	0	0	<2	0	0	0	<2	--
Alumínio Total	mg Al L ⁻¹	0,03	0,05	0,04	<0,15	0,04	0,04	0,07	0,2
Antimônio Total	mg Sb L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	--
Arsênio Total	mg As L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Bário Total	mg Ba L ⁻¹	0,08	0,25	0,08	0,10	0,15	0,08	0,08	0,7
Boro Total	mg B L ⁻¹	<0,03	<0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	--
Carbono Orgânico Dissolvido	mg C L ⁻¹	5,5	8,5	6,5	5,0	3,5	6,0	4,5	--
Cálcio Total	mg Ca L ⁻¹	18,5	25	18,5	8,0	10	15,5	28,5	--
Cádmio Total	mg Cd L ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	--	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,005
Cianeto	mg CN L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	--	<0,01	<0,01	<0,01	--
Cloreto Total	mg Cl L ⁻¹	1,5	5	10	1,5	1,5	1,5	5	250
Chumbo Total	mg Pb L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	--	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Cobre Total	mg Cu L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2
Cobalto Total	mg Co L ⁻¹	<0,01	<0,01	<0,01	--	<0,01	<0,01	<0,01	0,07
Crômio Total	mg Cr L ⁻¹	0,003	0,04	<0,001	<0,005	0,002	0,002	0,002	0,05
Ferro Total	mg Fe L ⁻¹	0,09	0,04	0,12	0,12	0,20	0,04	0,12	0,3
Fluoreto Total	mg F L ⁻¹	0,2	0,3	0,6	0,3	0,5	0,2	0,6	1,5
Magnésio Total	mg Mg L ⁻¹	3,5	8,0	4,0	1,0	2,5	4,0	5,5	--
Manganês Total	mg Mn L ⁻¹	0,01	<0,005	0,02	0,03	0,10	<0,005	0,03	0,1
Mercurio Total	mg Hg L ⁻¹	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001
Nitrogênio Nitrato	mg N L ⁻¹	0,3	1,5	0,2	0,02	0,2	0,5	0,4	10
Nitrogênio Nitrito	mg N L ⁻¹	0,005	<0,002	0,005	<0,001	<0,004	<0,002	0,005	0,1
Nitrogênio amoniacal	mg N L ⁻¹	0,005	0,04	0,07	0,05	0,06	0,05	0,06	1,25 ^(d)
Nitrogênio Kjeldhal Total	mg N L ⁻¹	0,2	0,1	0,4	0,2	0,4	0,1	0,4	--
Níquel Total	mg Ni L ⁻¹	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07
Potássio Total	mg K L ⁻¹	4,0	4,5	2,0	5,0	4,5	2,0	2,5	--
Selênio Total	mg Se L ⁻¹	<0,002	<0,002	<0,002	--	<0,002	<0,002	<0,002	0,01
Sódio Total	mg Na L ⁻¹	7,0	15	25	20	20	14,5	14,5	200
Sulfato	mg SO ₄ L ⁻¹	<10	<10	20	<10	<10	<10	10	250
Vanádio Total	mg V L ⁻¹	<0,02	<0,02	<0,02	--	<0,02	<0,02	<0,02	0,05 ^(e)
Zinco Total	mg Zn L ⁻¹	<0,01	0,03	<0,01	0,02	0,02	0,02	<0,01	1,8 ^(e)

Fonte: CETESB, 2007.

4.3 Qualidade e potabilidade da água de abastecimento

A água utilizada para abastecimento público deve seguir padrões mínimos estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde que visa a garantia da potabilidade.

A CETESB através de dados existentes anteriores a esta resolução somado ao monitoramento feito em todos os aquíferos e a indicação da Organização Mundial de Saúde (OMS), criou também uma lista com valores orientadores para solo e águas subterrâneas.

As substâncias encontradas na água devem apresentar concentrações menores do que estes valores especificados. Caso isto não ocorra naturalmente deverão ser tomadas medidas de tratamento ou descartar a água para consumo humano caso não seja possível atingir concentrações adequadas, pois estes representam valores seguros para a saúde.

No caso do fluoreto, a CETESB não apresenta um valor orientador, sendo o valor máximo adotado o de 1,5 mg/L que é o determinado pela Portaria 2914/11. A mesma portaria também determina que para o abastecimento subterrâneo sejam coletadas amostras da água e testadas duas vezes por semana.

4.4 Cloração e Fluoretação

4.4.1 Cloração

A cloração é feita com o intuito de promover a desinfecção através da adição de cloro em gás, hipoclorito de sódio ou hipoclorito de cálcio e cloraminas. A desinfecção também pode ser feita através de outros métodos como a ozonização, radiação ultravioleta, permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio, porém, a cloração é o método mais difundido

Uma das vantagens da cloração é que se aplicada em águas contaminadas com matéria orgânica, as reações químicas que ocorrem também melhoram o sabor e o odor da água, além de atuar na prevenção do desenvolvimento de bactérias no sistema de distribuição que deixam um residual na rede. Porém a maior desvantagem é que o cloro possui reatividade com matéria orgânica decomposta, podendo formar substâncias nocivas à saúde humana como as *Trihalometanos*.

Esta desvantagem, por se tratar de um produto de reação química, pode ser evitada através do controle das condições de contorno de modo a tornar a cloração um processo seguro, sem acarretar risco para o consumo e mantendo a água dentro dos padrões estabelecidos para a potabilidade. Diversos estudos existem neste âmbito, dentre eles o de Cesco (2007) que busca interferir nos diversos fatores que podem influenciar a reação de formação destas substâncias indesejáveis, tais como: tempo de contato, temperatura, pH do meio, dosagem de cloro aplicada, dentre outros. Sendo a grande maioria destes estudos, inclusive o citado, voltados para a aplicação da cloração em estações de tratamento de água e em águas superficiais.

4.4.2 Fluoretação

A Fluoretação consiste no processo de adição de flúor nas águas de abastecimento, sendo esta adotada por justificativas odontológicas (na prevenção de cáries) e realizada tanto nas águas superficiais como nas subterrâneas.

Este processo é obrigatório no Brasil desde 1974. inicialmente apenas onde existiam estações de tratamento de água (Lei Federal nº 6.050, de 1974).

As pesquisas em relação a eficácia da fluoretação tiveram sua origem com o dentista norte americano McKay em 1928 e o químico Churchill em 1930, a partir do estudo para entender casos de manchas nos dentes da população. Assim tiveram origem os experimentos que acabaram por concluir que uma certa quantidade mais alta de flúor encontrada nas águas subterrâneas era a responsável por estas manchas, porém também foi encontrado uma baixa taxa de ocorrência de cárie nesta mesma população. Ressaltando que McKay descobriu a relação da água com as manchas e Churchill o elemento químico responsável por esta reação.

Esta condição de dentes manchados recebeu o nome de fluorese e através de outros estudos posteriores chegou-se a concentrações de flúor ideais para evitar a cárie, mas que também não fossem tão altos a ponto de gerar a fluorese.

Conceição et al. (2013) ressalta que o consumo elevado de flúor através das águas pode gerar uma série de males a saúde do organismo, não apenas a fluorose dentária como também a fluorese esquelética, que altera os dentes e ossos, além de gerar a ossificação de tendões e ligamentos, tratando-se, portanto, de uma questão que merece significativa atenção, não se restringindo ao âmbito odontológico.

A ampla maioria dos trabalhos acadêmicos nacionais se restringem a analisar as concentrações de fluoreto ingeridas através das águas para não causar a fluorese, esquecendo-se de outros possíveis impactos que isto poderia ter na saúde geral do organismo.

A concentração ideal para a fluoretação depende de vários fatores que frequentemente são objeto de estudo. Dentre eles o principal é o clima, pois quanto mais frio menor o consumo de água e conseqüentemente maior a concentração que o flúor deve apresentar para manter sua eficácia.

A Tabela 2 refere-se à concentração do íon fluoreto recomendado em função da temperatura pela Portaria nº 635, de 26 de dezembro de 1975 do Ministério da Saúde.

Considerando esta recomendação e a média de temperatura do estado de São Paulo, a SABESP adota a concentração média de 0,7 mg/L, podendo variar entre 0,6 mg/L a 0,8 mg/L.

Tabela 2: Limites recomendados para a concentração do fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias

Média das temperaturas máximas diárias do ar °C	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em mg/l		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 - 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 - 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 - 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 - 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 - 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 - 32,5	0,6	0,8	0,6

Fonte: BRASIL, 1975.

Atualmente, no Brasil a concentração máxima permitida de flúor é de 1,5 miligramas por litro de água (mg/L) de acordo com a Portaria nº 2.914, do ano de 2011, emitida pelo Ministério da Saúde.

A Tabela 3 traz algumas características dos compostos mais utilizados no Brasil na época da publicação da Portaria nº 635, de 26 de dezembro de 1975 do Ministério da Saúde, porém a mesma não limita a utilização de outros compostos para o mesmo fim.

Tabela 3: Compostos recomendados para uso na Fluoretação.

Características	CaF ₂	Na ₂ SiF ₆	NaF	H ₂ SiF ₆
Forma	Pó	Pó ou cristais finos	Pó ou cristal	Líquido
Peso molecular	78,08	188,05	42,0	144,08
Pureza comercial (%)	85 a 98	98 a 99	90 a 91	22 a 30
Solubilidade g/100 g (25 °C)	0,0016	0,762	4,05	
pH da solução saturada	6,7	3,5	7,6	1,2 (solução 1%)
Íon fluoreto (%)	48,8	60,7	42,25	79,2

Fonte: Lima, 2014.

Frazão, Peres e Cury (2011) no início do século XXI, entre os países que também optaram por fazer a fluoretação das águas de abastecimento Hong Kong e Singapura o faziam em todo seu território (100%), Israel, Colômbia e Malásia em aproximadamente 70%, Irlanda, Austrália, EUA e Nova Zelândia em mais de 60%, Brunei, Brasil, Canadá e Chile em torno de 40% a 50%.

No Brasil esta porcentagem apresentada acima pode parecer uma informação conflitante com o fato da fluoretação no país ser uma prática obrigatória, porém há de se considerar que o abastecimento de água potável ainda é precário em algumas regiões do país por questões geográficas, políticas e sociais. Segundo Toledo (2013) as regiões sul e sudeste do Brasil possuem 70% de seus municípios utilizando a fluoretação, sendo, portanto, estas regiões as responsáveis pelo índice brasileiro.

A concentração de fluoreto na água após a fluoretação deve ser cuidadosamente medida, pois análises com métodos distintos podem possuir diferenças significativas. Este fato foi mencionado por Motter (2011), que em sua pesquisa detectou uma variabilidade alta de resultados ao testar amostras com métodos distintos para análise de fluoreto, concluiu que o valor médio de fluoreto na água era superior quando utilizava a técnica eletrométrica do que quando utilizava técnica SPADNS (método de determinação de Fluoreto em Soluções por Espectrofotometria) na análise de uma mesma amostra de água.

Santos (2017) relembra que a fluoretação das águas de abastecimento público por sua relevância e eficácia foi avaliada pelo Centro de Prevenção e Controle de Doenças dos Estados Unidos (CDC) como uma das 10 principais conquistas da saúde pública no século XX, isto devido principalmente ao alto alcance populacional e tempo em que esta medida está em vigor.

4.5. Fluoreto nas águas subterrâneas

O Fluoreto (F^-) é a forma iônica do flúor, um elemento químico encontrado naturalmente na água, no solo e no ar combinado com outros elementos formando compostos que também recebem a denominação de fluoretos.

O Flúor é um elemento químico de número atômico 9, massa atômica de 19,00u, ponto de fusão é de $-220^{\circ}C$, ponto de ebulição de $-188,1^{\circ}C$, densidade de 1,7g/m. Pertencente à família dos halogênios, sendo entre eles o mais eletronegativo e reativo, o que faz com que seja o mais abundantemente encontrado na natureza (Russell, 1982).

Em condições normais de temperatura e pressão o flúor se encontra no estado gasoso com aspecto amarelo pálido. Este gás reage com a maioria das substâncias orgânicas e inorgânicas, sendo que a reação com o hidrogênio é explosiva, mesmo em baixas temperaturas. Pode formar compostos com alguns gases nobres (criptônio, xenônio, radônio) e em contato com a água forma o ácido fluorídrico (HF).

A família dos halogênios é composta por elementos químicos pertencentes à família VIIA ou grupo 17 da Tabela Periódica (Figura 6). Recebem essa denominação porque são formadores de diversos sais inorgânicos.

Figura 6: Tabela Periódica

Período (coluna horizontal)

Família (coluna vertical)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	H 1,008	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2	Li 6,941	Be 9,012	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	Na 22,99	Mg 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
4	K 39,10	Ca 40,08	Sc	Ti 47,88	V 50,94	Cr 52	Mn 54,94	Fe 55,85	Co 58,94	Ni 58,69	Cu 63,55	Zn 65,39	Ga 69,72	Ge 72,59	As 74,92	Se 78,96	Br 79,9	Kr 83,8
5	Rb 85,47	Sr 87,62	Y 88,91	Zr 91,22	Nb 92,91	Mo 95,94	Tc (98)	Ru 101,1	Rh 102,9	Pd 106,4	Ag 107,9	Cd 112,4	In 114,8	Sn 118,7	Sb 121,8	Te 127,6	I 126,9	Xe 131,3
6	Cs 132,9	Ba 137,3	La 138,9	Hf 178,5	Ta 180,9	W 183,9	Re 186,2	Os 190,2	Ir 192,2	Pt 195,1	Au 197	Hg 200,5	Tl 204,4	Pb 207,2	Bi 209	Po (210)	At (210)	Rn (222)
7	Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Rf (257)	Db (260)	Sg (263)	Bh (263)	Hs (265)	Mt (266)	Ds (271)	Rg (272)	Uub (285)	Uut (284)	Uuq (288)	Uup (288)	Uuh (292)	Uus 0	Uuo 0
6	Ce 140,1	Pr 140,9	Nd 144,2	Pm (147)	Sm 150,4	Eu 152	Gd 157,3	Tb 158,9	Dy 162,5	Ho 164,9	Er 167,3	Tm 168,9	Yb 173	Lu 175				
7	Th 232	Pa (231)	U (238)	Np (237)	Pu (242)	Am (243)	Cm (247)	Bk (247)	Cf (249)	Es (254)	Fm (253)	Md (258)	No (254)	Lr (257)				

Fonte: <http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-geral/halogenios.htm>

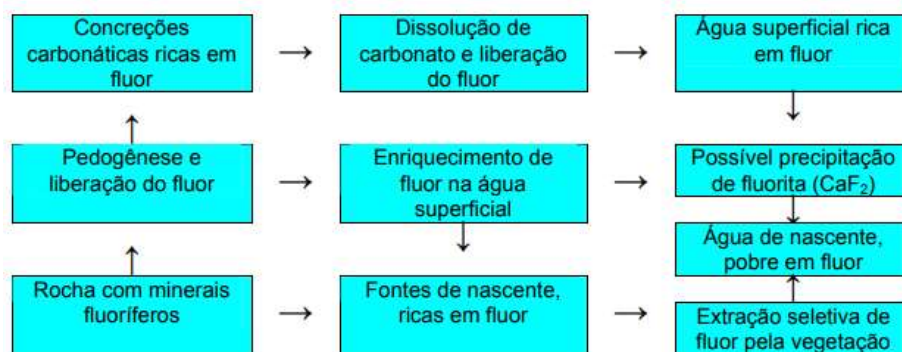
Por se tratar de um elemento que pode ser intrínseco à rocha de origem do solo, e pelo fato de as águas subterrâneas estarem em contato frequente com a rocha, sendo inclusive um dos fatores responsáveis pelo desgaste das mesmas e consequente formação dos solos, o teor de fluoreto presente nas águas pode naturalmente exceder o padrão recomendado pelos índices de potabilidade, o que não só dispensaria o processo de fluoretação como em alguns casos poderia até inviabilizar o uso destas águas para o abastecimento se o excesso for muito acima do recomendado.

Lima (2014) exemplifica a importância do fluoreto com o fato do mesmo ser encontrado na natureza pela incorporação deste através das plantas utilizadas na alimentação humana. O Fluoreto além de ser um constituinte natural do solo ou ter sido colocado artificialmente através do uso de compostos fluoretados em fertilizantes ou defensivos agrícolas, de modo que ao ser transferido por absorção para plantas, pode percorrer a cadeia alimentar por completo.

Em alguns países com alta incidência de fluorose, como Índia, Gana, Tanzânia, Sri Lanka, Quênia, Senegal e principalmente na China, fica evidente a influência da geologia, pois há prevalência de rochas magmáticas ricas em flúor nestes locais e o abastecimento de água é feito através de poços (Cortecci, 2007).

Na Figura 7 é possível observar o ciclo geoquímico do flúor, de modo a destacar a correlação entre a geologia e a concentração do íon fluoreto encontrado nas águas.

Figura 7: Ciclo geoquímico simplificado do flúor em regiões semiáridas.



Fonte: Cortecci, 2007.

Bazanella, Madrona e Vieira (2010), as águas subterrâneas estão cada vez mais sendo utilizadas como fontes de abastecimento público, porém, em muitos locais essas águas podem apresentar excesso de flúor, o que acarreta a necessidade de um

tratamento prévio desta água antes da mesma estar adequada para o consumo humano.

Outros fatores além dos naturais podem justificar os índices excessivos de fluoreto nas águas, como as indústrias de vidro e de fios de eletricidade que o utilizam em maiores quantidades e em alguns casos despejam o fluoreto diretamente nas águas.

Para Mirlean, Casartelli e Garcia (2002), uma importante fonte de contaminação das águas subterrâneas por fluoreto são as emissões das fábricas de fertilizantes, que liberam estas substâncias na atmosfera e estas através das chuvas penetram no solo, aumentando assim os teores de fluoreto nas águas subterrâneas.

Ezaki et al. (2008) explica que a concentração de fluoreto na água subterrânea é condicionada à composição mineralógica das rochas, pH, presença de íons colóides complexantes, pelas águas que percolam nos vazios e o tempo de interação rocha-água.

Em 2013 o DAEE em parceria com a UNESP (Laboratório de Hidrogeologia e Hidroquímica do Departamento de Geologia Aplicada da UNESP, Campus de Rio Claro) coletou amostras de água em diversos municípios do estado onde verificaram que as concentrações de fluoreto variaram de 0,1 mg/L a 8,48 mg/L (Figura 8), sendo que algumas amostras excederam a concentração de 1,5 mg/L, valor máximo permitido pela Portaria 2914 do Ministério da Saúde. Os municípios que apresentaram as maiores concentrações estão listados na Tabela 4.

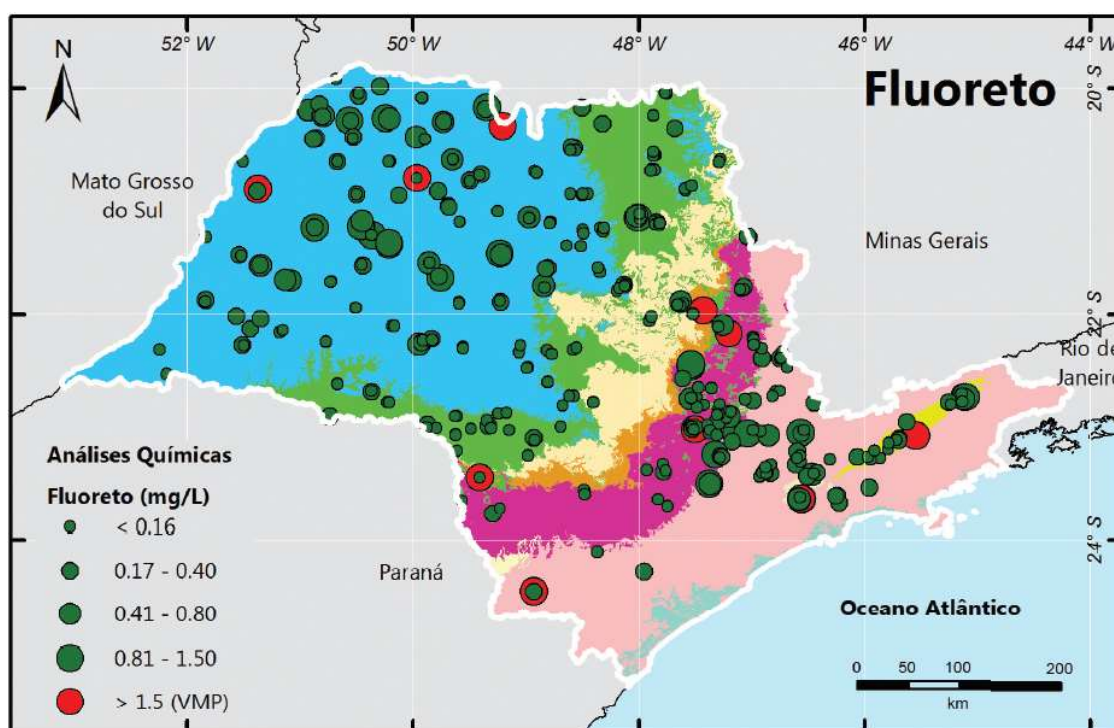
Tabela 4: Concentrações de Fluoreto acima do VMP.

Municípios	Concentração F (mg/L)	Aquifero Explorado
Icém	2,08	Bauru
Macaubal	2,47	Bauru
Andradina	3,35	Bauru
Taubaté	2,22	Taubaté
Capivari	1,54	Itararé
Santa Gertrudes	2,15	Itararé
Taguaí	2,30	Itararé
Santa Gertrudes	2,55	Itararé
Leme	5,09	Itararé
Pirassununga	8,48	Itararé
Apiá	1,75	Cristalino
São Caetano do Sul	2,98	Cristalino
São Caetano do Sul	3,42	Cristalino

Fonte: DAEE, 2013.

Tanto pelos dados da Tabela 4 quanto pela Figura 8 nota-se que a localização não é um fator determinante para a variável Concentração de Fluoreto, pois as variações não parecem seguir um padrão espacial. Como os poços analisados pertenciam a diferentes aquíferos pode-se ter a hipótese de que a profundidade teria algum tipo de influência em pontos próximos, porém não se têm dados suficientes nem para a confirmação e nem para a refutação desta.

Figura 8: Distribuição das concentrações de Fluoreto no Estado de São Paulo.



Fonte: São Paulo, 2013.

4.6 Países que não utilizam a fluoretação das águas de abastecimento

A prática da fluoretação da água para abastecimento público não é adotada em muitos países por considerarem que ela não é necessária ou que não é uma medida benéfica para a população. Havendo estudos de que sua prática poderia trazer malefícios (graves doenças dentárias, lentidão mental e sensorial, problemas nos ossos e câncer), tratando-se, portanto, de uma medida bastante polêmica e questionável. Estatisticamente em torno de 5,7% da população mundial ingerem água fluoretada.

A fluoretação deixou de ser praticada na Alemanha, na China, na Finlândia, na Holanda, na Hungria, na Irlanda do Norte, na República Tcheca e na Suécia, pelas mais diversas razões que vão desde a condenação da prática até a justificativa de que a ingestão de fluoreto pode ser feita de outra maneira, devendo ser a mesma opcional e não obrigatória.

Em alguns países esta prática nunca foi adotada, como é o caso da Áustria, da Bélgica, da Dinamarca, da França, do Japão, de Luxemburgo e da Noruega.

Em Strunecka et al. (2016) são discutidos os impactos que o fluoreto pode causar dentro das células, em suas funções, produção de energia mitocondrial, estruturas citoesqueléticas, dentre outras que podem causar no organismo alterações endócrinas e no sistema imunológico. Como o flúor é um depressor do sistema nervoso central pode causar impactos nos portadores de autismo.

Um argumento amplamente divulgado no meio não acadêmico contra a fluoretação das águas é que a ingestão do mesmo poderia acarretar em um processo de calcificação da glândula pineal humana.

A glândula pineal humana é considerada uma glândula endócrina regulatória, sendo responsável pela manutenção do equilíbrio de diversos hormônios produzidos por outras glândulas. Está localizada entre o cerebelo e os dois hemisférios cerebrais. Não é uma glândula exclusivamente humana, estando presente em outros animais, tendo resquícios de seu desenvolvimento em peixes, anfíbios, répteis e apresentando funções correlacionadas ao efeito da luz na reprodução das aves. Nos mamíferos os aspectos fotossensoriais não estão mais presentes. É uma glândula que está em constante contato com o sangue, sendo irrigada pela artéria cerebral posterior. Possui duas estruturas celulares que auxiliam em suas funções, os pinealócitos e as células da glia (OLIVEIRA, 1998).

Segundo Luke (2001), como a glândula pineal está em frequente contato com o sangue, os pinealócitos conseguem ter acesso ao flúor presente na corrente sanguínea, separando o flúor do fluxo sanguíneo no organismo, o que comprova a necessidade de mais pesquisas com o objetivo de avaliar os efeitos decorrentes da ingestão do mesmo sobre esta glândula, assim como as concentrações que seriam mais impactantes ao organismo.

Na oposição a estas ideias contrárias ao uso da fluoretação, Daré (2006) afirma que apesar do flúor ser ingerido de diversas formas (ar, alimentos sólidos, alimentos líquidos, remédios, dentre outros), o impacto negativo no organismo precisaria de uma

dose muito substancial, portanto difícil de ser atingida. A Tabela 5 traz dados sobre a ingestão de flúor que poderia ser prejudicial ao organismo de crianças, o que pela alta dosagem apresentada seria difícil de se atingir esses patamares.

Tabela 5: Argumento de Daré (2006).

Tabela 2.4.1. Quantidades necessárias de acordo com cada método, para ser atingida a Dose Provavelmente Tóxica em crianças de 10 e 20kg.

Produto	Concentração			Total do composto e de flúor usado comumente		Total de produto necessário para a DPT	
	Composto	Fluoreto		Produto	Fluoreto	10kg	20kg
	%	%	mg/L				
Água fluoretada	-	0,0001	1	1.500ml	1,5mg	50L	100L
Sal fluoretado	NaF	0,025	250	-		166g	332g
Bochecho							
NaF	0,05	0,023	230	10ml	2,3mg	215mL	430mL
NaF	0,20	0,091	910	10ml	9,1mg	55mL	110mL
Dentifrício							
NaF	0,22	0,10	1.000	1g	1,0mg	50g	100g
MFP	0,76	0,10	1.000	1g	1,0mg	50g	100g
MFP	1,14	0,15	1.500	1g	1,5mg	33g	66g
ATF							
NaF	2,72	1,23	12.300	5ml	61,5mg	4,0mL	8mL
SnF ₂	8,0	1,94	19.400	1ml	19,4mg	2,5mL	5mL
Gotas							
NaF	1,0	0,47	4.700	0,05ml	0,023mg	10mL	20mL

Fonte: Whitford, G.M. (1992) e Curi, J.A.(1989) apud Oliveira e Domingues (1997)

Gasque (2012) testou a reação de células ósseas de camundongos com fluoretos (NaF e AlF₃) para avaliar os impactos do flúor sobre elas, porém além destes resultados não poderem ser inferidos a seres humanos também não foram muito conclusivos, mas alertam para a importância desta questão.

Filappi (2008) estudou os impactos do flúor em ovinos através da ingestão deste na suplementação mineral, o que não impactou a função hepática, porém a função reprodutiva apontou alterações até na libido. Como já citado, não se pode inferir estes resultados aos humanos, pois se tratam de organismos distintos.

A quantidade e o tempo de exposição ao flúor são fatores cruciais para que o mesmo não cause impactos negativos ao organismo (BUZALAF, LEITE e BUZALAF 2015).

Este tema claramente necessita de mais pesquisas, pois considerando que no caso do Brasil há adição de flúor no creme dental e as outras formas de ingestão existentes a adição também na água de abastecimento poderia estar ocasionando um excesso de flúor no organismo e isto poderia impactar a saúde negativamente, do contrário não haveriam tantos países da Europa principalmente, que optam por não adotar estas práticas. Material acadêmico produzido no Brasil abordando os aspectos negativos do fluoreto no organismo são raros e parecem já partir do princípio de que o fluoreto é benéfico, portanto há uma grande lacuna neste assunto.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir são apresentados os detalhes pertinentes a pesquisa em função da avaliação dos resultados de análises de concentração de fluoreto nas águas de abastecimento na cidade de Lins nos períodos de 1996 a 2002 e de 2013 a 2016. Para esta avaliação foram utilizados dados de análises realizadas pela SABESP através do método do Eletrodo Íon Seletivo. Uma ampla pesquisa bibliográfica vincula estas concentrações e os aquíferos de origem.

5.1. O Município de Lins

Lins é um município localizado no centro-oeste do estado de São Paulo, na latitude 21°40'43" sul e longitude 49°44'33" oeste (Figura 9). A população estimada do município para o ano de 2016 era de 76.562 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE - 2010). O município possui uma área aproximada de 570,058 Km², sendo os municípios fronteiriços Sabino (ao norte), Cafelândia (ao leste), Guaimbê e Getulina (ao sul) e Guaiçara (a oeste), na sub-região de Marília como se pode observar na Figura 10.

Figura 9: Mapa localizando o município de Lins no Estado de São Paulo.



Fonte: http://www.regenciafm.com.br/home.php?pg=quem_somos.

As sub-regiões se referem a fatores comerciais, trabalhistas, políticos, econômicos, dentre outros. Porém, as mesmas devem respeitar as limitações espaciais e servem principalmente para fins estatísticos.

Figura 10: Mapa das sub-regiões do Estado de São Paulo e Minas Gerais, com destaque para o município de Lins

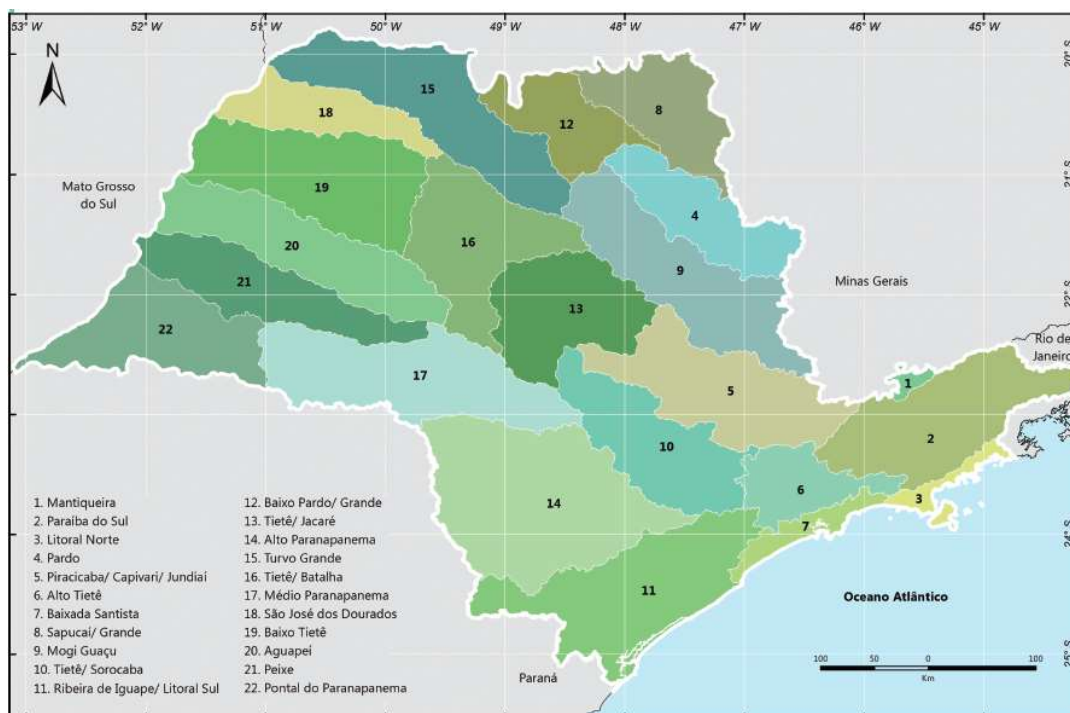


Fonte: Modificado do site: <https://journals.openedition.org/confins/docannexe/image/8602/img-15.jpg>.

O município de Lins pertence a Bacia Hidrográfica dos rios Tietê/Batalha, na UGRHI16, como pode ser observado na Figura 11.

A área desta UGRHI (Figura 12), segundo a CETESB é de 13.149 km², sendo definida pelo reservatório formado no rio Tietê pela barragem da UHE de Promissão e a barragem da UHE de Ibitinga. Os principais cursos d'água são os rios Batalha, Dourado e São Lourenço. Sendo a área composta por rochas sedimentares e depósitos vulcânicos, além dos depósitos Cenozóicos. Menos de 5,78% da área possui cobertura natural, que em sua maior parte possui a plantação de culturas perenes (café e citrus) e semiperenes (principalmente cana-de-açúcar).

Figura 11: Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.



Fonte: São Paulo, 2013.

Figura 12: Características da UGRHI 16.

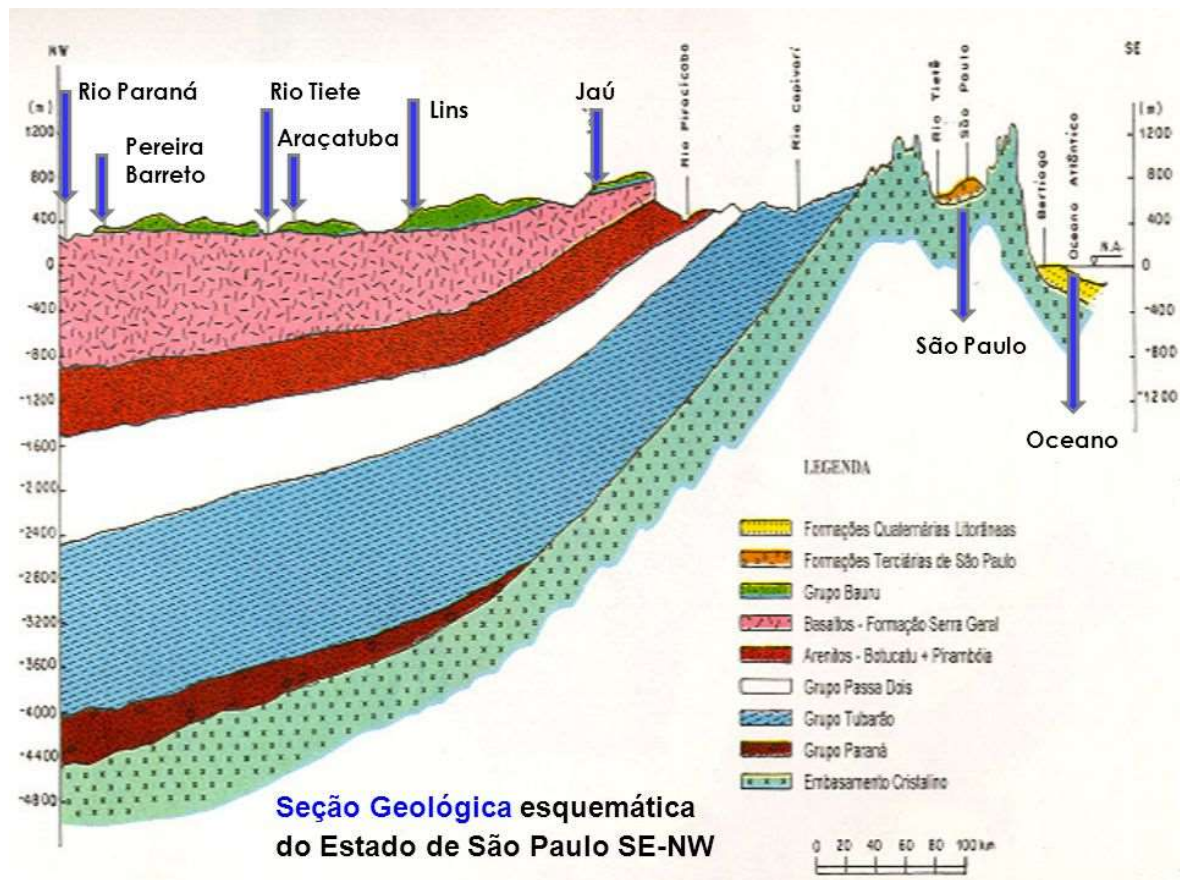
Municípios (33)	Adolfo; Avaí; Bady Bassitt; Balbinos; Borborema; Cafelândia; Dobrada; Elisiário; Guaiçara; Guarantã; Ibirá; Irapuã; Itajobi; Itápolis; Jaci; Lins; Marapoama; Matão; Mendonça; Nova Aliança; Novo Horizonte; Pirajui; Piratininga; Pongai; Potirendaba; Presidente Alves; Reginópolis; Sabino; Sales; Santa Ernestina; Taquaritinga; Uru; Urupês.		
População (IBGE, projeção 2015)	651.707 habitantes		
Aquíferos Livres	Bauru e Serra Geral		
Utilização da água subterrânea (CRH, 2012)	Reserva explotável (m³/s)	Demanda (m³/s)	Utilização (%)
	9,0	2,54	28,2
Área de drenagem	13.149 km²		
Principais rios e reservatórios	Rio Tietê, da barragem da Usina Hidrelétrica de Ibitinga até a barragem da Usina Hidrelétrica de Promissão; Rio Dourado, Rio São Lourenço, Rio Batalha e Ribeirão dos Porcos. Reservatório de Promissão		
Coleta e tratamento de esgotos (CETESB, 2015)	Coleta		Tratamento
	90%		84%
Principais atividades econômicas	Entre as atividades econômicas destacam-se aquelas relativas aos setores, primário e secundário, com a cultura de cana-de-açúcar localizada principalmente em Matão e Novo Horizonte, e a pecuária de leite e de corte na região de Lins. Presença de usinas de açúcar e álcool, bem como laticínios, frigoríficos e curtumes.		
Vegetação remanescente	Remanescentes extremamente fragmentados de vegetação natural ocupam aproximadamente 6,5% da área da UGRHI. As principais formações são a Floresta Estacional Semidecídua e a Savana.		

Fonte: CETESB, 2015.

5.2. Hidrogeologia do município de Lins

O município de Lins está em uma área onde se encontra a sobreposição das seguintes camadas geológicas em ordem crescente de profundidade: o aquífero Bauru, o Serra Geral, o Guarani e o Aquicludo Passa dois. Esta sobreposição está ilustrada na Figura 13, que é uma interpretação generalizada do estado de São Paulo.

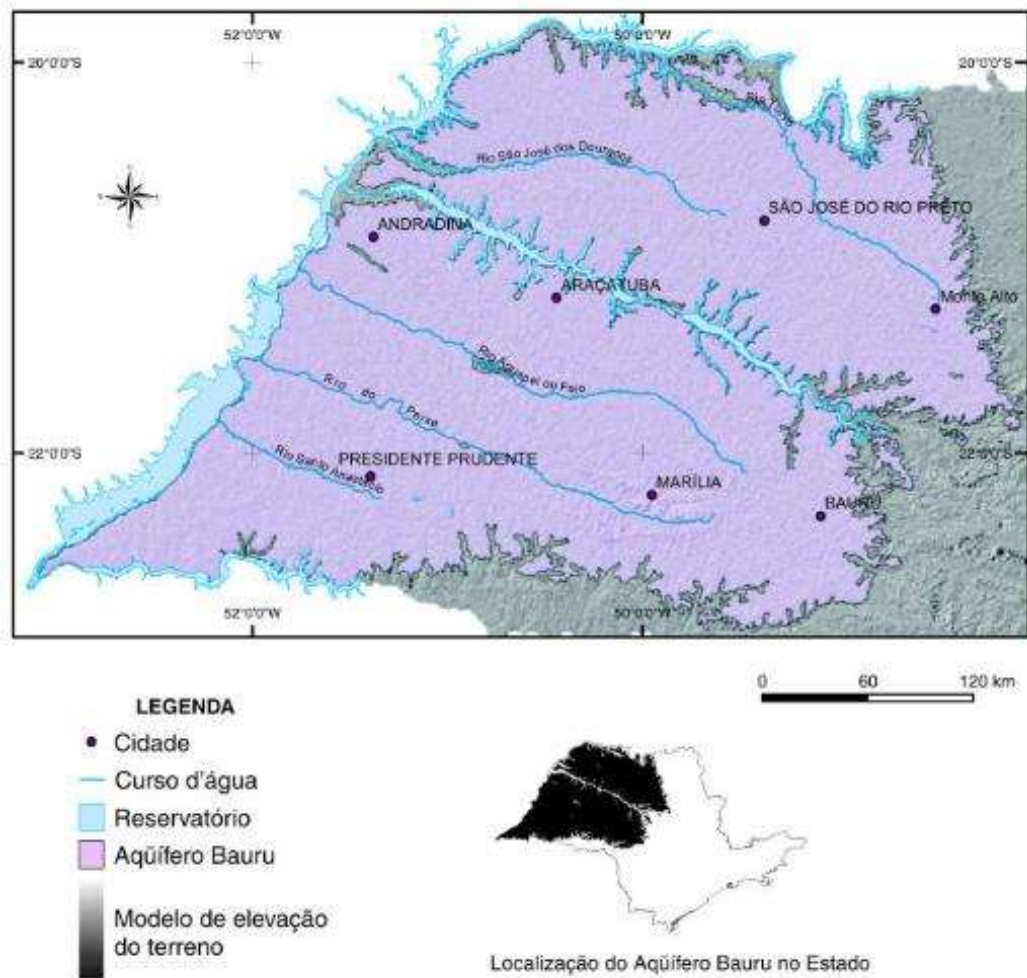
Figura 13: Perfil hidrogeológico do Estado de São Paulo.



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/2605839/> - Apresentação XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas – BH – 2014 – Geólogo José Paulo G. M. Netto.

O Aquífero Bauru foi formado há aproximadamente 65 milhões de anos através da deposição de sedimentos arenosos, areno-argilosos e siltosos), ocupa uma área de 96.900 km², que pode ser observada na Figura 14, assim como as principais características na Figura 15.

Figura 14: Localização do Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.



Fonte: DAEE, 2005

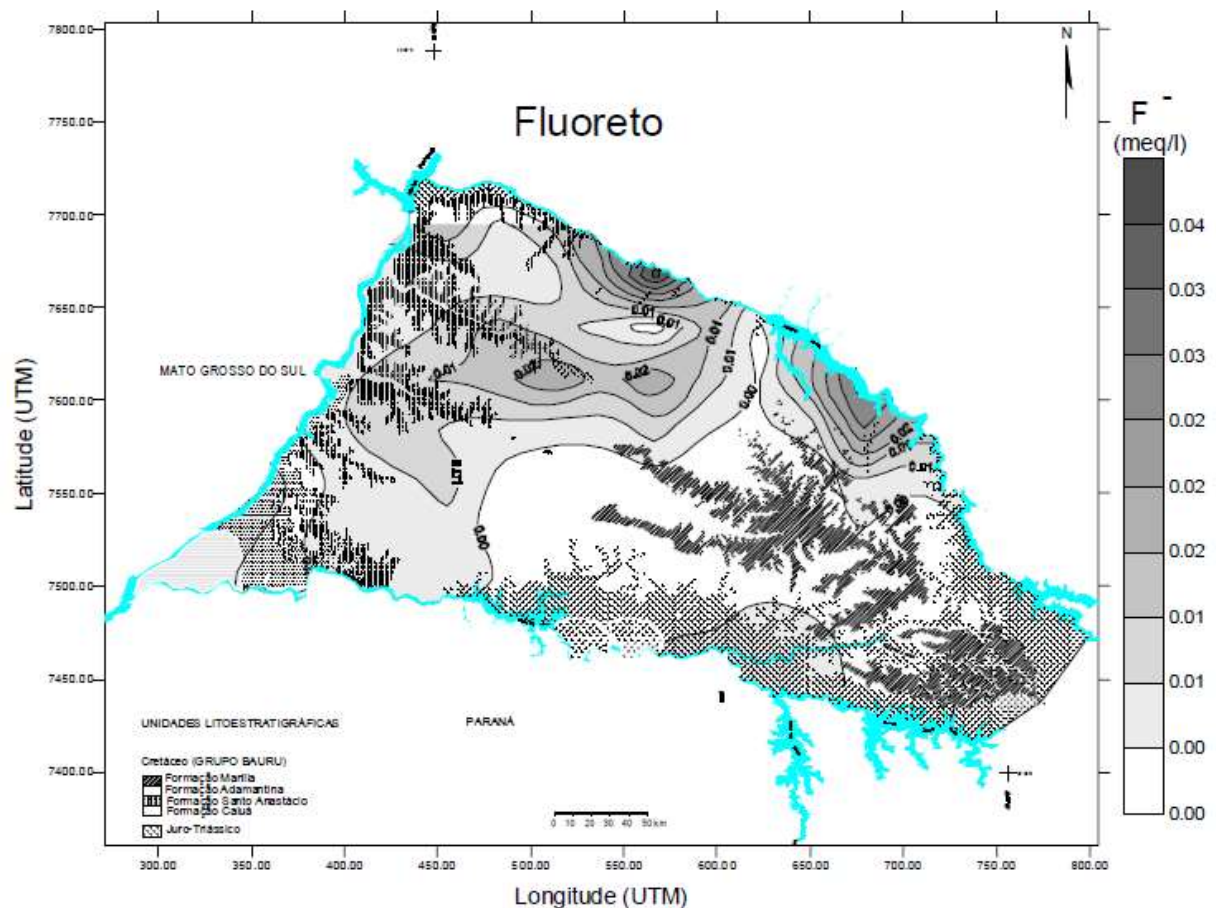
Figura 15: Características gerais do Aquífero Bauru.

Unidade Hidroestratigráfica	Rochas	Tipo de ocorrência	Permeabilidade (m/d)	Transmissividade (m ² /d)
Bauru Médio/Superior	Arenitos grosseiros imaturos; com abundantes nódulos e cimento calcíferos; bancos de arenitos finos intercalados com lamitos e siltitos	Livre a localmente confinado; porosidade granular; contínuo e não uniforme	0,1 a 0,4	10 a 50
Bauru Inferior/Caiuá	Arenitos finos, maciços, baixo teor de matriz; arenitos finos a médios com boa seleção	Livre a localmente semiconfinado; granular; contínuo e uniforme	1 a 3	100 a 300

Fonte: CETESB, 2015.

Barison e Kiang (2004), analisaram a quantidade média de fluoreto no Aquífero Bauru encontrando por meio de análises um valor médio de 0,007meq/l ou 0,14mg/l. Estabeleceram e mapearam (Figura 16) a correlação entre as concentrações encontradas do íon Fluoreto e as unidades litoestratigráficas aflorantes (conjunto de rochas individualizadas e delimitadas com base nos seus caracteres litológicos, independentemente da sua idade).

Figura 16: Mapa de isovalores para o fluoreto (mq/L) do Sistema Aquífero Bauru em sua porção meridional no Estado de São Paulo.



Fonte: Barison e Kiang, 2004.

O Aquífero Guarani no Estado de São Paulo encontra-se confinado na maior parte do Estado de São Paulo, porém possui algumas áreas de Afloramento (Figura 17). No município de Lins ele se encontra confinado tendo apenas dois poços que retiram água dele para o abastecimento público.

Este Aquífero também possui origem sedimentar, assim como o Bauru, porém, é constituído de duas formações, Botucatu e Pirambóia, que divergem quanto a sua

gênese, sendo a primeira de origem eólica em ambiente desértico e a segunda de origem flúvio-lacustre (BARISON, 2003).

Figura 17: Localização do Aquífero Guarani no Estado de São Paulo.



Fonte: DAEE, 2005.

O Aquífero Serra Geral é classificado como fraturado/cristalino, pois a água fica armazenada nas fraturas da rocha. A maior parte da área deste aquífero está sobreposta pelo Aquífero Bauru.

O Aquicludo Passa Dois possui origem sedimentar. Na região de Lins ele se encontra num nível bastante profundo e não é utilizado no abastecimento de água do município.

A Figura 18 mostra o primeiro poço que foi perfurado pela Petrobras no município de Lins. Nela é possível visualizar o perfil estratigráfico de Lins, onde fica visível a superposição de aquíferos na região. As formações Botucatu e Pirambóia são do Aquífero Guarani.

Figura 18: Poço profundo no município de Lins.

PERFIL	ESTRATIGRAFIA	LITOLOGIA
	GRUPO BAURU	Arenito avermelhado, gran. fina, calcífero, frível silteoso, bandado para silte argiloso na base.
	FORMAÇÃO SERRA GERAL	Basalto cinza, vesicular, amigdaloidal
	FORMAÇÃO BOTUCATU	Arenito castanho claro, granulação média a muito fina, grãos arredondados a bem selecionados, localmente calcífero e com intrusões de diabásio
	FORMAÇÃO PIRAMBÓIA	Arenito cinza esverdeado, muito fino, silteoso, calcífero
	FORMAÇÃO SERRA GERAL	Diabásio
	FORMAÇÃO PIRAMBÓIA	Arenito acinzentado muito fino a grosseiro, calcífero
	GRUPO PASSA DOIS	Folhelhos com intercalações de diamictitos e arenitos

Fonte: DAEE, 2005.

A Tabela 6 apresenta dados compilados de diversas análises realizadas pela CETESB dos três aquíferos encontrados no município de Lins em todo o Estado de São Paulo. Nela se observa uma média de valores, que na prática não têm muito significado, pois a concentração de fluoreto varia bastante, tendo poços com valores bem acima destas médias (Tabela 4).

Tabela 6: Dados referentes aos valores médios encontrados em análises da CETESB em diversos poços no Estado de São Paulo.

Análises de Concentração de Fluoreto (mg/L)			
Aquífero	Bauru	Guarani	Serra Geral
Ano			
1998 - 2000	0,303	0,225	0,18
2001 - 2003	0,27	0,24	0,26
2004 - 2008	0,28	0,16	0,18

Fonte: CETESB, 2016 – modificado.

O Poço PPJ2 (Figura 20), foi perfurado em 1982 com 1942 metros de profundidade, retirando água do Aquífero Guarani. No início de seu funcionamento o poço apresentou problemas com excesso de areia na água e teores de fluoreto de até 2,0 mg/L de fluoreto. No decorrer dos anos passou por uma série de reformas (colocação de brita, cimentação do fundo) e hoje continua funcionando e com teores de fluoreto abaixo de 1,5 mg/L.

Alguns poços de Lins também foram foco de estudo de Franco Filho, Orsatti e Netto (2008), cujo objetivo foi estudar o comportamento hidrogeológico para aumentar a produção sem ocasionar danos aos aquíferos. Já neste estudo os poços do aquífero Guarani (PPJ2 e PPJ10) tinham sua exploração limitada pelos altos teores de fluoretos.

Figura 20: Fachada do PPJ2.



Fonte: Google Maps (imagem de setembro de 2011).

O poço PPS4 (Usina Nova) foi perfurado em 1956 com 160 metros de profundidade, retirando água do Aquífero Bauru. A fachada deste poço pode ser observada na Figura 21.

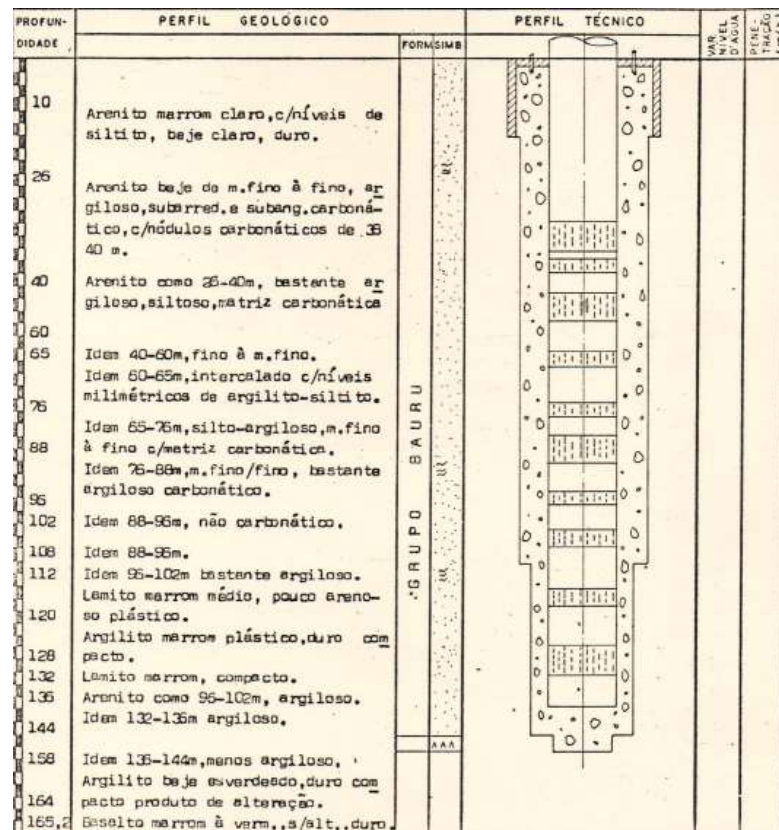
Figura 21: PPS4 - R 15 de Novembro nº 626.



Fonte: Google Maps (imagem de setembro de 2011).

O poço PPS2 (Objetivo) foi perfurado em 1985 com 165,20 metros de profundidade, retirando água do Aquífero Bauru. Na Figura 22 é possível observar o perfil Geológico e técnico deste poço.

Figura 22: Perfil do poço PPS2.



Fonte: SABESP – material cedido.

O poço PPS10 (DAEE) foi perfurado em 1982 com profundidade de 1042 metros. Retira água do Aquífero Guarani. A Figura 23 mostra a fachada deste poço.

Figura 23: Fachada do PPS 10 (DAEE).



Fonte: Google Maps (imagem de setembro de 2011).

O poço PPS5 (Rodoviária) foi perfurado em 1980 com 190 m de profundidade. Retira água do Aquífero Serra Geral, estando ele abaixo do Aquífero Bauru neste ponto. A Figura 24 mostra a fachada deste poço.

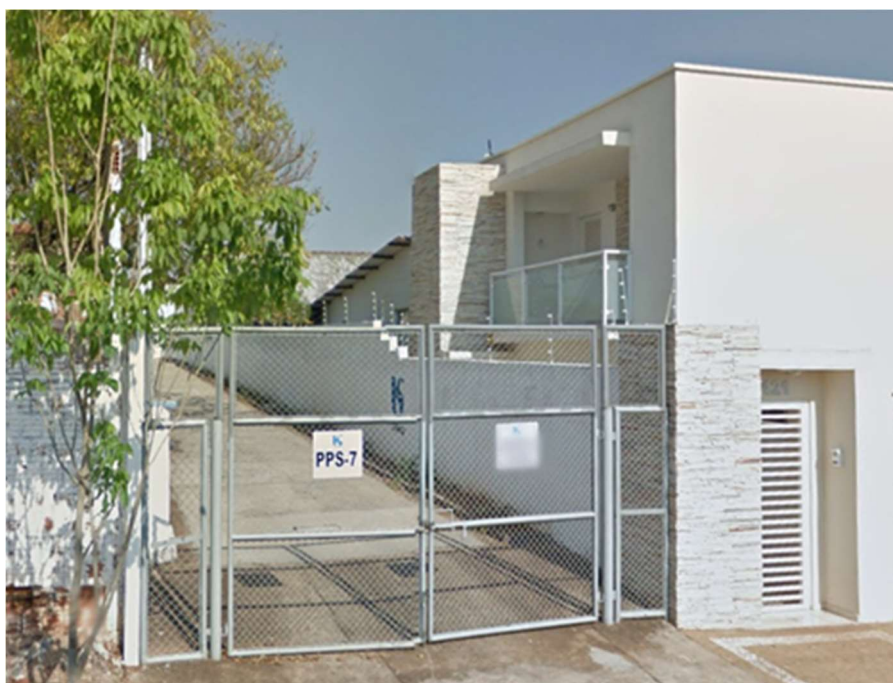
O poço PPS7 foi perfurado em 1972 com 146,70 metros de profundidade, retirando água do Aquífero Bauru. A Figura 25 mostra a fachada deste poço.

Figura 24: - PC-005 AV Tiradentes com Nicolau Zarvos.



Fonte: Google Maps (imagem de setembro de 2011).

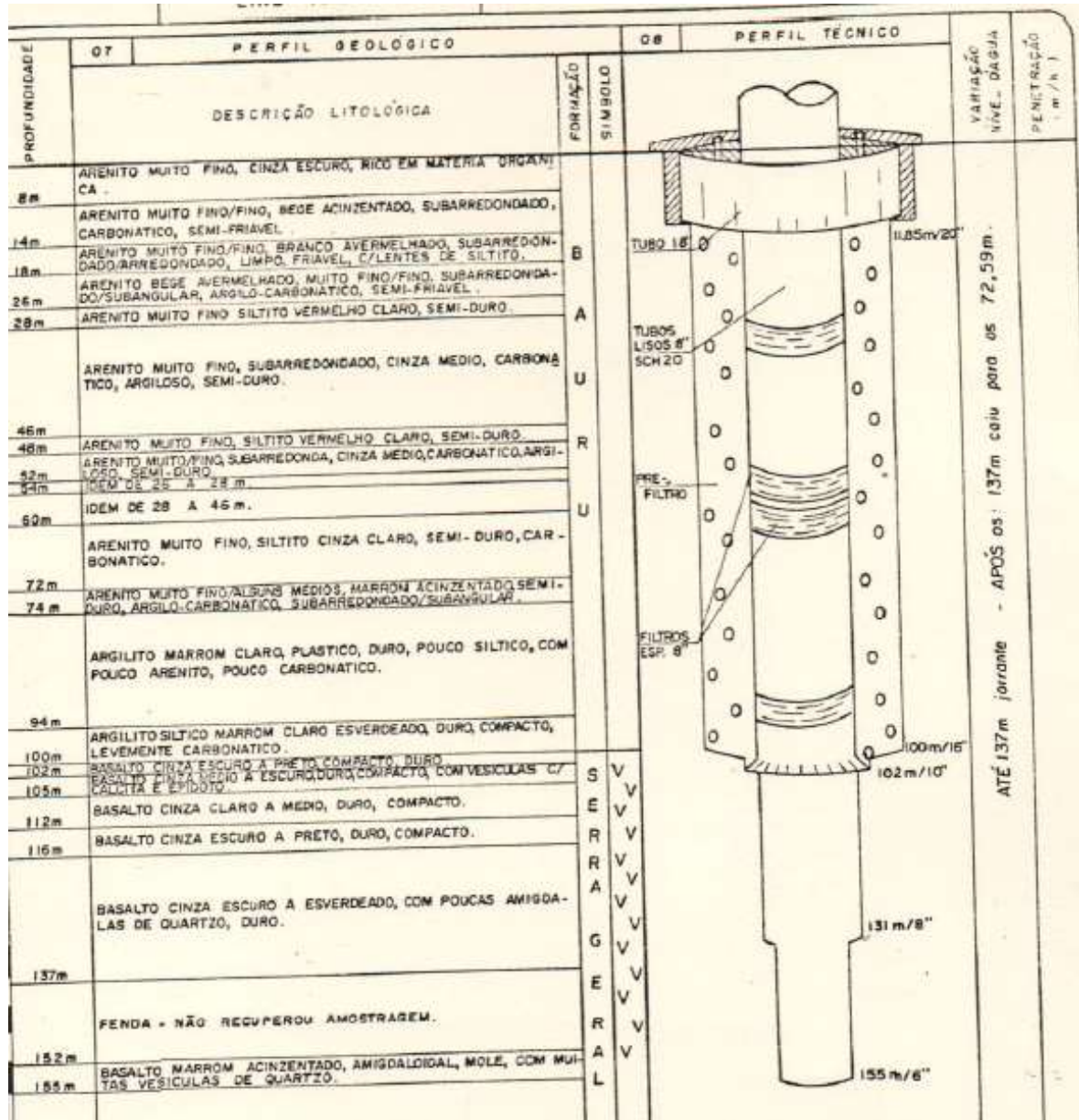
Figura 25: Fachada do poço PPS7.



Fonte: Google Maps (imagem de setembro de 2011).

O poço PPS9 (Cohab) foi perfurado em 1981 com 155 metros de profundidade. Retira água do Aquífero Serra Geral, que se encontra sobreposto ao Aquífero Bauru neste ponto. Na Figura 26 é possível visualizar o perfil geológico deste poço.

Figura 26: Perfil do poço PPS9.



Fonte: SABESP – material cedido.

Os poços PPJ2 e PPS10 (Figura 20 e 23) retiram água do aquífero Guarani, sendo os dois de maior vazão, porém, como também possuem as maiores concentrações de fluoreto dentre todos os demais, exigem uma análise cuidadosa na distribuição desta água.

O método da diluição é adotado pela SABESP para adequar o teor de fluoreto ao permitido para garantir o atendimento aos padrões de potabilidade. Esse método consiste em limitar a quantidade de água proveniente dos poços com maiores teores de fluoreto (provenientes do aquífero Guarani) e contrabalançar com a água proveniente dos outros poços (Aquífero Serra Geral e Aquífero Bauru). A Figura 27 elucida este processo através dos procedimentos adotados no município.

Figura 27: Procedimento de diluição utilizado pela SABESP de Lins.

1-Regulagem do sistema para diluição do Flúor Natural

- 1.1-Realizar análise de íon Fluoreto nos pontos pré-definidos**
- 1.2-Anotar o resultado das análises no controle de qualidade de água distribuída**
- 1.3-Confirmar o funcionamento de todos os poços.**
- 1.4-Verificar a vazão de cada poço.**
- 1.5-Para que ocorra a melhor diluição, todos os poços devem trabalhar simultaneamente com os poços que possuem teor de flúor elevado, que são os poços PPS 10-Poção-DAEE e o PPJ2-Poção Objetivo.**
 - 1.5.1- No caso do PPS10 os Poços 1, 7 e 15 devem trabalhar simultaneamente.**
 - 1.5.2- No caso do PPJ02 os Poços 2, 3, 4, 5, 9 devem trabalhar simultaneamente.**
- 1.6-Caso a análise apresente um teor de flúor inferior a 0,6 ou acima de 1,0ppm confirmar se o sistema esta operando conforme previsto**

Fonte: SABESP – material cedido.

A SABESP utiliza para a determinação da concentração de fluoreto da água método do Eletrodo Íon Seletivo, que consiste no uso de um eletrodo íon-seletivo acoplado a um potenciômetro e uma solução tampão. O eletrodo íon seletivo é inserido na solução mantida sob agitação, seguindo-se a medida do potencial após a estabilização.

No município de Lins quando há necessidade de fluoretação é utilizado o Ácido Fluossilícico (H_2SiF_6) que se apresenta em estado líquido. Este produto requer cuidados especiais para armazenamento e manipulação, pois é altamente corrosivo e tóxico.

6. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos bem como as comparações dos valores médios obtidos entre 1996 e 2002 com dados mais atualizados de concentração de fluoreto entre 2013 e 2016 (Tabela 7) para os poços PPS2, PPS4, PPS5, PPS7, PPS9 e PPS10 com o objetivo de se verificar se houve alguma alteração significativa.

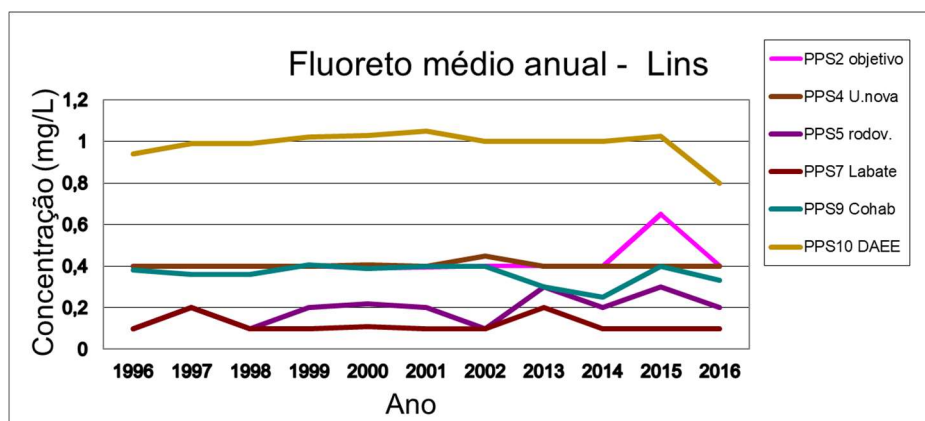
O poço PPJ2 não foi utilizado nesta análise pela ausência de dados entre 2013 e 2016, sendo utilizado em outras análises.

Tabela 7: Concentração de fluoretos de 1996 a 2002 e de 2013 a 2016.

Concentração de Fluoreto (mg/L)						
ANO	PPS2	PPS4	PPS5	PPS7	PPS9	PPS10
	objetivo	U.nova	rodov.	Labate	Cohab	DAEE
1996	0,4	0,4	0,1	0,1	0,38	0,94
1997	0,4	0,4	0,2	0,2	0,36	0,99
1998	0,4	0,4	0,1	0,1	0,36	0,99
1999	0,4	0,4	0,2	0,1	0,406	1,02
2000	0,392	0,405	0,22	0,11	0,387	1,03
2001	0,395	0,4	0,2	0,1	0,4	1,05
2002	0,4	0,45	0,1	0,1	0,4	1,00
2013	0,4	0,4	0,3	0,2	0,30	1,00
2014	0,4	0,4	0,2	0,1	0,25	1,00
2015	0,65	0,4	0,3	0,1	0,40	1,02
2016	0,4	0,4	0,2	0,1	0,33	0,80

Na Figura 28 é possível notar que os poços PPS7 e PPS5 possuem teor de flúor frequentemente baixo e que o PPS10 possui teor frequentemente acima de 1 mg/L.

Figura 28: Gráfico baseado na Tabela 7.



Com o objetivo de verificar o comportamento dos poços ao longo do período de estudo em relação a variável “Concentração do íon fluoreto na água”, cada série da Figura 28 precisa ser analisada em detalhe.

Analisou-se os dados referentes a Tabela 7 de maneira isolada, construindo-se gráficos para cada um dos poços utilizando as variáveis ano e concentração de íon fluoreto (mg/L) objetivando-se utilizar de recursos visuais para observar a existência de um padrão de comportamento.

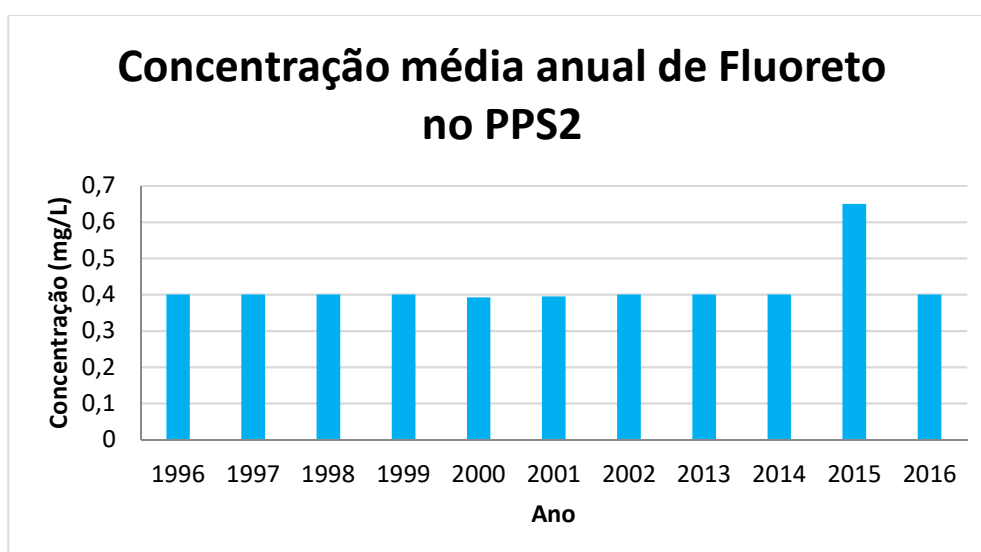
Em relação à série referente ao poço PPS2 pode-se verificar que de 1996 até 2014 apresenta um comportamento uniforme em relação a esta variável, tendo um comportamento atípico em 2015 e retornando ao mesmo padrão em 2016 (Figura 29). Essa anomalia pode ter diversas origens, porém, como a concentração de Fluoreto mesmo neste ano atípico não atingiu nenhum valor crítico, nenhuma medida mitigadora precisou ser adotada, apenas o monitoramento.

Na Tabela 8 pode-se observar o ano de perfuração, a profundidade e o aquífero do qual retiram a água cada um dos poços analisados na Figura 28. Estes dados apesar de não influenciarem na construção dos gráficos, o fazem em sua interpretação.

Tabela 8: Aquífero, Ano de perfuração e profundidade dos poços.

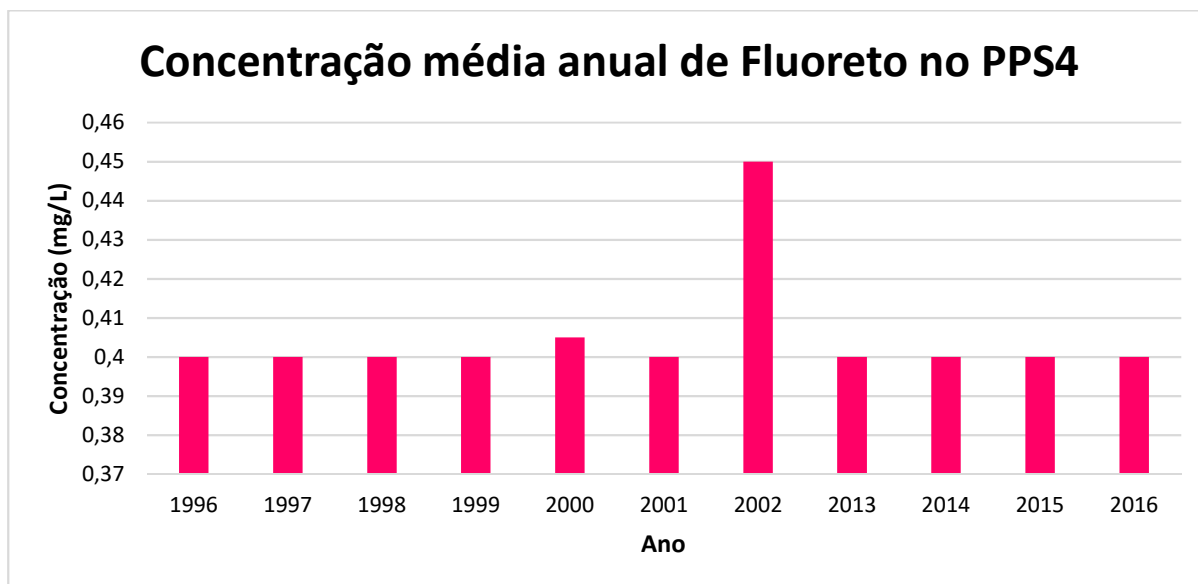
Poço	PPS2	PPS4	PPS5	PPS7	PPS9	PPS10
Aquífero	Bauru	Bauru	Serra Geral	Bauru	Serra Geral	Guarani
Ano Perfuração	1985	1956	1980	1972	1981	1982
Profundidade (metros)	165,20	160,05	190,00	118,00	155,00	1042,00

Figura 29: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS2.



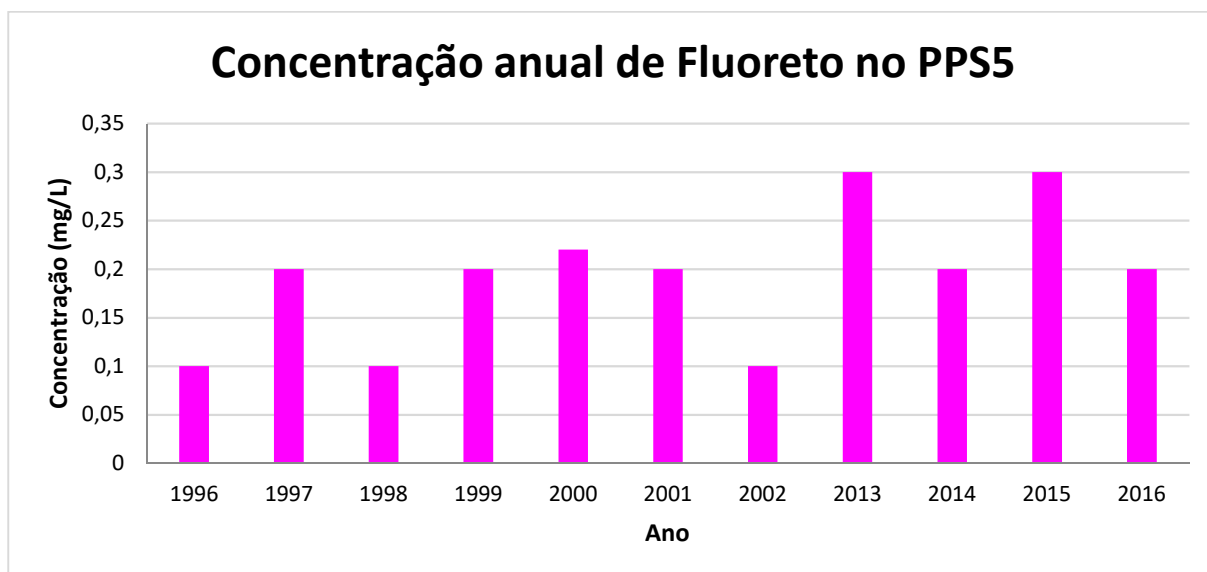
Na Figura 30 pode-se observar que as concentrações de fluoreto são mais uniformes, pois a diferença entre o ponto mais alto em 2002 para a concentração nos outros anos não é representativa, além de estar bem abaixo do limite máximo de 1,5 mg/L.

Figura 30: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS4.



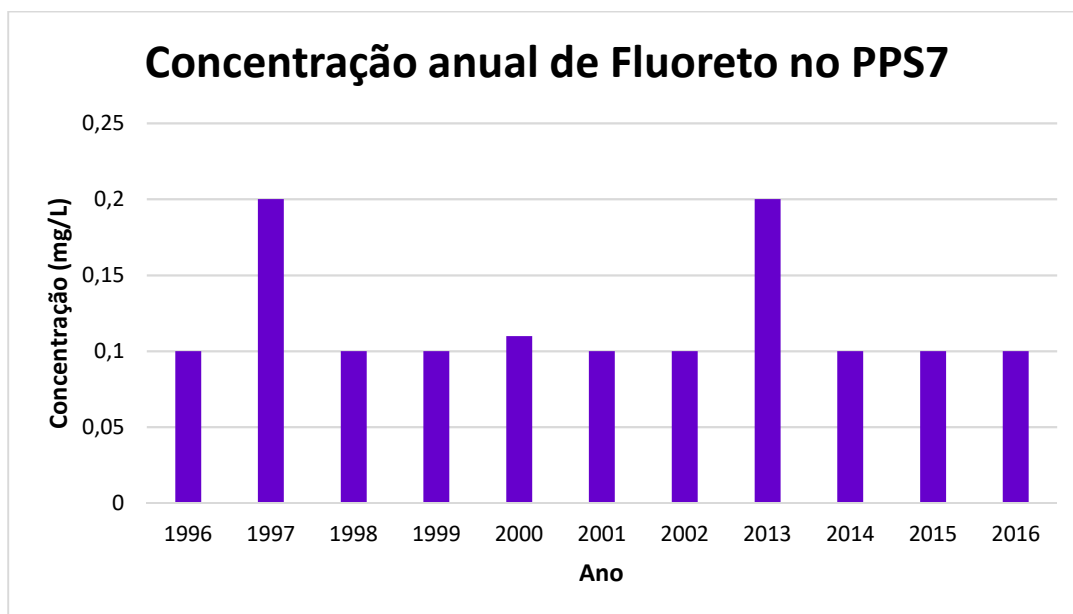
O poço PPS5 (Figura 31) apresenta pequenas variações nas médias anuais de concentração de fluoreto, todas pouco representativas e distantes do valor máximo permitido.

Figura 31: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS5.



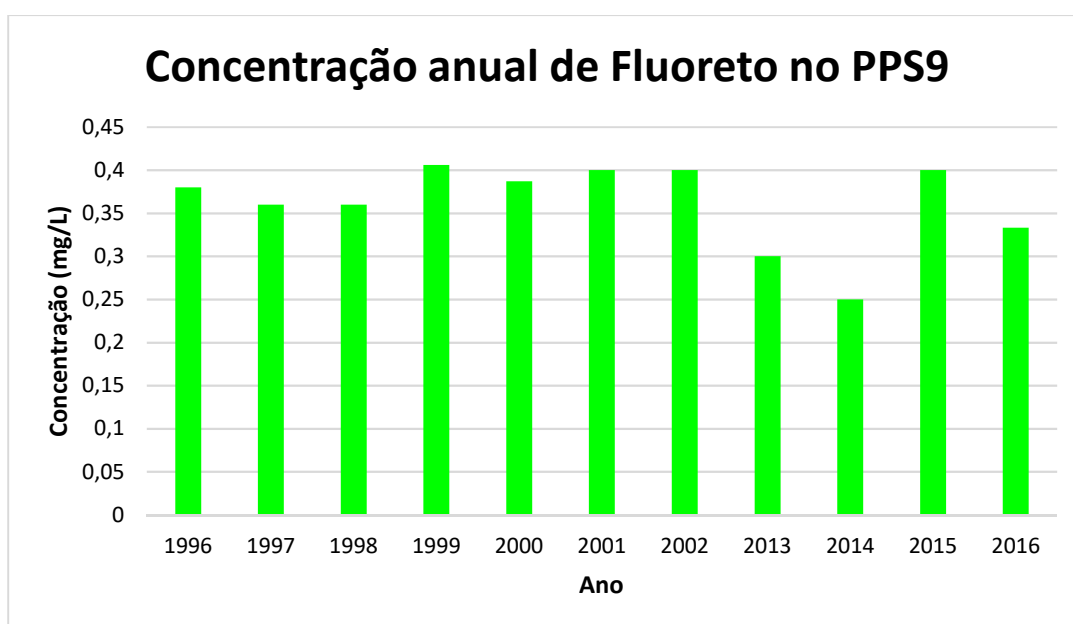
Também no poço PPS7 (Figura 32) não se observa nenhum comportamento digno de nota, apenas uma pequena variação que não causa nenhum impacto representativo no abastecimento.

Figura 32: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS7.



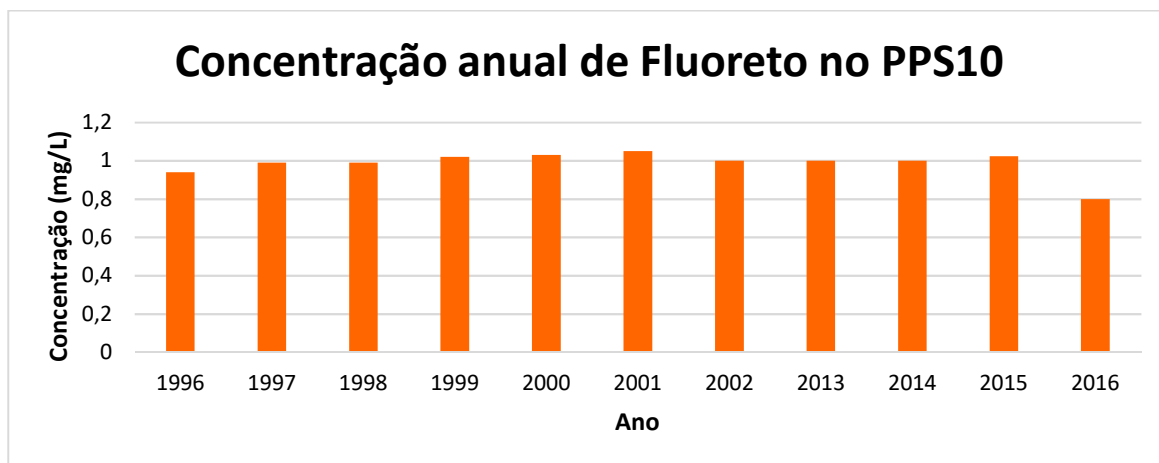
O poço PPS9, assim como os demais, não apresenta nenhuma concentração com variação representativa (Figura 33).

Figura 33: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS9.



No poço PPS10 também se observa um comportamento uniforme ao longo dos anos analisados (Figura 34), porém como a concentração está acima da recomendada esta água não pode ser distribuída diretamente para a população, sendo imprescindível a adequação desta concentração.

Figura 34: Gráfico da média anual da concentração de fluoreto no PPS10.



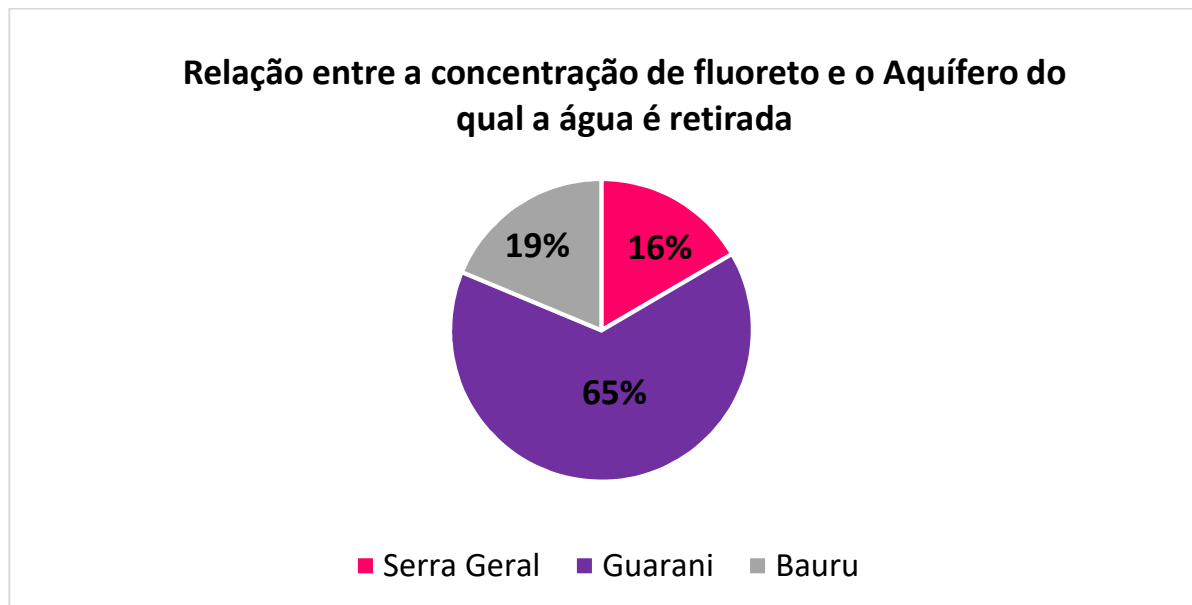
Separando-se os poços de acordo com o Aquífero do qual retiram a água e analisando em conjunto os dados das Tabela 7 e 8 observa-se que as maiores concentrações de fluoreto encontradas nos poços do município de Lins (SP) acontecem no Aquífero Guarani (Figura 35), portanto em maiores profundidades nesta região.

Na Tabela 7 isto não fica tão evidente, já que apenas o PPS10 possui uma profundidade mais significativa. Porém ao se observar os dados da Tabela 9, onde o poço PPJ2 também está presente, esta observação fica mais evidente, sendo que o PPJ2 também retira água do Aquífero Guarani.

Tabela 9: Dados dos poços nos anos de 1996 a 2002 com os dados do PPJ2.

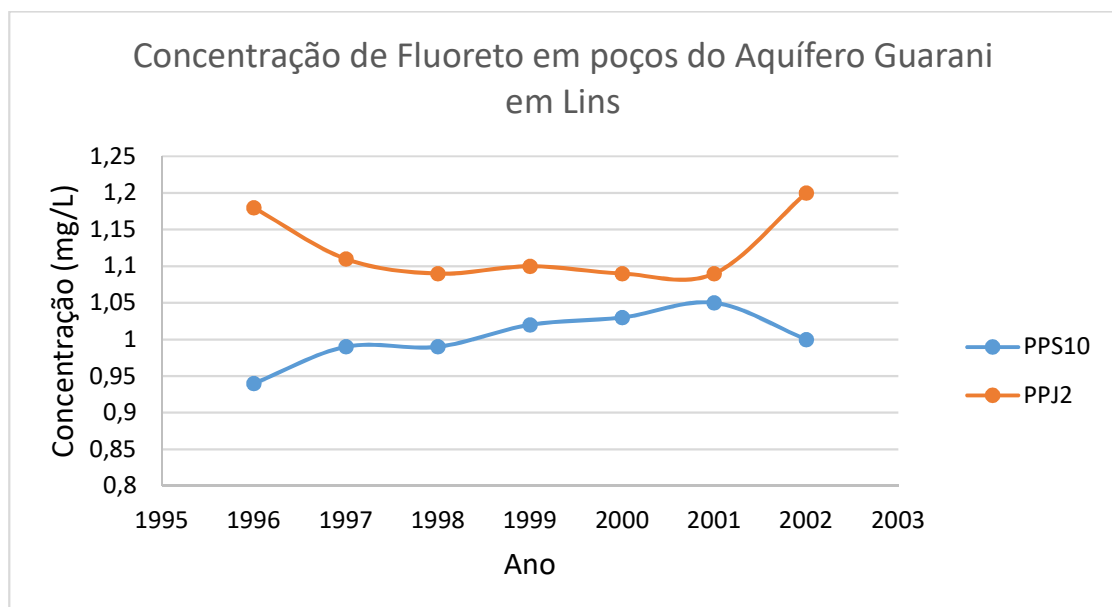
Poço	Concentração de Fluoreto (mg/L)						
	PPS2	PPS4	PPS5	PPS7	PPS9	PPS10	PPJ2
	objetivo	U.nova	rodov.	Labate	Cohab	DAEE	Poço 2
1996	0,4	0,4	0,1	0,1	0,38	0,94	1,18
1997	0,4	0,4	0,2	0,2	0,36	0,99	1,11
1998	0,4	0,4	0,1	0,1	0,36	0,99	1,09
1999	0,4	0,4	0,2	0,1	0,406	1,02	1,1
2000	0,392	0,405	0,22	0,11	0,387	1,03	1,09
2001	0,395	0,4	0,2	0,1	0,4	1,05	1,09
2002	0,4	0,45	0,1	0,1	0,4	1,00	1,2
média do período	0,398143	0,407857	0,16	0,115714	0,3847143	1,002857	1,122857

Figura 35: Concentração de Fluoreto nos Aquíferos dos poços selecionados.



Elaborando-se um novo gráfico agora contemplando o poço PPJ2, baseado na Tabela 9 fica evidente a concentração maior de fluoreto nos poços PPJ2 e PPS10, fato que pode ser observado na Figura 36.

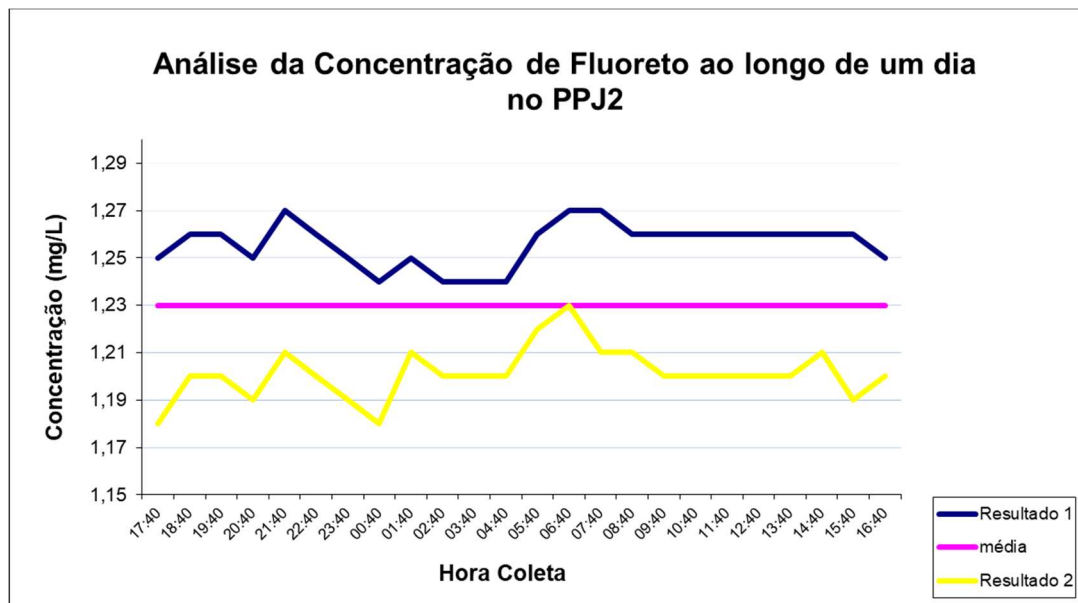
Figura 36: Gráfico resultante dos dados apresentados na Tabela 9 dos poços do Aquífero Guarani.



A Figura 37 mostra a variação dos níveis de fluoreto ao longo de um dia no PPJ2 a partir da retirada de duas amostras em cada amostragem. A partir deste resultado é possível verificar que ao longo do dia o poço não apresentou nenhuma alteração

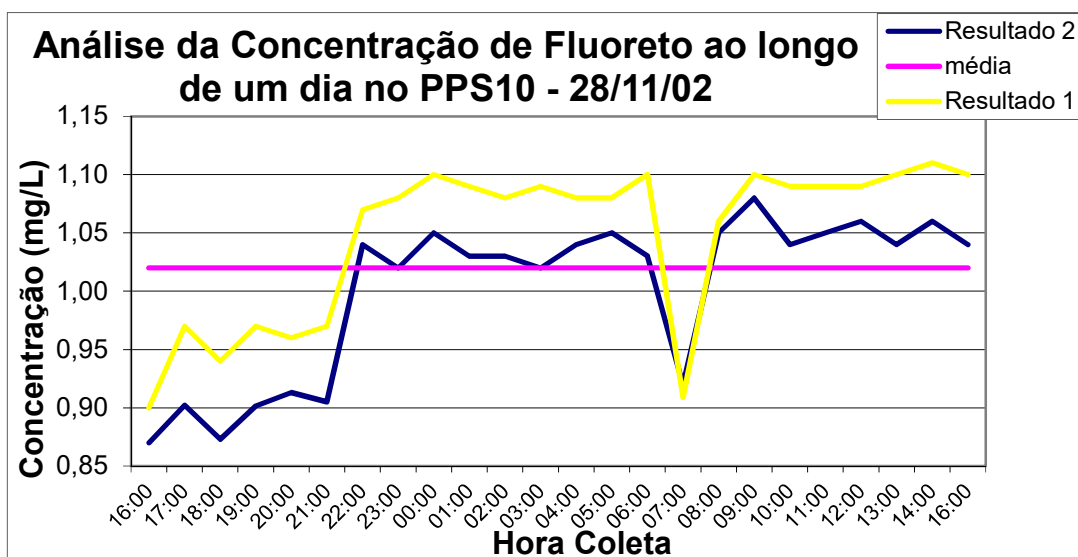
significativa nos níveis de fluoreto encontrados, estando estes níveis abaixo do valor limite de 1,5 mg/L, porém acima do recomendável para o consumo, o que faz com que a água deste poço não possa ser utilizada diretamente no abastecimento da cidade, necessitando passar pelo processo de diluição para atingir os níveis ideais.

Figura 37: Gráfico da variação de fluoreto em um dia no PPJ2.



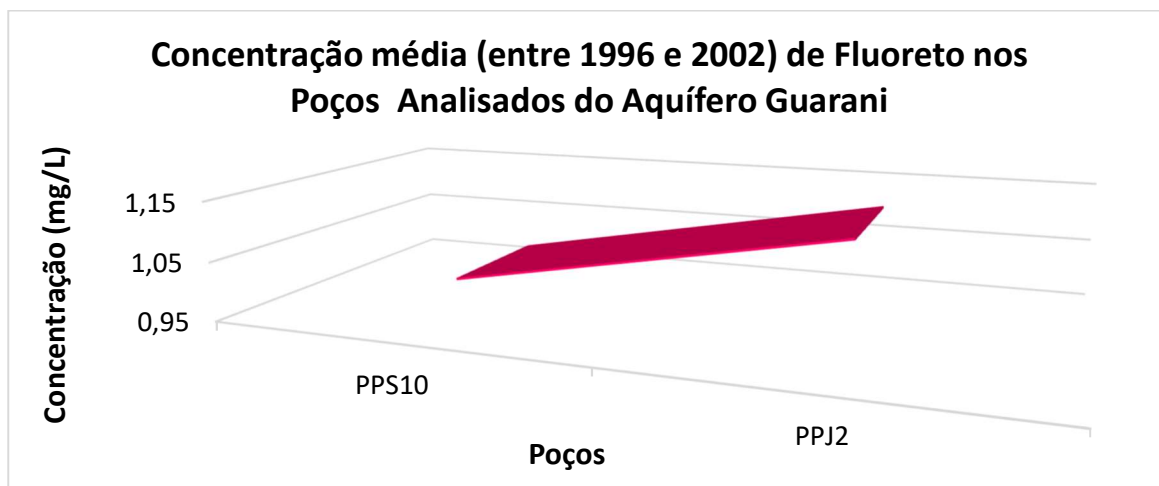
O poço PPS10 foi analisado no dia 28/11/02 através da coleta de duas amostras em cada amostragem, tendo sido encontrado os resultados que podem ser visualizados na Figura 38.

Figura 38: Gráfico de Fluoreto em 28/11/02 no PPS10.



Ao se analisar estes dois poços do Aquífero Guarani observa-se na Figura 39 uma pequena diferença de concentração entre eles, o que demonstra a necessidade de um monitoramento constante e a necessidade da adoção de medidas que visem diminuir as concentrações de fluoreto na rede de distribuição.

Figura 39: Concentração média durante os anos analisados dos poços do Aquífero Guarani.



Focando a análise nos poços do Aquífero Bauru, observa-se baixos teores de fluoreto (Figura 40), abaixo do recomendado e na Figura 41 observa-se a relação desta concentração junto a influência da profundidade.

Figura 40: Poços do Aquífero Bauru - concentração de fluoreto.

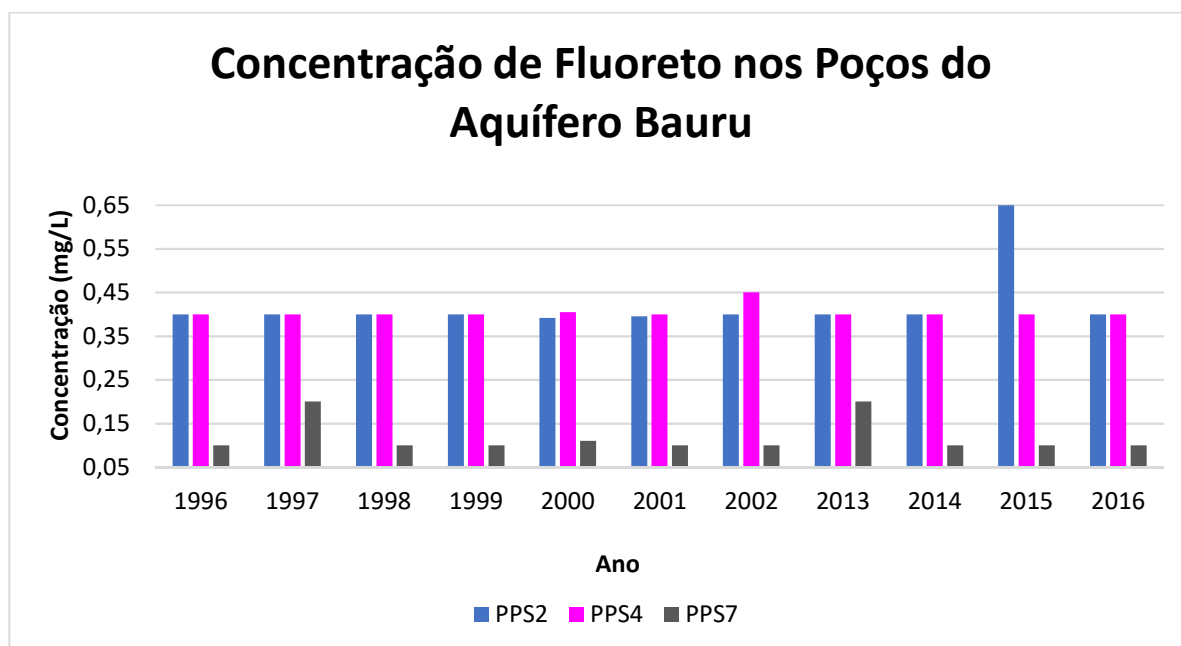
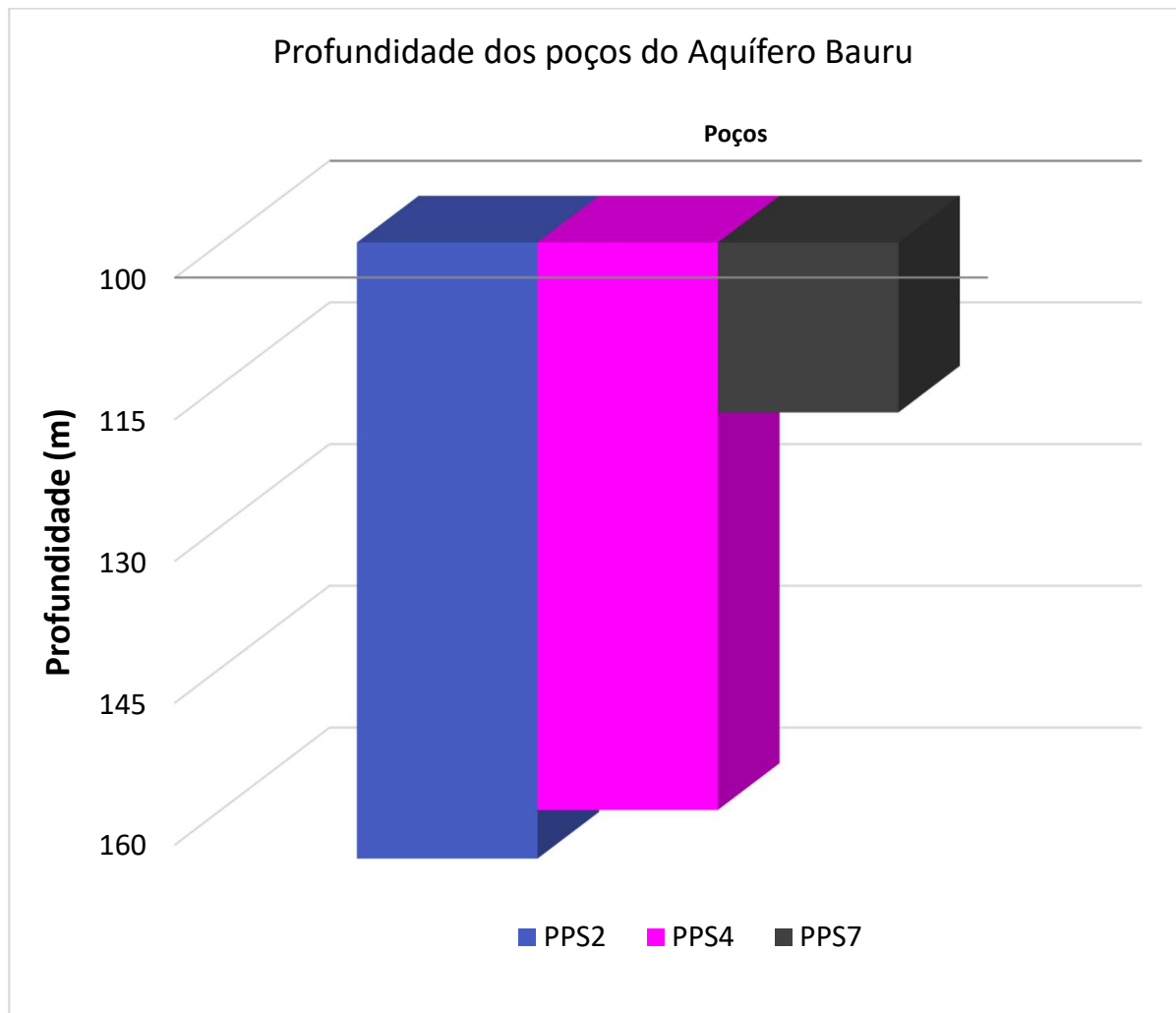


Figura 41: Poços do Aquífero Bauru – Profundidade.



Apesar de ser possível relacionar esta variação localmente, quando se amplia o horizonte de análise fica evidente a necessidade de outras variáveis para explicar as diferenças nas concentrações que não se restrinjam à origem e profundidade.

Inúmeros fatores (composição mineralógica das rochas, pH, presença de íons colóides complexantes, águas que percolam nos vazios e tempo de interação rocha-água) influenciam nos teores de fluoreto encontrado nas águas, sofrendo estas variações no tempo e no Espaço (EZAKI ET AL., 2008).

Ao se analisar os dados do Aquífero Serra Geral na Figura 42 e ao se comparar com o exposto na Figura 43, a relação da concentração de fluoreto com a profundidade do Aquífero não pode ser estabelecida, o que comprova que esta relação não é direta e existem uma série de outras variáveis envolvidas.

Figura 42: Poços do Aquífero Serra Geral - concentração de fluoreto.

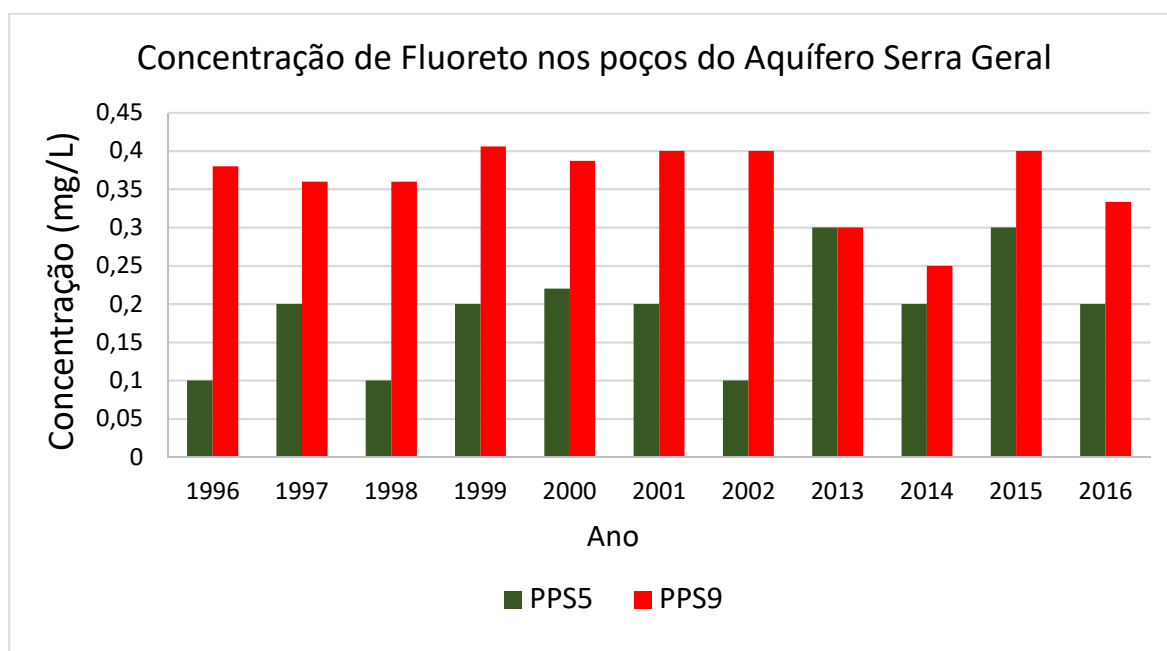
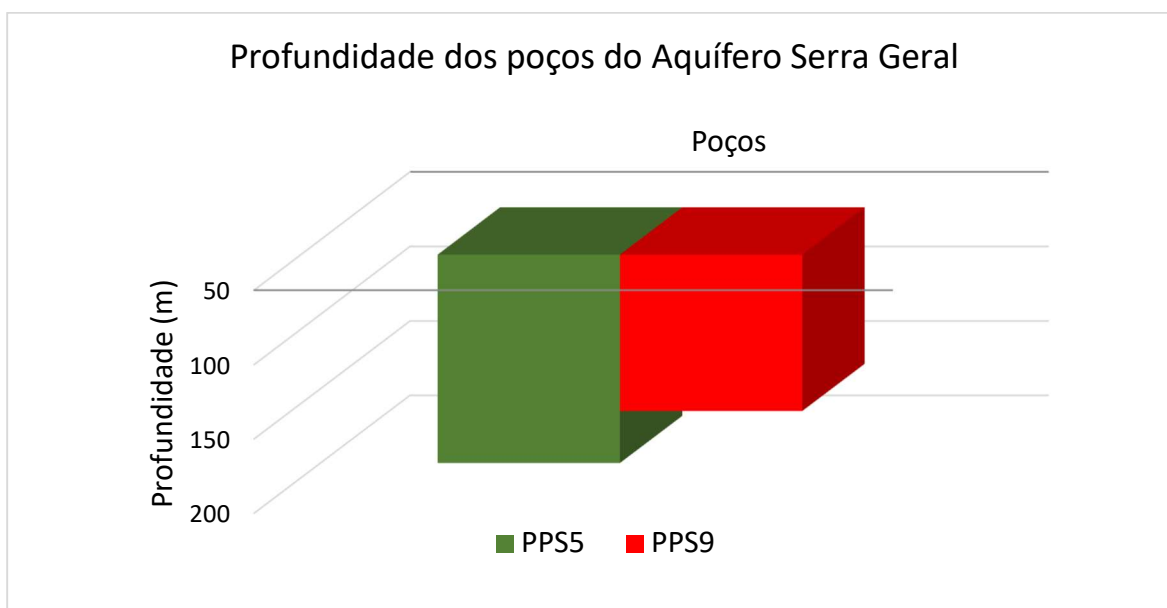


Figura 43: Poços do Aquífero Serra Geral – Profundidade.



Colocando os dados dos poços do Aquífero Bauru e Serra Geral num mesmo gráfico e comparando os resultados das Figura 44 e Figura 45 com os gráficos apresentados para cada um dos Aquíferos e considerando que estes últimos foram construídos a partir de valores médios das concentrações no decorrer de um período, percebe-se que os dados aqui expostos são insuficientes para se inferir uma relação conclusiva. Os níveis de concentração de fluoreto sofrem variação num mesmo dia, o

que comprova que a profundidade pode ser um dos termos desta equação, mas com certeza não é o único.

Figura 44: Profundidade dos poços dos Aquíferos Bauru e Serra Geral

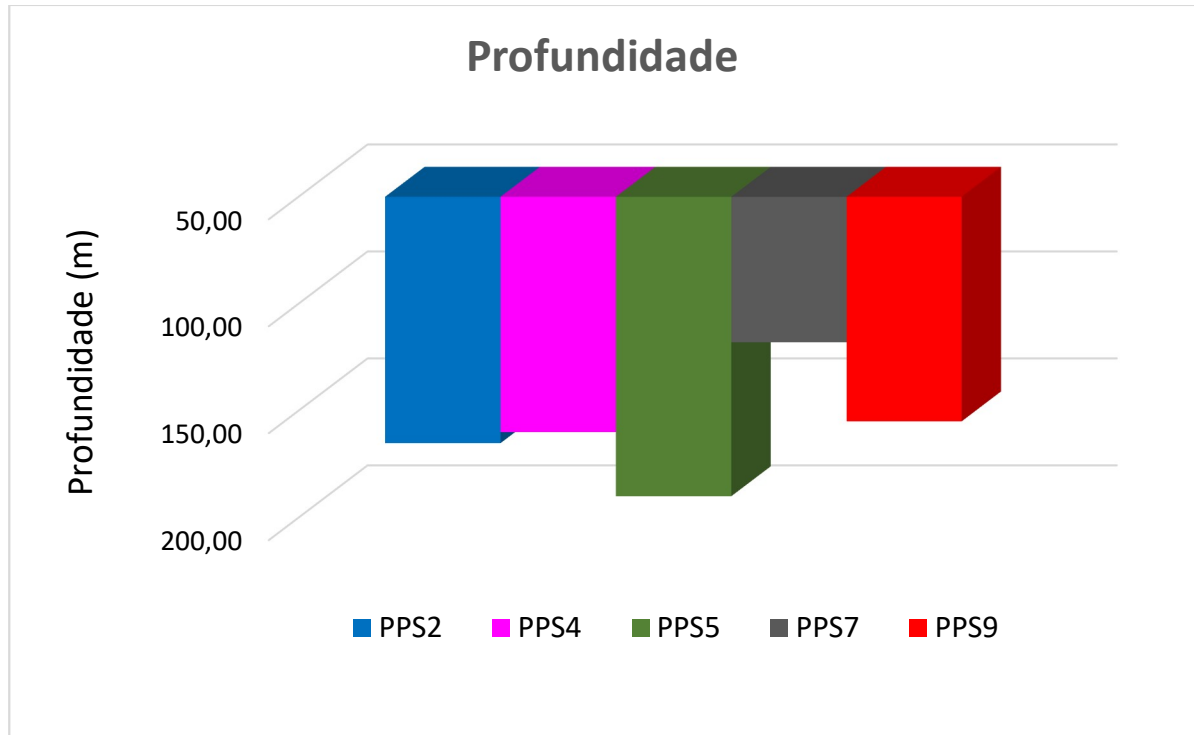
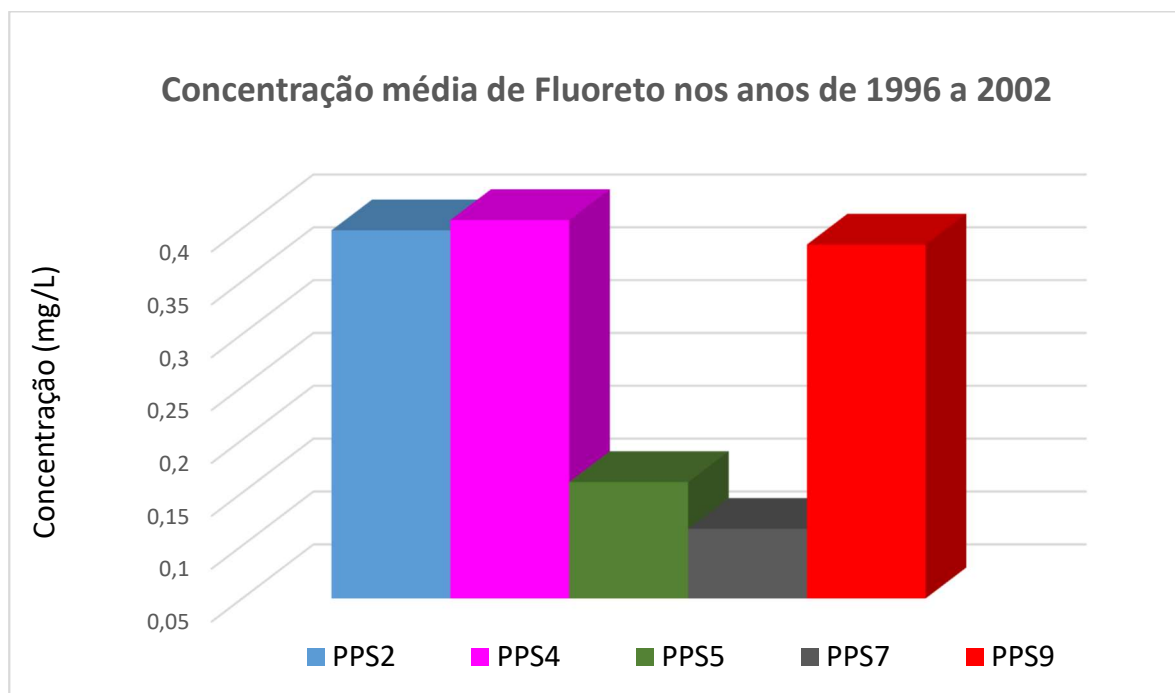


Figura 45: Concentração média de Fluoreto de 1996 a 2002 nos poços dos Aquíferos Bauru e Serra Geral



7. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, podem-se elencar as principais conclusões:

- A concentração de fluoreto se manteve de maneira uniforme nos poços oriundos de aquíferos de origem sedimentar (Bauru e Guarani), não sofrendo grandes variações em suas concentrações quando se analisa os valores médios no decorrer dos anos.
- A variação da concentração de fluoreto num horizonte de tempo mais curto, um dia, é bem maior do que em um ano.
- As maiores variações na concentração de fluoreto ocorreram nos poços que atingem o aquífero Serra Geral, que é um aquífero fraturado. Nestes poços não se conseguiu inferir correspondência entre a profundidade e a concentração de fluoreto.
- Nos poços analisados que retiram água do Aquífero Bauru conseguiu-se estabelecer a influência da profundidade na concentração de fluoreto encontrado.
- Os relatos históricos de que o poço PPJ2 desde sua perfuração até o momento passou por reformas que diminuíram sua profundidade e também a concentração de fluoreto (apesar de ainda ser alta), tornam possível supor uma relação direta entre as variáveis profundidade e concentração para este poço do aquífero Guarani.
- Apesar dos resultados deste trabalho sugerirem que nos aquíferos sedimentares há uma relação direta entre as variáveis profundidade e concentração de fluoreto, o tamanho da amostra é insuficiente para se chegar a esta conclusão num universo mais amplo do que o município de Lins, necessitando, portanto, de mais análises para se testar esta hipótese.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, A. Comportamento geoquímico de metais pesados em sedimentos argilosos da Bacia de São Paulo, Suzano-SP. 1997. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) - Instituto de Geociências, University of São Paulo, São Paulo, 1997. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-14082015-092017/en.php>>.

BARISON, M. R. Estudo hidrogeoquímico da porção meridional do sistema aquífero Bauru no estado de São Paulo. 2003. xii, 153 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/102904>>.

BARISON M. R.; KIANG C. H. Parâmetros hidrogeoquímicos regionais do sistema aquífero Bauru no estado de São Paulo; 2004. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23569/15647>>.

BAZANELLA G. C. S.; MADRONA G. S.; VIEIRA A. M. S.; BERGAMASCO, R. Desfluoretação de águas subterrâneas a partir do processo de coagulação seguido de separação por membranas. Publicado em: XVI Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e XVII Encontro Nacional de Perfuradores de Poços – 2010. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/23086/15201>>.

BRANCO, A. M. M. Influência do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água: subsídio à gestão dos recursos hídricos à gestão dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira (UGRHI-1). 2014. 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/124114>>.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>.

BRASIL, Lei no 6.050, de 24 de maio de 1974. Dispõe sobre a fluoretação da água em sistemas de abastecimento quando existir estação de tratamento. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6050.htm>.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria nº 635, de 26 de dezembro de 1975. Aprova normas e padrões sobre a fluoretação da água, tendo em vista a Lei n.º 6050/74. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/282915/>>.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/images/pdf/2015/maio/25/Portaria-MS-no-2.914-12-12-2011.pdf>>.

BUZALAF, C. P. ; LEITE, A. L. , BUZALAF, M. A. R. (2015). Fluoride Metabolism. 54-74. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283794601_Fluoride_Metabolism>.

CARVALHO, E. M.; Análise diagnóstica de indicadores de erosão do solo na bacia hidrográfica do Córrego João Dias, Aquidauana/MS. 2012. 143 f. Tese - (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/104407>>.

CESCO, D. D. Avaliação em escala real da formação de THMs em águas de abastecimento. 2007. 82 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98102>>.

CETESB (São Paulo). Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2004-2006 / CETESB. - - São Paulo : CETESB, 2007. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/publicacoes-e-relatorios/>>.

CETESB (São Paulo) Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo em 2014. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2013/11/Cetesb_QualidadeAguasSuperficiais2014_Partel_vers%C3%A3o2015_Web.pdf>.

CETESB (São Paulo) Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015 [recurso eletrônico] / CETESB ; Execução Rosângela Pacini Modesto... [et al.]. ; Colaboração Blas Marçal Sanchez...[et al.]. - - São Paulo : CETESB, 2016.

CONCEIÇÃO V. M.; CAMACHO F. P.; BASSETTI F. J.; BERGAMASCO R. 2013. Avaliação da desfluoretação de águas subterrâneas a partir da coagulação com extratos de moringa oleifera lam. Revista Exacta v. 6, n. 2 (2013). Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/view/1005>>.

CORTECCI, G. Geologia e saúde. Tradução Wilson Scarpelli. PGAGEM. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geologia_medica/geosaude.pdf>.

CUELBAS, L. P. Monitoramento e avaliação da qualidade da água na microbacia do córrego campestre no município de Lins-SP. 2007. vi, 118 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98090>>.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica; IG – Instituto Geológico; IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo; CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005.– Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo – Escala 1:1.000.000 – Nota Explicativa, 2005 – Governo do Estado de São Paulo – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.dae.sp.gov.br/images/documentos/MAPA_AS.pdf>.

DANTAS, J. S. Relação solo-paisagem e erodibilidade de solos no leste do estado do Maranhão. 2013. xiii, 84 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/100820>>.

DARÉ, F. Diagnóstico da concentração de flúor nos sistemas públicos de água da região de Araçatuba. 2006. 126 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2006. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98082>>.

EZAKI, S.; HYPOLITO, R.; PÉREZ-AGUILAR, A.; MOSCHINI, F.A; Moura, C.L.; PUGAS, M.S. 2008. Avaliação da Ocorrência de Íon Fluoreto nas Águas Subterrâneas dos Aquíferos Tubarão e Cristalino, Região de Salto (SP). In: I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. ABAS, São Paulo. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/21964/14333>>.

FERRARESE, R. F. M. S. Caracterização do aporte de poluentes oriundos da atividade sucroalcooleira para a atmosfera, água, solo e sedimento. 2011. 91 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90047>>.

FILAPPI, R. A. Administração crônica de flúor: efeitos no metabolismo e na reprodução de ovinos. 2008. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/4034/ANDREANEFILAPPI.pdf?sequence=1&isAllowed=>>>.

FRANCO FILHO, W. B.; ORSATTI W. A.; NETTO J. P. G. M. Otimização da exploração de poços no aquífero fissurado de Lins; 2008. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, 2008. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23800/15865>>.

FRAZÃO P, PERES M, CURY J. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. Revista Saúde Pública. 2011. 45(5) pág:964-73. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/2011nahead/2584.pdf>>.

FUESS, L. T. Potencial contaminante e energético da vinhaça: riscos de contaminação ao solo e recursos hídricos e recuperação de energia a partir da digestão anaeróbica. 2013. 161 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92777>>.

GASQUE, K. C. S. O papel do flúor sobre linhagens de células osteoblásticas de camundongos com densidades ósseas distintas: estudos em MC3T3-E1, C3H/HeJ e C57BL/6J. 2012. de São Paulo, Bauru, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25149/tde-03042013-162750/pt-br.php>>.

JESUS, L. S. de. Estudo da permeabilidade dos solos de fundação do aterro de resíduos sólidos urbanos de Bauru. 2012. 158 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92964>>.

LIMA, A. J. D. Emprego de multicomutação na automatização do método spadns para determinação de fluoreto em água. 2014. 72 f. Dissertação - (mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia – Programa de Pós-Graduação em Química, 2014. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/bitstream/tede/956/1/dissertacao%20Anderson.pdf>>.

LUKE, J. (2001). Fluoride Deposition in the Aged Human Pineal Gland. Caries research 35. 125-8 Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/12057123_Fluoride_Deposition_in_the_Aged_Human_Pineal_Gland>.

MALUTA, M. C. Estimativa da recarga natural do Aquífero Rio Claro: uma abordagem da regionalização hidrológica através da vazão de permanência. 2014. 72 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/134031>>.

MARTINS, E. O. (2005). Cadastro Georreferenciado de erosões no Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Publicação no G.DM-139/2005, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p. Disponível em: <<http://www.geotecnia.unb.br/downloads/dissertacoes/139-2005.pdf>>.

MINGOTI, R. Efeitos da espacialização da cobertura florestal e da profundidade dos solos na produção de água de uma bacia hidrográfica. 2012. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-25102012-090126/>>.

MIRLEAN, N.; CASARTELLI, M. R.; GARCIA, M. R. D. Propagação da poluição atmosférica por flúor nas águas subterrâneas e solos de regiões próximas às indústrias de fertilizantes (Rio Grande, RS). Quím. Nova, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 191-195, maio 2002. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n2/10443.pdf>>.

MOTTER, J., et al. Análise da concentração de flúor na água em Curitiba, Brasil: comparação entre técnicas. Revista Panamericana de Salud Pública, vol. 29, no. 2, 2011, p. 120. <<http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v29n2/a07v29n2>>.

OLIVEIRA, S. F. de. Estudo da estrutura da glândula pineal humana empregando métodos de microscopia de luz, microscopia eletrônica de varredura, microscopia de varredura por espectrometria de raio-X e difração de raio-X. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciências Morfofuncionais) - Instituto de

Ciências Biomédicas, University of São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42131/tde-21062013-093730/pt-br.php>>.

RUSSELL, J.B.: Química Geral, Mc Graw-Hill, 1982.

SANTOS, F. A. S.; MARIANO, R. S. R.; PIERANGELI, M. A. P.; SOUZA, C. A.; BAMPI, A. C. Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 239-249, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1009>>.

SANTOS, L. F. P. dos - Fluoretação das águas de abastecimento público: onze anos de projeto que promove o heterocontrole dos teores de flúor de 40 municípios do noroeste paulista e correlação entre níveis de fluoreto e variações pluviométricas. 2017. 53 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/149865>>.

SANTOS, S. N. dos. Valores de referência de metais pesados em solos de Mato Grosso e Rondônia. 2011. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-29062011-144832/>>.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos; Universidade Estadual Paulista – Águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Diretrizes de Utilização e Proteção / Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto Geociências e Ciências Exatas. Laboratório de Estudos de Bacias. - São Paulo: DAEE/LEBAC, 2013. Disponível em: <[http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/Atlas%20-%20C3%81guas%20Subterr%C3%A2neas%20\(DAEE-LEBAC\).pdf](http://www.dae.sp.gov.br/acervoepesquisa/Atlas%20-%20C3%81guas%20Subterr%C3%A2neas%20(DAEE-LEBAC).pdf)>.

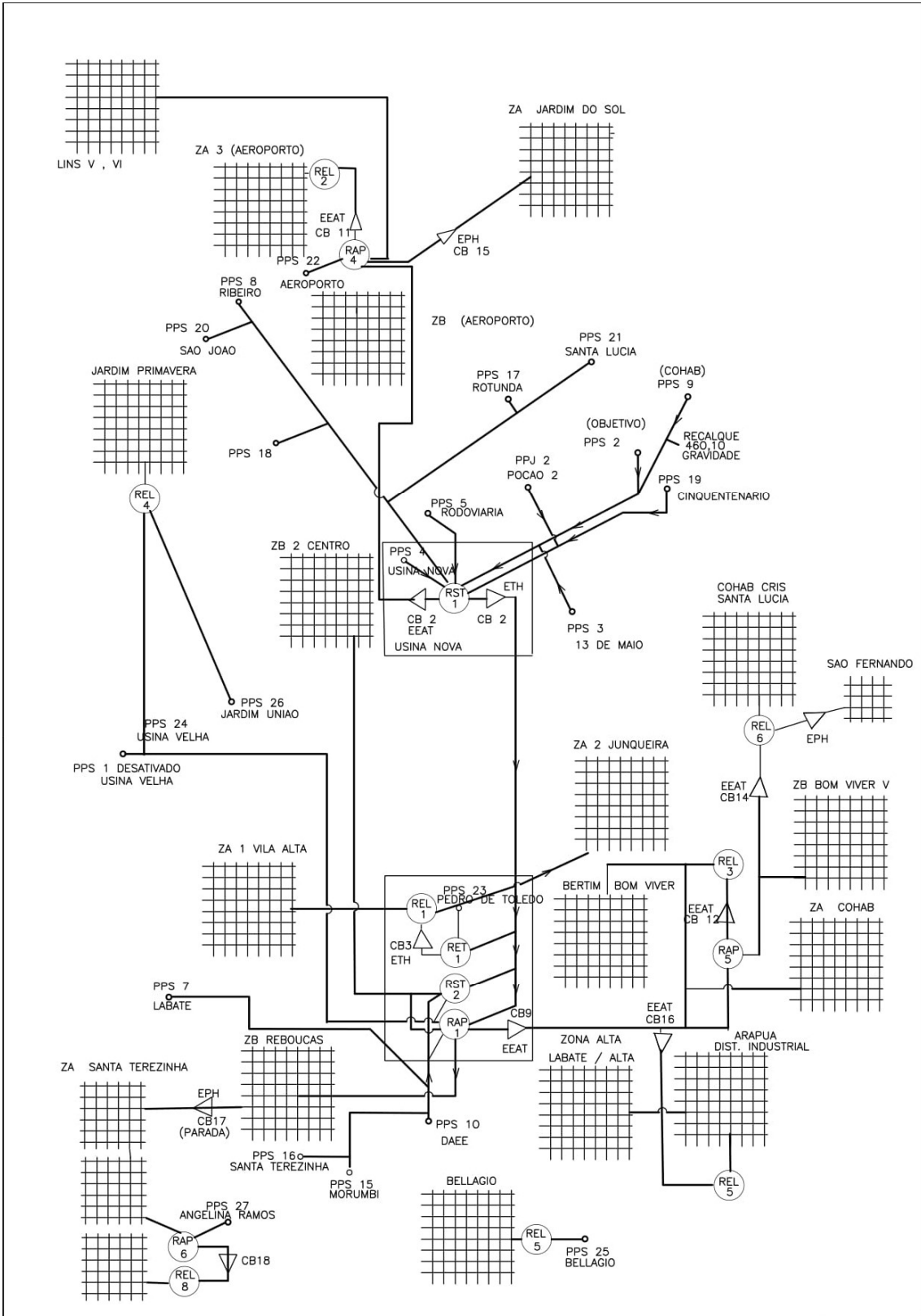
SCALVI, B. Arcabouço hidroestratigráfico e evolução temporal dos níveis d'água no sistema aquífero Guarani na cidade de Araraquara - SP, 2016. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138257/scalvi_b_me_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.


SOUZA, R. B. G. de. Avaliação da contaminação por hidrocarbonetos do solo e da água da região de Avaré. 2016. 168 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Bauru, 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/137908>>.

STRUNECKA, A., et al., Fluoride, aluminum, and aluminofluoride complexes in pathogenesis of the autism spectrum disorders: A possible role of immunoexcitotoxicity. *J. Appl. Biomed.* (2016). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jab.2016.04.001>>.

TOLEDO, T. F. de. Análise dos teores de flúor em municípios com e sem fluoretação das águas de abastecimento público. 2013. 37 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Odontologia) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Odontologia de Araçatuba, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/149528>>.

ANEXOS



sabesp - VISTO E ACEITO		companhia de saneamento basico do estado de sao paulo		N°	
ANALISADO	/ /	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE REDE DE AGUA		REV.	FL.
ACEITO	/ /	AREA PROJ.	LINS	0	1/1
VISTO	/ /	SUB-AREA PROJ.		N° CONTRATADA	
EXECUTADO		DES.	ARI	07/02/01	APROVADO POR ENG° FLAVIO
RTDL 2		PROJ.		04/2014	VISTO
					
				ESCALA S/ESC.	