

# ESTABELECIMENTO DE SUBSÍDIOS PARA A DELIMITAÇÃO DE PERÍMETRO DE PROTEÇÃO DE POÇOS DE ABASTECIMENTO PÚBLICO NA REGIÃO OESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO

Mara Akie Iritani <sup>1</sup>; Ana Maciel de Carvalho <sup>2</sup>; Sibebe Ezaki <sup>1</sup>; José Luiz Albuquerque Filho <sup>2</sup>; Nádia Franqueiro Corrêa <sup>2</sup>; Ana Candida Melo Cavani Monteiro <sup>2</sup>; Priscila Ikematsu <sup>2</sup>; Fernando Fernandez <sup>2</sup>; André Luiz Ferreira <sup>2</sup>; Tatiana Luiz Tavares <sup>2</sup>; Luiz Gustavo Faccini <sup>2</sup>; Luciana Martin Rodrigues Ferreira <sup>1</sup>; Geraldo Hideo Oda <sup>1</sup>

**Resumo** - Este estudo abrangeu 120 municípios abastecidos pelo Sistema Aquífero Bauru, localizados no oeste do Estado de São Paulo, sendo avaliadas as condições da proteção sanitária de 731 poços de abastecimento público e delimitado o Perímetro de Alerta, área de proteção de poço baseada no tempo de trânsito de 50 dias.

Utilizando o método do raio fixo calculado, os Perímetros de Alerta variaram entre 76 m<sup>2</sup> e 14.643 m<sup>2</sup>. Em mais de 80% dos poços, a área calculada possui raio inferior a 30 m. Considerando um raio de 100 m ao redor de todos os poço foram identificadas 687 atividades, sendo que 393 delas são fontes difusas, predominantemente com reduzida carga potencial contaminante, tal como pastagem. As demais 294 atividades são fontes pontuais com potencial de contaminação moderado a reduzido, associadas principalmente a postos de combustíveis e oficinas de manutenção de veículos. Em trabalhos de campo realizados no final de 2014, observou-se que a maior parte dos poços tem proteção sanitária em boas condições, apresentando tampa, laje, cerca e o entorno limpo. Os principais problemas observados estão relacionados à dimensão desses elementos em relação ao estabelecido nas normativas legais e principalmente à falta de informação sobre o selo sanitário e sua profundidade de cimentação.

**Abstract** - The present study was developed in 120 municipalities located in the western part of State of São Paulo that use the Bauru Aquifer System to public water supply. It was evaluated the condition of the sanitary protection of 731 water supply wells and delimited the Perimeter of Alert, wellhead protection area based on 50 days travel time.

Using the method of calculated fixed radius, the Perimeter of Alert ranged from 76 m<sup>2</sup> e 14.643 m<sup>2</sup>. More than 80% of the calculated areas has radius smaller than 30 m. In a radius of 100 m around the

---

<sup>1</sup> Instituto Geológico-IG, Rua Joaquim Távora 822, Vila Mariana, São Paulo, SP, CEP 04015-011. Fone: (11) 5073-5511. Email: mara.iritani@igeologico.sp.gov.br; ig@igeologico.sp.gov.br

<sup>2</sup> Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, Rua Professor Almeida Prado, 532, Cidade Universitária, São Paulo, SP, CEP-05508-901. Fone: (11) 3767-4938. Email: labgeo@ipt.br

wells were identified 687 human activities where 393 are diffuse potential pollution source, with, mostly, low contaminant load like pasture. The remaining 294 activities are point sources with moderate to low contaminant load, associated mainly to gas station and vehicles maintenance services. Based on field work in late 2014, most of the sanitary protection of the wells is in good conditions, presenting lid, slab, fence and clean surroundings. The main problems are related to the size of these elements compared to legal requirements and the lack of information about the sanitary seal and the cementation depth.

**Palavras-Chave** – Sistema Aquífero Bauru, perímetro de proteção de poços, proteção sanitária

## **INTRODUÇÃO**

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) é um manancial subterrâneo importante para o abastecimento público das cidades do oeste do Estado de São Paulo e, segundo Paula e Silva et al. (2005), abastece integralmente 32,5% dos municípios paulistas.

Por ser um aquífero livre e com vazão potencial por poço variando entre 10 a 80 m<sup>3</sup>/h (Mancuso e Campos, 2005), há facilidade e menor custo de exploração em relação ao Sistema Aquífero Guarani, mais produtivo porém confinado pelo Sistema Aquífero Serra Geral. Por essa razão, observa-se um crescimento na perfuração de poços no Sistema Aquífero Bauru devido à facilidade de atendimento às demandas individuais como propriedades rurais, loteamentos e indústrias assim como para o abastecimento de comunidades, bairros ou municípios de pequeno a médio porte.

Pode-se citar como exemplo, as Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) 20 e 21, conforme definidas na Política de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (São Paulo, 1991a), nas quais os poços somam 65% de todas as captações de água outorgadas. Considerando-se somente a UGRHI 20, constatou-se um incremento de 94,3% no volume captado de água subterrânea, apenas no período entre 2007 e 2011 (CBH-AP, 2013).

Visando a proteção dos aquíferos, no Decreto Estadual nº 32.955 (São Paulo, 1991b), que regulamenta a Lei Estadual nº 6.134 (São Paulo, 1988), foi prevista uma categoria de área de proteção voltada especificamente às captações subterrâneas, denominada de “Área de Proteção de Poços e Outras Captações”.

Composta por dois perímetros de proteção, denominados de Perímetro Imediato de Proteção Sanitária e Perímetro de Alerta, essa categoria visa, principalmente, a manutenção da integridade física e das condições de higiene do poço e a sua proteção contra os contaminantes não conservativos como os microbiológicos.

Para a implantação do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária, aqui denominado de PIPS, algumas orientações adicionais e mais detalhadas foram definidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), órgão estadual responsável pela gestão da quantidade dos recursos hídricos, por meio da Instrução Técnica DPO nº 006 (DAEE, 2015).

O Perímetro de Alerta, aplicável aos poços construídos para o uso da água para o abastecimento público (DAEE, 2015), tem suas dimensões definidas de acordo com as características específicas do aquífero e do poço e para o cálculo de seus limites podem ser utilizados diferentes métodos (Iritani e Ezaki, 2012).

Visando auxiliar os municípios, o Instituto Geológico (IG) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), com financiamento do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), desenvolveram um projeto voltado à avaliação da proteção sanitária dos poços de 120 municípios abastecidos pelo Sistema Aquífero Bauru e à delimitação do Perímetro de Alerta, com intuito de se constituir como referência para os demais municípios paulistas.

Neste trabalho são apresentados o diagnóstico das condições observadas quanto à proteção sanitária dos poços visitados e a metodologia aplicada à delimitação do Perímetro de Alerta.

## **DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo abrangeu 120 municípios localizados nas UGRHIs 12 e 15 a 22. Os municípios selecionados possuem até 20 mil habitantes e exploram o Sistema Aquífero Bauru para o abastecimento público de água (Figura 1).

No Estado de São Paulo o SAB tem como arcabouço geológico, as rochas sedimentares do Grupo Bauru, composto por uma sucessão de fácies arenosas e pelíticas, por vezes carbonáticas, localmente com presença de conglomerados.

Com espessura média de 100 metros, mas que pode ultrapassar 300 metros em algumas regiões (Paula e Silva et al., 2003), sua reserva permanente foi estimada em pouco mais de 1.600 km<sup>3</sup> de água (Paula e Silva et al., 2005).

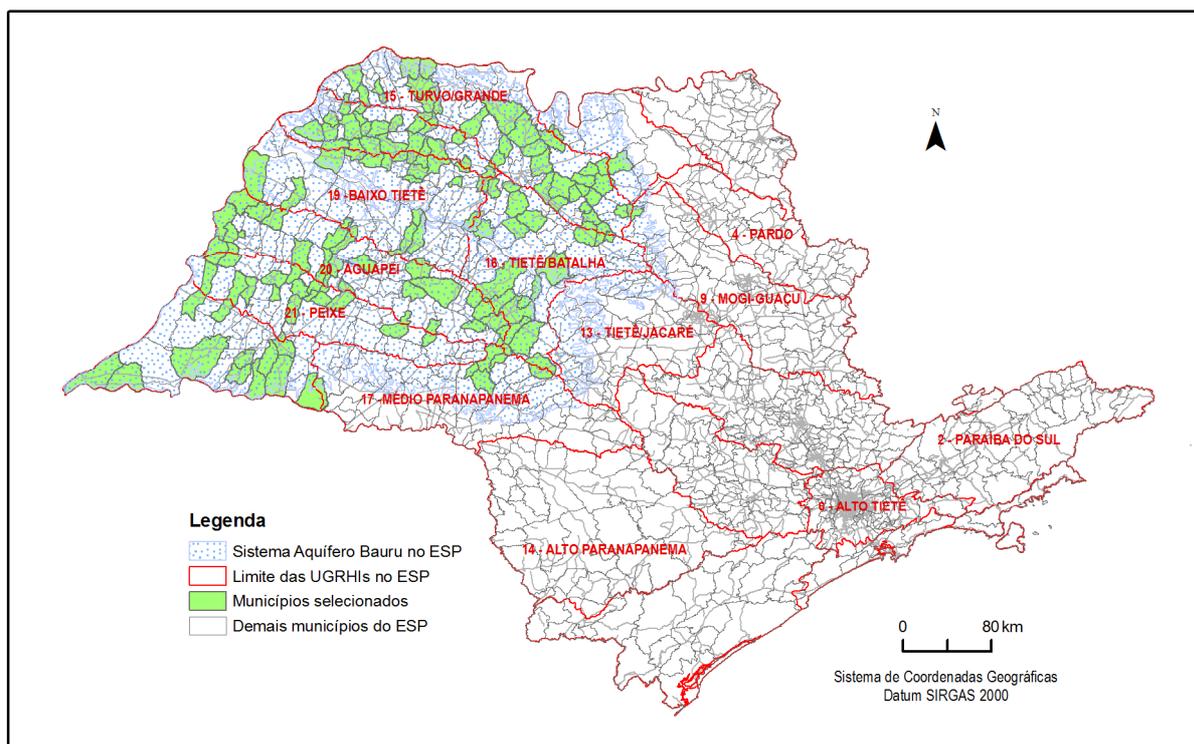


Figura 1. Localização dos municípios estudados e a área de ocorrência do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo.

Considerado regionalmente livre, a recarga é direta e por essa razão, mais vulnerável à infiltração de contaminantes.

Este fato é comprovado pelos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea no Estado de São Paulo realizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que indicou, até 2008, tendência de aumento nas concentrações de nitrato nos poços do Sistema Aquífero Bauru, com uma estabilização das concentrações no período de 2009 a 2012. A presença de indicadores microbiológicos (coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas) em poços monitorados em todas as UGRHIs estudadas também pode ser um indicativo de problemas na manutenção da proteção sanitária desses poços (CETESB, 2013).

## PERÍMETROS DE PROTEÇÃO DE POÇOS

O conceito de perímetro de proteção de poços foi adotado na Europa desde a década de 1930 (Carvalho e Hirata, 2012) com a finalidade de controlar as atividades e a ocupação do solo no entorno das captações, objetivando intensificar as ações de controle para a área de recarga do aquífero, que contribui diretamente para o poço.

Durante o bombeamento, a água que é extraída pelo poço provém de uma área denominada Zona de Contribuição (ZC) ou Zona de Captura (USEPA, 1994), que corresponde à área de recarga do aquífero e que flui em direção à captação (Figura 2). A infiltração de contaminantes nesta área representa um risco de contaminação da água subterrânea extraída e a adoção de medidas de controle é fundamental para garantir a proteção do poço.

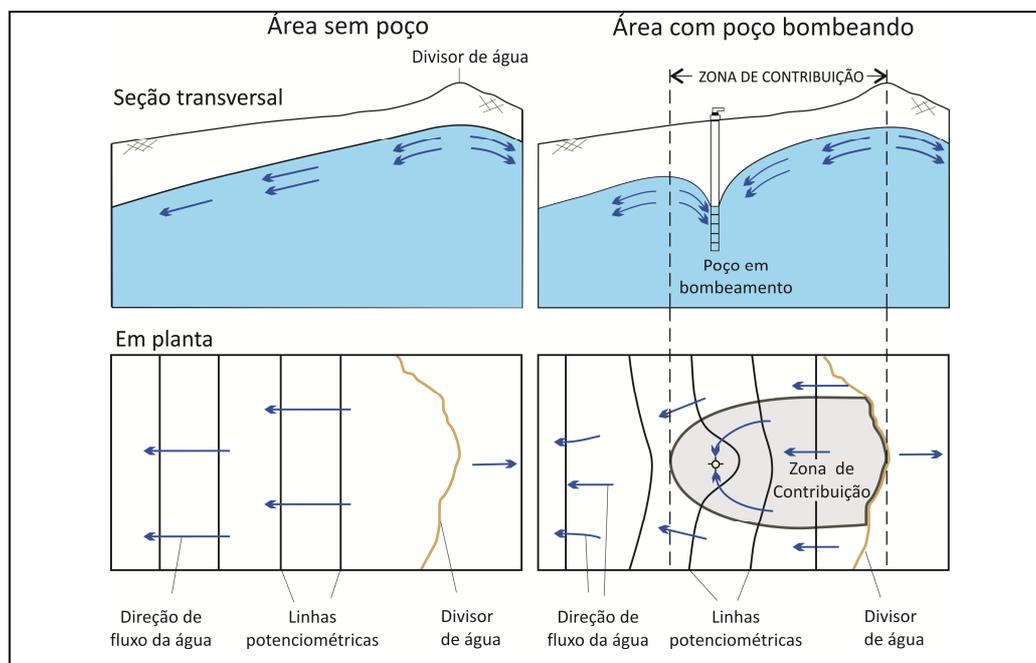


Figura 2. Zona de Contribuição (ZC) de um poço (Iritani e Ezaki, 2012).

Conforme abordado por Foster *et al.* (2002) e Iritani e Ezaki (2012), a zona de contribuição de um poço pode se estender por uma extensa área e perímetros internos podem ser delimitados pelos órgãos gestores do uso do solo e dos recursos hídricos com a finalidade de definir o rigor das ações de controle de acordo com a distância e o potencial risco de contaminação da água subterrânea imposto pelas atividades antrópicas (Figura 3), otimizando a viabilidade técnica e econômica das medidas de proteção.

Os perímetros de proteção podem ser definidos com base em diferentes critérios, sendo que os mais comuns são distância ao poço e tempo de trânsito da água na zona de contribuição.

O perímetro ao redor de um poço definido pelos pontos com o mesmo tempo de trânsito da água subterrânea é denominado de Zona de Transporte (ZT).

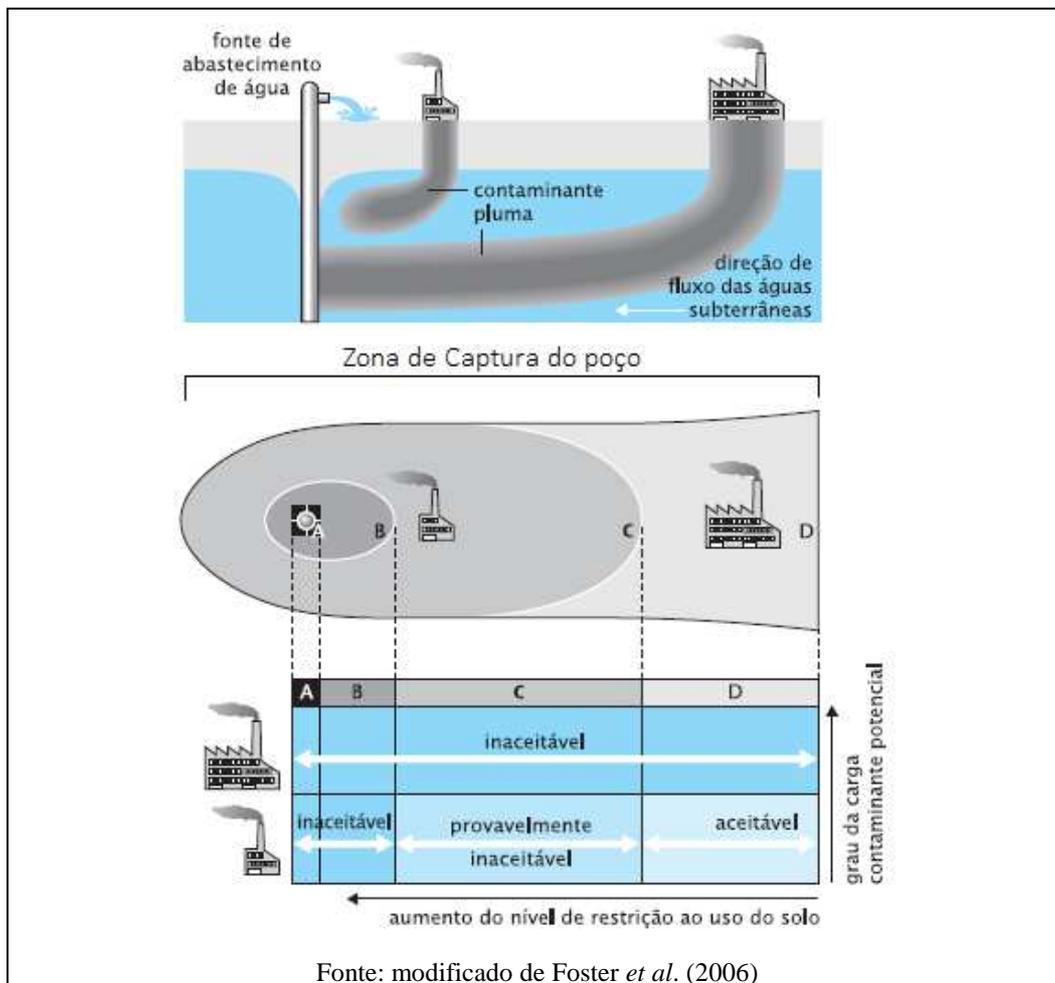


Figura 3. Ilustração de áreas de proteção de poços com restrições indicadas quanto ao uso do território.

O Perímetro de Alerta, definido no Decreto Estadual nº 32.955 (São Paulo, 1991), usa como critério para sua delimitação, o tempo de trânsito de 50 dias (Figura 4). Isso implica que qualquer partícula de água contida internamente a esse perímetro atingirá o poço em um tempo máximo de 50 dias (Iritani e Ezaki, 2012). No interior deste perímetro deve haver o disciplinamento da extração de água, o controle das atividades já instaladas e restrição à implantação de novas atividades com potencial de contaminação da água subterrânea (DAEE, 2015).

O Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS), também definido no referido Decreto, considera a distância em relação ao poço como critério para sua delimitação. De acordo com a Instrução Técnica DPO nº 006 (DAEE, 2015), para os poços de abastecimento público o DAEE recomenda uma área com raio de 10 metros a partir do poço (Figura 4), que deve ser cercada e protegida, impedindo o acesso de pessoas e a penetração de contaminantes.

Os perímetros de proteção definidos na legislação paulista estão restritos a áreas bem próximas ao poço, protegendo apenas uma parte da sua zona de contribuição (Figura 4).

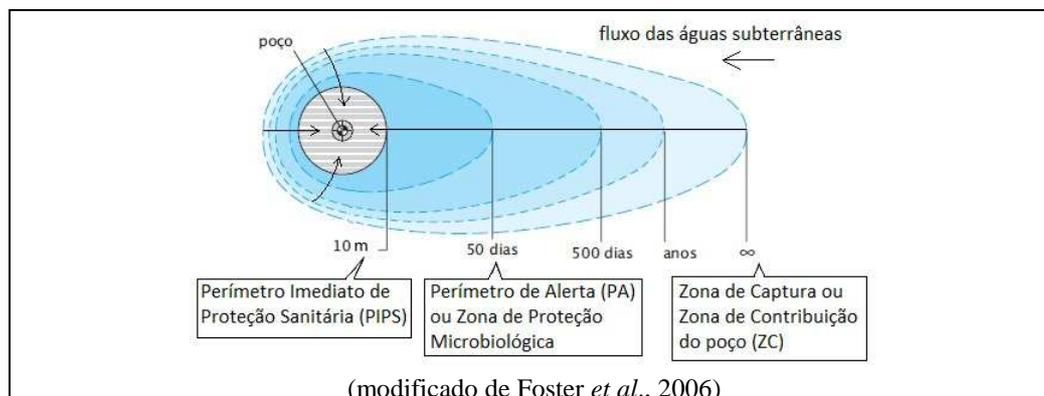


Figura 4. Perímetros de proteção definidos na legislação paulista e exemplo de outros perímetros que podem ser adotados na zona de contribuição de um poço.

Em outros países onde a aplicação de áreas de proteção das captações de água subterrânea é uma técnica consolidada, as categorias de perímetros delimitados buscam abranger a totalidade ou a maior parte da zona de contribuição dos poços, como alguns exemplos mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Exemplos de critérios utilizados por diferentes países para delimitação dos perímetros de proteção de poços e aqueles estabelecidos pelo Decreto Estadual nº 32.955/91 (com base em Navarrete e García, 2003; Iritani e Ezaki, 2012).

País	Perímetros de Proteção			
Alemanha	<u>Zona I</u> Raio de 20 m	<u>Zona II</u> Tempo de trânsito de 50 dias	<u>Zona IIIA</u> Distância de 2 km	<u>Zona IIIB</u> Zona de Contribuição
Reino Unido	<u>Zona I – Proteção interior</u> 50 m ou 50 dias de tempo de trânsito	<u>Zona II – Proteção exterior</u> 25% da ZC ou 400 dias de tempo de trânsito	<u>Zona III – Captação Total</u> Zona de Contribuição	<u>Zona Z de Proteção Especial</u> Área fora da ZC, mas que pode transmitir contaminação ao poço
Holanda	<u>Área de Captação</u> 50 ou 60 dias de tempo de trânsito	<u>Área de Proteção I</u> 10 anos de tempo de trânsito	<u>Área de Proteção II</u> 25 anos de tempo de trânsito	<u>Área de Recarga</u> 50 a 100 anos de tempo de trânsito
Estado de São Paulo – Decreto nº 32.955/91	Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) Raio de 10 m	Perímetro de Alerta (PA) 50 dias de tempo de trânsito		

Porém, caso haja interesse, outros perímetros podem ser estabelecidos para a proteção da zona de contribuição dos poços considerando a categoria denominada Área de Restrição e Controle, definida no Decreto Estadual nº 32.955 (São Paulo, 1991) e na Deliberação do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH nº 52 (CRH, 2005).

## **METODOLOGIA**

O estudo enfocou a delimitação do Perímetro de Alerta e o diagnóstico das condições da proteção sanitária dos poços de abastecimento público dos municípios estudados, além do levantamento das fontes potenciais de contaminação existentes no seu entorno.

Primeiramente, foi realizado o levantamento das informações de poços de abastecimento público, fontes potenciais de contaminação e áreas contaminadas em instituições e estudos pré-existentes.

Após a sistematização desses dados, entre outubro e dezembro de 2014, foram realizadas visitas aos municípios para: localização e complementação das informações construtivas dos poços ativos; medição, quando possível, e coleta de dados de vazão e nível d'água; avaliação das condições da proteção sanitária; e identificação das atividades antrópicas no entorno dos poços.

Na avaliação da proteção sanitária alguns parâmetros foram observados, tais como a presença e as condições da tampa, laje de proteção, coluna de revestimento, cerca e selo sanitário (cimentação do espaço anelar entre o furo da perfuração e a tubulação de revestimento do poço). As condições de limpeza na área interna do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária e de localização do poço em relação ao risco de inundação também foram observadas.

Para a avaliação considerou-se as recomendações e exigências para a instalação e manutenção dos elementos construtivos dos poços, estabelecidas no Decreto Estadual nº 32.955 (São Paulo, 1991) e, de forma detalhada, na Instrução Técnica DPO nº 006, versão de 2013 (DAEE, 2013).

Em dezembro de 2015, quando o estudo estava na sua fase de finalização, houve a publicação de uma versão revisada da Instrução Técnica DPO nº 006 (DAEE, 2015), porém, devido ao estágio avançado do estudo, esta não pode ser considerada. Contudo, na edição de 2015, as dimensões que eram anteriormente exigidas para a laje e para a cerca continuaram como recomendação para os poços utilizados para o abastecimento público (Tabela 2).

Tabela 2. Componentes da proteção sanitária e as especificações construtivas definidas nas edições de 2013 e de 2015 da Instrução Técnica DPO nº 006 (DAEE, 2013 e 2015).

Componente	Descrição	Especificações (DAEE, 2013)	Especificações (DAEE, 2015)
Laje de proteção	Laje de concreto, envolvendo a coluna de revestimento e com declividade do centro para a borda	.espessura mínima de 0,15m .área mínima de 3m <sup>2</sup>	.espessura mínima de 0,10m (*) .área mínima de 1m <sup>2</sup> (*)
Coluna de revestimento	Tubo de revestimento que fica exposto na superfície	.centrada na laje .saliente, no mínimo, 0,50m sobre a laje	Saliente, no mínimo, 0,50m sobre a laje
Selo sanitário	Cimentação do espaço anular entre o tubo de revestimento e a parede da perfuração	.profundidade mínima de 20m	.profundidade mínima de 20m
Cerca	Delimita a área do Perímetro Imediato de Proteção Sanitária	.alambrado de tela de arame galvanizado .área com raio de 10m ao redor do poço	.alambrado de tela de arame galvanizado .área mínima de 1m <sup>2</sup> (*)

(\*) Para poços de abastecimento público, a Instrução Técnica DPO nº 006, atualizada em 14/12/2015 (DAEE, 2015), recomenda a adoção das dimensões definidas na edição de 12/08/2013 (DAEE, 2013).

Durante o trabalho de campo também foram levantadas as atividades antrópicas existentes no interior da área com raio de 100 metros a partir do poço e aquelas com potencial de contaminação da água subterrânea foram identificadas e classificadas de acordo com o método POSH (Foster et al., 2002) e critérios definidos em Iritani e Ezaki (2012).

Como o Perímetro de Alerta considera um tempo de trânsito da água de apenas 50 dias, é possível aplicar metodologias mais simples para o cálculo da sua área (Iritani e Ezaki, 2012). Neste estudo utilizou-se o método do Raio Fixo Calculado, que é baseado na equação volumétrica, onde os parâmetros considerados são vazão média diária, espessura saturada e porosidade efetiva do aquífero (Figura 5). Como espessura saturada considerou-se a diferença entre a profundidade do poço e do nível estático, admitindo-se que toda a seção atravessada do aquífero é revestida com filtro, e a porosidade efetiva adotada foi baseada em dados bibliográficos médios consolidados por Carvalho e Hirata (2012).

Grande parte dos poços (mais de 40%) não possuíam registros completos a respeito das características construtivas e/ou sobre o regime de bombeamento, o que dificultou o cálculo do Perímetro de Alerta, sendo necessário utilizar dados estimados a partir da média do parâmetro no município ou do município mais próximo. Em outros casos, havia conflito entre os valores fornecidos pelas diferentes fontes de informação, sendo priorizado os dados medidos ou obtidos em campo ou informados pela concessionária.

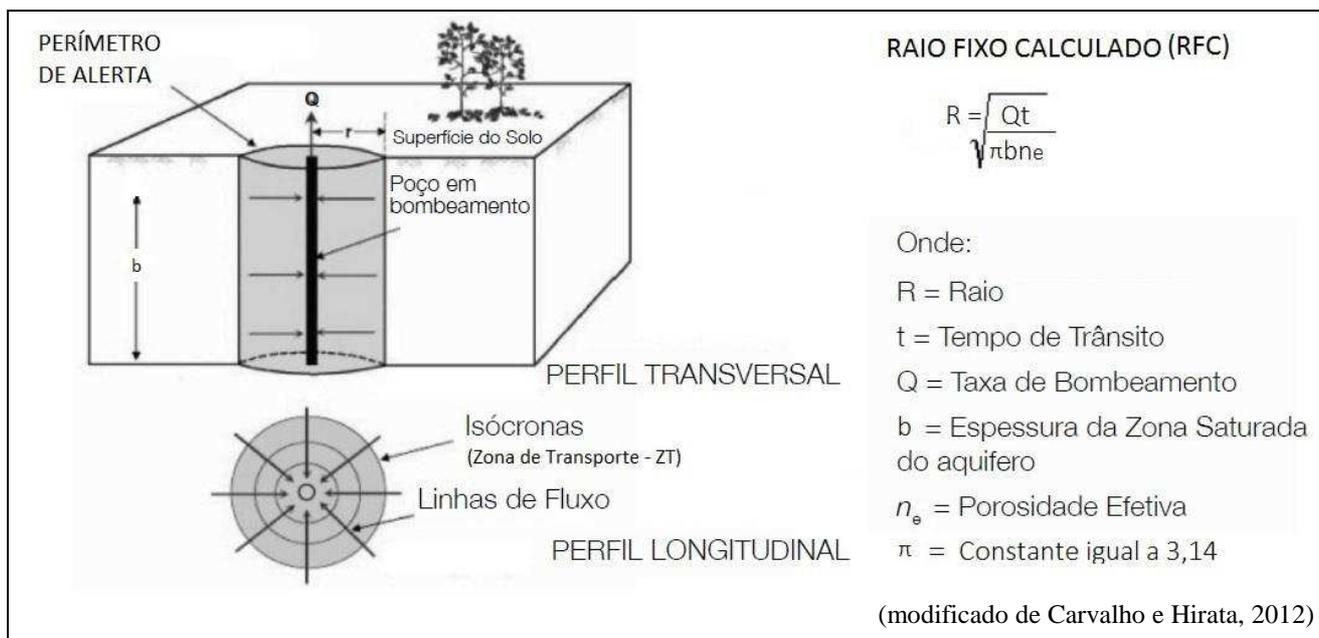


Figura 5. Método do Raio Fixo Calculado utilizado para o cálculo do raio do Perímetro de Alerta.

## RESULTADOS

O Perímetro de Alerta calculado para os poços avaliados variou entre 76 m<sup>2</sup> e 14.643 m<sup>2</sup>, porém a maior parte das áreas calculadas são inferiores a 3.000 m<sup>2</sup>, o que representa uma área circular com raio próximo a 30 metros (Figura 6), sendo que a variação dos raios foi de 4,9 m a 68,3 m.

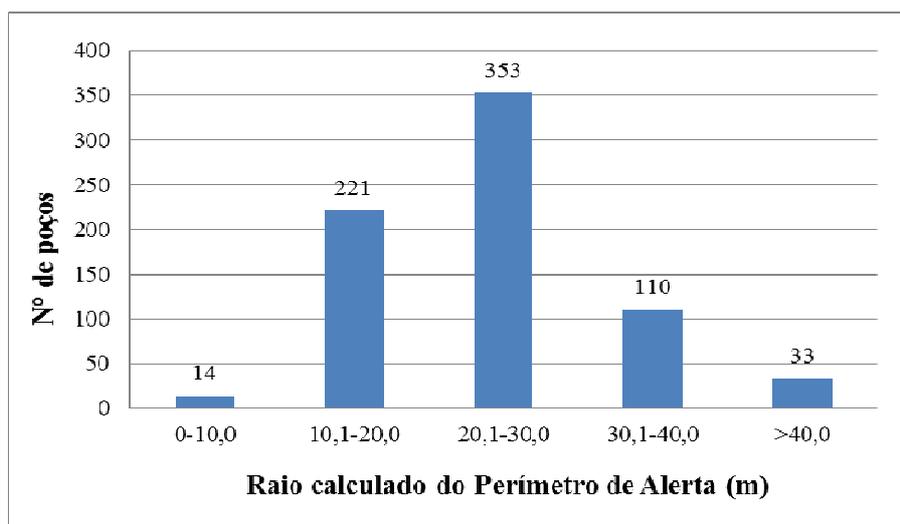


Figura 6 – Distribuição do valor do raio calculado para o Perímetro de Alerta

A Figura 7 ilustra exemplos de delimitação do Perímetro de Alerta (em amarelo) ao redor de poços e o perímetro de 100 m (em vermelho), no interior do qual foram levantados e mapeados os usos do solo e atividades desenvolvidas.



Figura 7. Exemplo de raios calculados para o Perímetro de Alerta (identificados como RPA na legenda).

Em 14 poços o raio calculado foi inferior a 10 m, que corresponde ao raio recomendado pelo DAEE para o Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) de poços para o abastecimento público. Porém, uma área de proteção maior pode ser estabelecida a critério do poder municipal.

Em vários poços, a vazão informada pela concessionária foi muito baixa, inferior a  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ , o que também contribuiu para os baixos valores de raio calculados para a delimitação do Perímetro de Alerta. A falta de registro sistemático do regime de bombeamento e das características dos poços dificultou o cálculo do raio para a delimitação do Perímetro de Alerta. Como há uma relação direta entre esses valores (Figura 8), caso haja melhor medição da vazão de bombeamento do poço ou ela seja maior que aquela informada no estudo, o raio calculado deve ser reavaliado.

Com o intuito de auxiliar as ações para a proteção dos poços, no interior do Perímetro de Alerta foram identificadas as atividades que apresentavam algum potencial de contaminação da água subterrânea. De 329 atividades cadastradas, 272 são fontes difusas, predominantemente com reduzido potencial de contaminação relacionadas principalmente à atividade de pastagem, enquanto as demais são fontes pontuais ligadas, em sua maioria, ao ramo de comércio de combustíveis e manutenção de veículos com moderado potencial contaminante.

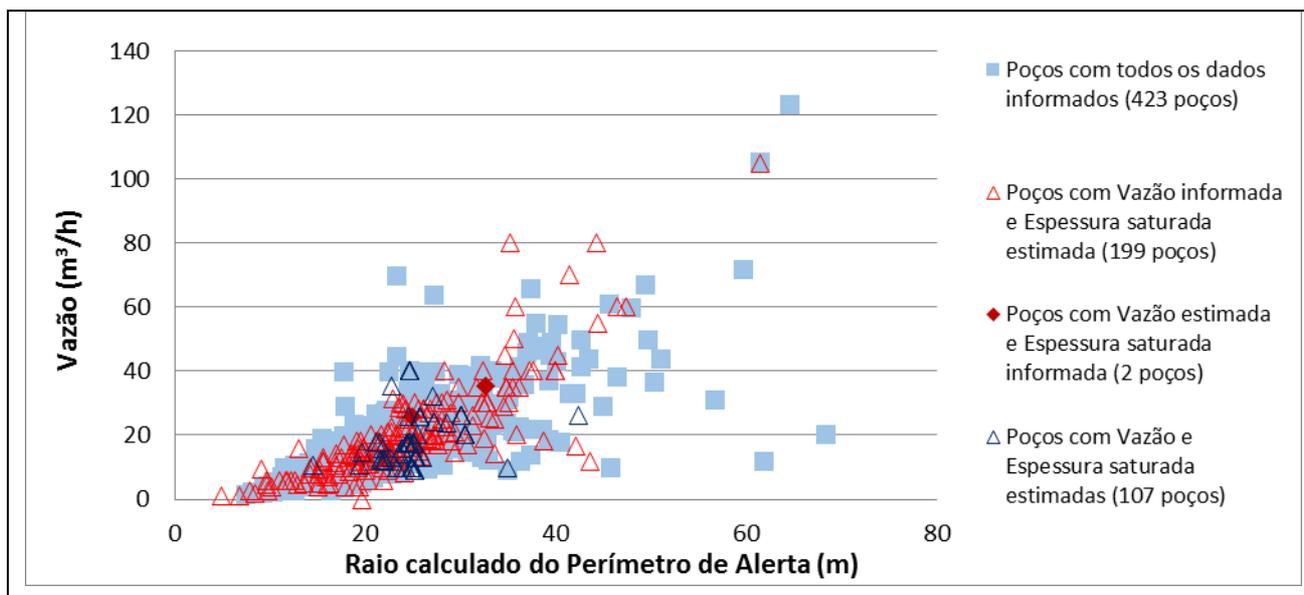


Figura 8. Correlação entre a vazão e o raio calculado do Perímetro de Alerta e a indicação do número de poços com parâmetros estimados.

Como a maior parte dos Perímetros de Alerta calculados abrange áreas de pouca extensão, o levantamento das fontes potenciais de contaminação foi estendido para um raio de 100 m ao redor dos poços, sendo identificado um total de 687 atividades, sendo que 393 registros são fontes difusas, predominantemente com reduzido potencial de contaminação como pasto. As demais 294 atividades identificadas são fontes pontuais com potencial de contaminação moderado a reduzido, relacionadas, principalmente, a postos de combustíveis, oficinas mecânicas e garagens (Figura 9), sendo que 5 delas estão registradas como áreas contaminadas de acordo com CETESB (2014).

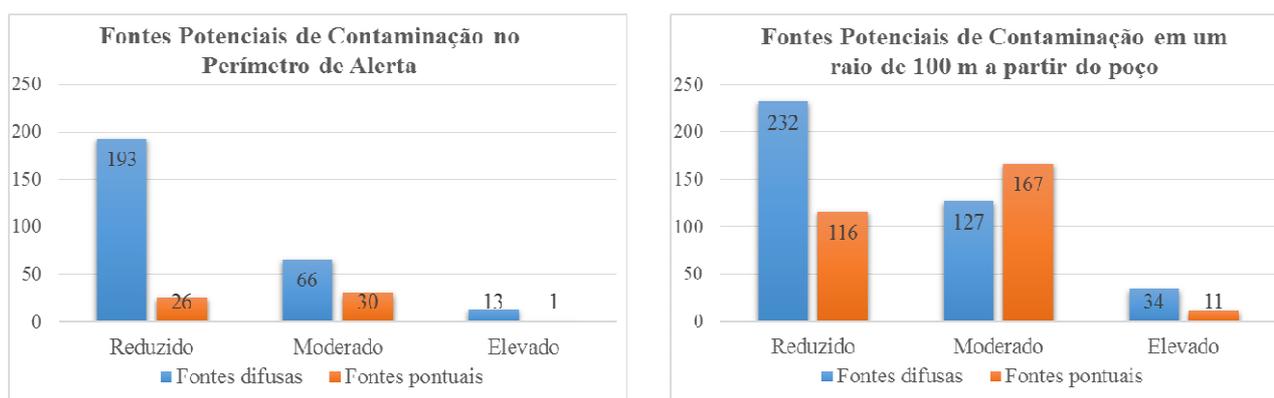


Figura 9. Número de fontes potenciais de contaminação de acordo com seu potencial contaminante encontradas no Perímetro de Alerta e em um raio de até 100 metros a partir do poço.

Ainda em relação ao potencial de contaminação da água por fontes difusas, um dos aspectos positivos a ser ressaltado é que 554 poços localizados em área urbana apresentam rede coletora de

esgoto no interior do perímetro de 100 m, o que diminui o perigo de contaminação das águas por nitrato e por contaminantes microbiológicos. Apenas em alguns municípios, como Rosana e Mirante do Paranapanema, havia poços em área urbanizada sem rede de coleta de esgoto, onde se recomenda a sua implantação, pois com o adensamento da ocupação, aumenta o potencial de contaminação pela disposição de efluentes domiciliares *in situ* (fossas negras e sépticas).

A proteção sanitária é fundamental para impedir a infiltração de contaminantes pelo próprio poço e neste estudo verificou-se que a maior parte dos poços avaliados está em boas condições, apresentando tampa, laje, cerca e o entorno limpo.

Apenas as dimensões desses elementos, da coluna de revestimento e da profundidade de cimentação não estavam adequadas aos critérios que eram exigidos na Instrução Técnica DPO nº 006, de 2013 (DAEE, 2013) (Tabela 3). Como as dimensões da laje e da cerca, que antes eram exigidos passaram a ser recomendações (Tabela 1), a maior parte dos poços passou a estar em conformidade com a Instrução Técnica DPO nº 006, versão de 2015, atualmente vigente.

Tabela 3 – Proporção observada de poços que apresentam o Perímetro Imediato de Proteção Sanitária (PIPS) em conformidade com a Instrução Técnica DPO nº006 (DAEE, 2013).

<b>Componentes de proteção exigidos</b>	<b>EL</b>	<b>AL</b>	<b>HL</b>	<b>T</b>	<b>V</b>	<b>HTb</b>	<b>EC</b>	<b>RC</b>	<b>L</b>	<b>CS</b>
Percentagem de poços que atendem a norma	69%	53%	22%	99%	86%	11%	86%	18%	68%	32%

EL: situação da laje; AL: área da laje; HL: altura da laje; T: existência de tampa de boca; V: poço com adequada vedação; HTb: altura do tubo de boca; EC: situação da cerca; RC: raio da cerca ao redor do poço; L: limpeza no entorno; e CS: cimentação sanitária

A Figura 10 ilustra alguns poços visitados que apresentaram boas condições de proteção sanitária.



Figura 10. Exemplos de poços em boas condições de proteção sanitária.

Um dos maiores problemas observados foi a falta de informação a respeito da profundidade de cimentação do selo sanitário. Sua instalação é difícil de ser verificada, mas é fundamental para impedir a infiltração de contaminantes pela própria estrutura construtiva do poço.

A Figura 11 ilustra um exemplo de ausência do selo sanitário e, também, outro problema verificado de manutenção ou inexistência de laje.



Figura 11. Exemplos de poços sem selo sanitário e laje de proteção danificada.

Com relação à topografia do terreno, apenas 19 poços estão localizados em áreas consideradas como sujeitas à inundação. Contudo, não foi realizado um mapeamento sistemático ou levantamento histórico para corroborar essa informação.

É importante lembrar que a manutenção da proteção sanitária deve ser realizada também para os poços desativados.

## CONCLUSÕES

Neste estudo conclui-se que a maior parte dos poços visitados apresenta proteção sanitária em boas condições. O diagnóstico realizado mostra a situação entre outubro e dezembro de 2014, quando foram realizadas as visitas de campo, mas pode ser feito regularmente com a implantação de um programa de manutenção dos poços.

Considerando o tipo de uso e ocupação do solo, onde os atuais poços estão localizados, identificou-se que a maior parte das atividades tem reduzido a moderado potencial de contaminação; e o Perímetro de Alerta é passível de ser protegido.

A aplicação de metodologia simples para o cálculo da zona de transporte de 50 dias permite que as entidades responsáveis pelo abastecimento público e as prefeituras consigam definir o Perímetro de Alerta para outros poços que venham a ser construídos nos municípios.

A falta de registro sistemático do regime de bombeamento e de uma descrição adequada das características construtivas dos poços dificultaram as análises realizadas e o cálculo do raio para a delimitação do Perímetro de Alerta. Esse fato mostra a necessidade de elaboração do relatório final do poço atendo-se ao rigor técnico por parte das empresas responsáveis e da importância do monitoramento dos poços por parte do usuário.

Recomenda-se que medidas relativas ao controle do uso e ocupação do solo nas áreas de interesse à proteção das captações públicas sejam inseridas no âmbito do Plano Diretor Municipal, dada a importância da continuada proteção sob as garantias da legislação local.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos representantes da CETESB, DAEE, SABESP e Centro de Vigilância Sanitária que compunham o Grupo de Acompanhamento Técnico pelas informações, ideias e críticas;

À Gerência Rocha, pelo incentivo ao desenvolvimento do estudo;

Aos escritórios regionais da SABESP, aos serviços municipais de abastecimento de água e às prefeituras dos municípios estudados pelo fornecimento de informações e apoio nos trabalhos de campo;

Aos Comitês de Bacia Hidrográfica do Turvo-Grande e Aguapeí-Peixe pelo apoio ao desenvolvimento e divulgação do estudo;

Aos estagiários e técnicos pelo apoio nos trabalhos de campo e escritório;

À diretoria e ao setor administrativo-financeiro do Instituto Geológico pelo apoio na obtenção de financiamento e uso dos recursos para execução do estudo; e

Ao FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos) pelo financiamento.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2006a. NBR 12.212:2006: Poço tubular: Projeto de poço tubular para captação de águas subterrâneas. ABNT/CB-177 - Saneamento Básico.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2006b. NBR 12.244:2006: Poço tubular: construção de poço tubular para captação de água subterrânea. ABNT/CB-177 - Saneamento Básico.

CARVALHO, A. M.; HIRATA, R. 2012. Avaliação de métodos para a proteção dos poços de abastecimento público do Estado de São Paulo. Revista do Instituto de Geociências – USP. Série científica, São Paulo, V. 12, N. 1, P. 53-70, 2012.

CBH-AP – COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE - UGRHs 20 e 21. 2013. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2012 – ano base 2011. Marília, 2013.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. 1997. Uso das águas subterrâneas para abastecimento público no Estado de São Paulo. São Paulo, 1997.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2013. Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: 2010 - 2012. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua\\_sub/rede\\_resultados.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/rede_resultados.asp).

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2014. Relação de áreas contaminadas no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2014. (Disponível em: <http://areascontaminadas.cetesb.sp.gov.br/relacao-de-areas-contaminadas/>. Acesso em: ago.2014).

CRH – CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS. 2005. Deliberação CRH nº52, de 14 de abril de 2005. Institui no âmbito do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SIGRH diretrizes e procedimentos para a definição de áreas de restrição e controle da captação e uso das águas subterrâneas. Disponível em [http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//3531/delib\\_52\\_crh\\_propostas\\_alterada-ct-as-um-aji-050412.doc](http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//3531/delib_52_crh_propostas_alterada-ct-as-um-aji-050412.doc)

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 2013. Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização: Instrução técnica. DPO Nº 006, atualizada em 12/08/2013.

DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 2015. Diretoria de Procedimentos de Outorga e Fiscalização: Instrução técnica. DPO Nº 006, atualizada em 14/12/2015.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D’ELIA, M.; PARIS, M. 2002. Groundwater quality protection. A guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies. GW-Mate, World Bank, Washington, 103 p.

FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M., 2006. Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais. Washington: Banco Mundial, 2006. 104 p.

IRITANI, M. A.; EZAKI, S. 2012. Roteiro orientativo para delimitação de área de proteção de poço. Cadernos do Projeto Ambiental Estratégico Aquíferos. São Paulo, Instituto Geológico, n. 2, 2012. 60p. Disponível em: [www.ambiente.sp.gov.br/aquiferos](http://www.ambiente.sp.gov.br/aquiferos) e [www.igeologico.sp.gov.br](http://www.igeologico.sp.gov.br). Acesso em: 07 jun. 2012.

MANCUSO, M.; CAMPOS, J.E. 2005. Aquífero Bauru. *In*: DAEE/IG/IPT/CPRM. Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, São Paulo: CPRM, escala 1:1.000.000, p. 32-38.

NAVARRETE, C.M; GARCÍA, A.G. Perímetros de protección para captaciones de agua subterrânea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al território. Serie: HIDROGEOLOGÍA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS. IGME. Madrid, 2003. 273 p. ISBN: 84-7840-496-1

PAULA e SILVA, F. 2003. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 166 p.

PAULA e SILVA, F.; KIANG, C.H., CAETANO-CHANG., M.R. 2005. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*, vol. 19, n. 2, p. 19-36.

SÃO PAULO (Estado). 1988. Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988. Dispõe sobre a preservação dos depósitos naturais de águas subterrâneas do Estado de São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/leis/lei-estadual-n%C2%BA-6-134/>

SÃO PAULO (Estado). 1991a. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/leis/lei-estadual-n%C2%BA-7-663/>

SÃO PAULO (Estado). 1991. Decreto nº 32.955, de 7 de fevereiro de 1991. Regulamenta a Lei nº 6.134, de 2 de junho de 1988. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/decretos/decreto-estadual-n-32-955/>

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1994. Handbook ground water and wellhead protection. EPA/625/R-94/001. USEPA, Office of Research and Development, Cincinnati, 269 p.