

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO E DE VIABILIDADE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A caracterização hidrogeológica proposta visa apresentar estudos hidrogeológicos para avaliar o potencial produtivo das águas subterrâneas, em contexto regional e local, visando a avaliar a potencialidade de exploração de água subterrânea para atender a demanda do Loteamento Haras Santo Antônio, pertencente a *Larissa Empreendimentos Imobiliários Ltda.*

Os lotes da Fase 1 já estão licenciados e já possuem a avaliação hidrogeológica. Este estudo então compreende e complementa o primeiro estudo, com a abrangência dos demais lotes ainda não licenciados. A primeira fase envolveu uma área de 899.522,90m² com 212 lotes residenciais unifamiliares.

No município de Monte Mor, o empreendimento prevê o parcelamento de 990.352 m² com lotes residenciais com áreas variando da ordem de 1.500 m² a 4.000 m², além de uma área de 889.981 m² que será destinada a construção de campos de golfe e mais a área de 899.522,90 m², com 212 lotes residenciais, que foi objeto do RAP citado anteriormente. No município de Sumaré, o empreendimento ocupa uma área de 834.056 m² e prevê o parcelamento de 529.062 m² em 22 unidades rurais com lotes de 20.000 m², além de áreas verdes, hípica e sistema viário. A Figura 1 e a Tabela 1 apresentam as áreas e localização do empreendimento.

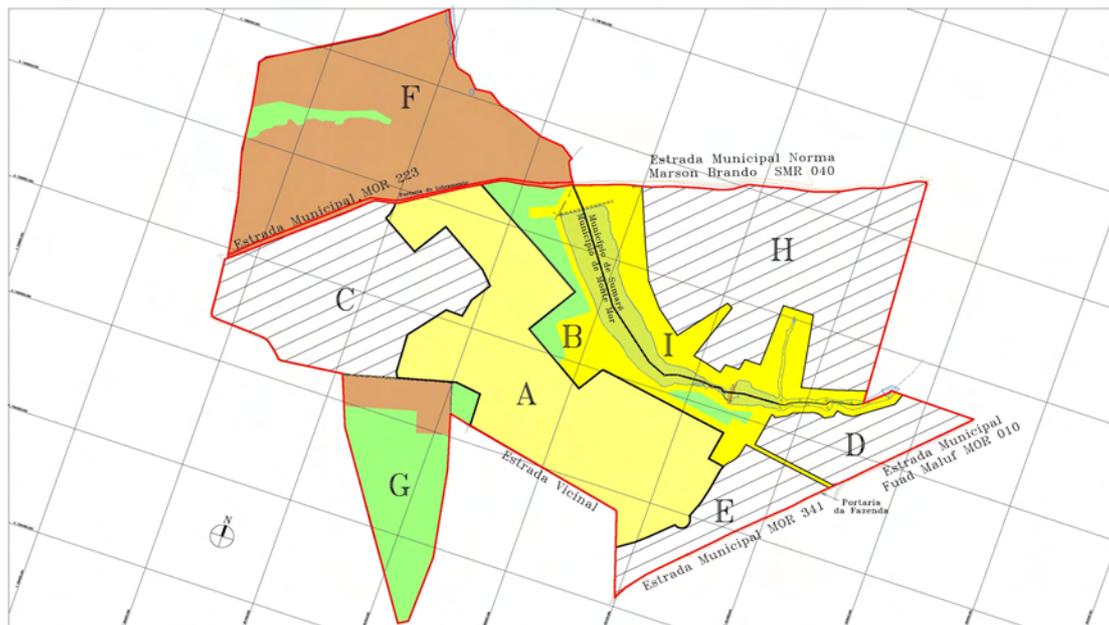


Figura 1 - Distribuição de Glebas da Fazenda Santo Antonio

Tabela 1 - Distribuição das áreas da Fazenda Santo Antonio

Gleba	Setor	Área	Uso	Município
A	1	899.522,90	Área já loteada Licença Prévia 01079	Monte Mor
B		439.763,85	Sede da fazenda	Monte Mor
C	4 e 6	583.633,00	Gleba residencial	Monte Mor
D	2	205.684,68	Gleba residencial	Monte Mor
E	2	201.034,40	Gleba residencial	Monte Mor
F	5	889.981,83	Gleba residencial + Área para golfe	Monte Mor
G	3	350.174,00	Reserva Legal + Setor 3 residencial	Monte Mor
H		834.056,37	Gleba Rural	Sumaré
I		335.538,27	Sede da fazenda	Sumaré
Total		4.739.389,30		

Obs.: Gleba A, em amarelo já se encontra licenciada (Relatório Ambiental Preliminar (Processo DAIA Nº 13.633/2005) e recebeu a Licença Prévia Nº 01079 em 29 de dezembro de 2006, e Certificado GRAPROHAB Nº 255/2007, em 11 de dezembro de 2007.

O presente Relatório apresenta uma caracterização dos aquíferos principais na região, e no local, uma avaliação sobre a viabilidade de exploração de água subterrânea nos terrenos da empresa, indicando locais mais favoráveis à instalação de poço tubular profundo com a vazão necessária para complementar a produção do poço tubular já existente.

O terreno do empreendimento, localizada na porção sul do município de Monte Mor, situa-se na estrada municipal. Sumaré-Monte Mor (SMR-040), km 05, Fazenda Santo Antonio.

Ao nível regional, a região encontra-se na Bacia Hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos de número 5 (UGRHI - 5).

Esta unidade localiza-se na região nordeste do estado de São Paulo, e sudeste de Minas Gerais, em uma área de drenagem aproximada de 14.040 km², correspondente a 92% do total da bacia que está situada no estado de São Paulo. Essa bacia apresenta forma alongada, com uma largura de aproximadamente 50 Km e eixo longitudinal W-NW de aproximadamente 250 Km (Lopes 1994).

As principais bacias que compõem a URGHI são afluentes da margem direita do Tietê Médio Superior.

As bacias componentes apresentam as características contidas na Tabela 2.

Tabela 2 – Características das bacias hidrográficas componentes da UGRHI5 (CBH-PCJ 2003).

UGRHI-PCJ – BACIAS HIDROGRÁFICAS

BACIA	ÁREA – km ²			
	UGRHI-PCJ	%	BACIA HIDROGRÁFICA	%
PIRACICABA(1)	11.320	80,6	12.600	82,2
CAPIVARI	1.570	11,2	1.570	10,2
JUNDIAÍ	1.150	8,2	1.150	7,6
TOTAL	14.040	100,00	15.320	100,00

Fonte: DAEE

Nota

1 – A diferença de área corresponde as porções das cabeceiras pertencentes ao Estado de Minas Gerais.

A disponibilidade hídrica superficial apresenta valores de $Q_{7,10}^1$ e $Q_{95\%}$ maiores em Piracicaba, 26,93 e 41,62 m³/s. A bacia do rio Capivari apresenta os valores de 2,50 e 4,33 m³/s, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Demanda de água superficial nas bacias dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá e Total (CBH PCJ 2003)

UGRHI-PCJ – DISPONIBILIDADES HÍDRICAS SUPERFICIAIS (m³/s)

BACIA	Qn		Qd	Qi	Qe	QTOTAL	
	Q _{7,10}	Q _{95%}				Q _{7,10}	Q _{95%}
PIRACICABA	26,93	41,62	4,00	3,89	4,98	29,84	44,53
CAPIVARI	2,50	4,33	-	1,53	0,24	3,79	5,62
JUNDIAÍ	2,26	3,92	-	1,03	-	3,65	4,95
TOTAL	31,69	49,87	4,00	6,45	5,22	37,28	55,10

Qd = vazões descarregadas pelo Sistema Cantareira nos rios Jaguari e Atibaia (pertencentes ao Piracicaba)

Qi = vazões provenientes de importações

Qe = vazões exportadas

Qn = vazões naturais correspondentes a contribuições dos trechos das respectivas sub-bacias, a jusante dos reservatórios do Sistema Cantareira

O enquadramento dos corpos de água na região de estudo está classificado nas seguintes classes de uso (CBH-PCJ 2003):

- Classe 1 – mananciais a montante das barragens do Sistema Cantareira
- Classe 2 – demais trechos e cursos de água não enquadrados nas classes 1 e 4.
- Classe 3 – rio Jundiá, desde a área urbana de Jundiá até a sua foz.

¹ $Q_{7,10}$ – vazão mínima anual, média de 7 dias consecutivos, e dez anos de período de retorno, onde o risco de correr um período de estiagem mais rigoroso que o apresentando por essa vazão é de 10%.

O monitoramento realizado até agora apresenta em longos trechos dos rios principais um grau de deterioração que alcança a Classe 4 ou pior. A carga poluidora remanescente é de 239 tDBO/dia, sendo 157 tDBO/dia atribuída aos lançamentos de esgotos domésticos in natuta dos rios e 82 tDBO/dia de efluentes industriais (CBH-PCJ 2003).

2. HIDROGEOLOGIA REGIONAL

2.1. Caracterização Geral

A área de estudo, na porção sudoeste da Região Metropolitana de Campinas, município de Monte Mor, está localizada no Aquífero Tubarão, de acordo com o Mapa das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (DAEE, IG, IPT, CPRM 2005).

O Grupo Itararé é a maior e principal unidade aquífera, constituída por uma complexa e heterogênea associação de diamictitos, ritmitos, siltitos, argilitos, folhelhos, conglomerados e arenitos, e podem apresentar espessura de até 800 metros na porção aflorante.

De acordo com os autores, a potencialidade do Aquífero Tubarão é apresentada na Figura 2, cuja capacidade específica (vazão sobre rebaixamento) varia de 0,002 a 4,67 m³/h/m, com média, mediana e desvio padrão de 0,30 m³/h/m, 0,11 m³/h/m e 0,54 m³/h/m.

Na figura 2, a variação do potencial de produção reflete a complexidade e heterogeneidade do aquífero, que apresenta valores de transmissividade variando de 0,3 a 40 m²/dia alcançando 180 m²/dia, medianas de nível estático, espessura saturada e profundidade de poços de 18m, 134m e 152m, respectivamente.

De acordo com o mapa das águas subterrâneas, o aquífero Tubarão caracteriza-se como descontínuo, de extensão regional, em horizontes e

corpos localizados, semiconfinado a confinado, com baixa transmissividade. Ainda, apresenta vazão explotável potencial por poço, de 10 a 20 m³/h (DAEE, IG, IPT, CPRM 2005).

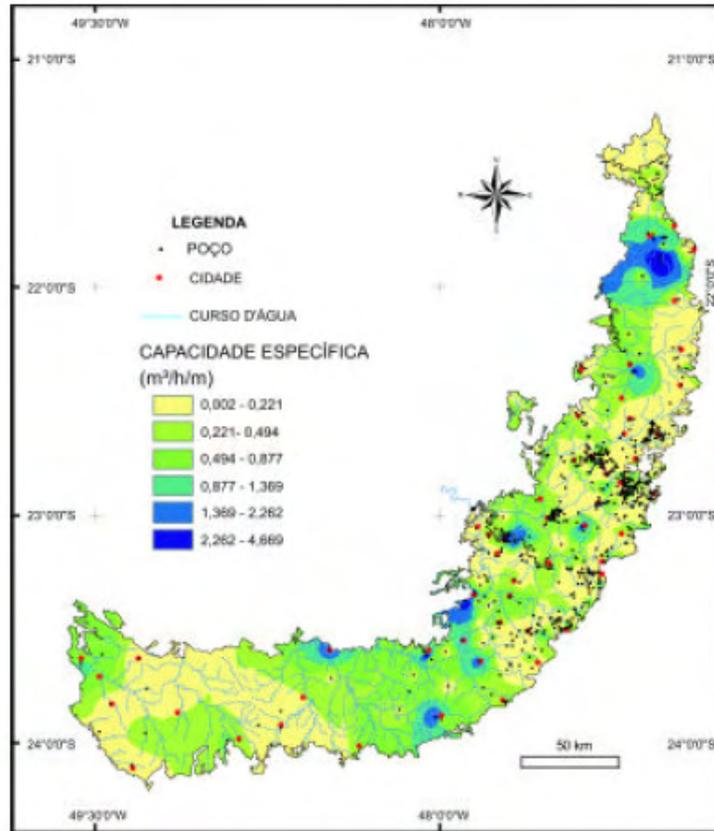


Figura 2 – Distribuição da capacidade específica no Aquífero Tubarão (DAEE, IG, IPT, CPRM 2005)

Os estudos hidrogeológicos regionais, que englobam a região, consistem das avaliações hidrogeológicas executadas por DAEE (1982) na Região Administrativa de Campinas e Lopes (1984, 1994), no estado de São Paulo e nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba e Capivari.

As avaliações regionais apresentam uma caracterização geral dos sistemas aquíferos, constituindo uma referência aos estudos de maiores escalas.

A caracterização hidroquímica das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos do estado de São Paulo é executada por Campos (1993).

Esse autor classificou as águas do Aquífero Tubarão, como predominantemente bicarbonatadas sódicas, seguido das bicarbonatadas cálcicas e cálcico-sódicas, cujos teores salinos e do íon sódio parecem possuir uma tendência regional de evolução hidrogeoquímica no sentido leste-oeste; no entanto, o comportamento distinto do íon cloreto sugere zonas distintas de circulação da água subterrânea neste aquífero.

Para a região de Campinas, o mapa de qualidade química das águas subterrâneas indica duas zonas distintas: as águas bicarbonatadas sódicas predominando na maior parte da área, e no município de Campinas, águas bicarbonatadas cálcicas, com teores de resíduo seco da ordem de 200mg/L.

A análise para vários tipos de uso determinou duas classificações: a primeira, que abrange a maior parte da área de estudo considera as águas potáveis, com média a alta salinidade e quantidade de sódio elevada, não sendo recomendável o uso em solos de textura fina e com pouca capacidade de lixiviação. Na parte do Aquífero Cristalino e próximo ao contato com o Aquífero Tubarão, as águas são potáveis, com baixa a média salinidade e quantidade de sódio, recomendada para irrigação na maioria das culturas e solos de boa textura e com boa capacidade de lixiviação.

O trabalho de Diogo et all. (1984) apresenta uma análise das características hidráulicas e hidroquímicas do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. As características hidráulicas determinadas para esse sistema aquífero sofreram uma variação de 0,002 a 7,5 m³/h por metro de rebaixamento de capacidade específica, transmissividade da ordem de 0,03 a 153 m²/dia e permeabilidade média dos arenitos em 0,003 a 3,1 m/dia. Em relação à hidroquímica, as águas variam de bicarbonatadas cálcicas a sódicas, fracamente salinas.

Segundo esses autores, distinguem-se duas zonas distintas de circulação de água subterrânea, em que as zonas mais permeáveis e com águas menos mineralizadas estão associadas às unidades inferior e superior do Subgrupo

Itararé e à Formação Aquidauana. A região de Campinas está inserida na área com transmissividades superiores a $10\text{m}^2/\text{dia}$, que correspondem às essas unidades do Subgrupo Itararé.

O monitoramento de águas subterrâneas da CETESB avalia periodicamente águas de poços tubulares profundos representativos nos estado de São Paulo, desde 1998. Para o Aquífero Tubarão (UGHRIS's 05, 10 e 14) o número de poços monitorados foi de 15 a 16, dependendo do período (CETESB 2007).

De acordo com os resultados do monitoramento, as águas dos 15 pontos apresentam águas com pH entre neutro e alcalino (mediana de 7,8), mineralização maior que outros aquíferos das UGRHIs 05, 10 e 14 (mediana de 343 mg/L de sólidos totais dissolvidos) e predominância da alcalinidade bicarbonatos (mediana de 153 mg/L) e cátions sódio (mediana de $23,4\text{ mg/L}$) e cálcio (mediana de $10,8\text{ mg/L}$). Os resultados mais recentes do monitoramento indicam que ainda as águas apresentam-se de boa qualidade, sendo que em alguns pontos há um aumento do parâmetro nitrato (Paulínia) (CETESB 2007).

Stevaux et all. (1987) analisam os sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari, e sugere um modelo para prospecção de água subterrânea, determinando três tipos de aquíferos: o primeiro (I), corresponde aos conglomerados e arenitos grosseiros do sistema de leques aluviais, apresentando uma vazão entre 1 a $5\text{ m}^3/\text{h}$ e profundidade superior a 300 metros. Os depósitos de origem turbidítica, de natureza mais errática, não foram considerados aquíferos pelos autores, devido sua baixa produtividade. O aquífero II, de melhor produtividade na área, apresenta vazões que chegam a $35\text{m}^3/\text{h}$ e são os sedimentos originados de frente deltaica. O aquífero III, o mais produtivo do Subgrupo Itararé, possui geometria tabular de grande extensão, ocorrente ao norte de Capivari, e

apresentando vazões de até 100m³/h (correspondente às formações Tatuí e Tietê).

A região de Campinas, onde está inserida a área do empreendimento (Monte Mor), situa-se próximo da borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, limitando-se a oeste com o embasamento cristalino, o qual é constituído por rochas metamórficas pré-cambrianas de alto a médio grau do Complexo Itapira e por intrusões de granitos de idade neo-proterozóica e cambro-ordoviciano (Granitóides Jaguariúna, Granitos Morungaba e Itu).

Os sedimentos ocorrentes na região nessa bacia sedimentar pertencem ao Grupo Itararé, constituído por rochas de litologias variadas (argilitos, lamitos, arenitos, ritmitos e diamictitos) de idade permocarbonífera e alto grau de complexidade faciológica, representativo de seu ambiente deposicional.

O embasamento cristalino é composto por rochas gnáissicas, quartzíticas e xistosas (Nb, NI, No, Np, Q e X), de idade mesoproterozóica a paleoproterozóica, granitos e granitóides de idade neo proterozóicas (Gp1, Gp2, Ge1, Ge2 e G) e protomilonitos, milonitos e ultramilonitos de idade neo proterozóica/ cambro-ordoviciano, encontradas nas zonas de cisalhamento Campinas e Valinhos.

No município de Campinas, o Grupo Itararé, de idade Permo-Carbonífera, é representado recobrimdo o embasamento cristalino em contato discordante e erosivo, com mergulhos regionais e suaves para oeste. As litologias encontradas são variadas e constituem-se das seguintes unidades faciológicas, de acordo com IG (2003):

⇒ Ai – arenitos médios a grossos;

⇒ Si – arenitos muito finos, silto-argilosos

⇒ Pi – Ritmitos areno-silto-argilosos, lamitos arenosos, arenitos lamíticos com grânulos.

Os corpos de diabásios são pertencente à Formação Serra Geral e possuem idade juro-cretácica, em forma de *sill* e diques. São corpos de extensão limitados, dispersos predominantemente nos sedimentos do Grupo Itararé. Segundo IG (1995), os corpos mais alongados tendem a se orientar nas direções NE. NW e EW, preferenciais de fraturamentos anteriores e/ ou contemporâneos ao evento magmático.

As rochas são basicamente descritas como diabásios de granulação fina a muito fina, de coloração cinza escura a preta e estrutura maciça, constituídos principalmente por plagioclásio ripiforme e clinopiroxênios.

As unidades litológicas sedimentares do terciário e quaternário, identificadas por IG (2003) são:

⇒ Scz – siltitos laminados, siltitos areno-argilosos, e Pcz – lamitos arenosos, arenitos finos, do Terciário.

⇒ U – Aluvião.

As aluviões (U) de idade quaternária consistem de areias finas até grossas, sedimentos silto-argilosos com lentes de areia micácea fina a muito fina, argilas e siltes.

A presença de diabásios da Formação Serra Geral (D) é observada intrudindo as rochas sedimentares em forma de *sills* e diques. A presença de extensões de corpos de sedimentos cenozóicos cobrindo em grande parte os sedimentos do Grupo Itararé, diabásios e rochas cristalino são notadas, além dos sedimentos quaternários, das aluviões de rios.

A figura 3 apresenta o mapa geológico da região de Campinas, onde se insere a área de estudo.

Na Região Metropolitana de Campinas, o Instituto Geológico desenvolveu estudo de maior detalhe, na escala 1:50.000 nos municípios de Campinas, Jaguariúna, Cosmópolis, Holambra, Nova Odessa, Paulínia, Hortolândia, Americana e Sumaré.

No Município de Campinas, o Aquífero Cristalino apresentou valores de capacidades específicas entre 0,09 a 1,32 m³/h por metro de rebaixamento, e a maior produtividade encontrada em poços situados próximos à feição vale. No manto de alteração, os valores de capacidade específica variaram entre 0,15 e 0,35 m³/h por metro de rebaixamento. Nos diabásios, obtiveram-se valores de capacidades específicas variando de 0,18 a 1,59 m³/h por metro de rebaixamento e as maiores produtividades dos poços localizados na feição geomórfica vale. O Aquífero Tubarão - Grupo Itararé, no Município de Campinas (IG 1993), a capacidade específica dos poços apresentam valores entre 0,08 e 0,30 m³/h por metro de rebaixamento. A vulnerabilidade natural é considerada média nos sedimentos ocorrentes nesse município. Os aquíferos aluvionares são considerados de alta vulnerabilidade à contaminação antrópica.

Nos demais municípios estudados pelo Instituto Geológico na área os aquíferos são caracterizados pelos seguintes valores:

Aquífero Cristalino - capacidade específica média de 0,56 m³/h por metro de rebaixamento; vazão média de 7,6 m³/h.

Aquífero Tubarão - capacidade específica média de 0,21 m³/h por metro de rebaixamento; vazão média de 7,7 m³/h. As áreas mais produtivas estão associadas às ocorrências de sedimentos mais arenosos do aquífero.

Aquífero Diabásio - capacidade específica média de 0,28 m³/h por metro de rebaixamento; vazão média de 5,9 m³/h;

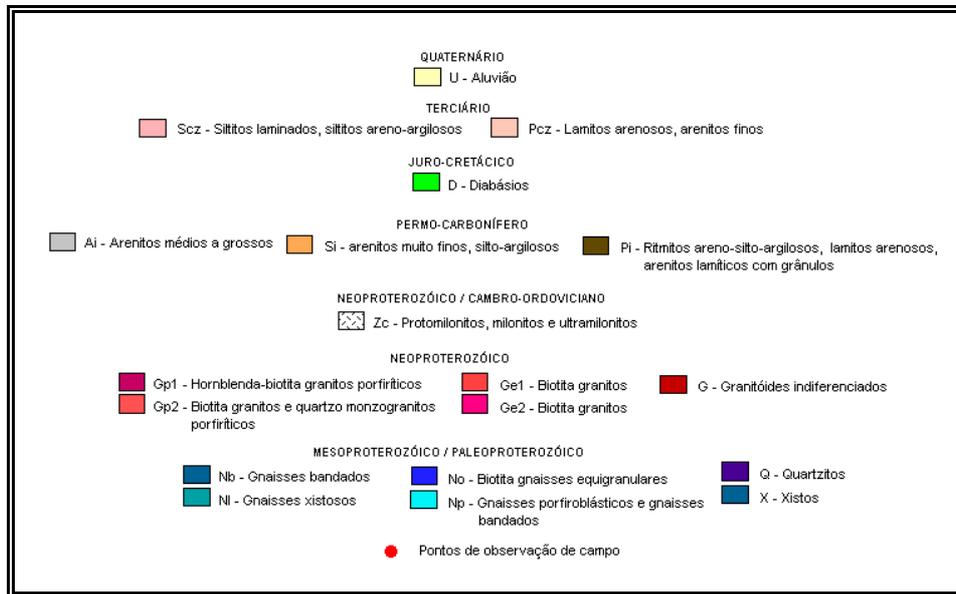
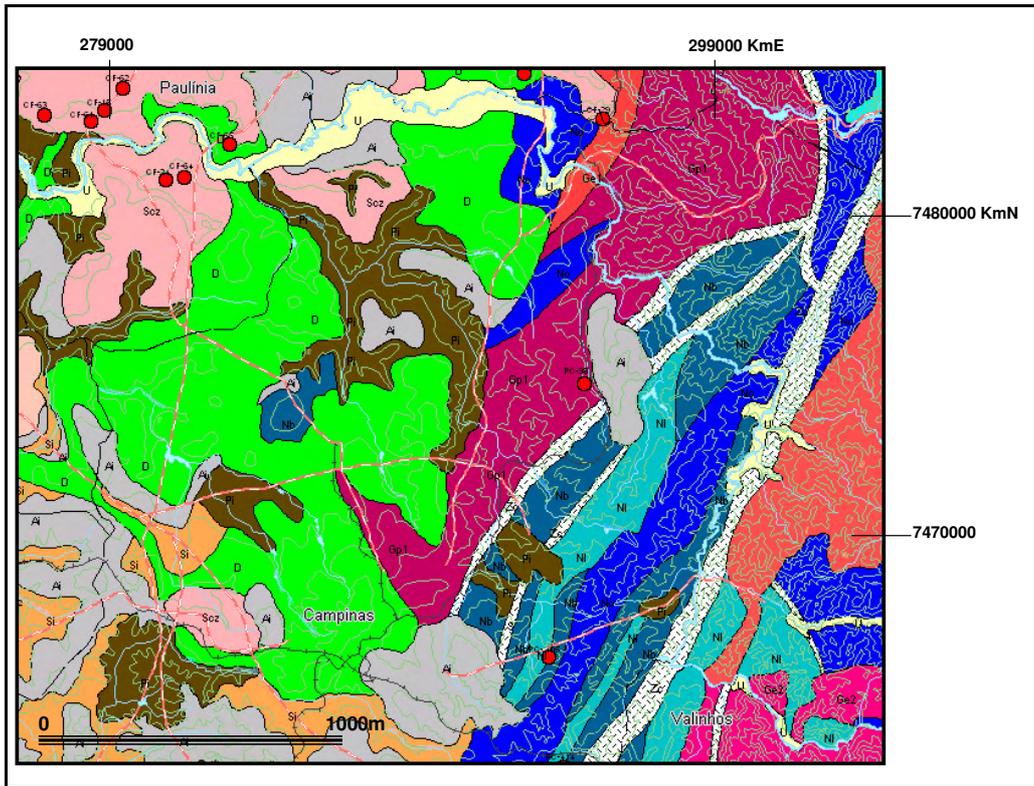


Figura 3 – Mapa geológico de Campinas e entorno (IG 2003)

Poços Mistos - Tubarão e Diabásio: capacidade específica média de 0,46 m³/h por metro de rebaixamento, vazão média de 8,2 m³/h; Diabásio e Cristalino: capacidade específica média de 0,16 m³/h por metro de rebaixamento; vazão média de 6,9 m³/h; Tubarão e Cristalino com capacidade específica média de 0,11 m³/h por metro de rebaixamento e vazão média de 6,0 m³/h; Tubarão, Diabásio e Cristalino: capacidade específica média de 0,11 m³/h por metro de rebaixamento e vazão média de 5,2 m³/h. Com base nessas informações e de sua distribuição espacial, foram determinadas zonas de produtividade, fundamentadas em parâmetros hidrogeológicos e estruturais da região avaliada. A disponibilidade do recurso hídrico subterrâneo nesses estudos foi calculada por município, bem como a análise do perfil do usuário e aspectos construtivos.

Em Sumaré (Groundwater - Hidrogeologia e Engenharia 1984) obteve-se os valores de capacidade específica entre 0,01 a 0,50 m³/h por metro de rebaixamento para o Sistema Aquífero Tubarão, sendo estimadas uma reserva ativa de 12,272 milhões de m³ e uma reserva potencial anual de 32,34 milhões de metros cúbicos para o aquífero nessa área.

2.2. Geometria e Dinâmica do Aquífero Tubarão na região entre Sumaré e Boituva

Segundo Vidal (2002), a geometria do Aquífero Itararé na área de estudo e entorno caracteriza-se apresentando valores de espessura variável de 30 a 360 metros. A Figura 4 apresenta o mapa de isoespessura de sedimento onde se verifica que ao norte do município de Monte Mor, os valores são maiores em detrimento da parte oeste-sudoeste. Na região sul sudeste, as espessuras diminuem até as proximidades de Elias Fausto.

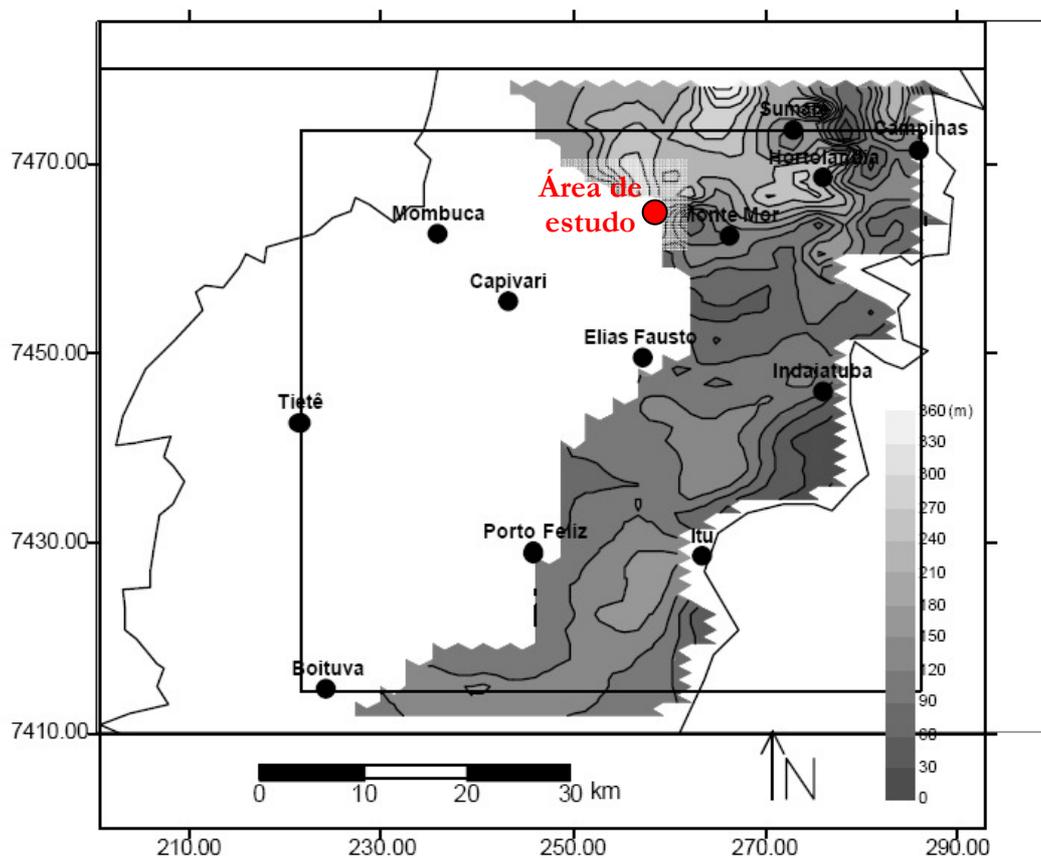


Figura 4 – Mapa de espessura do Aquífero Tubarão (Vidal 2002)

O autor ainda apresenta que na região do município de Monte Mor, as rochas de diabásio possuem espessuras da ordem de 5 metros.

Os valores de espessuras de arenitos, que se correlacionam ao potencial produtivo dos poços da área, possuem maiores valores na região sul, sudoeste e sudeste de Monte Mor (especificamente), que diminuem na

porção norte do município nas proximidades de Hortolândia (Figura 5). Em relação a porcentagem de arenitos, a porção sul encontra-se na faixa de 36 a 57% e na porção norte reduz a 15 a 29%. Na região próxima a área de estudo, a espessura de arenitos é cerca de 120 a 150 metros.

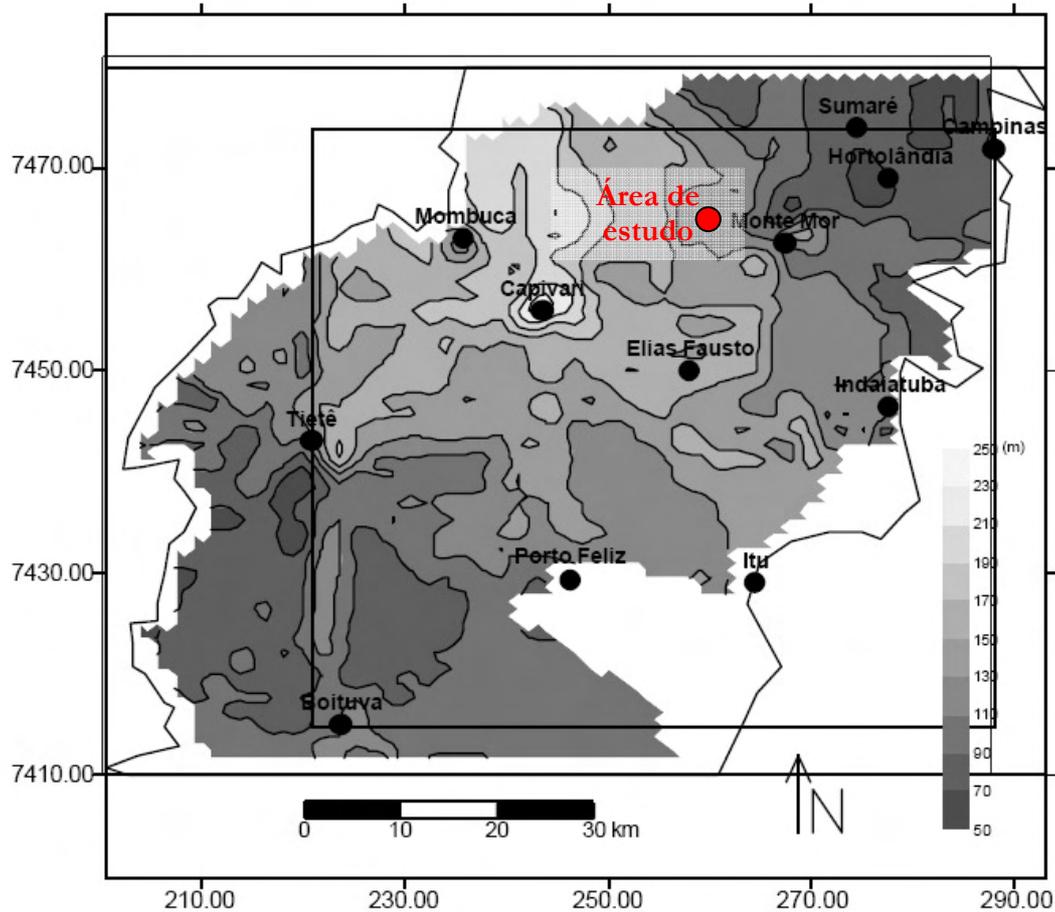


Figura 5 – Mapa de espessuras totais de arenitos, com base em informações detalhadas de poços selecionados (Vidal 2002)

A avaliação da dinâmica do aquífero, Vidal (2002) confirma a característica regional de aquífero livre na porção do estudo, devido a correlação entre a topografia e as linhas equipotenciais. A figura 6 apresenta o mapa potenciométrico da região, e a direção de fluxo de sentido N-S, em direção ao centro da bacia sedimentar do Paraná e aos principais rios da região (Capivari e Tietê).

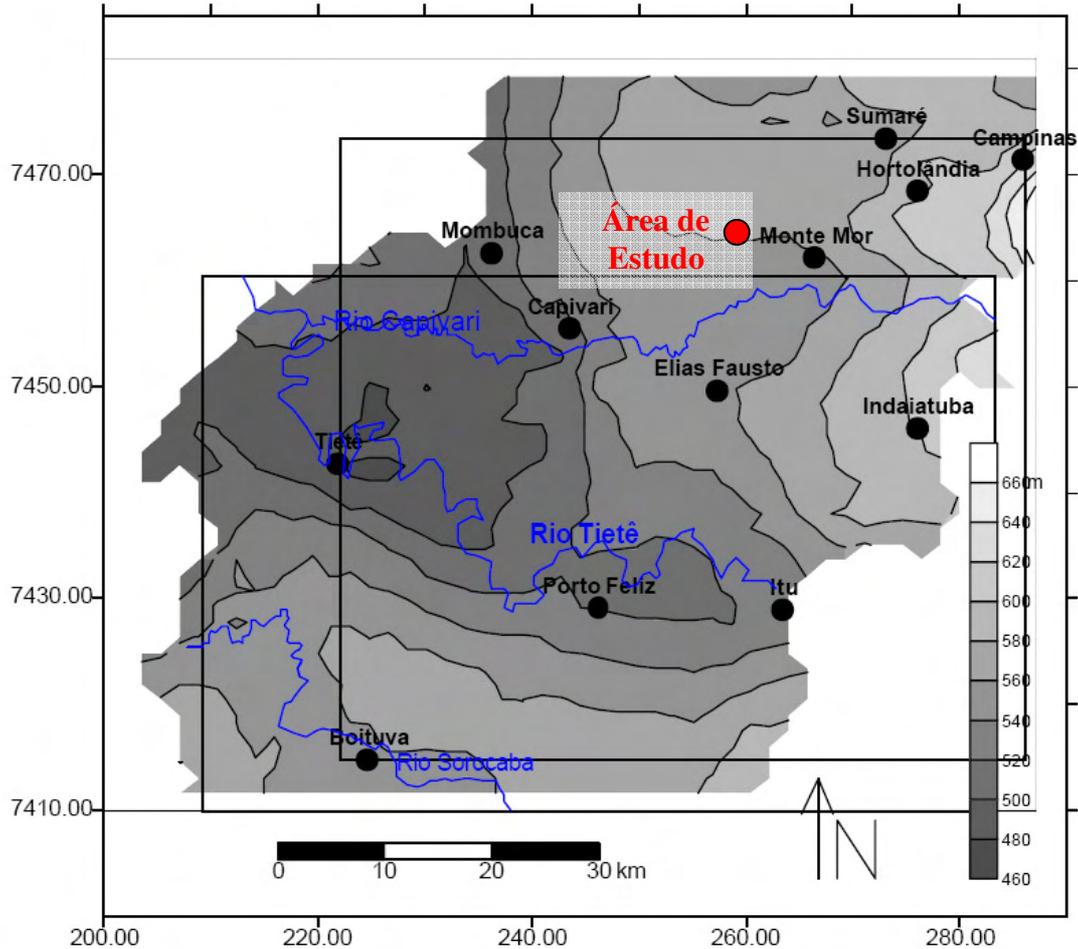


Figura 6 – Mapa Potenciométrico da Região em que se insere a área de estudo

2.3. Potencial produtivo do Aquífero Tubarão na região entre Sumaré e Boituva

A análise de produtividade de poços (capacidade específica – $m^3/h/m$) resultou em mapa com valores normalizados (multiplicados por logaritmo de base 10) de capacidades específicas, que indica o potencial de exploração do aquífero (Figura 7). Os maiores valores na região de entorno de Monte Mor encontram-se na parte norte e sul do município, e valores menores na região oeste. Nas proximidades da área de estudo, os valores de capacidades específicas estão na média produtividade.

Em síntese esse autor produziu o Mapa de Favorabilidade a Exploração de Água Subterrânea, com a análise integrada de mapas como de espessura de arenito e de capacidades específicas de poços tubulares profundos, análise pontual de poços com perfis de detalhe e ensaios de laboratório.

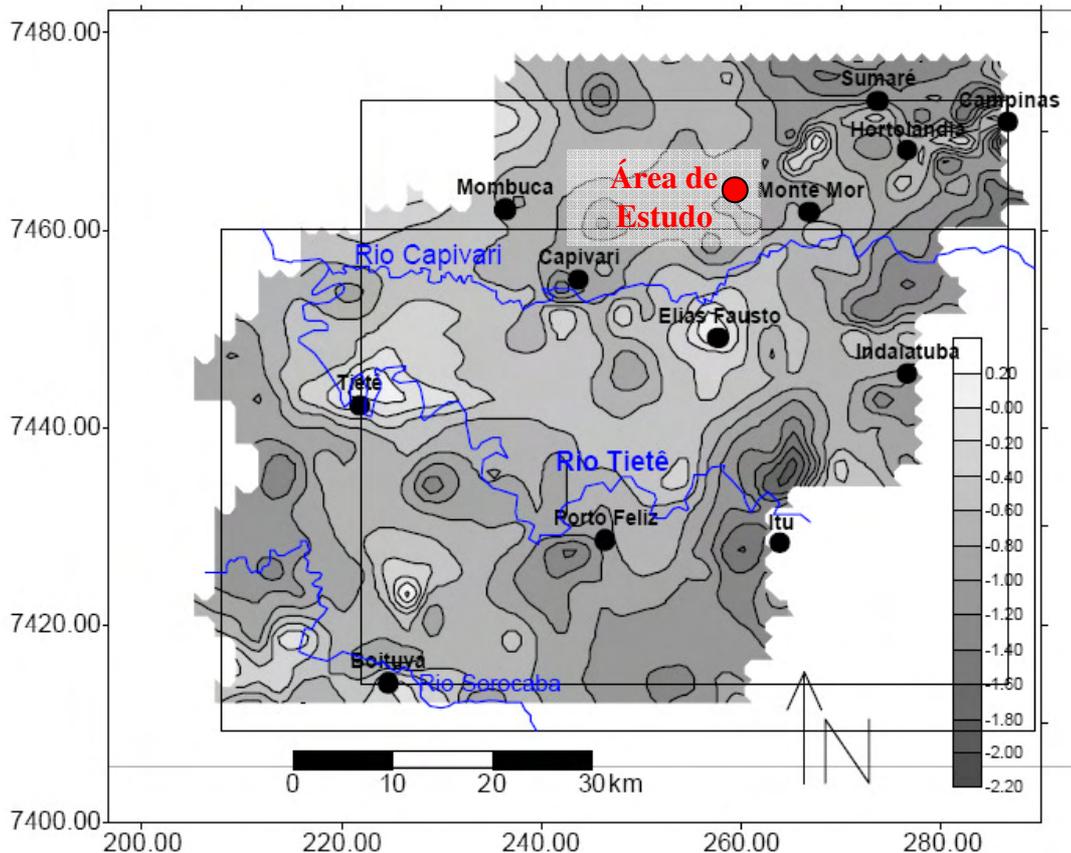


Figura 7 – Mapa Normalizado de capacidade específica ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), segundo Vidal (2002)

O mapa de Favorabilidade a exploração de água subterrânea onde o município de Monte Mor e especificamente na área do empreendimento a favorabilidade é apresentado na Figura 8.

Este mapa apresenta baixa favorabilidade a exploração na região norte de Monte Mor, porém uma alta favorabilidade na porção sul do município.

O empreendimento situa-se aproximadamente na faixa de baixa favorabilidade com probabilidade entre 0,30 a 0,34 para poços com bom

potencial produtivo, porém limítrofe com a faixa de alta favorabilidade situada no sul da área de estudo.

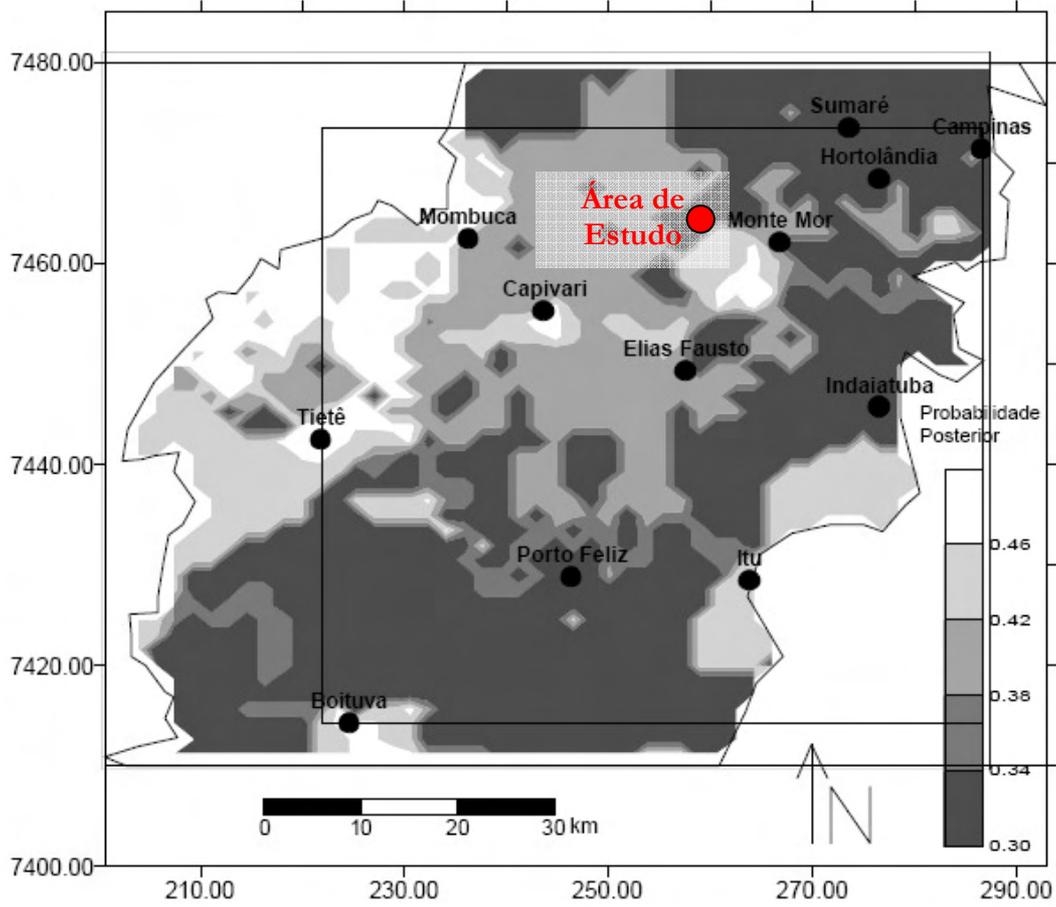


Figura 8 – Mapa de Favorabilidade a Exploração de Água Subterrânea (Vidal, Rostirolla e Kiang 2005)

3. HIDROGEOLOGIA LOCAL

A análise da hidrogeologia local consistiu na busca de informações de poços tubulares profundos nas proximidades da área do empreendimento, por meio do sistema SIDAS do Departamento de Águas e Energia Elétrica (www.sigrh.sp.gov.br) e cadastro de poços existentes no Instituto Geológico, para o município de Monte Mor.

Os poços cadastrados nas proximidades do empreendimento, na Área de Influência Direta, foram apresentados no relatório da Fase 1 deste loteamento e são aqui reproduzidos a Tabela 4 e o mapa da Figura 9 (Relatório Ambiental Preliminar - Processo DAIA N° 13.633/2005).

As profundidades dos poços variam de 94 a 206 metros; no entanto a vazão não possui em primeira análise, relação direta com a maior profundidade dos poços.

As vazões dos poços variam de 3,6 a 12,51 m³/h, sendo que nos poços próximos a área do empreendimento, as vazões apresentaram valores de 12 m³/h, 4,5 m³/h e 10,8 m³/h (com uma média de 9,1 m³/h).

Em geral, a média encontrada e a variação de produtividade dos poços do Aquífero Tubarão são condizentes com a literatura científica da região.

Os mapas de capacidade específica e de favorabilidade à exploração da água subterrânea elaborados por Vidal (2002) apresenta para a região de estudo vocação de média a baixa a produção de água. No entanto esta zona é limítrofe a outra de maiores produtividades (principalmente na porção sul do empreendimento) encontradas nesse eixo Sumaré – Hortolândia.

Destaca-se também que esses mapas de Vidal (2002) são regionais e a escala pequena apenas é indicativa para detalhamentos locais.

Tabela 4 – Cadastro de Poços Tubulares Profundos cadastros no SIAGAS – CPRM (Sistema de Informação de Águas Subterrâneas), (Relatório Ambiental Preliminar - Processo DAIA N° 13.633/2005).

FOLHA TOPOGRÁFICA NA ESCALA 1:50.000(IBGE): 276 AMERICANA/70/IBGE

Código Poço DAEE	Município	Aquífero	Usuário	FinalidUso	Uso	SitAdmin	Vazão (m3/h)	Hora /Dia	Dia/ Mês	Mês/ Ano	UTM Norte(Km)	UTM Leste(Km)	Profundidade (m)	ND (m)	NE (m)
182	MONTE MOR	ITARARE	LOTEADOR	SANITAR	CAPTACAO SUBTERRANEA	PORTARIA	12	20	30	0	7,465.22	261.41	114	36	78
193	MONTE MOR	ITARARE	INDUSTRIAL	SAN/IND	CAPTACAO SUBTERRANEA	PORTARIA	12.51	2	30	0	7,460.54	266.59			
54	MONTE MOR	ITARARE	pecuária	san/pec.	CAPTACAO SUBTERRANEA		4.5		30	12	7,463.25	263.62	206	75	25
57	MONTE MOR	ITARARE	pecuária	san/pec.	CAPTACAO SUBTERRANEA		10.8		30	12	7,465.45	262.85	150		
68	MONTE MOR	ITARARE	doméstico	san	CAPTACAO SUBTERRANEA		6		30	12	7,462.15	266.25	94		
72	MONTE MOR	ITARARE	pesq		CAPTACAO SUBTERRANEA						7,464.90	264.4	129		
94	MONTE MOR	ITARARE	comércio	san	CAPTACAO SUBTERRANEA		3.6	5	30	12	7465.42	269.02	130	112	

Obs: destaque em amarelo são poços situados nas proximidades da área do empreendimento

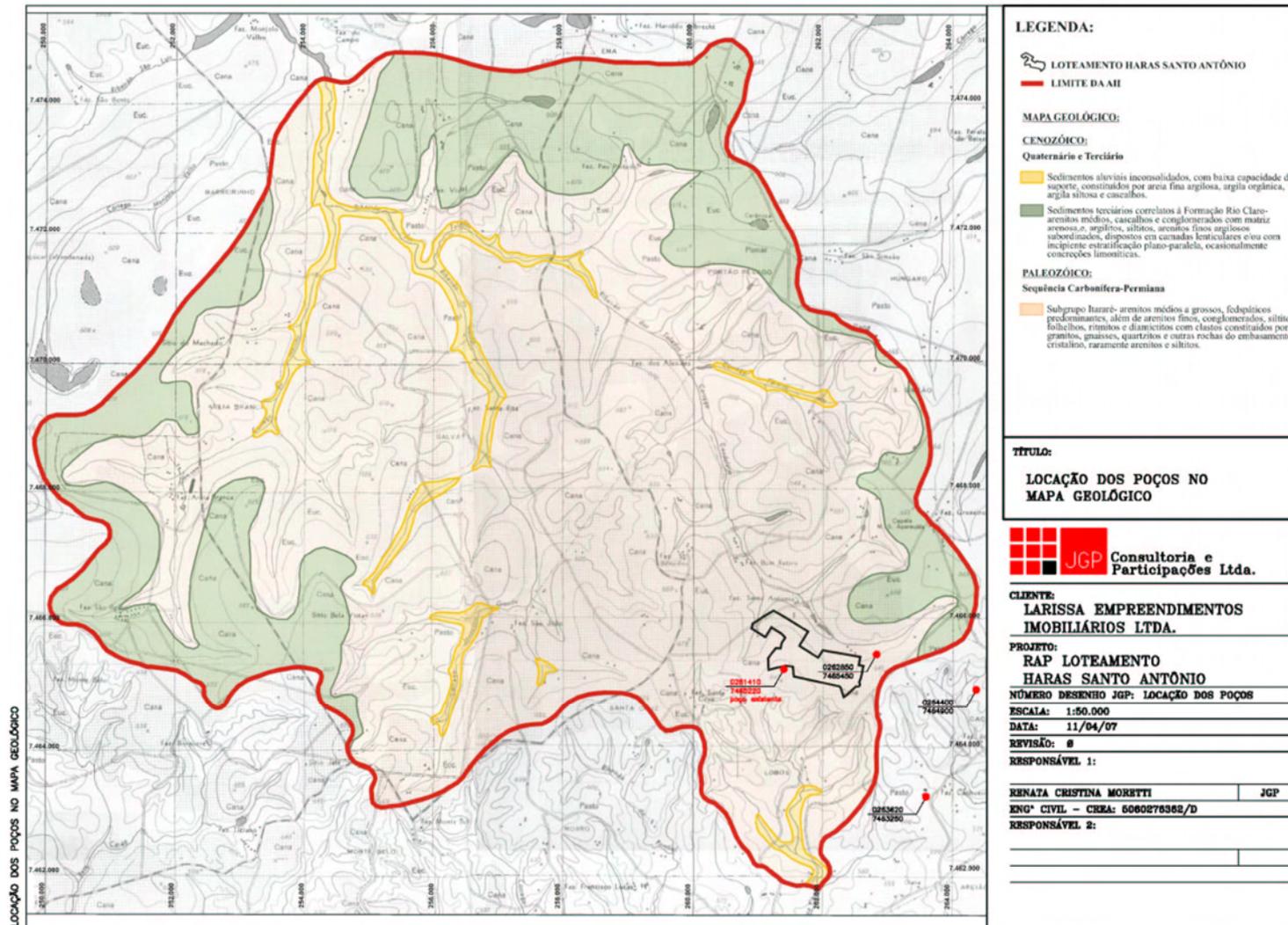


Figura 9 – Mapa de localização dos poços cadastrados no DAEE (Relatório Ambiental Preliminar - Processo DAIA N° 13.633/2005)

O poço do empreendimento, com código DAEE 182 foi construído pela empresa Sondamar Poços Artesianos e possui as seguintes características construtivas:

- ⇒ Perfuração – de 0 até 12 m com diâmetro de 17 ½ polegadas; e até 114 m com diâmetro de 12 ½ polegadas.
- ⇒ Revestimento – de 0 a 70 m; de 74 a 80 m; de 84 a 90 m; de 94 a 105 m; de 108 a 114 m – com diâmetro de 6 polegadas e material de aço preto.
- ⇒ Filtro – de 70 a 74 m, de 80 a 84 m; de 90 a 94 m e 105 a 108 m- com diâmetro de 6 polegadas e material estampado preto – filtro tipo Nold.
- ⇒ Pré filtro – areia de Jacareí, com granulometria de 1,5 a 3,0 e volume usado de 9,5 m³.
- ⇒ Cimentação – calca em profundidade de 12 m e volume de 2,1 m³.
- ⇒ Perfil geológico – 0 a 24 metros – solo argiloso de coloração avermelhada; 24 a 70 metros – rocha de granulometria argila, de coloração avermelhada, apresentando-se inconsolidada (argila); 70 a 114 m – rocha de matriz areia fina a média e coloração acinzentada.

As características hidrodinâmicas do poço tubular profundo, provenientes do teste de bombeamento realizado em 15/01/2006, com 2400 minutos de duração, apresentam os seguintes valores:

- ⇒ Vazão de teste = 12 m³/h
- ⇒ Nível estático = 36 m
- ⇒ Nível dinâmico = 78 m
- ⇒ Rebaixamento = 42 m

A vazão do teste foi realizada com bomba submersa instalada a 102 metros de profundidade.

As condições de exploração definida pela empresa de perfuração foram:

⇒ Vazão de exploração = 12 m³/h

⇒ Nível Dinâmico = 78 m

⇒ Horas/dia = 20; Dia/ mês = 30; Mês/ ano = 12.

O método Hantush foi utilizado para a interpretação do teste de bombeamento, pois se verificou que o poço entrou em regime permanente (estável) após 40 minutos de bombeamento. O método aplicado é um modelo de aquífero semiconfinado com drenança na camada superior, em regime permanente (Figura 10).

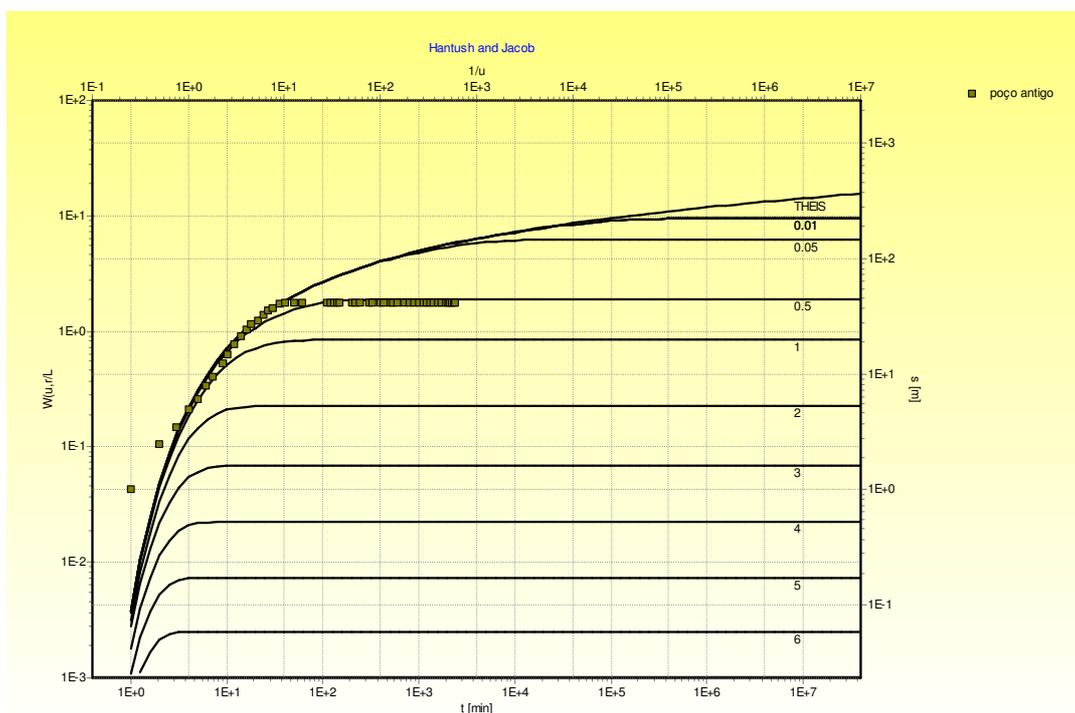


Figura 10 - Método de Hantush – para aquífero semiconfinado com drenança em regime permanente no ensaio de bombeamento do poço do loteamento.

O valor de condutividade hidráulica (que indica o quanto de água é transmitida pelo aquífero) calculada é de $2,23 \times 10^{-2}$ m/d, ou $2,6 \times 10^{-5}$ cm/s, característicos de material siltico a siltico arenoso de acordo com a Tabela 5 (Fetter 1994).

Tabela 5 - Faixa de valores de permeabilidade intrínseca e condutividade hidráulica para vários materiais não consolidados (Fetter 1994)

<i>Material</i>	<i>Permeabilidade Intrínseca (cm²)</i>	<i>Condutividade Hidráulica (cm/s)</i>
<i>Argila</i>	10^{-14} a 10^{-11}	10^{-9} a 10^{-6}
<i>Silte, Silte arenoso</i>	10^{-11} a 10^{-9}	10^{-6} a 10^{-4}
<i>Areia argilosa</i>	10^{-11} a 10^{-9}	10^{-6} a 10^{-4}
<i>Areia siltosa, Areia fina</i>	10^{-10} a 10^{-8}	10^{-5} a 10^{-3}
<i>Areia bem distribuída</i>	10^{-8} a 10^{-6}	10^{-3} a 10^{-1}
<i>Cascalho bem distribuído</i>	10^{-7} a 10^{-5}	10^{-2} a 10^0

A transmissividade estimada para o aquífero pelos dados do teste é de 0,3568 m²/dia, um valor considerado baixo, porém dentro das expectativas do Aquífero Tubarão e de seu material siltico a siltico arenoso.

Em relação à qualidade das águas subterrâneas, destaca-se o poço tubular monitorado (ponto 74 da Agência Campinas II) pela CETESB (2007) (www.cetesb.sp.gov.br) em Monte Mor, de 350 metros de profundidade, de propriedade da SABESP (Saneamento Básico de São Paulo). As águas amostradas apresentam baixa mineralização (entre 16 e 27 mg/L de sólidos totais dissolvidos e 229 a 552 mg/L de resíduo total), pH básico entre 8,9 e 9,3, e águas bicarbonatadas, porém com teor significativo de sulfato, e com teores de cálcio e magnésio. Em relação a qualidade, destaca-se o elemento nitrato, com concentração máxima de 3 mg/L.

4. CONDIÇÕES DE EXPLOTAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO TERRENO DO EMPREENDIMENTO

De acordo com o Relatório Ambiental Preliminar - Processo DAIA Nº 13.633/2005, a GLEBA A do empreendimento apresenta a existência de poço tubular profundo com uma vazão de 12 m³/h, considerada acima da média encontrada no Aquífero Tubarão.

A ocorrência de outros poços com vazões entre 4,5 a 12,51 m³/h nas proximidades do empreendimento podem indicar uma boa potencialidade de exploração na região, relativa aos valores medianos encontrados no Aquífero Tubarão.

Dessa maneira, com base nessas informações provenientes de poços tubulares existentes, na literatura científica e na espacialização dos poços em mapa, há indicativo de se obter novos poços com vazões nessa ordem de valores encontrados.

A Figura 11 apresenta pontos favoráveis a perfuração de novos poços onde se levou em consideração os seguintes critérios:

- Distância razoável do poço existente, de modo que a interferência entre outros poços próximos seja mínima;
- Estruturação da drenagem (apesar de que o critério lineamento de drenagem não é indicativo de produtividade em aquíferos sedimentares, acredita-se que no Aquífero Tubarão possa existir fraturamentos em rochas consolidadas e cimentadas desse aquífero que favoreça uma melhor produtividade);

- Proximidade da zona de maior favorabilidade de exploração de água subterrânea definido por Vidal, 2002.
- Facilidade de adução do poço ao reservatório e aos lotes e edificações.

A localização pode sofrer algum deslocamento caso exista conflito legal ou de qualquer outro tipo de proibição ou restrição no ponto indicado à perfuração.

5. VIABILIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA NECESSÁRIA POR MEIO DE PERFURAÇÃO DE NOVO(S) POÇO(S) TUBULAR(es) PROFUNDO(s)

No primeiro relatório, a demanda necessária para abastecer o condomínio foi calculada com base numa população máxima de 1695 habitantes e consumo diário de 415.190 litros/dia, ou 17,3 m³/h. O poço existente possui vazão de exploração de 12 m³/h, havendo uma diferença de 5,3 m³/h de água para atendimento da demanda exigida pelo loteamento.

Nesse primeiro relatório foram indicados dois pontos favoráveis a perfuração de mais dois poços para complementação da diferença de 5,3 m³/h de água. Assim, no mapa da Figura 11, os pontos 1 e 2 foram os locais indicados a perfuração de novos poços tubulares profundos para a complementação dessa diferença.

Hoje, com a ampliação de novas glebas, a demanda total estimada é de 1.330.000 litros/dia ou 55,42 m³/h, ou 66,50 m³/h (vazão máxima). Para as

novas glebas, descontado a demanda da Gleba A, a demanda estimada é de 914.810 litros/dia ou 38 m³/h (demanda média)

Esse total visa o atendimento de uma população de 4.721 habitantes, sendo que 3.615 habitantes serão residentes, 766 pessoas empregadas e 340 flutuantes.

Dessa forma para atender a demanda, é necessária uma produção de 55,42 m³/h (com máximo de 66,50 m³/h), descontado o valor de 17,3 m³/h (tabela 6).

Tabela 6 – Demanda de água necessária para o atendimento do loteamento.

Demanda de água	Cenário 1 (valores médios)	Cenário 2 (valores máximos)
Total do loteamento (incluso a Gleba A, já aprovada)	1.330.000 L/dia 55,42 m ³ /h	1.596.000 L/dia 66,50 m ³ /h
Demais Glebas	914.810 L/dia 38,00 m ³ /h	1.180.810 L/dia 49,20 m ³ /h

Considerando esses valores, a média de vazão da região de 9,00 m³/h, e desconsiderando vazões potenciais de poços locados nos pontos 1 e 2 (mapa da figura 11) serão necessários um número mínimo de 4 poços e máximo de 6 poços a ser perfurado na área.

Assim na Figura 11 e na Figura 12, são apresentados locais para perfuração de novos poços tubulares profundos. O distanciamento mínimo entre eles é de 400 metros, considerado suficiente para potenciais interferências.

O número de locações apresentadas é superior a quantidade máxima de 6 poços tubulares. É apresentado o número de locação para 12 poços tubulares (mais o existente), uma vez que a elevada variabilidade das vazões no Aquífero Itararé pode comprometer o atendimento da demanda desejada, com resultados de vazões inferiores ao esperado. Além disso, no mapa figura apenas pontos

selecionados para locação dos poços, ficando a critério da empresa o planejamento da ocupação dos lotes e o atendimento da demanda, bem como a seleção dos locais de perfuração de poços (em função da vazão encontrada e do local a ser atendido).

Sugeriu-se também para uma melhor estratégia de distribuição de água no loteamento, a perfuração de mais poço. Caso se obtenha boas vazões, que ultrapassem a demanda necessária, as vazões podem ser reduzidas e o regime de exploração dos poços explorados, aumentando sua vida útil, ou ainda, deixar poços-reserva ou com uma vazão reduzida, operando-o com a vazão de exploração normal, no período de manutenção de um deles.

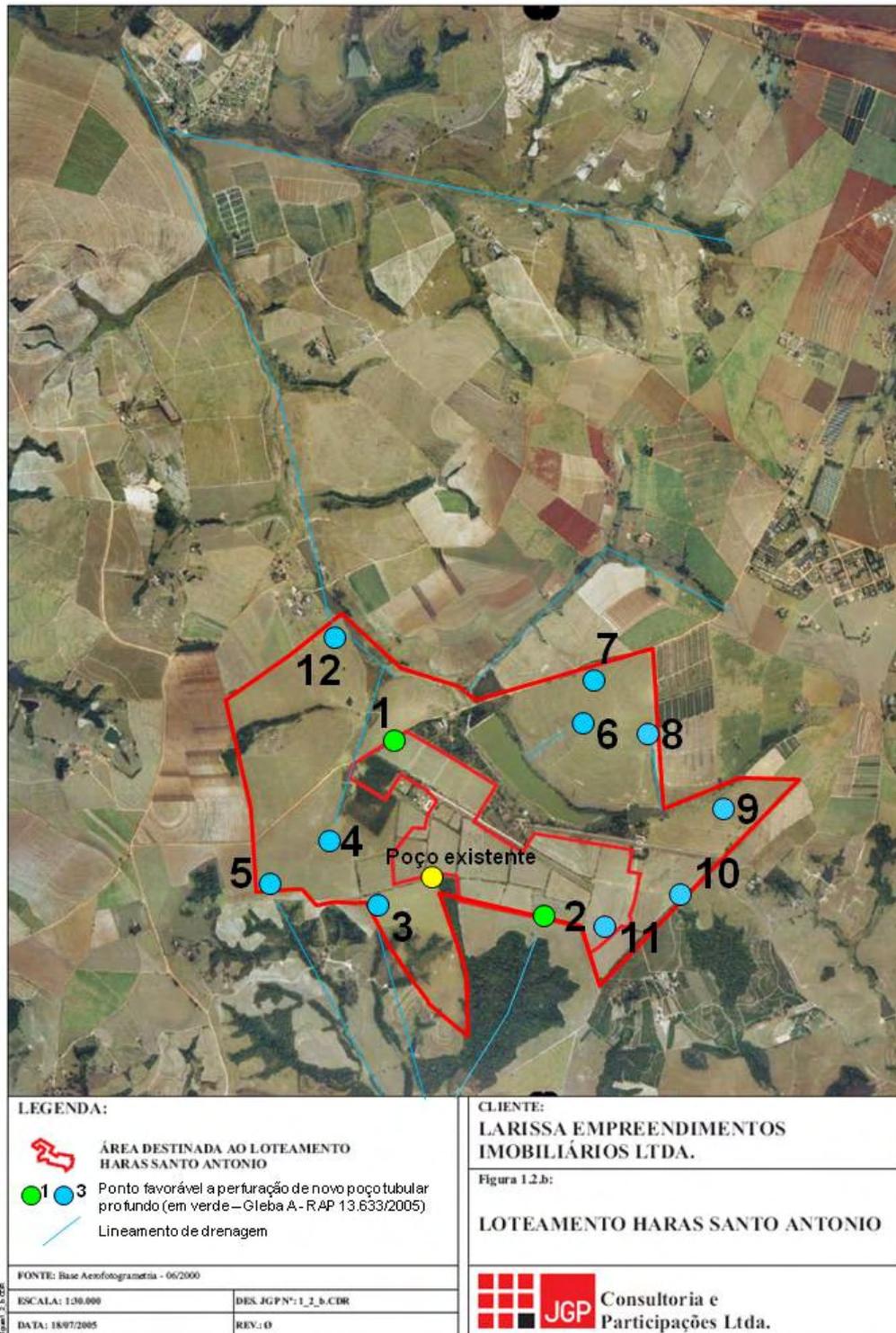


Figura 11 – Imagem com a localização de pontos favoráveis a perfuração de novos poços

CONCLUSÕES

As características do Aquífero Tubarão definem o aquífero como limitado devido a sua grande complexidade litológica e consolidação, e por isso é considerado aquífero multicamada. As produtividades do aquífero na região de estudo encontram-se na faixa de 10 a 20m³/h.

Nos terrenos do empreendimento, os valores de transmissividade e condutividade hidráulica, calculados por meio do teste de bombeamento do poço existente, corroboram os valores encontrados na literatura e seu baixo potencial de exploração.

No entanto, a vazão obtida por este poço, é considerada acima da média regional. A proximidade de zonas com maior favorabilidade a exploração aumenta a possibilidade de se encontrar poços com boas vazões nos terrenos da empresa para aumentar a disponibilidade de água no loteamento.

O número de locações apresentadas é superior a quantidade máxima sugerida para atender a demanda máxima de 6 poços tubulares. É apresentado o número de locação para 12 poços tubulares (mais o existente), uma vez que a elevada variabilidade das vazões no Aquífero Itararé pode comprometer o atendimento da demanda desejada, com resultados de vazões inferiores ao esperado.

Além disso, são apenas pontos selecionados para locação dos poços, ficando a critério da empresa o planejamento da ocupação dos lotes e o atendimento da demanda, bem como a seleção dos locais de perfuração de poços (em função da vazão encontrada e do local a ser atendido).

Os pontos apresentados no relatório não indicam que todos terão um poço construído, somente são áreas apontadas como favoráveis para a seleção de um máximo de 6 poços.

Caso se obtenha boas vazões, que ultrapassem a demanda necessária, as vazões e o regime de exploração dos poços podem ser reduzidos, aumentando sua vida útil, ou ainda, deixar poços-reserva ou com uma vazão reduzida, operando-o com a vazão de exploração normal somente no período de manutenção de um deles.

O regime de operação de poços é vital para a manutenção e sustentabilidade das vazões exploradas. Para isso, sugere-se uma estratégia e planejamento do uso da água subterrânea de modo a aumentar a vida útil dos poços tubulares e manter os níveis potenciométricos dentro de uma ótica sustentável.

Por fim, recomenda-se que os novos poços possuam características construtivas dentro das normas técnicas vigentes.

Destaca-se aqui, a recomendação de que em todos os poços tubulares perfurados se tenha isolamento do primeiro aquífero, o livre, com a instalação de revestimento e cimentação em todo o trecho deste aquífero (mais raso) e de seu contato com a rocha sã, explorando somente os aquíferos mais profundos, uma vez que a água do freático possui maior vulnerabilidade à contaminação superficial e sub-superficial. A característica multicamada do aquífero pode contribuir para melhor efetivação do isolamento dos aquíferos mais profundos.

Ainda, a execução do monitoramento periódico da qualidade das águas nos poços perfurados e nos sistemas de adução, é recomendada, bem como o monitoramento periódico da quantidade (por meio de medição de vazão e nível de água – nível estático (quando poço estiver parado, e dinâmico).

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CAMPOS, H.C.N. 1993. *Caracterização e cartografia das Províncias Hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo*. São Paulo, SP. (Tese de Doutorado - IGc/USP, inédita). 177p.
- CETESB. 2007. Relatório da qualidade das águas subterrâneas, períodos 2004-2006. Acesso em 11/01/2009, WWW.cetesb.sp.gov.br
- COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, JUNDIAÍ E CAPIVARI (CBH-PCJ). 2003. Plano de bacia. <http://www.sigrh.sp.gov.br>.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). 1981a. *Estudo de águas subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP*. São Paulo, SP. DAEE, 2v.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE); INSTITUTO GEOLÓGICO (IG/SMA); INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). 2005. *Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000*. Nota Explicativa e Mapa.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA 1981. *Estudos das águas subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP*. São Paulo, SP. DAEE, 2v.
- DIOGO, A.; BERTACHINI, A.C.; CAMPOS, H.C.N.S.; ROSA, R.B.G.S. 1984. Estudo preliminar das características hidráulicas e hidroquímicas do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. In: Simp. Reg. Geol., 3º., *Atas...* São Paulo. SP. SBG/SP. p: 359-364.

- FETTER, C.W. 1994. *Applied Hydrogeology*. Third Edition. Prentice Hall. New Jersey. 691pp.
- GROUNDWATER - HIDROGEOLOGIA E ENGENHARIA S/C LTDA. 1984. *Estudo de avaliação de recursos hídricos subterrâneos no Município de Sumaré - SP*. Relatório Técnico GW-105/84. 2v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG-SMA). 1995. *Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Bacia do Rio Piracicaba, SP*. São Paulo. Relatório Técnico IG. 4 v.
- INSTITUTO GEOLÓGICO (IG-SMA). 2003. *Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Bacia do Rio Piracicaba, SP*. São Paulo. Relatório Técnico IG. Cd-ROM.
- LOPES, M.F.C. 1984. Água subterrânea no Estado de São Paulo - Síntese das condições de ocorrência. In: Congres. Bras. Águas Subter., 3, *Anais...ABAS*. Fortaleza. v 2, pp 305-317.
- LOPES, M.F.C. 1994. *Condições de ocorrência de água subterrânea nas bacias dos rios Piracicaba e Capivari*. (Dissertação de Mestrado Fac. Eng. Civil - UNICAMP). 83 pp.
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; TEIXEIRA, J.A.; LANDIM, P.M.B. 1987. Sistemas Depositionais do Subgrupo Itararé (P-C) na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Capivari (SP): um modelo para prospecção de água subterrânea. In: Simp. Reg. de Geol, 6^o *Atas...* Rio Claro. SP. SBG/SP. v.1, p: 355-364.
- VIDAL, A.C. 2002. *Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na área de Afloramento da porção central do Estado de São Paulo*. Tese de Doutorado. IG-Unesp. 122 pp.

VIDAL, A.C.; ROSTIROLLA, S.P., KIANG, C.H. 2005. Análise de favorabilidade para a exploração de água subterrânea na região do Médio Tietê, estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, 35(4): 475-481 dezembro 2005.