

# PROJETO PILOTO DE RECARGA ARTIFICIAL NA BACIA DO RIO UNA, MUNICÍPIO DE TAUBATÉ.

*Hélio Nóbile Diniz<sup>1</sup>; Getulio Teixeira Batista<sup>2</sup>; Jair Santoro<sup>3</sup> & Marcelo dos Santos Targa<sup>4</sup>*

1 e 3) Instituto Geológico do Estado de São Paulo / Secretaria Meio Ambiente, Av. Miguel Stéfano, 3.900, - CEP: 4301903 - São Paulo – SP, Brasil.

2 e 4) Universidade de Taubaté, Estrada Municipal Dr. José Luiz Cembranelli, 5000 – CEP: 12080-010 – Taubaté – SP, Brasil

1) e-mail: [heliodiniz@igeologico.sp.gov.br](mailto:heliodiniz@igeologico.sp.gov.br)

2) e-mail: [getulio@unitau.br](mailto:getulio@unitau.br)

3) e-mail: [jsantoro@igeologico.sp.gov.br](mailto:jsantoro@igeologico.sp.gov.br)

4) e-mail: [mtarga@unitau.br](mailto:mtarga@unitau.br)



SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE



GOVERNO DO ESTADO DE  
**SÃO PAULO**  
TRABALHANDO POR VOCÊ



**Primeiro Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul – SERHIDRO-PS 2007.  
Taubaté, 7 a 9 de novembro de 2007**

## INTRODUÇÃO

O projeto de recarga artificial de aquíferos está sendo implementado na bacia hidrográfica do rio Una, no Município de Taubaté.

O local do projeto é o Departamento de Ciências Agrárias da Universidade de Taubaté. A área foi escolhida porque é favorável à captação das águas em telhados e há condições topográficas para a injeção em poços, por gravidade .



## OBJETIVOS

O projeto em Políticas Públicas teve como objetivos oferecer subsídios ao gerenciamento das águas subterrâneas do Município de Taubaté e vem consolidar uma parceria do Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, a Prefeitura Municipal de Taubaté e a Universidade de Taubaté .

Estes subsídios tratam especificamente da retenção do excedente hídrico, da aplicação de métodos que promovam a infiltração das águas das chuvas nos solos ou diretamente nos aquíferos, por meio da injeção das águas captadas em telhados. São métodos que viabilizam a recarga dos aquíferos e diminuem o escoamento superficial, já que, este escoamento é responsável por erosão, transporte de sedimentos e assoreamentos dos corpos d'água, além de causador das enchentes nas planícies dos rios e ribeirões que percorrem o Município de Taubaté .

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletadas amostras de solo para determinação de parâmetros físicos na área do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU e da Fazenda Piloto da Faculdade de Agronomia.

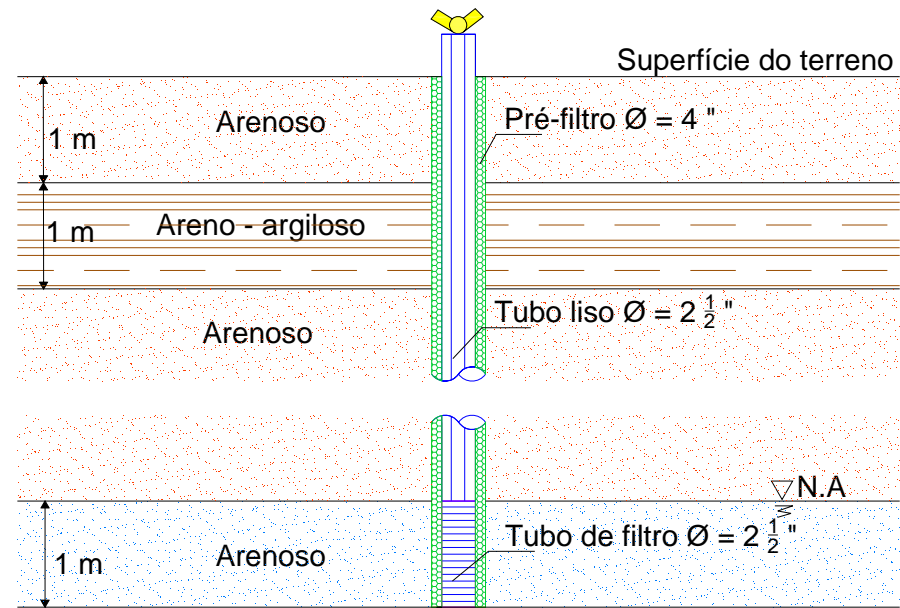
Os parâmetros obtidos foram a porosidade, umidade natural. Estes dados foram correlacionados com medidas piezométricas e balanço hídrico para estudo da recarga no aquífero freático.

Também foram realizados ensaios granulométricos e determinações mineralógicas para o conhecimento do perfil do solo.

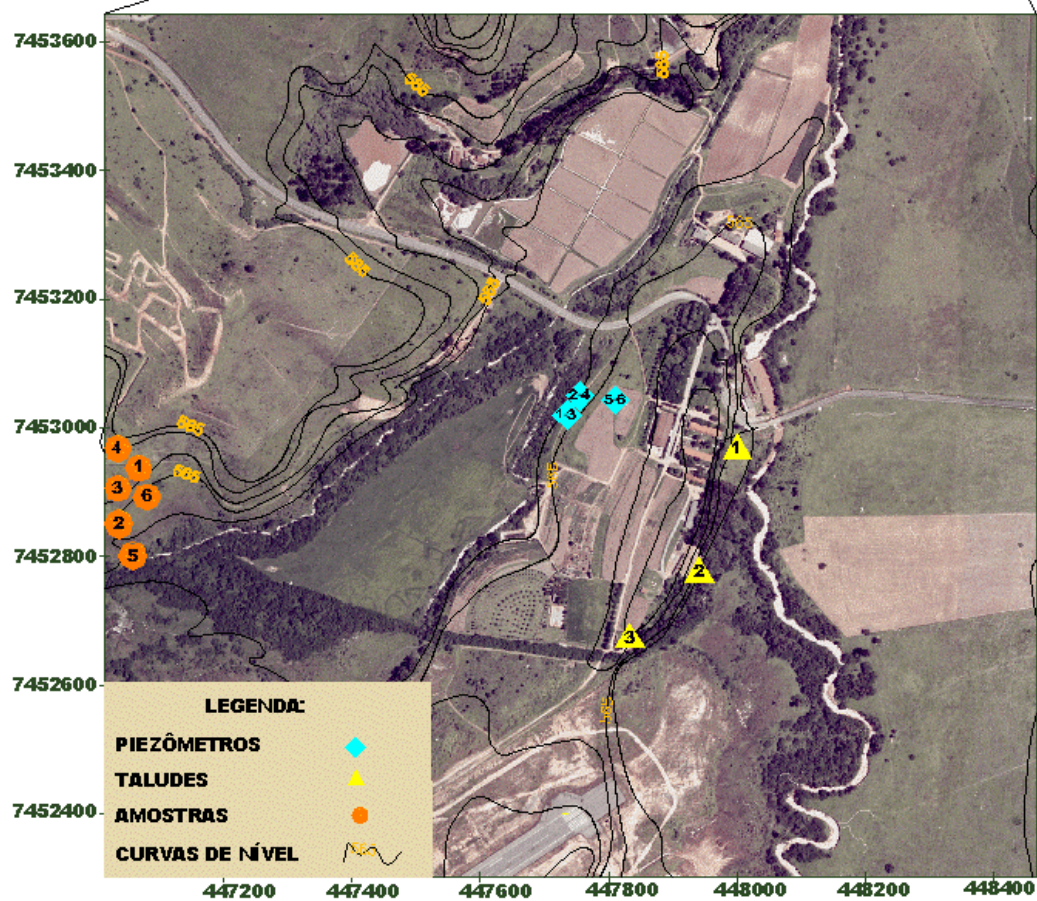
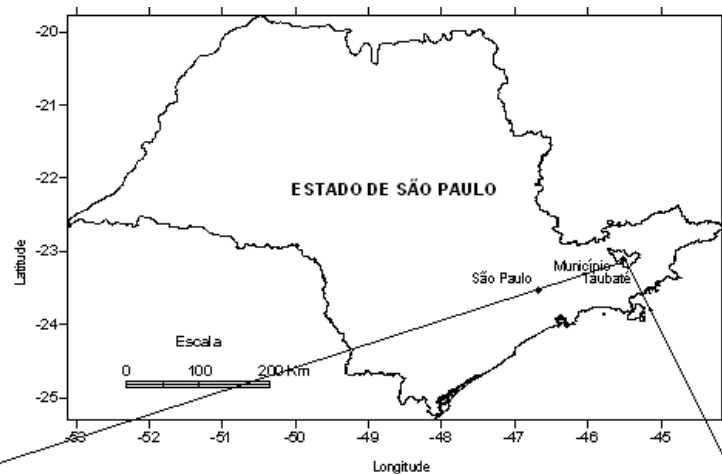
Foram perfurados 6 piezômetros para monitoramento do nível d'água do aquífero freático.

Foram perfurados 2 poços tubulares profundos para conhecimento hidrogeológico e realização da recarga artificial dos aquíferos.

# Piezômetros







Mapa de localização da área de estudo e dos pontos amostrados.

## Fábrica de Alimentos

Foram construídas calhas e rufos no prédio da Fábrica de Alimentos do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU, conectados a tubulações enterradas, destinados à coleta e condução de água das chuvas para fins de recarga artificial de aquíferos, perfurados dois poços tubulares profundos e construídas pequenas barragens nas encostas das colinas, para favorecer a infiltração das águas precipitadas nos pátios e arruamentos.





## Testemunhos

A construção dos dois poços tubulares profundos teve diversas finalidades. Primeiramente, para conhecimento estratigráfico dos sedimentos da Bacia de Taubaté, no local do projeto, utilizando-se os testemunhos das sondagens, já que estas foram realizadas com barriletes amostradores que proporcionam a obtenção da coluna dos sedimentos perfurados.











## Testes e Amostras

Em segundo lugar, a construção dos poços tubulares profundos permitiu o conhecimento das características hidrodinâmicas dos aquíferos perfurados, por meio da realização de testes de bombeamento, e possibilitaram a coleta de amostras de água para fins de caracterização físico-química dos aquíferos profundos, assim como o monitoramento dos níveis potenciométricos.



## CAPTAÇÃO E INJEÇÃO DAS ÁGUAS DAS CHUVAS

Para injeção de água no poço de recarga e que também é o poço de extração, optou-se pela captação advinda do telhado da Fábrica de Alimentos que está situada próximo da sede do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU, a cerca de 35 m.

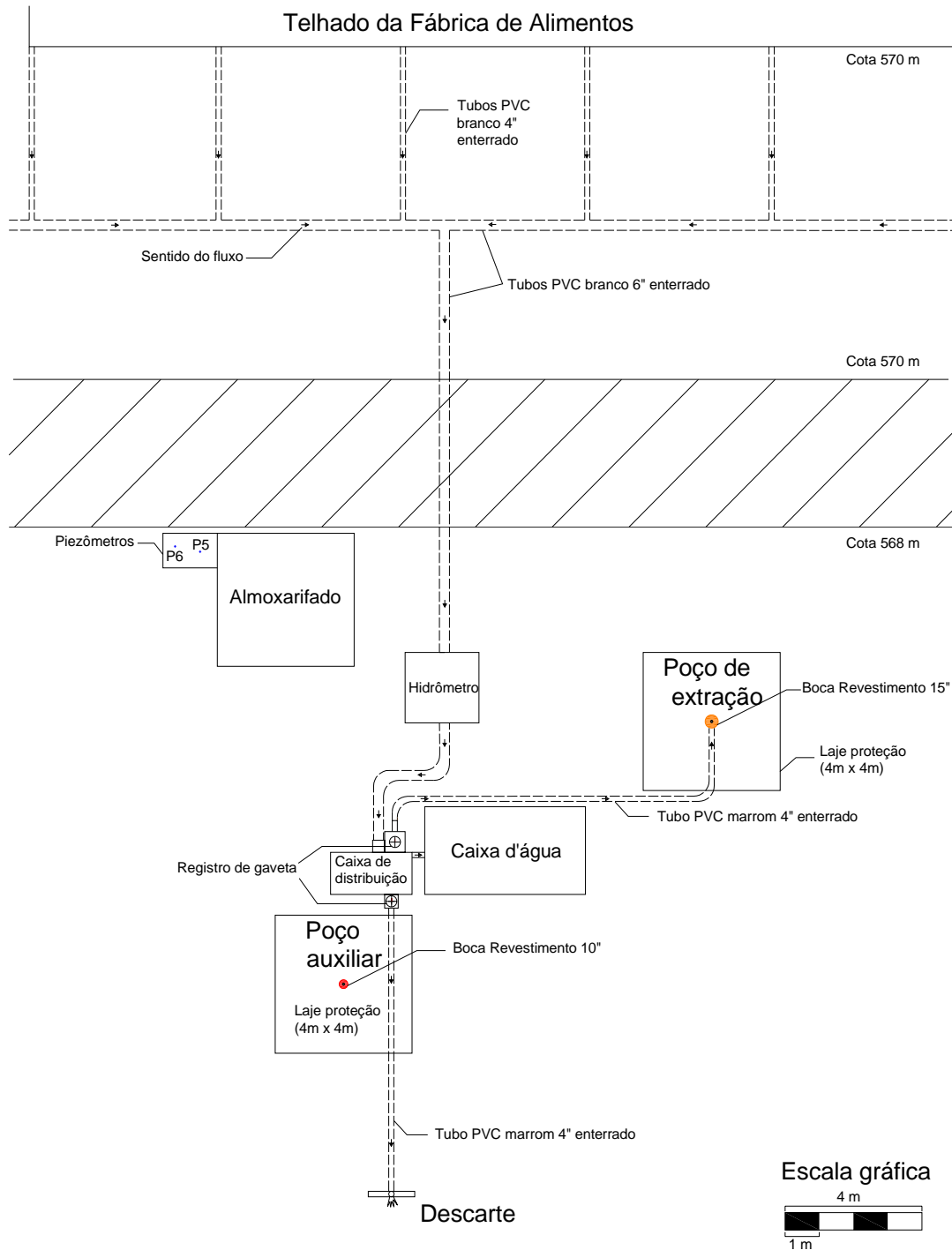
O poço de extração/injeção se encontra a 15 m da lateral da Fábrica de Alimentos. A distância entre os poços é de 13,2 m.

A opção por este tipo de captação, utilizando águas precipitadas na cobertura do prédio da Fábrica de Alimentos, deve-se principalmente ao fato do telhado desta ser bastante abaulado, com alto ângulo de escoamento, construído em chapas zincadas novas, características que diminuem muito a possibilidade de conter microorganismos ou materiais tóxicos que porventura venham a ser carreados pelas águas das chuvas, evitando-se, desta forma, a contaminação dos aquíferos onde estas águas são injetadas.

Por proximidade, optou-se por construir o poço de extração/recarga junto à Fábrica de Alimentos, em posição topográfica que possibilitasse o carreamento das águas das chuvas, por gravidade, até uma caixa conectada com o poço evitando-se, desta maneira, gastos extras com bombeamentos e longos condutos para o transporte das águas captadas.

A construção dos poços (de extração/recarga e auxiliar) foi realizada com sonda nacional rotativa a aço granulado pertencente ao Instituto Geológico da Secretaria do Meio Ambiente.





Planta do projeto de recarga artificial no Dep.de Ciências Agrárias da UNITAU.







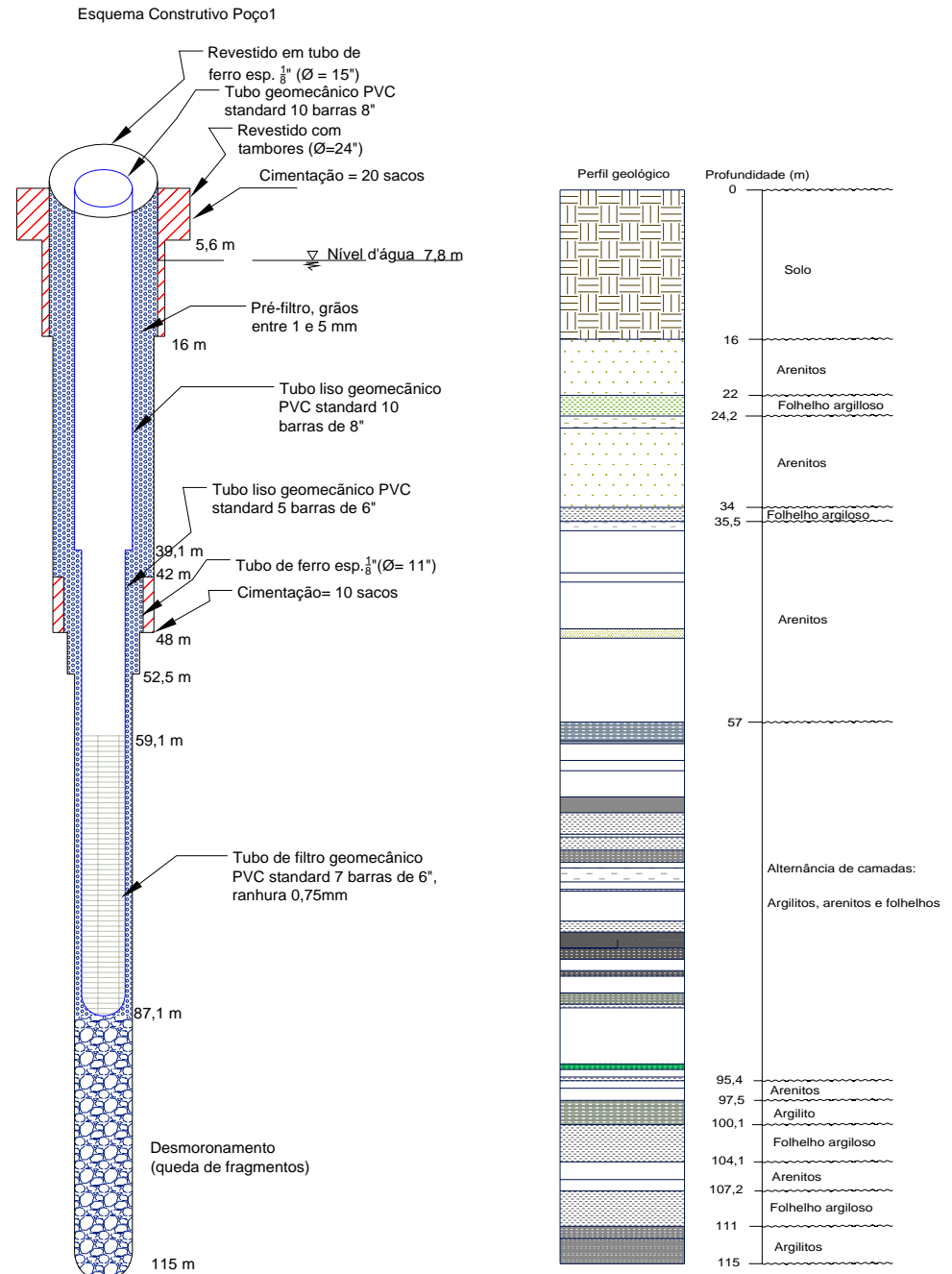




# DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

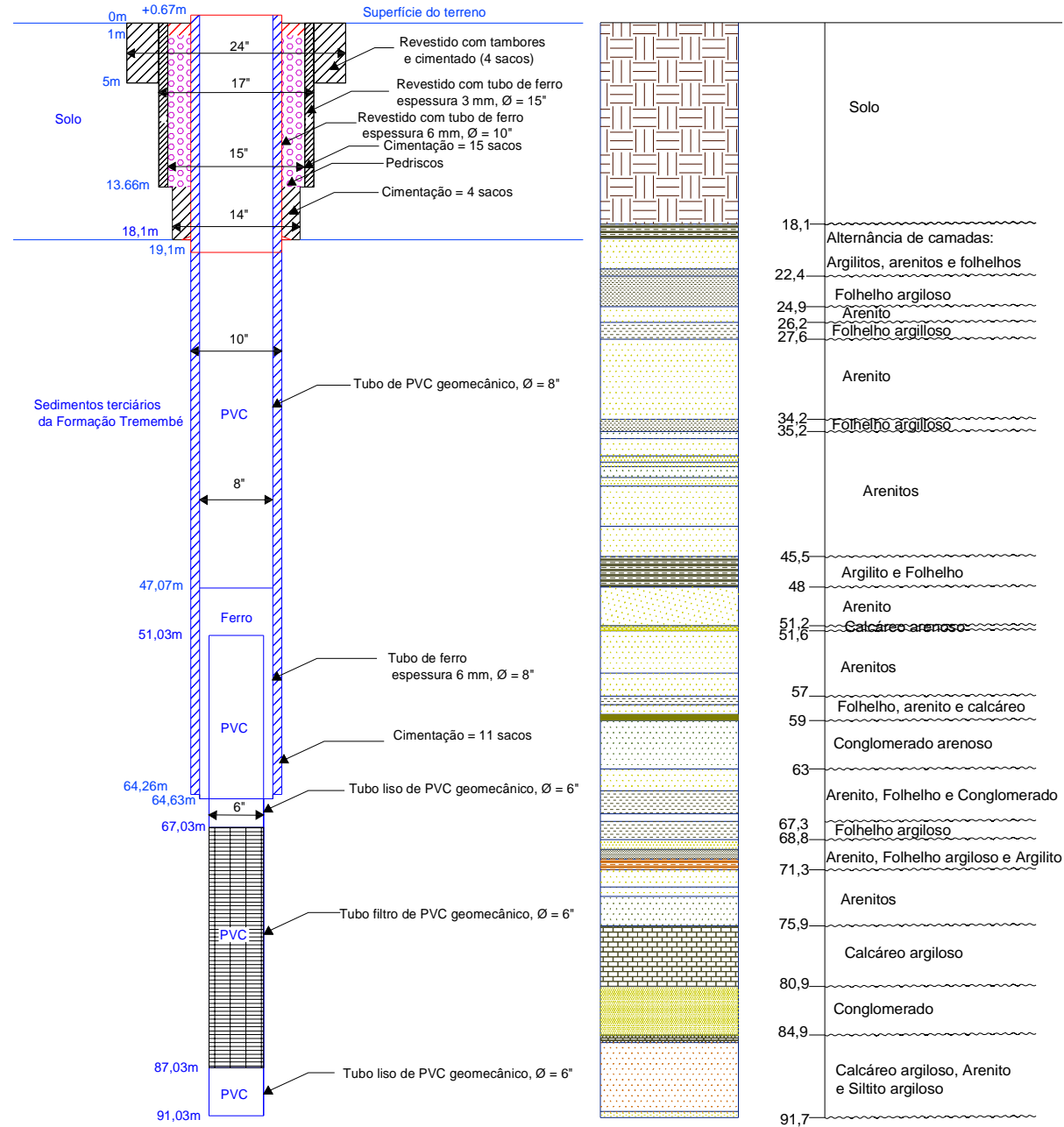
## Perfuração dos poços

**Poço de extração,**  
**coordenadas UTM**  
**447,798 km EW e**  
**7453,025 km NS**



Escala horizontal = 30X escala vertical

**Poço auxiliar,  
coordenadas UTM  
447,799 km EW e  
7453,028 km NS.**



Escala horizontal = 30 x escala vertical

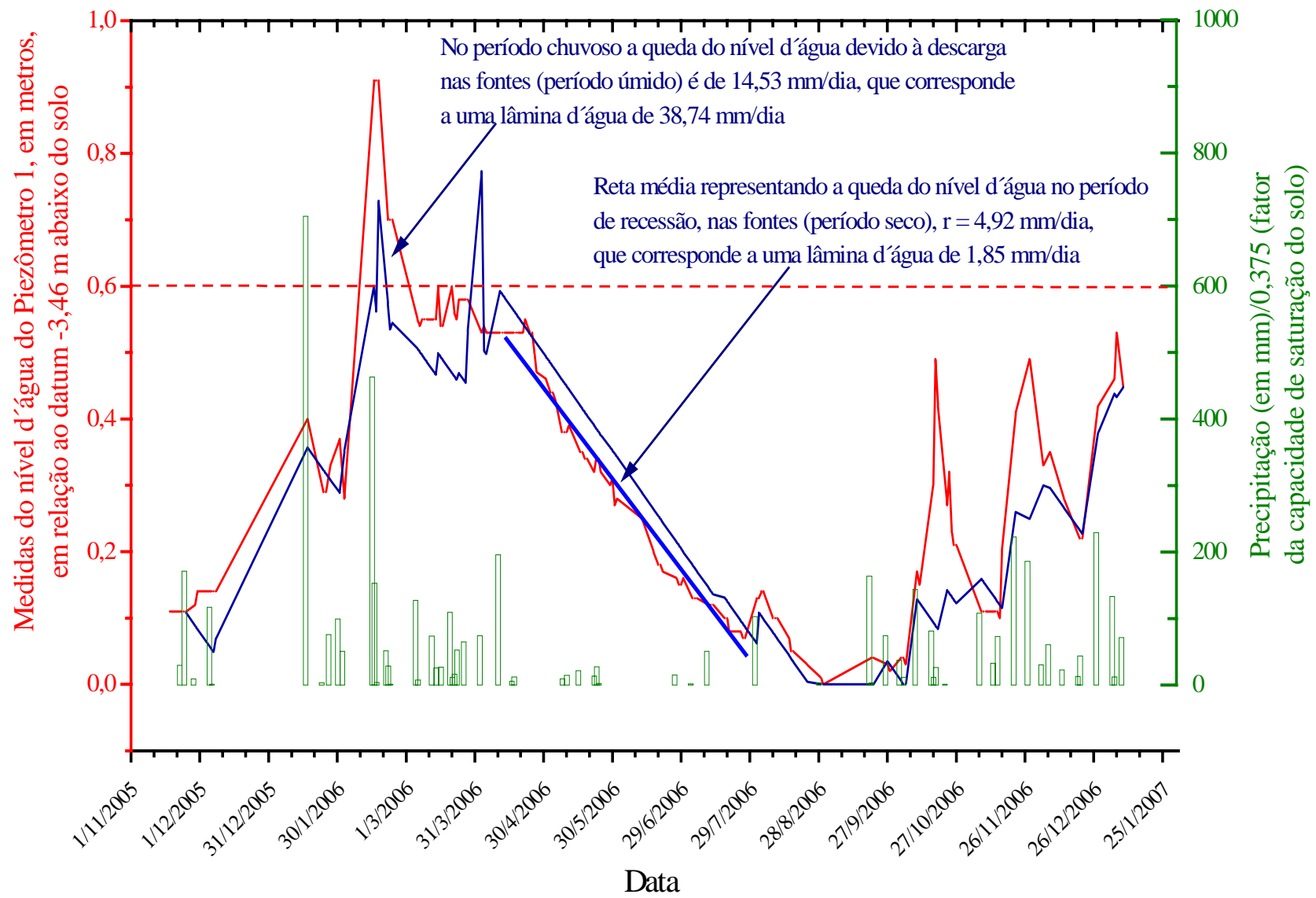
## CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Os métodos utilizados e os resultados obtidos permitiram calcular a descarga de água do aquífero freático nas fontes, sendo de 14,53 mm/dia nos períodos chuvosos e de 1,85 mm, nos demais períodos do ano.

Em relação aos piezômetros 1, 2, 3, e 4, o nível d'água não desceu abaixo de -3,46 m, considerando este datum, quando o aquífero freático possui carga hidráulica acima de 0,6 m haverá descarga de 14,53 mm/dia e, quando a carga hidráulica for inferior a 0,6 m, a descarga nas fontes será de 1,85 mm/dia.

A interpretação dos testes de vazão realizados nos poços de extração/recarga e auxiliar mostram que, no local, o aquífero da Formação Tremembé, é do tipo confinado, com Transmissividade média em torno de 8 m<sup>2</sup>/h e Coeficiente de Armazenamento de 0,0002.

O rebaixamento obtido, de 29,3 m para uma vazão de 120 m<sup>3</sup>/h, mostra um aquífero com alta produtividade e, na região de Taubaté, não é conhecido algum outro poço que possa fornecer tal vazão para um rebaixamento relativamente pequeno, o que mostra a importância desta pesquisa no conhecimento hidrogeológico da região, o que favorecerá o melhor uso dos recursos hídricos subterrâneos.



## CARACTERIZAÇÃO HIDROCLIMÁTICA

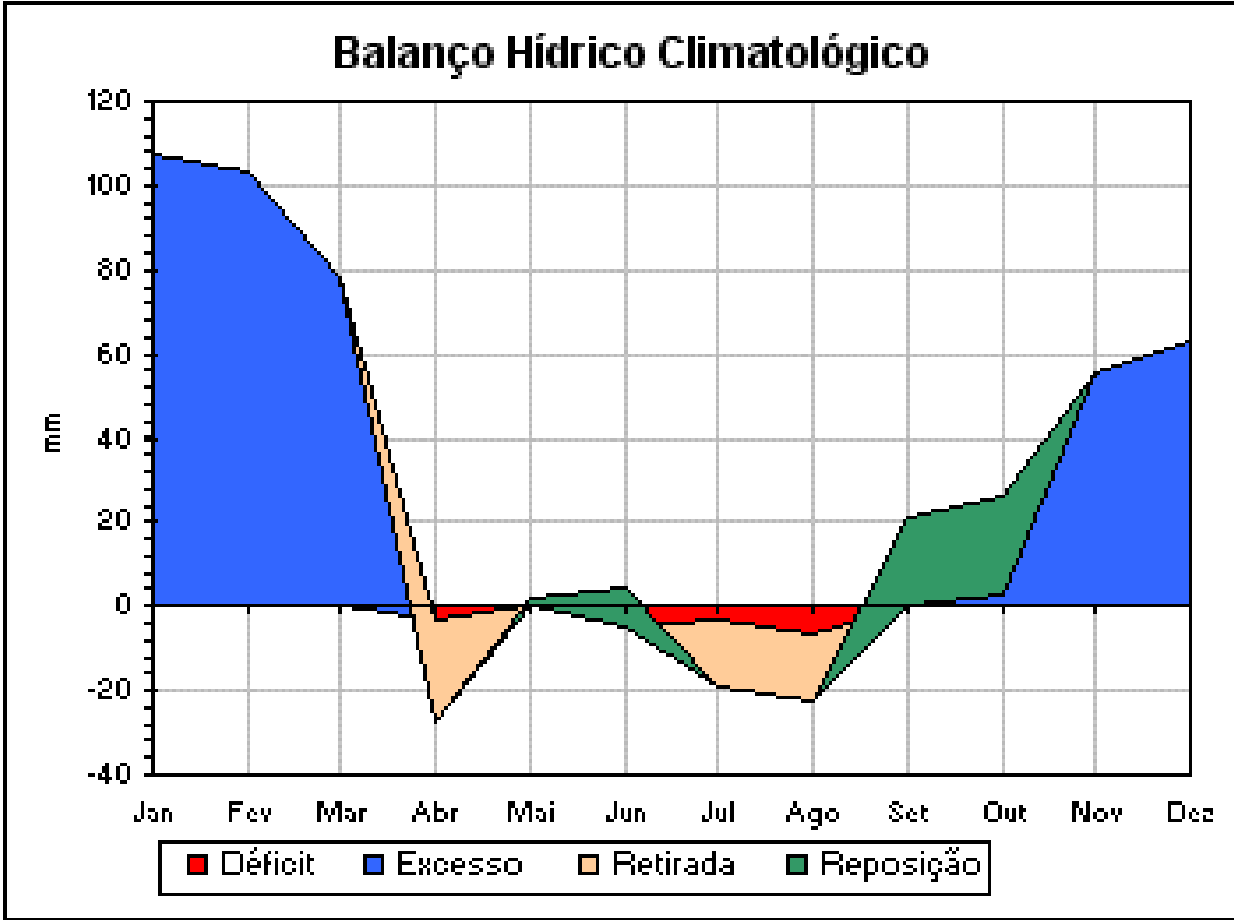
A bacia hidrográfica representa um sistema fechado nas condições climáticas do sudeste brasileiro.

As entradas de água advém das precipitações.

As saídas d'água do sistema são devidas à evapotranspiração e descarga nas fontes que abastecem o fluxo de base do rio principal.

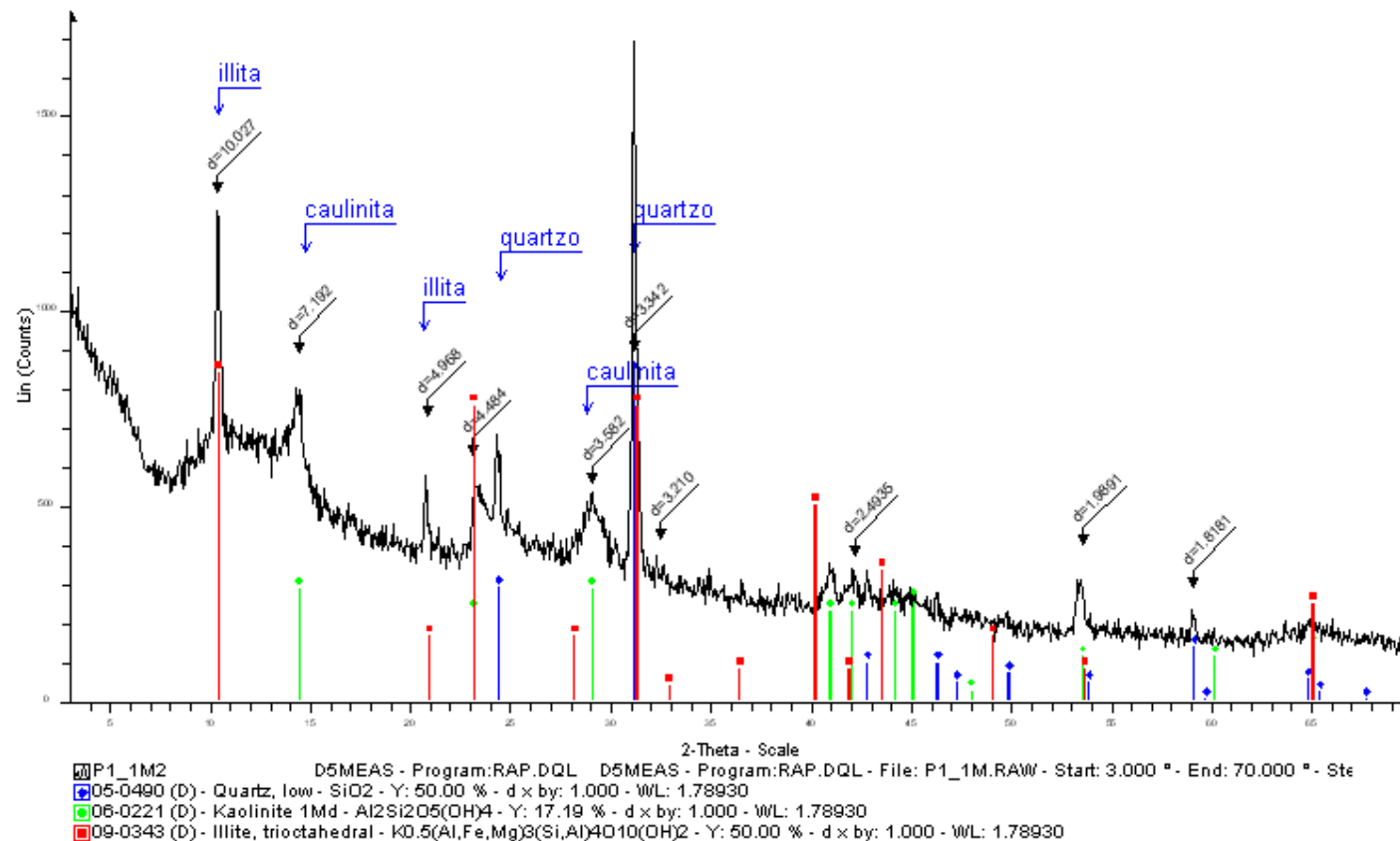
Como o aquífero freático está saturado e em equilíbrio com as águas superficiais, já que normalmente há excedente hídrico, não devem ocorrer mudanças de armazenamento para uma série histórica de medidas multianual, podendo ocorrer pequenas mudanças somente durante o ano hidrológico, em relação aos períodos de máxima e mínima pluviosidade.

A deficiência hídrica ocorre nos meses de abril, junho e julho (em média de 17,7 mm/ano).



# CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA E GEOLÓGICO/GEOTÉCNICA

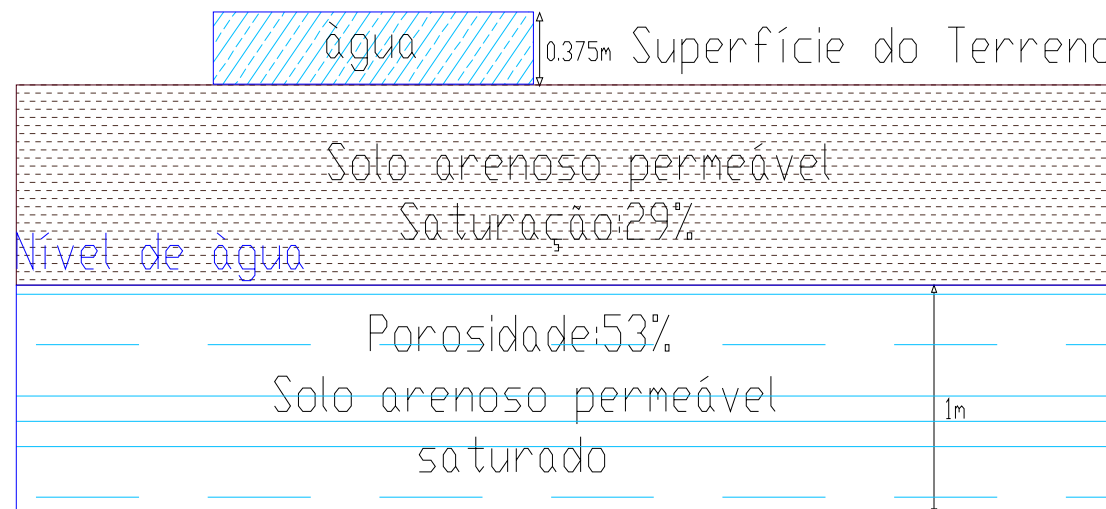
Na área de pesquisa ocorrem latossolos vermelho-amarelos (conhecidos como variação Una), constituídos principalmente pelos argilo-minerais caulinita e illita, e grãos de quartzo.



A espessura deste solo, no local, desenvolvido sobre sedimentos terciários da Formação Tremembé, varia entre 10 e 20 m, com as menores espessuras no talvegue e planícies de inundação do ribeirão Itaim e rio Una e, as maiores, nos topos das colinas tabulares.

Os ensaios geotécnicos realizados no laboratório de solos do Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU, no laboratório de solos da Alphageos e de sedimentologia do Instituto Geológico do Estado de São Paulo, nas amostras coletadas mostraram que este solo possui porosidade em torno de 53%, e umidade natural de aproximadamente 30%.

Com estes parâmetros, a cada 0,375 m de infiltração de água no solo, há um metro na correspondente elevação da coluna de água do aquífero freático.



## QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Análise físico-química realizada com amostra de água subterrânea coletada no Poço de Extração, no dia 19/10/2006.

PARÂMETROS	UNIDADE	Limite de detecção	Limite Portaria 518/2004	Poço Extração – Prof. 87 m
<b>Características físicas</b>				
Potencial Redox (Eh)	°C	-	-	+318
pH	pH	-	6,0 a 9,5	7,94
Sólidos Totais Dissolvidos	mg/L	1	1000	131
<b>Compostos</b>				
Dureza Total	mg/L	-	500	50,5
Sílica	mg/L	-	-	5,2
<b>Metais</b>				
Bário	mg/L	0,05	0,7	0,42
Chumbo	mg/L	0,005	0,01	<0,005
Ferro	mg/L	0,05	0,3	1,96
Manganês	mg/L	0,05	0,1	0,12
<b>Ametais</b>				
Fluoreto	mg/L	-	1,5	<1
<b>Cátions principais</b>				
Cálcio	mg/L	-	-	17,21
Potássio	mg/L	-	-	2,17
Magnésio	mg/L	-	-	1,83
Sódio	mg/L	0,05	200	51,75
<b>Ânions principais</b>				
Alcalinidade em bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	120	9,3
Alcalinidade em carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>	-	-	37,1
Cloreto	mg/L	1	250	0,76
Nitrato	mg/L	0,05	10	2,94
Sulfato	mg/L	2	250	2,55

Resultados das análises químicas e bacteriológicas realizadas pela SABESP, de São José dos Campos, em amostras coletadas em 26/04/2006.

Parâmetros	Unidades	Limite de Detecção	Limite Portaria 518/2004	Piezômetros=profundidades (m)				
				P1=4,0	P2=6,0	P3=5,4	P4=4,5	P5=9,4
Alumínio	mg/L	0,02	0,2	0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,11
Amônia	mg/L	0,02	1,5	0,12	0,12	0,09	0,15	0,13
Antimonio	mg/L	0,003	0,005	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Arsênico	mg/L	0,005	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Bário	mg/L	0,05	0,7	0,65	0,38	0,68	1,21	0,2
Cádmio	mg/L	0,001	0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Cianeto	mg/L	0,03	0,07	<0,03	<0,03	<0,03	0,03	<0,03
Chumbo	mg/L	0,005	0,01	0,274	0,116	0,222	0,745	0,076
Cloreto	mg/L	1	250	23,01	<1	11,88	<1	<1
Cobre	mg/L	0,05	2	0,06	<0,05	0,07	0,18	0,22
Cond. Especifica	µS/cm	0,1		109,9	24,2	51,5	16	15,5
Cor Aparente	UC	5	15	3000	1250	1750	5000	500
Cromo Total	mg/L	0,005	0,05	0,053	0,027	0,059	0,15	0,031
Escherichia Coli	NMP/100ml	1	0	<1	<1	<1	25	<1
Ferro	mg/L	0,05	0,3	105,56	42,78	103	211,6	25,18
Fluoreto	mg/L	0,2	1,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Manganês	mg/L	0,05	0,1	2,46	1,24	2,24	7,64	0,83
Merúrio	mg/L	0,0002	0,001	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Monocloramina	mg/L	0,06	3	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06
Nitrato	mg/L	0,05	10	0,92	1,2	1,22	0,6	0,7
Nitrito	mg/L	0,01	1	0,02	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
pH	pH			4,9	5,3	5,1	5,4	5,7
Selênio	mg/L	0,005	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Sódio	mg/L	0,05	200	4,75	2,06	1,5	1,25	0,64
Sulfato	mg/L	2	250	6,4	3,15	2,21	26,58	2,22
Sulfeto	mg/L	0,03	0,05	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Surfactantes	mg/L	0,03	0,5	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Turbidez	NTU	0,1	5	1840	780	1280	4010	318
Zinco	mg/L	0,05	5	0,175	0,162	0,269	0,42	0,272
Solidos Totais Dis.	mg/L	1	1000	56	11	24	7	7
Temp.da Amostra	°C			24	24	24	24	24

## CONCLUSÕES

A recarga artificial com águas provenientes das chuvas é factível, e poderá ser implementada após o Departamento de Ciências Agrárias da UNITAU cadastrar o poço de extração/recarga no DAAE e receber a outorga do uso da água para irrigação. Isto possibilitará a solicitação do uso do poço também para recarga artificial de forma a atender ao disposto na legislação vigente no Estado de São Paulo.

Artigo no 43 do Decreto no 32.955 de 7/2/1991, estabelece que:

*“A recarga artificial dependerá de autorização do DAAE, condicionada à realização de estudos que comprovem a sua conveniência técnica, econômica e sanitária e a preservação da qualidade das águas subterrâneas”.*



**SECRETARIA DO  
MEIO AMBIENTE**



**GOVERNO DO ESTADO DE  
SÃO PAULO**  
TRABALHANDO POR VOCÊ