

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Instituto de Geociências e Ciências Exatas

*Campus* de Rio Claro

**AVALIAÇÃO HIDROGEOLÓGICA EM ÁREA DE  
ASSENTAMENTO**

**Andréa Segura Franzini**

Orientador: Prof. Dr. Chang Hung Kiang

Co-orientador: Dr. Flávio de Paula e Silva

Dissertação de Mestrado elaborada junto  
ao Programa de Pós-Graduação em  
Geociências e Meio Ambiente – Área  
de concentração em Recursos Hídricos  
e Energéticos para obtenção do título  
de Mestre em Geociências e Meio  
Ambiente

**Rio Claro (SP)**

**2010**

551.49 Franzini, Andréa Segura  
F837a Avaliação hidrogeológica em área de assentamento /  
Andréa Segura Franzini. - Rio Claro : [s.n.], 2010  
97 f. : il., figs., gráfs., tabs., fots.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Orientador: Chang Hung Kiang  
Co-Orientador: Flávio de Paula e Silva

1. Águas subterrâneas. 2. Hidrogeologia. 3. Sistema  
Aquífero Bauru. 4. Interpretação perfis geofísicos. I. Título.

**Comissão Examinadora**

Prof. Dr. Chang Hung Kiang  
(orientador)

Dra. Maria Antonieta Alcântara Mourão

Dr. Didier Gastmans

Andréa Segura Franzini  
(aluna)

Rio Claro, 03 de maio de 2010.

Resultado: Aprovada

Dedico este trabalho  
À minha filha *Júlia* e  
Aos meus pais pela ajuda e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Dr. Chang Hung Kiang pela orientação e pelo constante incentivo em todas as etapas desse trabalho.

À Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais pela disponibilização das informações e viabilização do projeto.

À Prof. Dra. Maria Rita Caetano Chang pela revisão e sugestões.

A todos os amigos da CPRM pelo convívio, incentivos, auxílios em campo, discussões e todo o apoio operacional, em especial, ao Marco Aurélio, Vilmário e Takahashi pela amizade e empenho em viabilizar a realização desse trabalho.

Ao Felipe, meu namorado, que me auxiliou nas etapas de campo, pelo apoio, incentivo e por ser sempre uma ótima companhia de viagem.

Aos amigos do LEBAC, em especial, à Silvia, Márcia, Flávio e Didier pelas discussões, incentivo e sugestões.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram na realização desse trabalho, citar nomes, talvez, tornaria esse agradecimento maior que a própria dissertação, mas aos amigos antigos e aos que conquistei por meio da realização de mais uma etapa de minha vida, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 – Contextualização do Problema.....	2
1.2 – Localização da Área.....	2
1.3 – Objetivos .....	6
2. MÉTODOS E EMBASAMENTOS TEÓRICOS .....	7
2.1 – Instalação de poços de abastecimento.....	9
2.2 – Perfilagem Geofísica.....	10
2.2.1 – Perfil de Resistividade .....	11
2.2.2 – Perfil Potencial Espontâneo (SP).....	12
2.2.3 – Perfil de Raios Gama .....	14
2.2.4 – Perfil Sônico.....	16
2.2.5 – Interpretação dos Perfis Geofísicos.....	17
2.3 – Testes de Bombeamento .....	19
2.3.1 – Métodos de Interpretação do Teste de Bombeamento .....	20
2.4 – Parâmetros Diretos de Avaliação Hidrodinâmica.....	22
2.4.1 – Porosidade Específica .....	22
2.4.2 – Condutividade Hidráulica .....	22
2.4.3 – Transmissividade.....	22
2.4.4 – Capacidade Específica .....	23
2.4.5 – Vazão de Produção.....	23
2.5 – Amostragem de Água Subterrânea.....	23
2.6 – Amostragem de Águas Superficiais.....	25
2.7 – Nivelamento dos Poços.....	28
3. UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	31
3.1 – A UGRHI Pontal do Paranapanema.....	33
3.2 – Relevo da UGRHI-PP .....	36
3.3 – Solo .....	36
3.4 – Clima e hidrometeorologia .....	37
3.5 – Águas Superficiais .....	38
3.6 – Águas Subterrâneas.....	39
4. GEOLOGIA REGIONAL.....	41
4.1 – Formações Caiuá e Pirapozinho.....	48

4.2 – Formação Santo Anastácio.....	50
4.3 – Aspectos Estruturais.....	51
5. HIDROGEOLOGIA E HIDROGEOQUIMICA DO AQUÍFERO BAURU.....	54
5.1 – Comportamento Hidráulico Regional .....	55
5.2 – Qualidade da Água.....	56
6. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL .....	58
6.1 – Poços Tubulares .....	58
6.2 – Direção de Fluxo .....	61
6.3 – Testes de Bombeamento .....	63
6.4 – Litoestratigrafia da Área .....	64
6.5 – Mapa de Isólitias de Arenitos.....	73
6.6 – Porosidade .....	76
6.7 – Corpos de Águas Superficiais .....	77
6.8 – Qualidade das Águas Superficiais.....	83
6.9 – Qualidade das Águas Subterrâneas .....	84
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	91
7.1 – Recomendações.....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXO I - Planilhas dos Testes de Bombeamento.....	98
ANEXO II - Resultados das Análises de Águas Subterrâneas e Superficiais.....	99

## TABELAS

TABELA 1 – Valores API para algumas rochas .....	15
TABELA 2 – Velocidade das ondas sonoras em diversos materiais .....	16
TABELA 3 – Subdivisões hidrográficas da UGRHI- PP .....	39
TABELA 4 – Características hidrológicas da UGRHI-PP e adjacentes .....	40
TABELA 5 – Informações dos poços instalados .....	58
TABELA 6 – Parâmetros obtidos nos testes de bombeamento .....	63
TABELA 7 – Resumo das informações das isólitais de areias .....	73
TABELA 8 – Principais parâmetros das águas superficiais .....	84
TABELA 9 – Principais parâmetros das águas subterrâneas .....	85
TABELA 10 – Concentração dos elementos maiores (meq/L) .....	90



## FIGURAS

Figura 1 – Localização da área.....	4
Figura 2 – Planta do assentamento Margarida Alves .....	5
Figura 3 – Fluxograma das etapas desenvolvidas no estudo.....	8
Figura 4 - Detalhes das caixas de amostras (A), e da execução da sondagem (B).....	10
Figura 5 - Esquema da distribuição das correntes elétricas nas rochas (Adaptado de Schlumberger, 1972 <i>apud</i> PAULA E SILVA, 2003).....	14
Figura 6 – Esquema da sonda de perfil sônico (extraído de PAULA E SILVA, 2003).....	17
Figura 7 - Padrões de comportamento das curvas de RG e SP, conforme variação do teor de argila (extraído de PAULA E SILVA, 2008).....	18
Figura 8– Medição do nível d’água e vazão durante os testes de bombeamento.....	20
Figura 9 – Coleta das amostras de água .....	24
Figura 10 – Coleta de água superficial, medições de largura e profundidade dos corpos de água superficiais .....	26
Figura 11 – Pontos de coleta da amostra de águas .....	27
Figura 12 – Nivelamento dos poços com o uso do DGPS .....	28
Figura 14 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 do Estado de São Paulo (DAEE).....	34
Figura 15 – Gráfico acumulado mensal de chuva – Estação D9-006 (DAEE) .....	38
Figura 16 – Ocorrência das unidades da Bacia Bauru (extraído de Paula e Silva, 2003) .....	42
Figura 17 – Grupo Bauru no Estado de São Paulo – Adaptado de Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de São Paulo – CPRM - SIG 2006.....	43
Figura 18 – Divisão estratigráfica proposta por Soares <i>et al.</i> (1980).....	45
Figura 19 – Relações estratigráficas proposta por Fernandes (1998).....	46
Figura 20 – Relações entre as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru nos diferentes compartimentos do Estado de São Paulo proposta por Paula e Silva (2003).....	48
Figura 21 – Seção estratigráfica entre Presidente Bernardes e Presidente Prudente (extraído de PAULA E SILVA, 2003). .....	51
Figura 22 – Mapa de contorno estrutural do embasamento basáltico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo (extraído de PAULA E SILVA, 2003). .....	53
Figura 23 – Ocorrência do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo – Simplificado de Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE, 2005). .....	55
Figura 24 – Perfil construtivo dos poços instalados.....	60

Figura 25 – Mapa potenciométrico do sistema aquífero Santo Anastácio - Caiuá.....	62
Figura 26 – Gráfico de resistividade induzida <i>versus</i> raios gama – Poço 5 .....	65
Figura 27 – Separação faciológica por meio da interpretação de perfis de raios gama .....	66
Figura 28 – Interpretação qualitativa dos perfis de raios gama e resistividade induzida nos poços 3,4,5.....	68
Figura 29 – Indicações das seções A-B e C-D .....	70
Figura 30 – Seção A-B – perfis de raios gama .....	71
Figura 31 – Seção C-D – perfis de raios gama .....	72
Figura 32 – Mapas de isólicas de areias .....	75
Figura 33 – Aspectos dos córregos na área do assentamento Margarida Alves.....	78
Figura 34 – Seção do ponto-01, montante do ribeirão Nhancá .....	79
Figura 35 – Ponto de deságüe do córrego Ravenágora no ribeirão Nhancá (Fonte: <i>Google Earth</i> ).....	80
Figura 36 – Seção batimétrica realizada no ponto-02, jusante do córrego Ravenágora.....	81
Figura 37 – Medição das profundidades dos leitos dos corpos de águas superficiais.....	82
Figura 38 – Perfil batimétrico do ponto-3 de coleta.....	83
Figura 39 – Diagrama Piper para as amostras de água coletadas.....	86
Figura 40 – Distribuição dos tipos de águas existentes na área.....	88

## **RESUMO**

A interpretação de perfis geofísicos e dados de poços constituiu importante ferramenta para o entendimento do arcabouço hidrogeológico da área do assentamento Margarida Alves, região oeste do Estado de São Paulo. Foram reconhecidas as formações Santo Anastácio e Caiuá, separadas por superfície de discordância regional evidenciada nos perfis geofísicos. As referidas formações constituem unidades aquíferas homônimas que representam o Sistema Aquífero Bauru, caracterizado na área como livre e multi-camadas. Essas unidades litoestratigráficas são constituídas por intercalações de camadas arenosas interdigitadas a camadas areno-siltosas e silto-arenosas, compondo corpos lenticulares de espessuras métrica a decamétrica de pequenas extensões laterais. Esses corpos estão arranjados em padrão de *fining upward*, sugerindo um ambiente deposicional fluvial. O fluxo regional é em direção SW e tem o ribeirão Nhancá como área de descarga. Na porção ocidental da área, foi identificado um aquífero freático suspenso com águas pouco mineralizadas e baixos teores de sólidos totais dissolvidos. As águas do Sistema Aquífero Bauru apresentam constituição química distintas. No Aquífero Santo Anastácio foram classificadas como bicarbonatadas magnesianas e no Aquífero Caiuá classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

Palavras Chave: Águas Subterrâneas, Sistema Aquífero Bauru, Interpretação de Perfis Geofísicos, Avaliação Hidrogeológica.

### **ABSTRACT**

Geophysical logs and water well data constitute important tool for understanding the hydrogeologic framework of the Margarida Alves settlement, located in western Sao Paulo State. Two lithostratigraphic formations - Santo Anastácio and Caiuá - were recognized and they are separated by an unconformity surface. These formations are water-bearing units of the multi-layered Bauru Aquifer System (SAB). These lithostratigraphic units are composed of sandy layers intercalated with sandy-silty and silty-sand layers, forming lenticular bodies of metric to decametric thickness with small lateral continuity. These bodies, as evidenced in well logs, are arranged in fining upward pattern, typical of fluvial depositional environment. The regional flow is directed SW and it discharge in the ribeirão Nhancá. In the western portion of the area a perched aquifer has been identified, bearing waters with low levels of total dissolved solids. Two distinct type of groundwater have been identified in the SAB, the Santo Anastácio aquifer is classified as bicarbonated-magnesian water and that of Caiuá Aquifer as bicarbonated-calcium rich waters.

Key Words: Groundwater, Bauru Aquifer System, Geophysical logs, hydrogeological assessment.

## **1. INTRODUÇÃO**

O abastecimento público e privado de água subterrânea no Estado de São Paulo é usual, especialmente nas regiões centro e oeste, e representa cada vez mais a melhor forma de se obter água de boa qualidade.

Aproximadamente 66% do Estado de São Paulo encontram-se sobre a bacia do Paraná e conseqüentemente sobre três dos principais sistemas aquíferos do país: Bauru, Serra Geral e Guarani. Esses sistemas disponibilizam água subterrânea de boa qualidade e abundante frente aos recursos hídricos superficiais, cada vez mais impactados por ações antrópicas.

A disponibilidade de água de boa qualidade constitui importante fator para o desenvolvimento da agricultura e pecuária e para a fixação do homem no campo nesse sentido, o abastecimento por meio de poços tubulares representa uma solução simples e barata para pequenas propriedades rurais.

Ocorre na região oeste do estado de São Paulo, uso e ocupação do solo para agricultura e pecuária de modo desordenado acarretando o desmatamento da região e a perda da qualidade dos recursos hídricos superficiais, com a aceleração do assoreamento dos leitos e degradação das margens. Atualmente, a falta de planejamento e proteção ameaça a qualidade e a disponibilidade também da água subterrânea.

O objetivo principal desse estudo é a caracterização hidrogeológica na área do assentamento Margarida Alves, no município de Mirante do Paranapanema, extremo oeste do Estado de São Paulo, que tem como principal manancial o Sistema Aquífero Bauru, SAB.

## **1.1 – Contextualização do Problema**

Um assentamento é um empreendimento do governo federal, onde uma propriedade rural é desapropriada e dividida em lotes concedidos a diversas famílias de trabalhadores rurais. Cada família passa a ter autonomia para utilizar seu lote como convém, porém a propriedade pertence ao Estado.

A implantação do empreendimento passa pela criação de um plano de uso e ocupação que vai além da partilha, como delimitações de reservas de proteção, de recuperação de matas ciliares, de criação de áreas para geração de renda coletiva, como áreas para piscicultura, viveiros de mudas, incentivo ao turismo rural e ou de aventura, quando existem esses potenciais.

Na implantação do projeto de um assentamento o Governo fornece infra-estrutura básica de estradas, rede de energia elétrica e água. O fornecimento de água frequentemente é por meio de poços tubulares comunitários, que representam uma solução prática, barata e segura de fornecer água de boa qualidade. A quantidade de poços é dimensionada de acordo com a capacidade de produção do aquífero e do número de pessoas que serão atendidas.

Os poços instalados nessas comunidades têm o propósito de fornecer água primeiramente para uso doméstico, porém a demanda ou mesmo a falta de consenso coletivo por parte das comunidades acarretam em construção de cacimbas e poços tubulares particulares.

A falta de um planejamento coletivo para uso do solo, instalação dos sistemas de saneamento básico, culturas cultivadas, uso de defensivos agrícolas, construção de poços irregulares e super-exploração representa risco de impactos às águas subterrâneas.

No assentamento Margarida Alves há 92 famílias e foram instalados 5 poços para abastecê-las.

## **1.2 – Localização da Área**

A área de estudo está situada no distrito de Cuiabá Paulista, distante 630 Km da capital. É um distrito do município de Mirante do Paranapanema no oeste do Estado de São Paulo.

Cuiabá Paulista possui aproximadamente 3000 habitantes e as principais atividades são pecuária, agricultura de feijão, algodão, milho e cana-de-açúcar.

A Figura 1 mostra a localização do município de Mirante do Paranapanema no contexto da UGRHI-22, no Estado de São Paulo.

O assentamento Margarida Alves possui uma área de 1203 hectares distribuídos em 91 lotes e começou a ser implantado em meados de 2007. É um empreendimento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, INCRA, no distrito de Cuiabá Paulista, município de Mirante do Paranapanema, região oeste do Estado de São Paulo, e faz parte do Programa de Reforma Agrária do Governo Federal.

Além das atividades agropecuárias praticadas em cada lote, o projeto do INCRA visa aproveitar os recursos hídricos superficiais para implantar atrações voltadas ao desenvolvimento do turismo rural, parque turístico, pesqueiro e piscicultura e uso dos recursos hídricos subterrâneos para abastecimento da população, irrigação e dessedentação de animais.

A Figura 2 apresenta a planta do assentamento Margarida Alves delimitada a norte, pela estrada municipal, a sudoeste, pelo Ribeirão Nhancá, e a sudeste, pela fazenda Ademir Alamino Lacalle. Apresenta também os pontos de coleta de água subterrânea e superficial; as áreas de proteção permanente, APP, que compreendem as faixas de mata ciliar que necessitam ser reconstruídas. Cada lote também tem uma área de reserva a ser reconstruída.

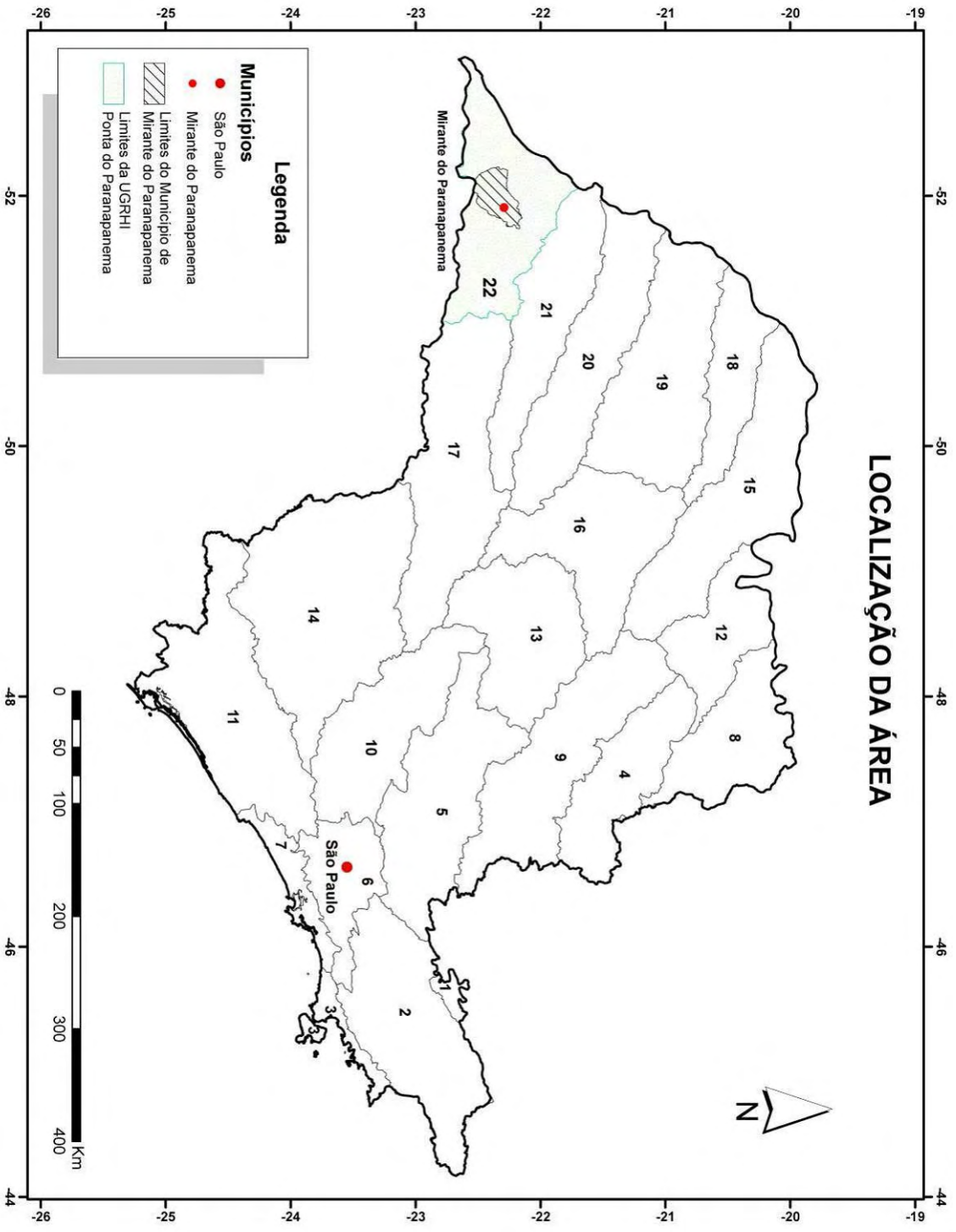


Figura 1 – Localização da área



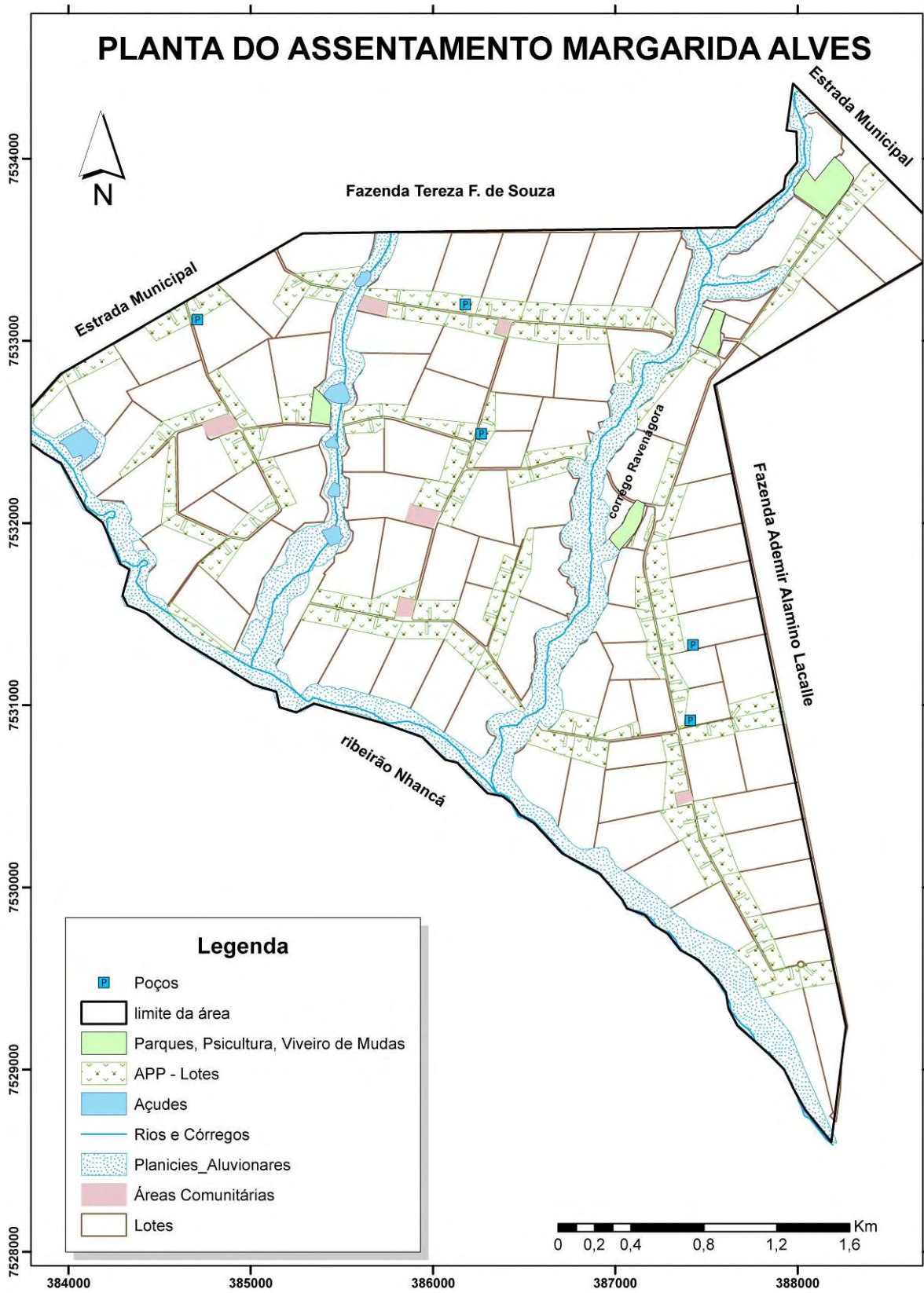


Figura 2 – Planta do assentamento Margarida Alves

### **1.3 – Objetivos**

O objetivo principal desse estudo é a caracterização hidrogeológica na área do assentamento Margarida Alves, no município de Mirante do Paranapanema, extremo oeste do Estado de São Paulo, que tem como principal manancial o Sistema Aquífero Bauru, SAB.

A definição do arcabouço hidrogeológico envolve a aplicação de conceitos estratigráficos, de modo a estabelecer-se as unidades hidroestratigráficas por meio de mapeamento de subsuperfície utilizando informações de testemunhos, perfis geofísicos, amostras de calha e dados de perfuração, testes de laboratório em amostras de testemunhos dos aquíferos, testes de bombeamento *in situ* dos aquíferos para determinação de suas características hidrodinâmicas e pesquisa sobre os efeitos modificadores derivados dos processos diagenéticos e tectônicos nas propriedades dos aquíferos, ao longo de sua história evolutiva (PAULA E SILVA, 2003).

A oferta de água de boa qualidade é um fator importante para fixação e desenvolvimento sócio-econômico de uma comunidade, em especial as agrícolas. Para tanto é fundamental a caracterização desse recurso, o entendimento de suas limitações e a conscientização da necessidade de sua preservação e para tal, faz-se necessário:

- Analisar a qualidade e a hidroquímica das águas subterrâneas e superficiais;
- Determinar as características hidráulicas das unidades aquíferas presentes na área;
- Elaborar o modelo hidrogeológico conceitual e estabelecer a interação entre água subterrânea e superficial.

## **2. MÉTODOS E EMBASAMENTOS TEÓRICOS**

As etapas do estudo consistiram em levantamentos das informações existentes, síntese dos conhecimentos, tomadas de dados em campo e interpretação das informações obtidas por métodos diretos e indiretos.

A Figura 3 apresenta um fluxograma com a evolução do estudo.

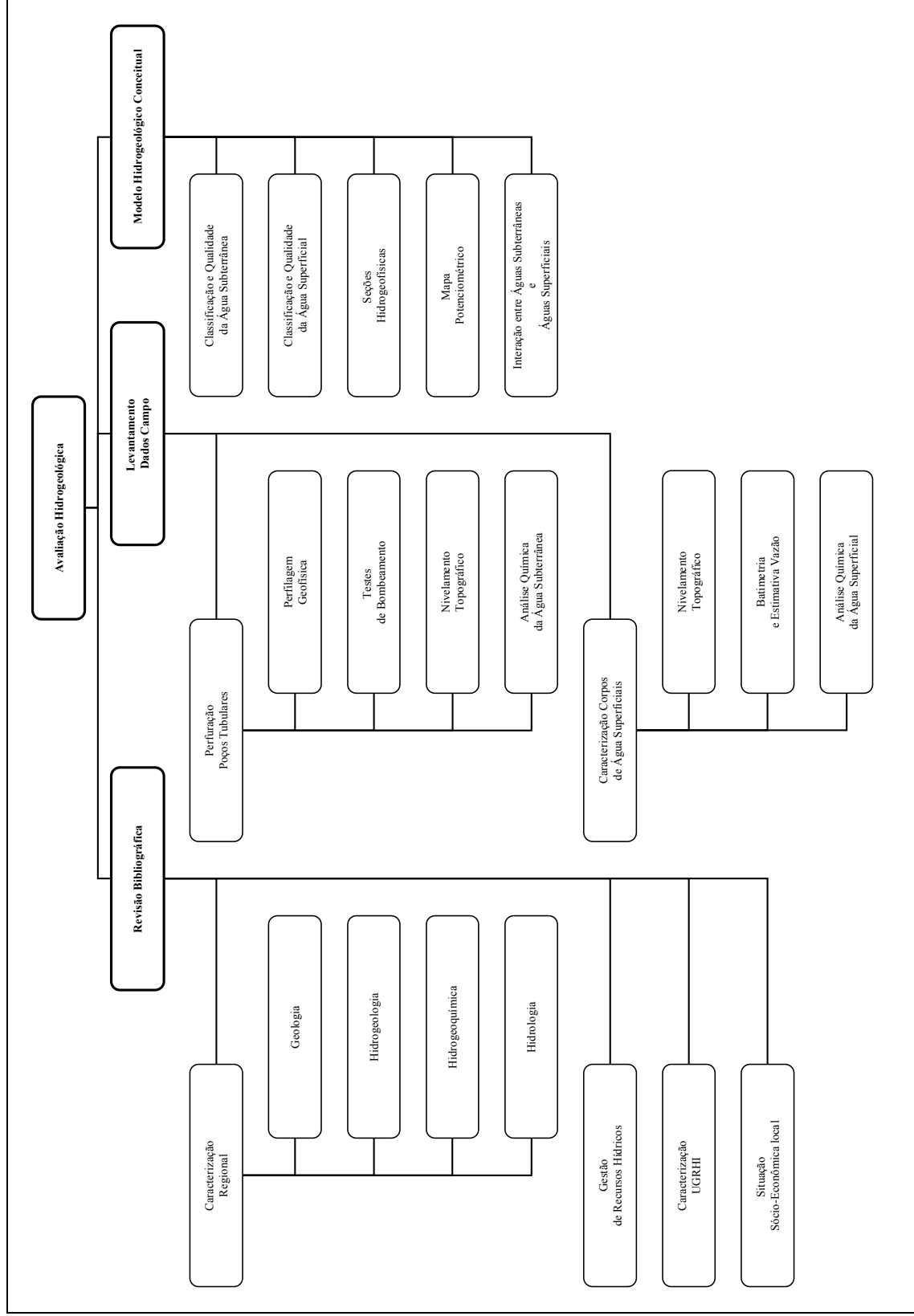


Figura 3 – Fluxograma das etapas desenvolvidas no estudo

## **2.1 – Instalação de poços de abastecimento**

Foram construídos cinco poços tubulares com sondas rotativas, comuns em execução de sondagens em solos e rochas sedimentares, que permitiram a coleta de amostras de calha a cada metro. A Figura 4 mostra fotos da caixa de amostras e da execução da sondagem na “boca do poço”.

Os poços foram construídos em conformidade com as normas técnicas ABNT 12212 e 12244, que estabelecem os requisitos e procedimentos técnicos para a construção de poços tubulares para captação de água subterrânea. Após a conclusão da instalação e desenvolvimento do poço, foram construídas lajes de proteção sanitária e realizado procedimento de cloração da água para assepsia.

A sonda rotativa com broca de perfuração tricônica e circulação direta de fluido funciona com um motor que rotaciona a haste, imprimindo-lhe força, ao passo que uma bomba injeta um fluido em seu interior pela parte superior. Esse fluido sai por orifícios na broca, minimizando seu aquecimento e abrasão e, ao retornar a superfície, por fora da haste, carrega o material da formação desagregado pela broca.

O fluido de perfuração ou lama utilizado consiste em um preparado de água e polímeros orgânicos - carboximetilcelulose, CMC - e sua viscosidade é controlada de modo a permitir que tenha competência para trazer o material da formação para superfície.

Os revestimentos dos poços são de PVC geomecânico de 4 ½ polegadas e o espaço anelar entre o revestimento e as paredes do furo foi preenchido com areia de pré-filtro.

Ao término da execução da perfuração, e antes da instalação do revestimento dos poços executou-se a perfilagem geofísica.



**Figura 4 - Detalhes das caixas de amostras (A), e da execução da sondagem (B)**

## 2.2 – Perfilagem Geofísica

Os perfis geofísicos levantados foram: Potencial Espontâneo, Resistividade Normal, Resistividade Induzida, Raios Gama API e Sônico Compensado. Esses registram as propriedades elétricas, eletromagnéticas, radioativas e acústicas das rochas, a partir das quais são inferidas propriedades petrofísicas como porosidade, permeabilidade, salinidade das águas intersticiais, proporções argila-areia.

O perfil é uma representação gráfica de uma propriedade física do meio pela profundidade do furo. Para cada propriedade que se queira verificar há um sensor específico que é inserido dentro do furo e içado por um cabo e um guincho.

Existem dois tipos de ferramentas de perfilagem: as que foram desenvolvidas objetivando investigações voltadas à mineração e aquelas para investigações na exploração de

petróleo. Esse último conjunto de ferramentas é o mais adequado aos objetivos de pesquisa hidrogeológica, com sensores mais sensíveis e que melhor atenuam os efeitos e distorções causadas pela perfuração do poço, sendo hoje as mais utilizadas.

Os perfis potencial espontâneo, resistividade normal, resistividade induzida, raios gama API e sônico compensado foram realizados pela empresa **Hydrolog** e calibrados de acordo com o padrão API (*American Petroleum Institute*).

Para a interpretação, os gráficos foram ajustados em diferentes escalas com o auxílio do programa Microsoft Office Excel 2003.

### 2.2.1 – Perfil de Resistividade

Resistividade elétrica é a propriedade física que representa a dificuldade da passagem da corrente elétrica no meio, obedecendo à lei de Ohm:

$$r = R \frac{L}{S} \quad (1)$$

Onde:

- r – resistência elétrica (ohms)
- R – resistividade (ohm.m<sup>2</sup>/m)
- L – comprimento (m)
- S – área transversal (m<sup>2</sup>)

Conceitualmente uma rocha sedimentar é constituída por grãos, que representam a matriz, e por poros, que são os espaços entre esses grãos; assim a condutividade das rochas depende da situação de saturação dos poros, da concentração eletrolítica do fluido de saturação e da interconexão entre os poros. Quando a matriz é formada por minerais de baixa condutividade elétrica, a resistividade será em função do fluido que está preenchendo os poros; quando a matriz da rocha é argilosa, dadas as características dos argilominerais, as rochas apresentam alta condutividade elétrica (NERY in: FEITOSA, 2008. cap.6.2. p.459-506).

Na ausência de um campo elétrico externo, os íons movimentam-se aleatoriamente por agitação térmica e por colisão.

O perfil de resistividade permite inferir a salinidade da água da formação, porém duas situações podem fornecer resultados semelhantes: quando se tem água com alta salinidade em

rocha com porosidade baixa, ou porosidade alta contendo maior quantidade de água com baixo teor de sais totais dissolvidos. Para auxiliar na interpretação, os perfis de resistividade e porosidade são interpretados em conjunto.

Dois tipos de perfis de resistividade são muito utilizados em pesquisa de águas subterrâneas, a resistividade aparente e a induzida.

Na resistividade aparente, uma corrente de baixa frequência e intensidade constante é enviada para os eletrodos A e B, e outros dois eletrodos, M e N, medem o potencial gerado.

O arranjo de eletrodos mais utilizado é o arranjo normal, onde a disposição dos eletrodos é A-M-N-B, sendo que a distância entre A-M pode ter duas medidas padrões: 16 polegadas, denominada normal curta, ou 64 polegadas, normal longa.

O perfil de resistividade aparente é bastante afetado pelo fluido de perfuração e pela zona de invasão deste, uma vez que seu alcance é curto, nas proximidades da parede do furo. O perfil de resistividade induzida minimiza os “efeitos do poço” e da lama, uma vez que seu alcance é maior. Os dois perfis normalmente são executados em conjunto.

O sensor de indução é formado por duas bobinas, a primeira induz um campo eletromagnético captado pela segunda. O campo magnético primário incide no fluido produzindo uma corrente elétrica e um campo magnético secundário proporcional à condutividade da rocha. Esse campo magnético secundário é recebido pela segunda bobina.

O raio de investigação pode atingir 1,5m, conferindo boa precisão ao método.

### 2.2.2 – Perfil Potencial Espontâneo (SP)

O potencial espontâneo é a difusão natural de cargas elétricas devido à diferença eletrolítica existente entre o fluido de perfuração e a água da formação. A migração iônica ocorre da solução mais concentrada para a de menor concentração; dessa forma, o perfil fornece a capacidade de troca iônica, o que permite inferir a permeabilidade da formação.

O perfil **SP** registra a diferença de potencial elétrico entre um sensor fixo, na superfície, e outro que irá percorrer o poço. Pode ser avaliado do ponto de vista termodinâmico, considerando as cargas em difusão, ou do ponto de vista elétrico medindo a corrente elétrica e a tensão que o deslocamento das cargas ocasiona.



A principal utilização do perfil SP é na distinção entre zonas permeáveis e impermeáveis e na correlação litológica. Folhelhos atuam como membranas catiônicas, onde não há passagem de corrente. É determinado pela equação:

$$SP = -K \log\left(\frac{R_{mf}}{R_w}\right) \quad (2)$$

Onde:

- $R_{mf}$  – resistividade do filtrado (fluido de perfuração);
- $R_w$  – resistividade da água da formação;
- $K = 65 + 0,24 T$  (K pode ser modificado em função da temperatura da formação).

A resistividade da água ( $R_w$ ) é calculada conforme a proporção dos sais dissolvidos na água. Caso não se conheça a composição química da água, não será possível a utilização quantitativa do perfil.

Se a troca for da formação para o fluido de perfuração a curva do perfil terá deflexão à esquerda (positiva), caso contrário, a deflexão da curva será para a direita; em formações argilosas ou impermeáveis não ocorre deflexão, efeito conhecido como linha de base de folhelhos.

Reduções na deflexão da curva SP podem ser provocadas pela argilosidade da formação, camadas pouco espessas, bem como pelo diâmetro grande de poço ou pela invasão do filtrado na formação.

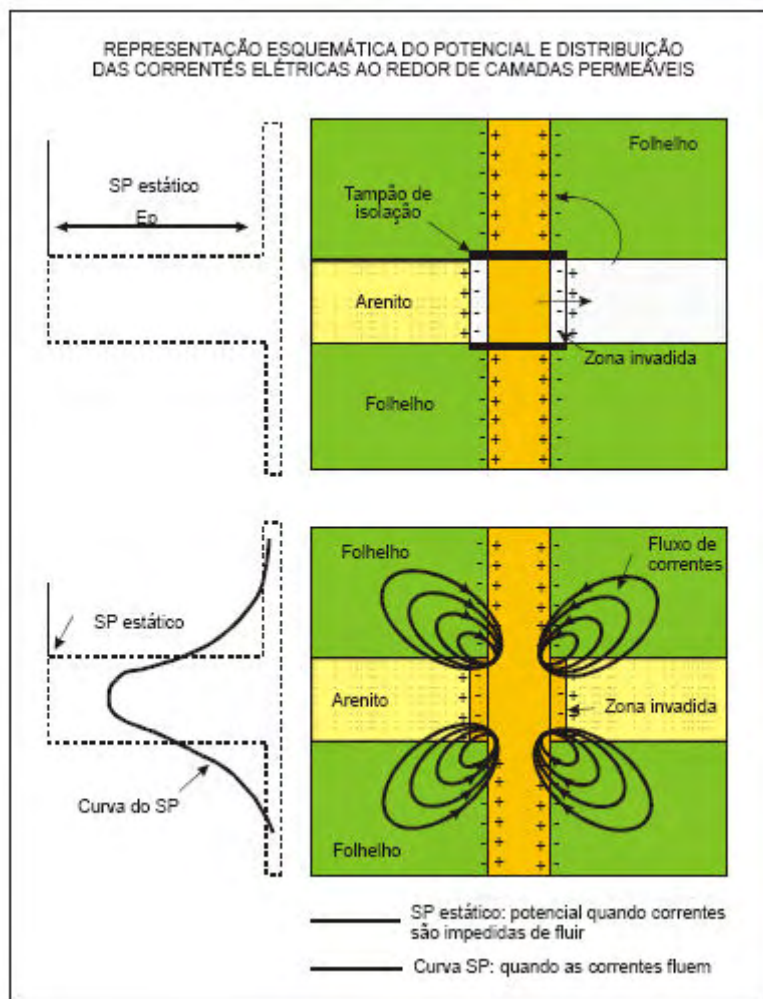


Figura 5 - Esquema da distribuição das correntes elétricas nas rochas (Adaptado de Schlumberger, 1972 *apud* PAULA E SILVA, 2003)

### 2.2.3 – Perfil de Raios Gama

O perfil de raios gama é um dos melhores indicadores de rochas sedimentares, uma vez que possibilita identificar e quantificar intervalos argilosos, auxiliando no posicionamento dos filtros do poço, pois os argilominerais diminuem a porosidade e a permeabilidade das rochas.

O método de detecção dos raios gama atualmente utilizado é a cintilometria, composto de cristais de iodeto de sódio ativado por tálio, que gera luminescência ao ser atingido por radiação. A luminescência é convertida em corrente elétrica que pode ser ampliada, o que permite fazer medições mais precisas que os sensores antigos que utilizavam o método Geiger-Müller.

Por meio da contagem por cintilometria, foi possível estabelecer um padrão para cada tipo de rocha e atualmente compõem a escala de valores API (TABELA 1).

<b>TABELA 1 – Valores API para algumas rochas</b>	
<b>Rocha</b>	<b>Valor API</b>
Carvão	0
Halita (NaCl)	0
Gipsita (CaSO <sub>4</sub> )	0
Anidrita (CaSO <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O)	0
Calcário	5-10
Dolomito	10-20
Arenito Limpo	10-30
Arenito Argiloso	30-45
Folhelho	40-140
Silvita (KCl)	~500
Fonte: Schumberger (1972)	

Os elementos urânio, tório e potássio são os três elementos radioativos mais abundantes nas rochas. Durante o processo de desintegração desses elementos, ocorre a liberação de dois tipos de energias geradas por partículas alfa e beta. As partículas alfa têm pouca competência para penetrar materiais densos e não é analisada pelo método que mede apenas a energia eletromagnética gerada por partículas beta, denominada raios gama.

Cada elemento na sua desintegração apresenta um valor de pico característico como:

- Potássio 1,46 MeV (milhões de elétron-volts);
- Tório 2,62 MeV;
- Urânio 1,76 MeV.

Os elementos radioativos naturais ocorrem originalmente nas rochas ígneas e metamórficas, que por processos intempéricos e sedimentares são acumulados nas rochas sedimentares. Os evaporitos potássicos são as rochas sedimentares que apresentam maiores valores de radioatividade, seguidos dos folhelhos e argilitos por serem estes derivados da decomposição de feldspatos e micas (ricos em potássio) e pela retenção de urânio nos argilominerais.

Arenitos, dolomitos e calcários apresentam baixa radioatividade, que pode mesmo ser nula, a depender de sua diagênese, e os evaporitos não potássicos podem ser considerados nulos na escala de radioatividade.

De modo geral, ao analisar os ambientes deposicionais, os depósitos eólicos tendem a apresentar menor valor de radioatividade frente aos depósitos de ambientes fluviais.

### 2.2.4 – Perfil Sônico

O perfil sônico é o mais utilizado em pesquisa de água subterrânea para a determinação da porosidade da rocha. A sonda consiste de um emissor e um receptor de ondas acústicas e mede-se o tempo de trânsito da onda entre eles.

Interferências podem ser ocasionadas pelo efeito de poço, descentralização ou inclinação da sonda. Assim, atualmente os sensores possuem dois emissores de ondas, um em cada extremidade da sonda, e dois ou quatro receptores intermediários. Os perfis obtidos por esse arranjo são denominados de sônico compensado.

A unidade padrão API medida é microssegundos por pés ( $\mu\text{s}/\text{pés}$ ) e a distância entre o transmissor e o receptor geralmente é de 3 pés (91,44 cm).

A TABELA 2 apresenta a compilação de diversas publicações de valores laboratoriais médios de tempos de trânsito e velocidade de matrizes e fluidos.

<b>TABELA 2 – Velocidade das ondas sonoras em diversos materiais</b>		
<b>Material</b>	<b>Tempo de Trânsito (<math>\mu\text{s}/\text{pés}</math>)</b>	<b>Velocidade (<math>\text{pés}/\text{s}</math>)</b>
Dolomita	43,5	22.988
Diabásio	44,6	22.435
Calcário	47,6	21.008
Anidrita	50	20.000
Granito	50,8	19.685
Gipsita	53,0	19.047
Arenito (quartzo)	55,5	18.018
Revestimento (aço)	57,1	17.500
Basalto	57,5	17.391
Folhelho	60,0 – 170,0*	16.666 – 5.882*
Halita	66,7	15.000
Água (100.000 ppm)	192,3	5.200
Água Pura (doce)	200,0	5.000
Petróleo	238,0	4.200
Metano	626,0	1.600
Ar	919,0	1.088

\*Grande variação na composição.

Extraído de Nery *in*: Feitosa (*org.*), 2008. cap.6.2. p.459-506

A velocidade de trânsito pode ser determinada pela equação de Wyllie:

$$\phi = \frac{\Delta t - \Delta t_m}{\Delta t_f - \Delta t_m} \quad (3)$$

Onde:

- $\Delta t$  – tempo lido no perfil;
- $\Delta t_f$  – tempo de trânsito no fluido;
- $\Delta t_m$  – tempo de trânsito na matriz.

A equação tem por pressuposto que os poros estejam saturados com água, que as rochas sejam compactadas e a porosidade intergranular isenta de argilas. A Figura 6 apresenta o modelo esquemático da sonda para perfilagem sônica.

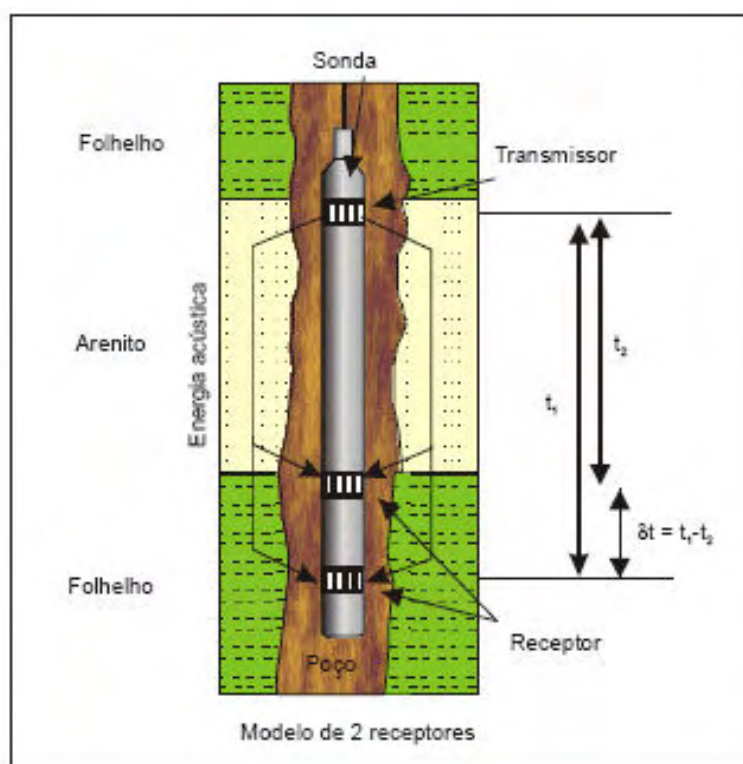


Figura 6 – Esquema da sonda de perfil sônica (extraído de PAULA E SILVA, 2003)

### 2.2.5 – Interpretação dos Perfis Geofísicos

Os perfis geofísicos calibrados podem ser interpretados quantitativamente e qualitativamente.

A análise qualitativa permite identificar os intervalos saturados em água (aquíferos). Auxiliam na interpretação do ambiente deposicional das camadas e na determinação dos melhores horizontes para o posicionamento dos filtros, levando-se em conta as gradações granulométricas e diminuições de permeabilidade.

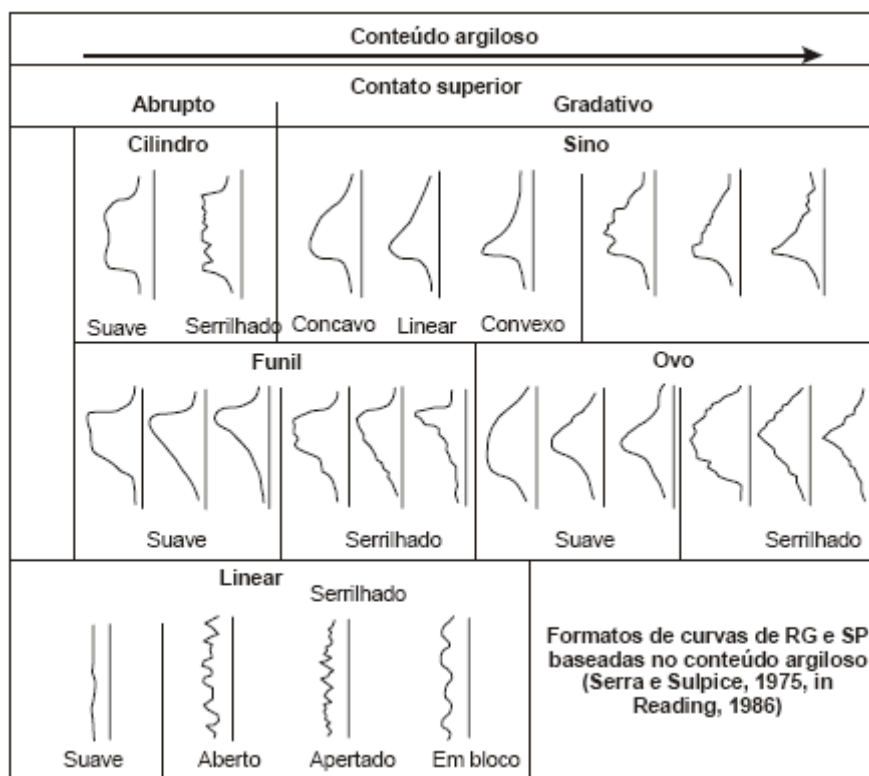
A interpretação quantitativa calcula a proporção de argila, a porosidade total e efetiva, a resistividade da água intersticial e a quantidade de sais totais dissolvidos.

A análise qualitativa inicia-se colocando os perfis geofísicos ao lado do perfil litológico e identificando as linhas de base de folhelhos na curva SP. A deflexão dessa curva com relação à linha de base pode ser positiva, para a direita, ou negativa, quando para esquerda. Qualquer deflexão é indicativa de porosidade.

A curva de raios gama aumenta para a direita, conforme responde à maior radioatividade. Folhelhos tendem a ter maior radioatividade que arenitos.

O comportamento geral das curvas de raios gama e SP podem ser utilizados na interpretação dos aspectos sedimentológicos das formações e permitem elaborar modelos paleoambientais.

Paula e Silva (2008) embasou suas interpretações dos perfis geofísicos do Grupo Bauru nos trabalhos de Serra e Sulpice (1975) e Reading (1986), que estabeleceram modelos de interpretações de ambientes deposicionais conforme os padrões de comportamento das curvas de raios gama e potencial espontâneo, conforme ilustrado nas **Figura 7**.



**Figura 7 - Padrões de comportamento das curvas de RG e SP, conforme variação do teor de argila (extraído de PAULA E SILVA, 2008).**

- Cilíndrico – sedimentos homogêneos delimitados por sedimentos mais argilosos típico de preenchimento de canais com topo abrupto;
- Sino – tipo *finning upward*, sedimentos de canais;

- Funil – *coarsening upward*, sistemas progradantes como deltas, lobos marinhos, barras, ilhas barreiras, recifes de corais progradando sobre folhelhos;
- Ovo – *finning upward*, preenchimento de canais com conglomerados, sequências progressivas/transgressivas ou sistemas submarinos de fandeltas;
- Retilíneo – sequências de lamitos intercaladas com arenitos e siltitos, depósitos de planície de inundação, folhelhos, carvão, áreas de pântano.

### 2.3 – Testes de Bombeamento

Os testes de bombeamento constituem um método direto de obtenção de dados hidrodinâmicos, de verificação da qualidade de construção de poços e para determinar vazões.

O teste de formação permite calcular os parâmetros do aquífero; é realizado tendo-se um poço de bombeamento e ao menos um poço de observação onde será medido o rebaixamento do nível d'água ao longo do tempo de bombeamento.

No teste de poço ou de produção, o bombeamento e a medição do rebaixamento são executados no mesmo poço. Esse tipo de teste fornece dados sobre vazão de exploração e perdas de carga do poço.

Dada a falta de poços piezométricos, construídos apenas para a observação do nível d'água, é comum encontrar-se apenas testes de produção, que não são ideais para a obtenção dos parâmetros do aquífero mas podem ser utilizados para os cálculos com um artifício no programa utilizado para interpretação dos testes, simulando um poço imagem a uma distância do tamanho do raio do poço de bombeamento.

Foram realizados testes de produção nos poços 2 e 5, que foram bombeados por um período de 24 horas a uma vazão constante, previamente conhecida e limitada a capacidade da bomba instalada nos poços. Os dados obtidos foram interpretados pelos métodos de Theis e Cooper e Jacob, utilizando-se o programa *AquiferTest Pro 3.5* da **Waterloo Hydrogeologic Inc.**

Os dois métodos se baseiam na lei de Darcy, que verificou empiricamente que a vazão entre dois pontos, em um meio poroso, é proporcional à área da seção considerada e à diferença da carga hidráulica,  $h$ , e inversamente proporcional à distância entre os pontos,  $L$ .

A Figura 8 apresenta fotos dos testes de bombeamento realizados no assentamento Margarida Alves.



**Figura 8– Medição do nível d'água e vazão durante os testes de bombeamento**

### 2.3.1 – Métodos de Interpretação do Teste de Bombeamento

Os modelos de cálculos foram elaborados para aquíferos confinados e apresentam algumas correções para serem aplicados em aquíferos livres, dada a complexidade no comportamento do fluxo, visto que a espessura saturada diminui quando bombeada, o que leva ao surgimento de componentes verticais de fluxo.

#### 2.3.1.1 – Método de Theis

O método de Theis foi o primeiro modelo analítico a considerar o rebaixamento progressivo em um aquífero confinado, estabelecendo as condições de contorno definiu a seguinte equação:

- A lei de Darcy é válida;
- O aquífero é homogêneo, isotrópico, de extensão infinita e espessura limitada e conhecida;
- Os poços têm diâmetros desprezíveis em relação à extensão do aquífero e apresentam 100% de eficiência;
- Os poços são completamente penetrantes;
- A superfície potenciométrica é horizontal e não varia antes do início do bombeamento;
- O fluxo é radial, convergindo em direção ao poço.



$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^{\infty} \frac{e^{-u}}{u} du \quad (6)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (7)$$

Onde,

- Q – vazão de bombeamento;
- T – transmissividade;
- s – rebaixamento;
- S – Coeficiente de armazenamento;
- t – tempo;
- r – distância entre os poços de bombeamento e observação.

O membro da equação que calcula a integral de  $u$  corresponde à equação do poço e é representada por  $W(u)$ .

### 2.3.1.2 – Método de Cooper-Jacob

O modelo de Cooper & Jacob é uma simplificação do método desenvolvido por Theis e apresenta bons resultados quando se tem pequena distância entre os poços e bombeamento por um longo tempo, ou seja, baixos valores de  $u$ .

Os dados de rebaixamento pelo tempo são plotados em papel semi-logarítmico o que resulta em uma reta. Os valores para T e S são calculados pelas equações:

$$T = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta S} \quad (8)$$

$$S = \frac{2,25Tt}{r^2} \quad (9)$$

## **2.4 – Parâmetros Diretos de Avaliação Hidrodinâmica**

Parâmetros hidrodinâmicos são as propriedades físicas que regem o armazenamento e a circulação de água no subsolo, responsáveis pelo volume de água acumulado e pela quantidade explorável do reservatório. São representados pela porosidade efetiva, transmissividade, condutividade hidráulica, secundariamente capacidade específica e vazão de exploração.

### **2.4.1 – Porosidade Específica**

Porosidade específica representa a quantidade de poros interconectados que um dado volume de rocha apresenta. Esse parâmetro é avaliado em porcentagem de poros da rocha que apresentam conexão.

Para que haja mobilização da água contida nos poros, esses precisam estar interconectados, de modo que somente esse tipo de poro tem relevância para avaliação hidráulica.

A porosidade efetiva pode ser obtida por testes de laboratório, testes de bombeamento de poços ou estimados por meio de perfis sônicos.

### **2.4.2 – Condutividade Hidráulica**

Condutividade hidráulica é a capacidade da rocha de transmitir o fluido. Esse parâmetro é calculado em função das características do meio e do fluido, nas mesmas condições de temperatura e pressão e pode ser definida pela lei de Darcy (equação 5).

### **2.4.3 – Transmissividade**

A transmissividade é a propriedade definida pela vazão que atravessa uma seção do aquífero de largura unitária e altura da espessura do aquífero sob um gradiente hidráulico unitário e temperatura constante.

Os valores de transmissividade são obtidos diretamente por meio de testes de bombeamento com auxílio de poços de observação ou testes de produção do poço, utilizando o método de Theis.

$$T = Kb = \frac{Q}{i.L} \quad (10)$$

Onde,

- T – transmissividade;
- K – condutividade hidráulica;
- b – espessura do aquífero;
- Q – vazão;
- i – gradiente hidráulico;
- L – largura da seção atravessada pela vazão Q.

#### 2.4.4 – Capacidade Específica

A capacidade específica ou vazão específica é um parâmetro que avalia a vazão extraída de um poço pelo rebaixamento causado.

É obtida por meio de testes de bombeamento ou de produção do poço e pode auxiliar na estimativa de potencial do aquífero, apesar de não representá-lo propriamente, mas é um reflexo de sua permeabilidade.

#### 2.4.5 – Vazão de Produção

Vazão de produção ou simplesmente vazão, como é comumente chamada, é a quantidade de água extraída de um poço em um determinado intervalo de tempo.

A vazão de produção por si só não fornece informações sobre o aquífero, por depender da capacidade de recalque da bomba, da intensidade do rebaixamento e do tempo de operação do bombeamento. Como a capacidade específica, auxilia na determinação da ordem de grandeza da capacidade de produção de um aquífero.

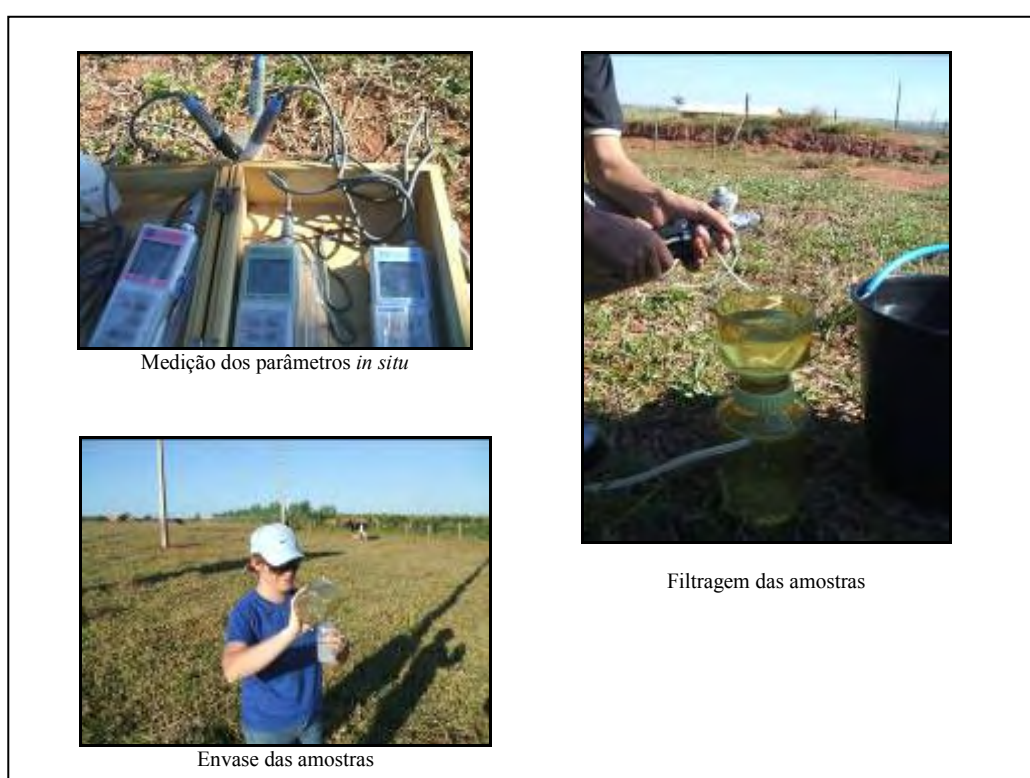
### 2.5 – Amostragem de Água Subterrânea

A amostragem consistiu na coleta de quatro amostras de água subterrânea provenientes dos Poços 1, 2, 3 e 5. Não foi possível a coleta no Poço-04, que estava com a bomba queimada.

As amostras de água subterrânea foram coletadas diretamente da boca do poço (Figura 9), após um período de bombeamento de um dia. Os frascos de polietileno de 500, 300 e 200 mL foram lavados com água do próprio poço antes do acondicionamento da água.

Todas as amostras foram filtradas em um conjunto do tipo Millipore, com filtros de 0,45  $\mu\text{m}$ , conservadas em gelo e enviadas para o Laboratório de Hidrogeologia e Hidroquímica do Departamento de Geologia Aplicada, IGCE/UNESP, em Rio Claro, para a realização das análises físico-químicas.

Os parâmetros pH, condutividade e temperatura foram medidos em campo. O parâmetro pH apresenta grande variação com alterações de temperatura e reações entre as espécies analisadas, de modo que sua medição deve ser imediata. Para sua determinação utilizou-se o medidor da marca TQA modelo HM-14P.



**Figura 9 – Coleta das amostras de água**

Os cátions Li, Na,  $\text{NH}_4$ , K e os ânions F, Cl,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{O}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}$ ,  $\text{ClO}_2$  e  $\text{BrO}_3$  foram analisados pelo método de cromatografia de íons com o cromatógrafo Metrohm modelo IC 761.

Os cátions Ca, Mg, Fe, Mn, Sr, Ba, Zn, Pb, Si, Al, Ni, Cr e Cd foram analisados pelo método de espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma de argônio induzido, ICP-AES, marca GBC. Este produz plasma pela indução de energia elétrica sobre o gás, e o aerossol da amostra é injetado no plasma. O equipamento registra o tempo de residência do aerossol no plasma e o espectro emitido, registrando quantitativa e qualitativamente.

A alcalinidade e o pH, em laboratório, foram determinados empregando-se a técnica de volumetria de neutralização com solução-padrão de HCl, um eletrodo indicador de pH e um potenciômetro marca Orion, modelo 290 A.

## **2.6 – Amostragem de Águas Superficiais**

As amostras de água superficiais foram coletadas em quatro pontos, provenientes dos corpos d'água existentes na área: jusante do ribeirão Nhancá, jusante e montante do córrego Ravenágora e um açude da drenagem próxima ao poço 2. Foram coletadas utilizando-se um balde, procurando-se coletar água no meio do córrego onde seguramente a água é corrente. As amostras coletadas passaram pelos mesmos processos de filtragem, armazenamento e preservação que as amostras provenientes das águas subterrâneas.

A Figura 10 apresenta imagens do processo de coleta das amostras, da medição da profundidade e estimativa de vazões dos cursos d'água existentes no assentamento.

Desse modo, escolheu-se um trecho retilíneo do córrego e com o auxílio de uma trena e uma garrafa de água de 1,5 litros cheia, foram medidos os tempos transcorridos para o deslocamento da garrafa em uma distância conhecida. Trata-se apenas de uma estimativa experimental da velocidade, quando a espessura de lâmina d'água permitiu.

Mediu-se também ao longo da seção transversal dos mesmos riachos as profundidades batimétricas utilizando uma trena e uma régua.



**Figura 10 – Coleta de água superficial, medições de largura e profundidade dos corpos de água superficiais**

Os pontos de coleta selecionados tinham por objetivo analisar a qualidade das águas superficiais à montante e à jusante em cada drenagem existente na área, mas não foi possível acessar o ponto de jusante do ribeirão Inhancá e a área de jusante do afluente secundário encontrava-se seca. A Figura 11 mostra a planta do assentamento e os pontos coletados.

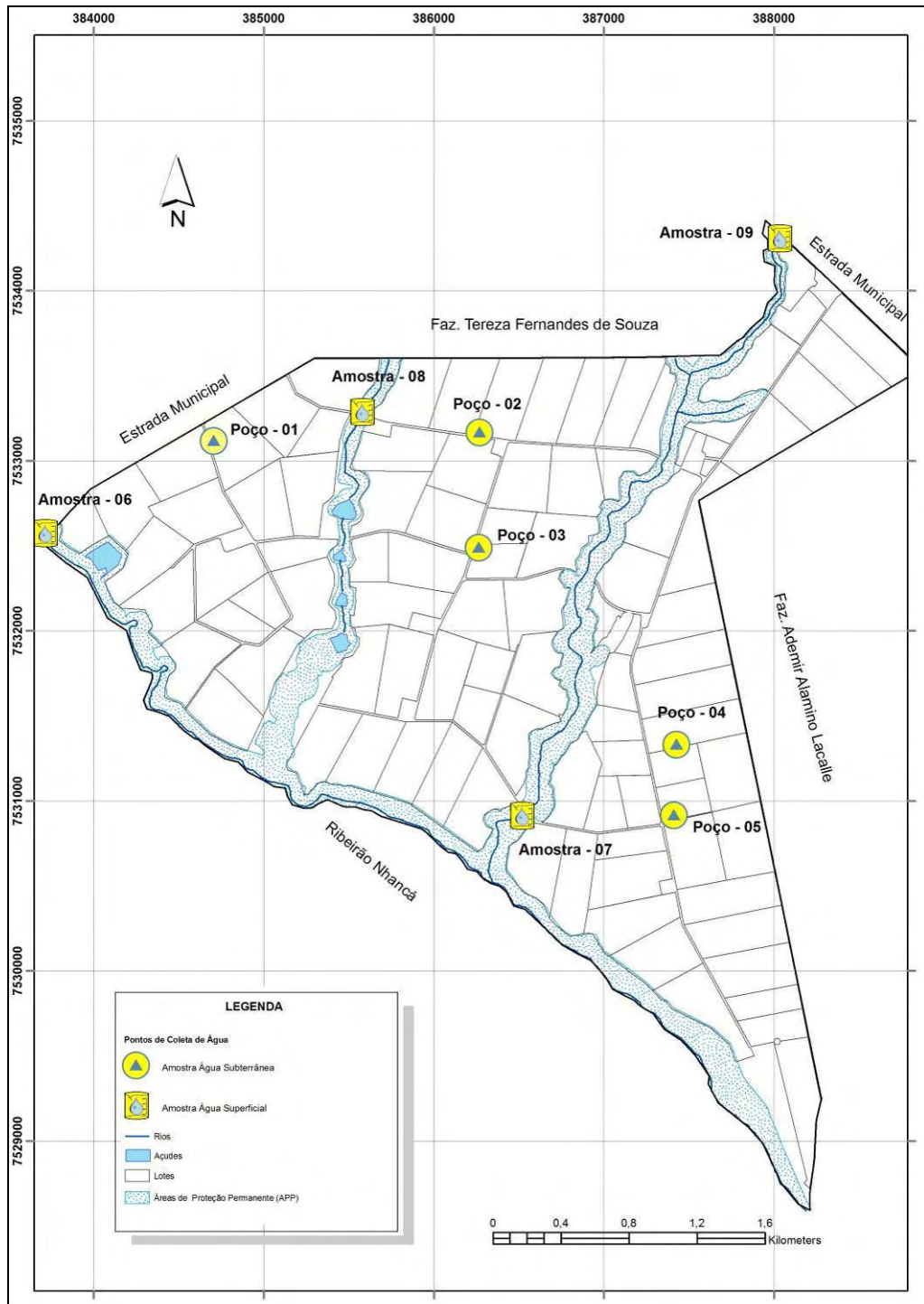


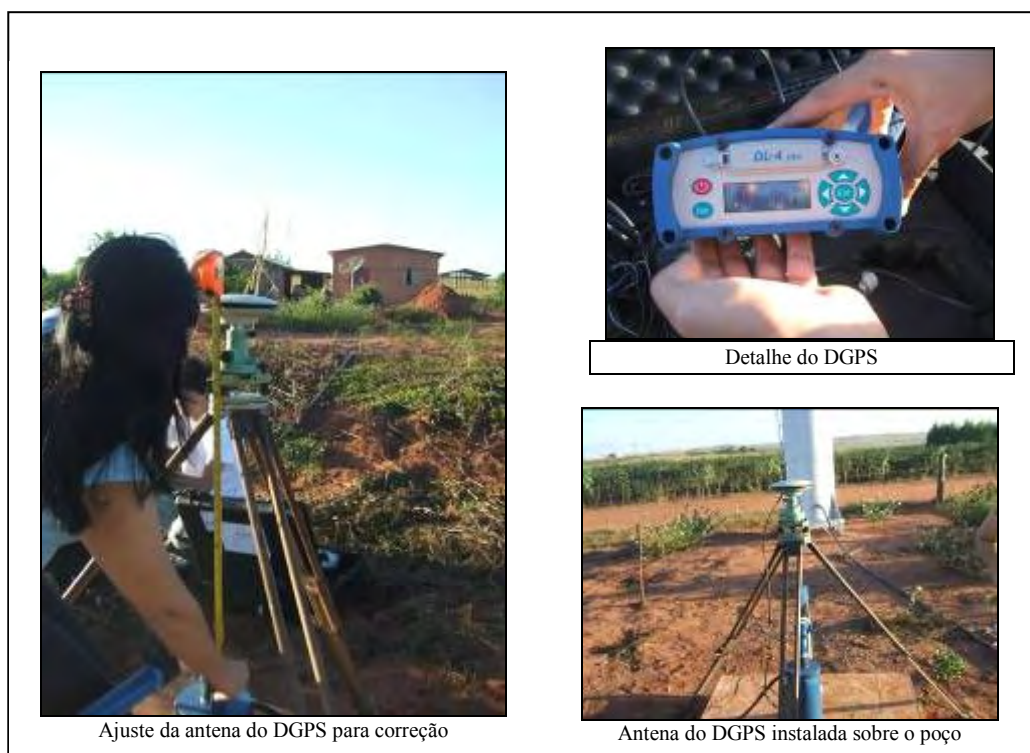
Figura 11 – Pontos de coleta da amostra de águas

## 2.7 – Nivelamento dos Poços

As coordenadas e cotas topográficas dos poços e de 03 pontos na margem dos córregos, no interior da planta do assentamento, foram coletadas com auxílio de dois equipamentos GPS da marca NOVATEL, modelo DL-4 *plus*, com correção diferencial.

Esses dois equipamentos foram instalados na área, ficando um deles estacionado num local de posição geográfica conhecida, servindo de base para a correção dos dados. O segundo equipamento foi utilizado para aquisição de dados nos demais pontos, permanecendo instalado por no mínimo duas horas em cada ponto (Figura 12).

Essa técnica de aquisição de dados e seu pós-processamento minimizam a imprecisão dos dados, principalmente na coordenada Z, para aproximadamente 0,5 cm.



**Figura 12 – Nivelamento dos poços com o uso do DGPS**

Os receptores GPS calculam as coordenadas de latitude, longitude e altitude. O GPS utiliza como base o sistema de referência WGS 84, o elipsóide de referência é o GRS 80, um elipsóide de revolução geocêntrico.

A medida de Z mais usual é a altitude ortométrica, uma grandeza que não está associada diretamente ao sistema geodésico, enquanto a latitude e a longitude definem a posição espacial de uma feição em relação ao sistema geodésico. A altitude ortométrica define



a posição do alvo em relação ao geóide, que não é exatamente um referencial de posição, mas sim um referencial de potencial. Os sistemas GPS trabalham com dois conceitos de altitude e se faz necessária sua correção:

- **Altitude Geométrica Elipsoidal:** representa a separação da superfície física e elipsoidal ao longo da normal; atualmente é usualmente obtida a partir de observações GPS;
- **Altitude Ortométrica:** distância contada desde a superfície do geóide até o ponto da superfície física da terra; na realidade essa altitude só pode ser obtida mediante hipóteses simplificadas, adotando-se como aproximação altitudes científicas, dentre as quais a mais comum é o nivelamento geométrico, com medição gravimétrica para posterior correção.

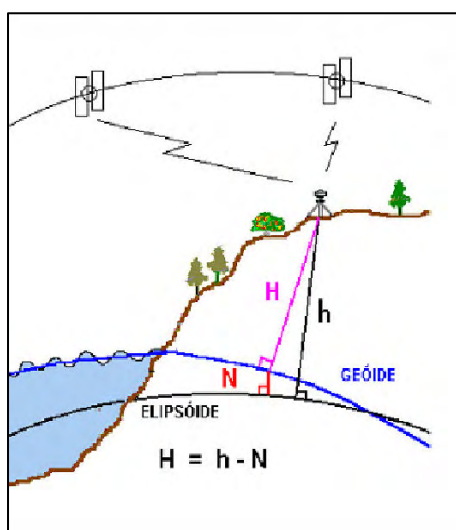


FIGURA 13 - Esquema das medições de altitude ([www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), último acesso julho de 2009).

Desse modo, as altitudes fornecidas pelo GPS, do tipo elipsoidal ou geométrica ( $h$ ), são convertidas em altitudes ortométricas ( $H$ ), para que possam ter significado físico, uma vez que se referem ao geóide. Para tal conversão é necessário conhecer a ondulação geoidal ( $N$ ), que é a diferença entre as duas superfícies de referência, o geóide e o elipsóide (Figura 13).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE, em conjunto com a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, elaborou um modelo de ondulação geoidal com resolução de 10' de arco e desenvolveu um sistema de interpolação geoidal, MAPGEO2004, por meio do qual é possível obter a ondulação geoidal ( $N$ ) em um ponto, referida aos sistemas SIRGAS2000 e SAD69.

Para converter a altitude elipsoidal (h), obtida com o uso de GPS, em altitude ortométrica (H), utiliza-se a equação:

$$\mathbf{H = h - N} \quad (11)$$

Onde N é a altura (ou ondulação) geoidal fornecida pelo programa, dentro da convenção que considera o geóide acima do elipsóide, se a altura geoidal tiver valor positivo, e abaixo, em caso contrário.

### **3. UNIDADE DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS**

A Lei Estadual 9034/94 estabelece o Plano Estadual de Recursos Hídricos, PERH, sucessora do Primeiro Plano Estadual de Recursos Hídricos, aprovado pelo Decreto n. 32.954 de 1991, e determina as diretrizes para gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, com a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas, CBH, e estabelecimento das Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos, UGRHI.

Essa lei serviu de inspiração para a criação da Lei Federal 9433/97, que criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que por sua vez estabelece os instrumentos para o Plano de Recursos Hídricos, define planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos, devendo ser elaborados por bacia hidrográfica (Plano de Bacia), por Estado (Planos Estaduais) e para o País (Plano Nacional).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos, PNRH, constitui um planejamento estratégico que deverá estabelecer diretrizes, metas e programas, pactuados socialmente por meio de um amplo processo de discussão, que visem assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, com base no manejo integrado dos recursos hídricos.

Lanna (1997 *apud* LEAL, 2000) afirma que a gestão dos recursos hídricos eficiente deve ser constituída por uma política dos recursos hídricos, que estabelece as diretrizes gerais, um modelo de gerenciamento, que estabelece a organização legal e institucional, e um sistema de gerenciamento, que reúne os instrumentos para o preparo e execução do planejamento feito.

Com base no modelo de gestão adotado nacionalmente, o Estado de São Paulo foi dividido em 22 UGRHI delimitadas pelas fisiografia das bacias hidrográficas conciliadas com

as divisões administrativas. Desse modo, as UGRHI constituem unidades territoriais com dimensões e características para o gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos (art. 20 da Lei Estadual 7663 30/12/1991).

A gestão das águas deve permitir diferentes formas de participação social e garantir o espaço político para o embate e a interação de idéias e posições diversas. Essa nova postura de planejamento e gerenciamento integrado dos recursos hídricos deve contar com a participação do Estado, dos municípios e da sociedade (LEAL, 2000).

Essa abordagem considera vínculos entre a terra e a água, entre a água superficial e subterrânea, vínculos econômicos e sociais entre o manejo de água e as pessoas que se vêem afetadas pelos usos.

Campos & Vieira (1993 *in* LEAL, 2000) definem o gerenciamento das águas como sendo uma função ampla que exige conhecimento profundo da hidrologia regional, coordenação institucional e um aparato jurídico adequado, ou seja, conhecer os recursos hídricos, usá-los com sabedoria e regulamentar seu uso para evitar e solucionar conflitos.

Em atendimento a Lei Estadual 7663/91, foi criado em 1996 o Comitê de Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBH-PP), um órgão colegiado regional de caráter consultivo e deliberativo. A Lei estabelece que cada comitê deve elaborar periodicamente relatórios sobre o panorama dos recursos hídricos de sua bacia a fim de subsidiar as ações dos comitês e dos poderes públicos.

Com o objetivo de direcionar o conjunto de ações a ser executado na UGRHI-22, o CBH-PP em conjunto com a Cooperativa de Serviços, Pesquisas Tecnológicas e Industriais, CPTI, em 1992, elaboraram o documento “Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI-22. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero”.

Nesse primeiro trabalho constam a caracterização do meio físico, uso e ocupação do solo, informações sobre a disponibilidade, qualidade e demanda dos recursos hídricos, metas para a sua utilização, conservação, recuperação e proteção. As principais informações do Relatório Zero encontram-se resumidas nesse capítulo.

### 3.1 – A UGRHI Pontal do Paranapanema

A área objeto desse estudo está inserida na UGRHI nº. 22, do Estado de São Paulo, também denominada UGRHI-PP, Pontal do Paranapanema que tem como limites ao sul o rio Paranapanema, ao norte a UGRHI Peixe, a oeste o rio Paraná e a leste a UGRHI Médio Paranapanema.

A UGRHI-PP estende por uma área total de 12.493 Km<sup>2</sup> e atualmente integra 26 municípios, total ou parcialmente nela inseridos: Álvares Machado, Anhumas, Caiuá, Estrela do Norte, Euclides da Cunha Paulista, Iepê, Indiana, Marabá Paulista, Martinópolis, Mirante do Paranapanema, Nantes, Narandiba, Piquerobi, Pirapozinho, Presidente Bernardes, Presidente Epitácio, Presidente Prudente, Presidente Venceslau, Rancharia, Regente Feijó, Rosana, Sandovalina, Santo Anastácio, Taciba, Tarabai e Teodoro Sampaio. A Figura 14 destaca a localização da UGRHI no Estado de São Paulo.

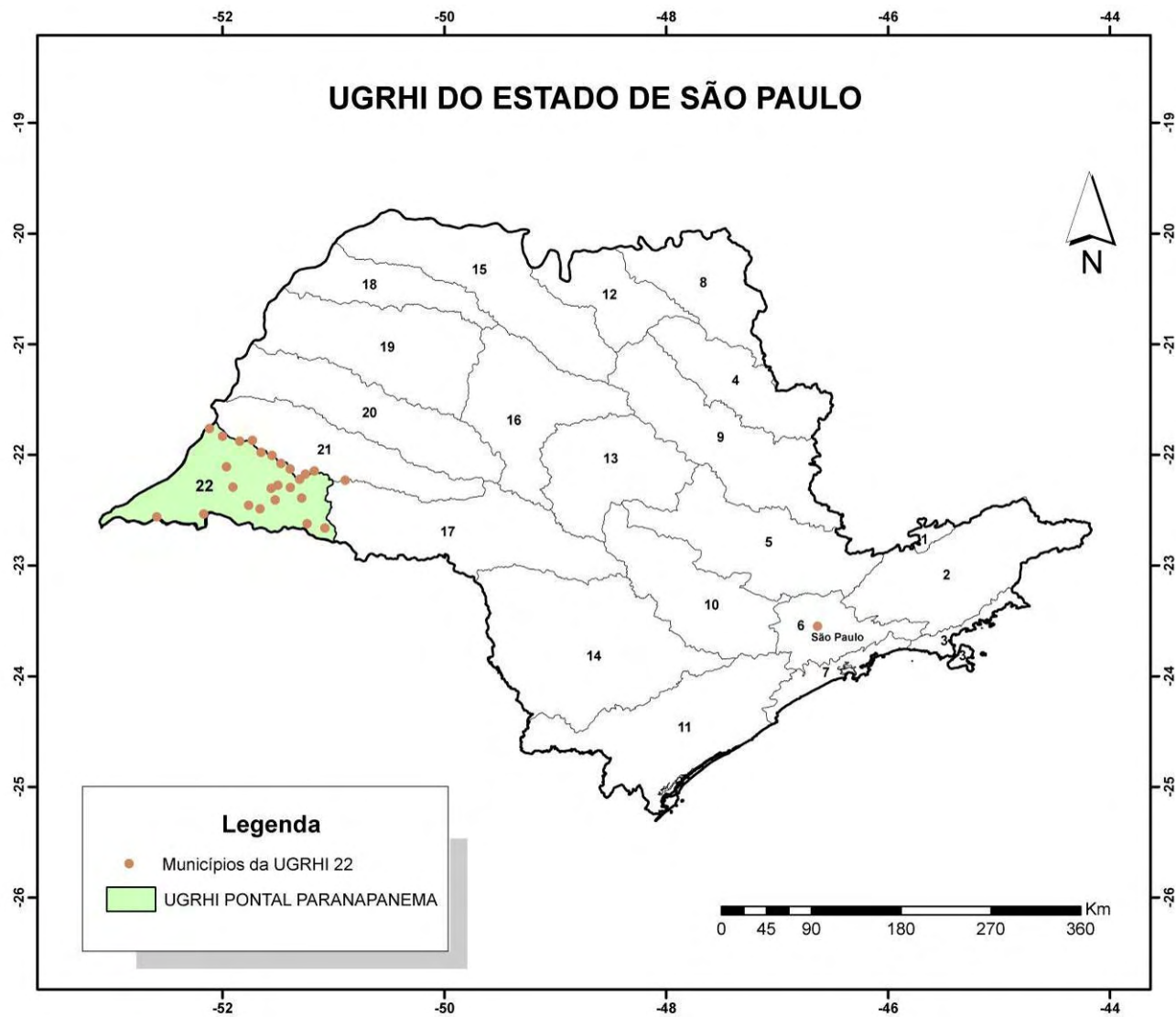


Figura 14 – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 22 do Estado de São Paulo (DAEE)

A avaliação do Relatório Zero concluiu que a UGRHI-22 não apresentava problemas de disponibilidade hídrica superficial, em termos globais, mas 9 dentre os 21 municípios apresentavam índice de perdas no sistema de abastecimento acima de 30%. Mostrou que, em 1998, 92% dos resíduos sólidos domésticos gerados continuavam em condições inadequadas, 6% apresentavam condições controladas e 2% condições adequadas. O índice de remoção de carga orgânica de origem doméstica mostrou-se baixo, 26%, e na média do Estado. A bacia do rio Santo Anastácio apresentou índice de qualidade da água aceitável, porém recebe esgoto sem tratamento proveniente dos municípios maiores da região e apresentou alto potencial de carga orgânica industrial proveniente do setor sucroalcooleiro.

Para melhor caracterização o CBH subdividiu a UGRHI-22 em sete unidades hidrográficas, sendo que a área em estudo situa-se na subdivisão que reúne os rios afluentes de até 3ª ordem do Rio Paranapanema. Esse compartimento apresenta baixa densidade demográfica não tendo relatos de grandes problemas de poluição dos recursos hídricos por esgotos. No entanto, o Relatório Zero ressalta a fragilidade no que diz respeito à proteção de aquíferos e ao alto índice de erosão e assoreamento.

Os principais problemas levantados no Relatório Zero são: a perda acentuada de água superficial, provocada pelo intenso desmatamento e aceleração do processo erosivo urbano e rural, o assoreamento e a desperenização de cursos d'água, o lançamento de esgotos urbanos não tratados, a deposição irregular de lixo em nascentes e fundos de vale e o aumento crescente da demanda de água para abastecimento da população e para irrigação.

### 3.2 – Relevo da UGRHI-PP

Localizada na província geomorfológica Planalto Ocidental, possui relevo ondulado, modelado sobre rochas do Grupo Bauru e Formação Serra Geral no vale do rio Paranapanema. Há predomínio de colinas amplas com topos extensos e aplainados, vertentes com perfis retilíneos a convexos, vales abertos, drenagem de baixa densidade com padrão subdendrítico, planícies aluvionares interiores restritas com presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Colinas médias ocorrem nos municípios de Marabá Paulista, Mirante do Paranapanema e na bacia do córrego do Veado. Apresentam topos aplainados, interflúvios com áreas entre 1 a 4 km<sup>2</sup>, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular com vales abertos a fechados, planícies aluvionares interiores restritas e presença eventual de lagoas perenes ou intermitentes.

Morrotes alongados e espigões ocorrem na cabeceira do rio Santo Anastácio, ao longo dos espigões, na divisa com a bacia do rio do Peixe, municípios de Presidente Prudente, Álvares Machado, Regente Feijó e ao longo dos divisores d'água dos afluentes do rio Paranapanema, no município de Anhumas. Esse compartimento representa as topografias mais elevadas, em torno de 500 metros, com topos angulosos e achatados, vertentes ravinadas, perfis retilíneos, padrão de drenagem dendrítico com média a alta densidade e vales fechados.

Em Teodoro Sampaio ocorrem morros tabulares com bordas escarpadas, vertentes retilíneas, drenagem com padrão dendrítico de média densidade e vales fechados. Nas proximidades da foz do rio Paranapanema, município de Rosana, há predomínio de planícies aluvionares constituindo terrenos mais baixos, planos e sujeitos a inundações.

### 3.3 – Solo

Os tipos de solos predominantes são os latossolos e os podzólicos com ocorrências localizadas de solos litólicos, que apresentam somente o horizonte A desenvolvido, e areias quartzosas. Em geral, possuem média a baixa fertilidade, com aptidão agrícola restrita, alto risco de erosão, e foram classificados em dois grupos:

- Latossolos compreende solos minerais não hidromórficos com horizonte B latossólico e coloração vermelha escura, acentuadamente drenados, apresentam textura média quando são provenientes de arenitos e textura argilosa quando associados a siltitos, argilitos, folhelhos e rochas cristalinas.



- Solos podzólicos vermelho escuro, vermelho amarelado, latossolo vermelho escuro e terra roxa estruturada, caracterizados por grandes alterações estruturais devido às condições climáticas; são mais propícios ao cultivo; ocorrem em relevo de colinas amplas a médias, com drenagem bem desenvolvida;
- Gleis Pouco Húmicos, areias quartzosas e litólicas - caracterizados por alterações incompletas do perfil ou desenvolvimento pedogenético sob influência da rocha-fonte; Apresentam pequenas profundidades, baixa fertilidade; ocorrem geralmente em planícies fluviais.

As áreas de montante dos rios e principais córregos apresentam suscetibilidade muito alta à erosão como os rios Anastácio e Pirapozinho, os Ribeirões Tombo do Meio e Laranjeira e os córregos Anhumas e Laranja Doce. Nota-se que as áreas que apresentam alto a muito alto risco de erosão em geral são utilizadas para pastagem.

Nas áreas mais baixas há predomínio de deposição de sedimentos, baixa suscetibilidade à erosão, porém ocorre assoreamento dos corpos hídricos, implicando em risco de entulhamento e de poluição dos recursos hídricos.

### 3.4 – Clima e hidrometeorologia

A UGRHI-22 apresenta dois tipos de clima segundo a classificação de Köppen: tropical úmido, que ocorre em uma faixa próxima ao rio Paraná, apresentando verão como estação chuvosa e estiagem no inverno, temperaturas médias de 22°C a 24 °C, precipitação média de 1500 mm; o restante da região apresenta clima mesotérmico de inverno seco, com temperatura média não ultrapassando 22°C e chuvas mais frequentes no verão como no tropical úmido.

O regime pluviométrico é o tropical típico com verão chuvoso e inverno seco. A chuva anual média na UGRHI-22 é da ordem 1500 mm/ano (RELATÓRIO ZERO, 1998; LEAL, 2000), a média para o Estado de São Paulo é de 1380 mm/ano.

A série histórica da estação D9-006, contidos no banco de dados pluviométricos do Estado de São Paulo (DAEE), instalada no subdistrito de Cuiabá Paulista apresenta média 1.354 mm/ano.

A Figura 15 apresenta o gráfico da distribuição das médias mensais de chuva no período de 1970 a 2004 para a estação D9-006.

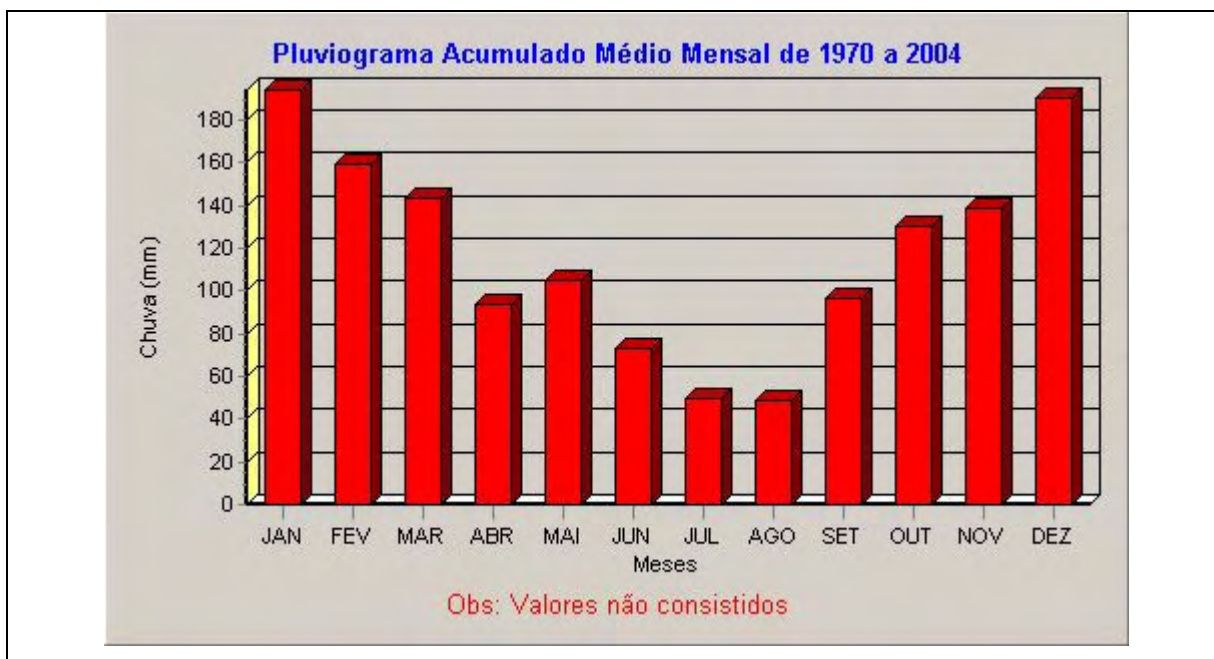


Figura 15 – Gráfico acumulado mensal de chuva – Estação D9-006 (DAEE)

Nota-se pico de chuvas entre os meses de dezembro e fevereiro, com os meses de julho e agosto como os meses mais secos.

O relatório do Plano Estadual de Recursos Hídricos, PERH, no período entre 2000 e 2003, estimou uma precipitação média de 1.219 mm/ano ( $482 \text{ m}^3/\text{s}$ ) para a UGRHI-PP.

A evapotranspiração pode ser calculada pela precipitação,  $482 \text{ m}^3/\text{s}$ , subtraído o escoamento total,  $92 \text{ m}^3/\text{s}$ , o que totaliza  $390 \text{ m}^3/\text{s}$  ou 985 mm/ano, um pouco acima da média para o Estado de São Paulo, estimada em 980 mm/ano.

### 3.5 – Águas Superficiais

Os principais rios na UGRHI-PP são Santo Anastácio, Pirapozinho e Laranja Doce. A unidade foi subdividida em sete bacias hidrográficas:

- Rio Santo Anastácio;
- Rib. Anhumas;
- Tributários até 3ª ordem do Rio Paraná;
- Rio Pirapozinho;
- Ribeirão Anhumas II;
- Ribeirão Laranja Doce;
- Tributários até 3ª ordem do Rio Paranapanema.

A TABELA 3 organizada por Leal (2000), resume as informações sobre as vazões de escoamento superficiais das subunidades da UGRHI-PP, cuja disponibilidade hídrica total corresponde a 37,62 m<sup>3</sup>/s (Q<sub>7/10</sub>).

<b>TABELA 3 – Subdivisões hidrográficas da UGRHI- PP</b>			
<b>Subunidade Hidrográfica</b>	<b>Área (Km2)</b>	<b>%</b>	<b>m<sup>3</sup>/s (Q<sub>7/10</sub>)</b>
Rio Santo Anastácio	2.106,29	17,79	6,29
Rib. Anhumas	535,86	4,53	1,69
Tributários 3ª ordem do rio Paraná	1.953,79	16,50	7,04
Rio Pirapozinho	1.453,67	11,82	4,37
Rib. Anhumas II	649,65	5,49	2,01
Ribeirão Laranja Doce	1148,2	9,70	3,18
Tributários 3ª ordem do rio Paranapanema	<b>4.073,56</b>	<b>34,41</b>	<b>12,94</b>
<b>Total</b>			<b>37,62</b>

Extraído de Leal (2000).

### 3.6 – Águas Subterrâneas

A região oeste do Estado de São Paulo tem como principal fonte de abastecimento de água, tanto para uso público como privado, o Sistema Aquífero Bauru. O SAB constitui um pacote sedimentar que, segundo DAEE (1990), recobre aproximadamente 117 mil quilômetros quadrados no Estado de São Paulo e, além de servir como manancial, é também responsável pela vazão dos rios durante os períodos de estiagem. Cálculos apresentados em DAEE (*op.cit.*) estimam para a UGRHI-PP, a disponibilidade hídrica subterrânea em 15,2 m<sup>3</sup>/s.

A TABELA 4 reúne os principais dados levantados sobre a UGRHI 22 constantes no relatório do PERH para o período de 2000-2003.

TABELA 4 – Características hidrológicas da UGRHI-PP e adjacentes

UGRHI	Área de Drenagem <sup>(1)</sup>		Área no Estado <sup>(2)</sup>	Vazão (m <sup>3</sup> /s)		Precipitação Média <sup>(5)</sup>		Evapotransp. <sup>(6)</sup>		Vazão Mínima (7 dias, 10 anos) (m <sup>3</sup> /s)	Rendimento (%) <sup>(8)</sup>	Q95% (m <sup>3</sup> /s) <sup>(9)</sup>	q espec. (l/s.km <sup>2</sup> ) <sup>(10)</sup>
	Área Total (km <sup>2</sup> )	Parcela do Estado (km <sup>2</sup> )		Total <sup>(3)</sup>	No Estado <sup>(4)</sup>	(mm/ano)	(m <sup>3</sup> /s)	(mm/ano)	(m <sup>3</sup> /s)				
Médio Parapananema	47.204	16.829	36	596	155	1.300	693	1.009	538	65	22,4%	82	9
Aguapeí	13.068	13.068	100	96	96	1.220	505	988	409	28	19,0%	40	7
Peixe	10.780	10.780	100	82	82	1.250	427	1.010	345	29	19,2%	38	8
<b>Pontal do Parapananema</b>	<b>25.609</b>	<b>12.493</b>	<b>49</b>	<b>354</b>	<b>92</b>	<b>1.219</b>	<b>482</b>	<b>985</b>	<b>390</b>	<b>34</b>	<b>19,1%</b>	<b>47</b>	<b>7</b>
<b>TOTAL</b>	<b>722.585</b>	<b>248.809</b>	<b>-</b>	<b>9.818</b>	<b>3.120</b>	<b>-</b>	<b>10.850</b>	<b>-</b>	<b>7.730</b>	<b>892</b>	<b>28,8%</b>	<b>1.258</b>	<b>12,54</b>

Extraído do Plano de Recursos Hídricos 2000-2003

- (1) Área de drenagem total da bacia hidrográfica no Estado de São Paulo e também das bacias hidrográficas interestaduais.  
(2) Relação entre a área de drenagem no Estado de São Paulo e a área total; indica a percentagem da área dentro do Estado.  
(3) Escoamento total estimado para os cursos de água estaduais e interestaduais, em termos de vazão média de longo período.  
(4) Escoamento estimado para os cursos de águas estaduais, em termos de vazão média de longo período.  
(5) Precipitação média de longo período.  
(6) Evapotranspiração média de longo período, calculada pela diferença entre a precipitação e a vazão.  
(7) Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos e 10 anos de período de retorno, estimada estatisticamente a partir de amostras de dados observados.  
(8) Relação entre a vazão e a precipitação. Indica a parcela da precipitação transformada em escoamento superficial.  
(9) Vazão para 95% de permanência do tempo  
(10) Vazão média específica (Rendimento médio por km<sup>2</sup>).

#### **4. GEOLOGIA REGIONAL**

A bacia continental intracratônica Bauru formou-se no Neo-Cretáceo por compensação isostática posterior aos derrames basálticos da Formação Serra Geral. Representa o último episódio significativo de deposição da unidade geotectônica denominada Bacia do Paraná que ocupa a porção centro-sul da plataforma Sul-Americana. A Figura 16 apresenta o mapa simplificado da ocorrência do Grupo Bauru no contexto da abrangência da Bacia do Paraná.

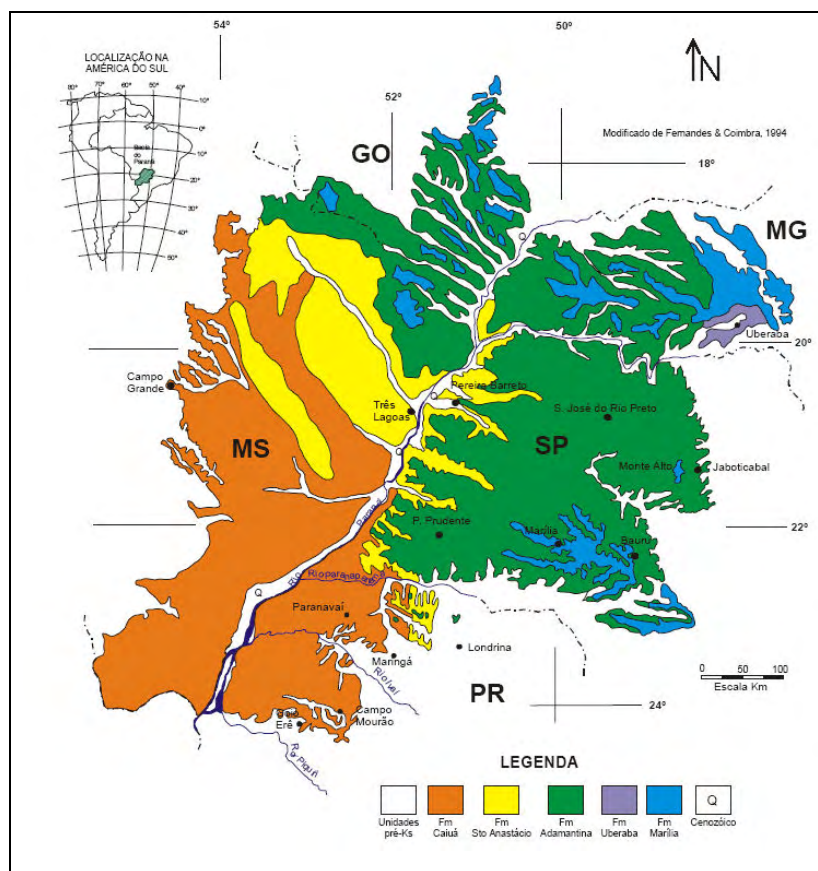
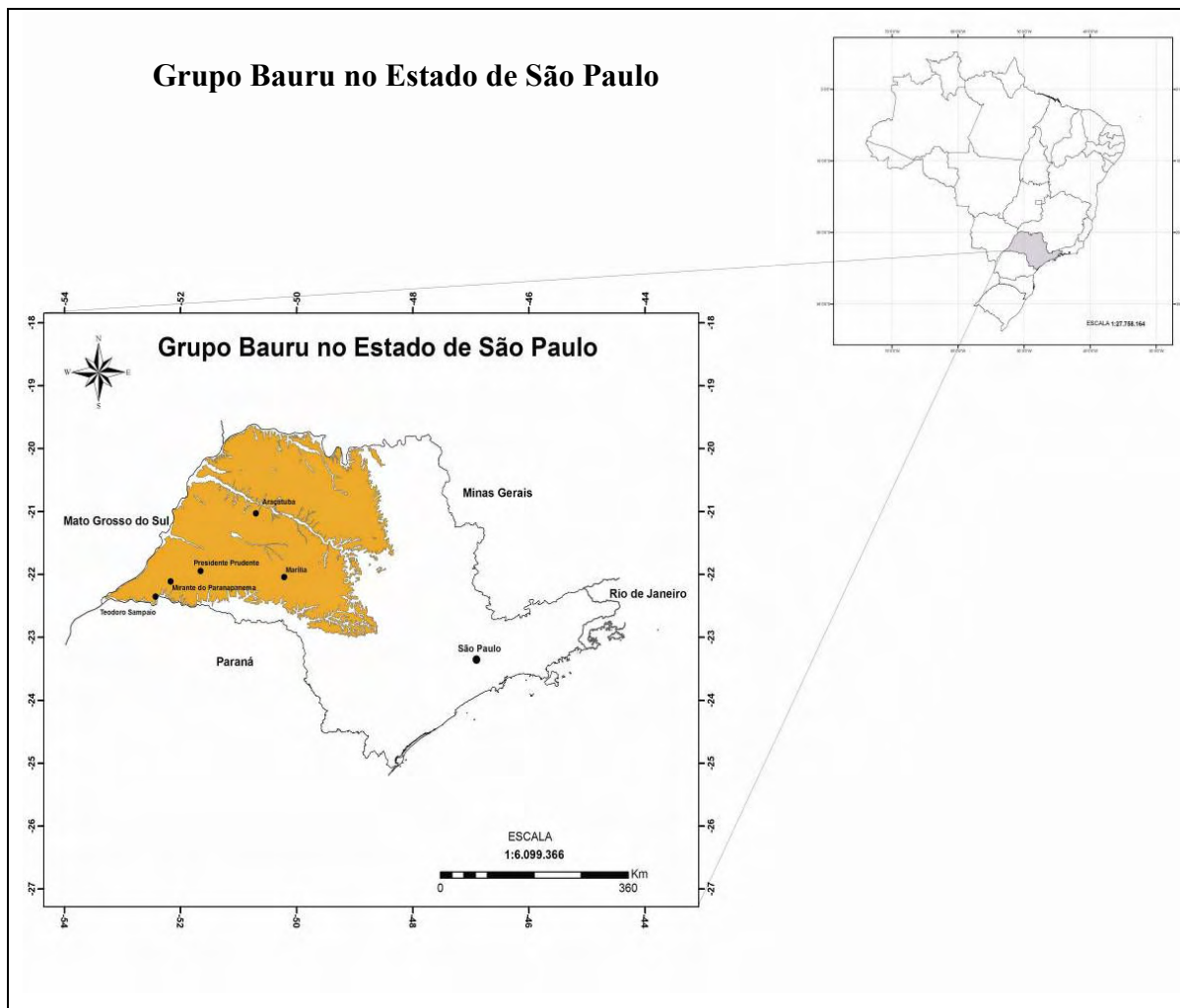


Figura 16 – Ocorrência das unidades da Bacia Bauru (extraído de Paula e Silva, 2003)

O Grupo Bauru é formado por uma seqüência de rochas siliciclásticas de origem continental. Sua espessura média é de 100 metros, atingindo aproximadamente 300 metros na região de Marília e ocupa uma área total de 370.000 km<sup>2</sup>. Tem ocorrência nos estados de São Paulo, Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás e ocupa 47% do território do estado de São Paulo. A Figura 17 apresenta a área de exposição do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.



**Figura 17 – Grupo Bauru no Estado de São Paulo – Adaptado de Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado de São Paulo – CPRM - SIG 2006**

A sequência sedimentar cretácea sotopõe-se, em geral, aos basaltos da Formação Serra Geral e são predominantemente constituídas de sedimentos siliciclásticos de origem continental, arenitos, arenitos argilosos, siltitos, lamitos e argilitos; localmente podem apresentar níveis conglomeráticos, camadas calcárias ou cimentação carbonática. Essas rochas abrigam ocorrências localizadas de magmatismo alcalino, descritas nos municípios de Taiúva, estado de São Paulo, Lajes em Santa Catarina e Iporá em Goiás (DAEE, 1976).

O mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, elaborado por IPT (1981), cita os principais trabalhos realizados na tentativa de estabelecer uma hierarquia estratigráfica, desde as primeiras descrições dos sedimentos cretáceos, denominados “grez de Bauru”, realizadas por Gonzaga de Campos (1905) e Florence (1907) até os trabalhos de Soares et al. (1980) e Almeida et al. (1980). Soares et al. (*op. cit*) propõem a primeira

subdivisão estratigráfica formal do Grupo Bauru, estabelecendo as formações: Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

Gonzaga de Campos (1905 *apud* IPT, 1981) consta como sendo a primeira referência à sucessão sedimentar cretácea no estado de São Paulo, descreveu sua ocorrência entre as cidades de Bauru e Itapura como sendo um depósito de grés, maciço, com raras estratificações, com cimentação ou concreções carbonáticas e calcários maciços.

A Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, no mapeamento da Carta Geológica do Estado (1929), individualizou os arenitos Caiuá e Bauru sotoposto. Esse trabalho representa a primeira divisão estratigráfica da unidade (IPT, 1981).

Washburne (1930 *apud* MEZZALIRA, 1981) descreveu o arenito Caiuá na calha do Rio Paraná, entre os municípios de Jupiá e Guairá, como sendo de granulometria uniforme, ausência de seixos e camadas argilosas, com estratificações cruzadas.

A denominação Santo Anastácio foi utilizada pela primeira vez por Landim & Soares (1976 *apud* IPT, 1981), que descreveram um pacote sedimentar de transição entre os arenitos Caiuá e Bauru.

Sugiuo (1977 *apud* IPT, 1981) propôs a divisão estratigráfica em três litofácies: Araçatuba inferior, São José do Rio Preto, média, e Marília superior. Posteriormente, Stein et al. (1979 *apud* IPT, op. cit.) apresentaram a divisão estratigráfica: formações Caiuá e Santo Anastácio sotopostos ao Grupo Bauru ( formações Ubirajara, Taciba e Marília).

Soares et al. (1980) compilaram os trabalhos existentes e propuseram a primeira divisão estratigráfica definindo a unidade como Grupo Bauru e subdividindo-a nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília, com base em relações de contato e características litológicas e genéticas.

Essa proposta foi adotada no Mapa Geológico do Estado de São Paulo (IPT, 1981) e é aceita ainda hoje por muitos autores como a melhor proposta litoestratigráfica para a unidade (Figura 18).



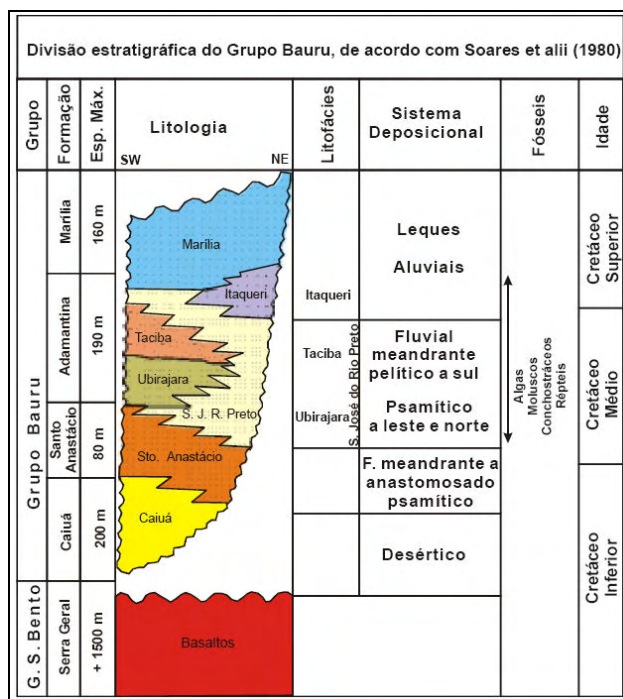
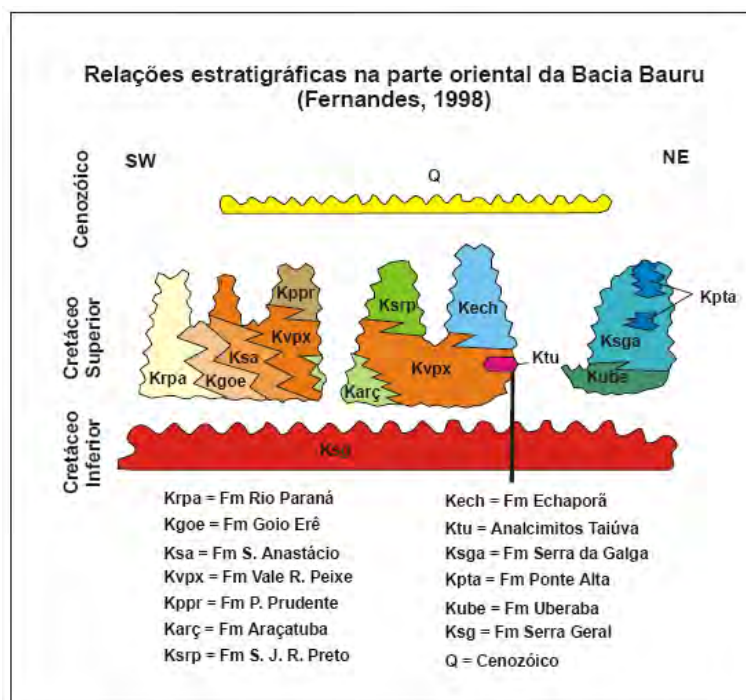


Figura 18 – Divisão estratigráfica proposta por Soares *et al.* (1980)

Os trabalhos de Barcelos & Suguio (1987) que subdividiram a formação Adamantina nos membros Araçatuba e São José do Rio Preto e a Formação Marília nos membros Ponte Alta, Echaporã e Serra da Galga.

Com base nos conceitos de estratigrafia de seqüências, Castro et al. (1999 *apud* PAULA E SILVA, 2003) identificaram ciclos regressivos e transgressivos nos sedimentos do Grupo Bauru: dois ciclos R-T correspondentes à Formação Caiuá; um ciclo R-T relacionado às Formações Santo Anastácio-Adamantina (porção inferior); e o quarto ciclo R-T relacionado à Formação Adamantina, porção superior.

A divisão em dois grupos cronocorrelatos, Bauru e Caiuá, foi proposta por Fernandes (1992, 1998) e posteriormente Fernandes & Coimbra (2000) redefiniram as unidades desses grupos no Estado de São Paulo, sendo o Grupo Caiuá subdividido nas formações Goio Erê, Rio Paraná e Santo Anastácio e o Grupo Bauru dividido nas formações Vale do Rio do Peixe, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Araçatuba e Marília. A Figura 19 ilustra estas relações estratigráficas.



**Figura 19 – Relações estratigráficas proposta por Fernandes (1998)**

Os trabalhos de caracterização estratigráfica utilizando dados obtidos investigando o comportamento das formações em subsuperfície são poucos. Os primeiros foram realizados por Mezzalira (1974) e Barcha (1980) que utilizaram a análise de testemunhos de sondagens para elaborarem suas correlações estratigráficas. Saad et al. (1988) foi o primeiro a fazer uso de perfis geofísicos para correlações litoestratigráficas e obtiveram cinco eletrofácies que correlacionaram com as formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina, subdividida em três unidades.

Os trabalhos de Paula e Silva iniciaram-se em 1994 (*in* PAULA E SILVA, 2003), utilizando perfis geofísicos convencionais na correlação estratigráfica para o Grupo Bauru na região sudoeste do Estado de São Paulo, seguidos por Paula e Silva et al. (1994, 1999), esse último com uso de perfis calibrados no padrão API. Seguiram-se trabalhos de caracterização e detalhamentos (PAULA E SILVA et al. 2002, 2003, 2006).

Esses autores, no trabalho de 1994, identificaram as unidades geofísicas principais correlacionando-as com as formações Caiuá, Santo Anastácio e Adamantina. Foi também identificada nesse estudo uma sucessão lamítica interpretada como sendo cronocorrelata à Formação Caiuá.

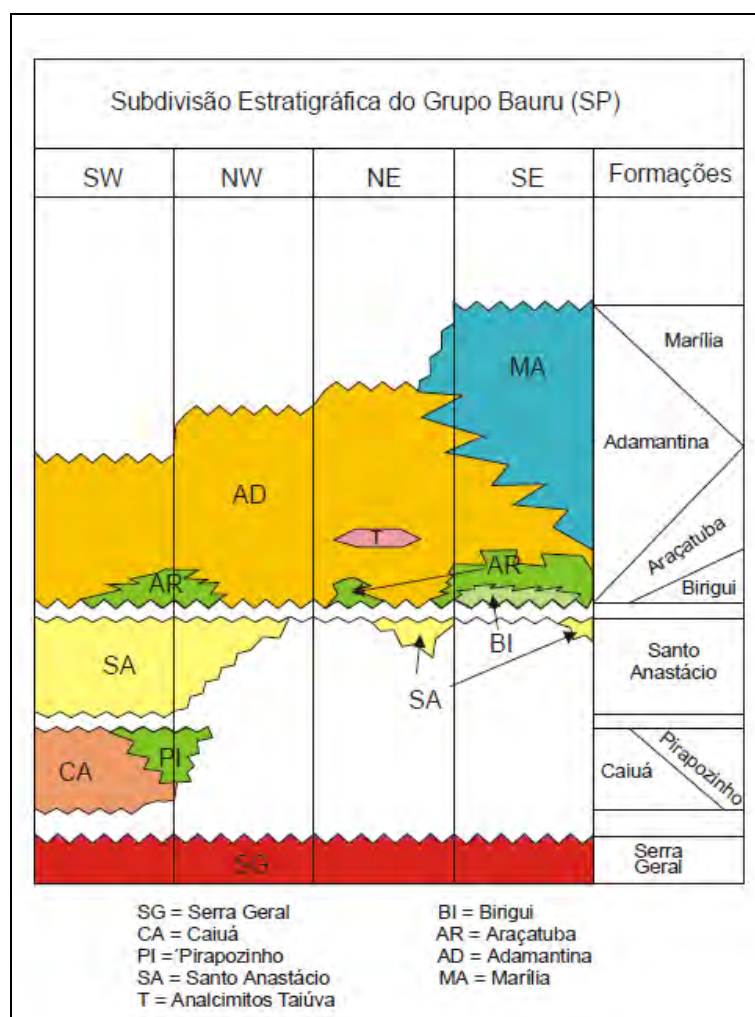
Paula e Silva et al. (1999), fizeram uso de perfis geofísicos de alta resolução que permitiram confirmar as unidades identificadas anteriormente e, também, delimitarem marcos

geofísicos entre elas, que configuram duas superfícies de descontinuidade. Os autores interpretaram a ciclicidade entre fácies pelíticas lacustres e fácies arenosas, como sendo sequências deposicionais de caráter fluvial.

Em 2002, um estudo na região de São José do Rio Preto, Paula e Silva et al. confirmaram a existência de uma descontinuidade geofísica entre as formações Santo Anastácio e Adamantina, sendo interpretada como um hiato temporal entre a deposição dessas duas formações. Interpretaram a Formação Adamantina como correspondente à Formação Uberaba, de ocorrência restrita à porção do Grupo Bauru no triângulo Mineiro.

Em 2003, Paula e Silva relacionou informações obtidas por meio de perfis geofísicos, amostras de calha e testemunho de sondagens. Identificou duas superfícies de descontinuidade regional entre o evento “deposição Caiuá” e “deposição Santo Anastácio”, a segunda descontinuidade separa a “deposição Santo Anastácio” e deposição do “Araçatuba/Marília” na parte superior. Constatou ainda que as litologias formalizadas apresentam padrões geoeletricos definindo as Formações Caiuá, Santo Anastácio, Araçatuba, Adamantina e Marília, e reconheceu duas unidades de ocorrência exclusiva em subsuperfície, designando-as Formações Pirapozinho e Birigui.

A subdivisão estratigráfica adotada nesse estudo segue a proposta de Paula e Silva (2003) e Paula e Silva et al. (2003), conforme apresentada na Figura 20. Esta subdivisão adota, em linhas gerais, a proposta por Soares (1980 *apud* IPT, 1981), não somente por sua antecedência, mas principalmente por sua operacionalidade, tanto em superfície quanto em subsuperfície.



**Figura 20 – Relações entre as unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru nos diferentes compartimentos do Estado de São Paulo proposta por Paula e Silva (2003)**

Uma breve descrição das características gerais das formações que ocorrem na área de estudo é apresentada nos itens a seguir.

#### 4.1 – Formações Caiuá e Pirapozinho

A Formação Caiuá é constituída essencialmente de arenitos depositados sobre o substrato basáltico em um ambiente de embaciamento restrito. Compreende a região do Pontal do Paranapanema, estendendo-se a norte até as proximidades do Rio do Peixe. Sua ocorrência é mais importante na margem esquerda do Rio Paraná, porém tem continuidade menos expressiva nos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul (SIGRH, 2005).

Fernandes (1992) a definiu como sendo o início da sedimentação do Grupo Caiuá denominando-a como Formação Rio Paraná e a descreve na seção-tipo da usina hidroelétrica

de Porto Primavera. Descreveu a formação como sendo constituída por arenitos vermelhos arroxeados com boa uniformidade litológica, com estratificações cruzadas de grande porte tangencial na base, granulometria fina a média, em geral bem selecionados, boa maturidade textural, com pouca matriz silto-argilosa, de composição quartzítica a subarcoseana. O autor interpretou os arenitos da formação Rio Paraná como sendo depósitos de dunas amalgamadas, acumulados em uma região central de *sand sea*, com desenvolvimento de feições eólicas de grande porte, indicando dunas barcanóides. As estratificações cruzadas de maior porte predominam na região do pontal do Paranapanema e extremo oeste do estado do Paraná

Para Paula e Silva (2003) as Formações Caiuá e Pirapozinho são cronocorrelatas e estão associadas a ciclos fluviais controlados por níveis de base locais. A formação Caiuá como seqüência de fácies de granodecrescência ascendente predominantemente arenosa intercalada com fácies de granocrescência ascendente em sistema deposicional fluvial meandrante.

A unidade geofísica equivalente à Formação Caiuá engloba uma sucessão sedimentar delimitada, na parte inferior, pela discordância erosiva da superfície basáltica e, na porção superior, pela superfície de discordância S1. (PAULA E SILVA et al., 2006). Os autores descrevem a Formação Caiuá, em subsuperfície, caracterizada pela presença de um pacote predominantemente psamítico, constituído de arenitos vermelho-vinho a marrom acastanhados, de granulometria variando de muito fina a média, grãos com boa esfericidade e cobertos por película ferruginosa, subarredondados, em geral pouco argilosos, localmente calcíferos, podendo apresentar em sua porção basal, próximo ao contato com os basaltos Serra Geral, arenitos silticos, marrom avermelhados, médios, calcíferos. O Perfil de referência para essa formação foi retirado do poço perfurado na cidade de Presidente Venceslau (PAULA E SILVA, 2003).

A Formação Pirapozinho foi proposta por Paula e Silva (*op. cit.*) para individualizar a unidade litoestratigráfica predominantemente pelítica de ocorrência em subsuperfície no horizonte compreendido pelo substrato basáltico e a superfície de discordância que marca o contato com a Formação Santo Anastácio.

Sua ocorrência em perfis de poços na região de Presidente Prudente havia sido descrita no trabalho de Paula e Silva et al. (1994), e denominada por litofácies C.

Foi individualizada formalmente como formação por Paula e Silva (2003), que estabeleceu seu posicionamento estratigráfico, sua interdigitação lateral com a Formação Caiuá e suas áreas de ocorrência nos compartimentos sudoeste e noroeste da bacia. Relatou espessuras entre 48m e 65m.

Sob a designação de Formação Pirapozinho abriga-se uma sucessão clástica com predomínio de fácies pelíticas. Esta unidade é caracterizada por espessos pacotes de siltitos, lamitos arenosos e argilitos, vermelhos e castanhos e de tons acinzentados a esverdeados, em geral carbonáticos; subsidiariamente, intercalam-se camadas lenticulares de arenitos finos, raramente médios a grossos, em parte sílticos, marrom acastanhados a vermelhos, argilosos. Em perfis, a unidade Pirapozinho tem elevada radioatividade e baixa resistividade, características de camadas predominantemente silto-argilosas, sugestivas de depósitos lacustres, onde variações granulométricas verticais entre termos mais finos ou mais grossos podem ser interpretadas como flutuações do nível de base do lago; localmente, destacam-se padrões granulométricos do tipo *fining upward*, indicativos de depósitos de transbordamento, de pequenos canais ou de rompimento de diques marginais, associados a depósitos psamíticos fluviais (PAULA E SILVA et al. 1994 *apud* PAULA E SILVA 2006).

#### 4.2 – Formação Santo Anastácio

A Formação Santo Anastácio foi formalmente proposta por Soares (1980 *apud* IPT, 1981), sendo constituída predominantemente por arenitos quartzosos frequentemente subarcoseanos, geralmente maciços, cor marrom-avermelhada de granulometria fina a média, matriz inferior a 15%. Apresenta estratificação plano-paralela incipiente e cruzadas de pequeno porte. Presença de grãos de opala e feldspato, cimentação e concreções calcíferas. A espessura é estimada em 80 metros.

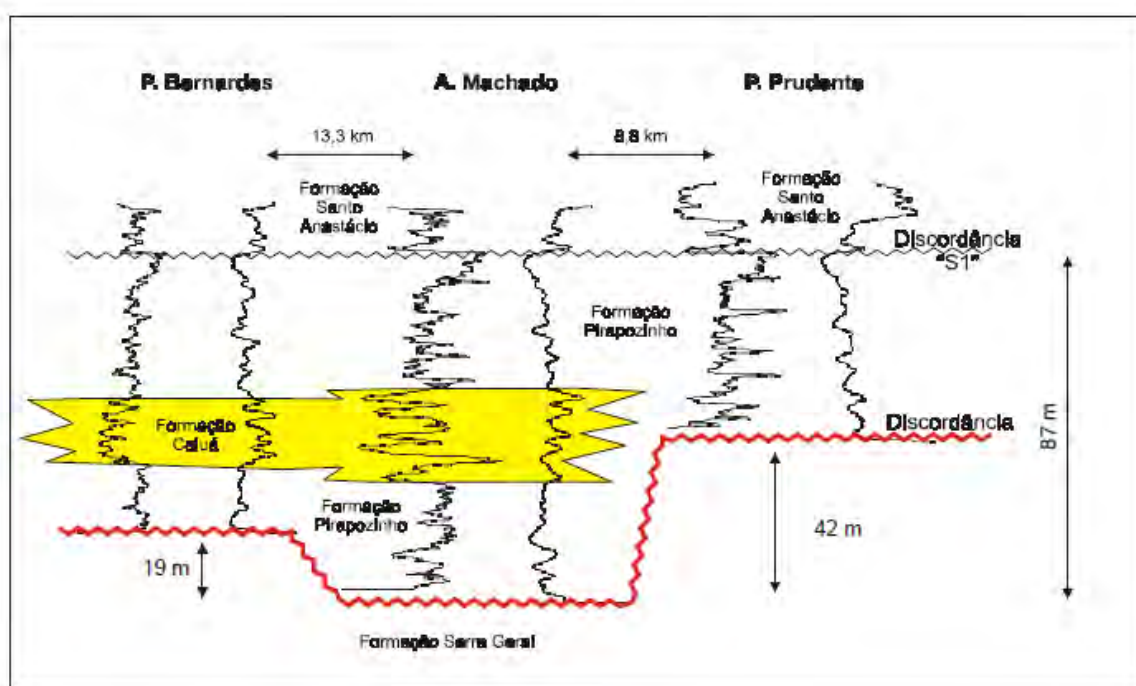
A Formação Santo Anastácio aflora nas regiões de cotas mais baixas e principalmente nas margens dos rios afluentes da margem esquerda do rio Paraná.

Fernandes e Coimbra (2000) classificam a formação Santo Anastácio como pertencente ao Grupo Caiuá em contato lateral com as Formações Goio Erê e Rio Paraná e com passagem gradativa para a Formação Vale do Rio do Peixe pertencente ao Grupo Bauru.

O contexto deposicional é interpretado por Fernandes e Coimbra (2000) como de depósitos de lençóis de areia, essencialmente secos, acumulados em extensas planícies desérticas, situadas na borda dos grandes complexos de dunas dos *sand sea* (mares de areia) do deserto Caiuá. Raramente ocorrem depósitos de enxurradas de chuvas torrenciais esporádicas (*wadis*).

Para Paula e Silva (2003), a unidade apresenta caráter arenoso com padrão cilíndrico nos perfis geofísicos por se tratarem de depósitos em *fining upward* de origem fluvial entrelaçado, com variações locais meandrantes.

A Figura 21 ilustra a correlação estratigráfica entre as Formações Caiuá, Pirapozinho e Santo Anastácio, a superfície de discordância erosiva denominada S1, em seção realizada entre os municípios de Presidente Bernardes e Presidente Prudente, interpretada por Paula e Silva (2003).



**Figura 21 – Seção estratigráfica entre Presidente Bernardes e Presidente Prudente (extraído de PAULA E SILVA, 2003).**

### 4.3 – Aspectos Estruturais

A evolução da Bacia do Paraná teve modificações condicionadas por arqueamentos, flexuras e alinhamentos estruturais no embasamento. A Bacia apresenta altos e embaciamentos internos que influenciaram sua sedimentação. Diversos trabalhos descrevem a importância da configuração do substrato basáltico na sedimentação dos sedimentos da bacia Bauru (ZALÁN et al. 1987, RICCOMINI, 1995,1997, MILANI, 1997 *apud* PAULA E SILVA, 2003).

As maiores espessuras dos sedimentos do Grupo Bauru estão depositados nas regiões de maior espessura dos basaltos da Formação Serra Geral, o que sugere que flexuras

relacionadas ao platô basáltico na porção central da Bacia do Paraná tenham condicionado a deposição sedimentar.

Alguns autores como Paula e Silva et al. (2003) e Fernandes e Coimbra (2000) associam o soerguimento tectônico das bordas com a lenta subsidência da bacia fatores, que condicionaram seu preenchimento. A geometria da deposição neo-Cretácea da Bacia do Paraná é afetada pela zona de falha de Guapiara, pelo lineamento São Sebastião, pela antéclise de Rondonópolis, a noroeste, pelo Alto de Paranaíba, a nordeste, pela Serra do Mar, a leste, pelo arco de Assunção e pelo Arco de Ponta Grossa, a sul.

Internamente, altos e depressões da superfície basáltica têm sido demonstrados em diversos trabalhos. Alguns autores citados no mapa geológico do IPT (1981): Mezzalira (1974), Brandt et al., (1978), Suguio et al. (1977), Almeida et al. (1981) e Barcha (1989 e 1985), atribuem essas feições a eventos tectônicos ou erosivos. Soares et al. (1979) interpretou-os como sendo desnivelamento da superfície.

Depressões foram constatadas em mapas de contornos estruturais do substrato basáltico, com informações extraídas de sondagens, entre outros nos trabalhos de DAEE (1979) e Paula e Silva et al. (1994 e 1999), nas regiões de Presidente Bernardes, São José do Rio Preto, Lins, Jales e Sud Menucci.

Alinhamentos estruturais foram inferidos em trabalhos de diversos autores como em Suguio et al. (1977 apud IPT op cit.) que sugerem haver um alto Bauru-Fernandópolis compartimentando a sedimentação da bacia; Coimbra et al. (1977) relatam o alinhamento que condiciona o Rio Tietê e outros definiram os alinhamentos do Paranapanema, do rio Mogi-Guaçu, São Carlos-Leme, Ibitinga-Botucatu.

Paula e Silva et al. (2003), ao analisarem regionalmente inúmeras sondagens de poços no Estado de São Paulo constataram dois embaciamentos principais orientados NE-SW (com mergulho para SW), separados por alto estrutural interno, também orientado NE-SW, com caimento para SW e um alto interno orientado NW-SE, com mergulho para NW evidenciando maior influência de *trends* nordeste. Identificaram compartimentações propondo as denominações depressões de Presidente Bernardes, Dracena, Sud Menucci, Queiroz e Rio Preto e os altos de Tanabi, Pereira Barreto e Paraguaçu Paulista. O autor acredita que essas estruturas governaram a acumulação e preservação das unidades cretáceas suprabasálticas, (Figura 22).



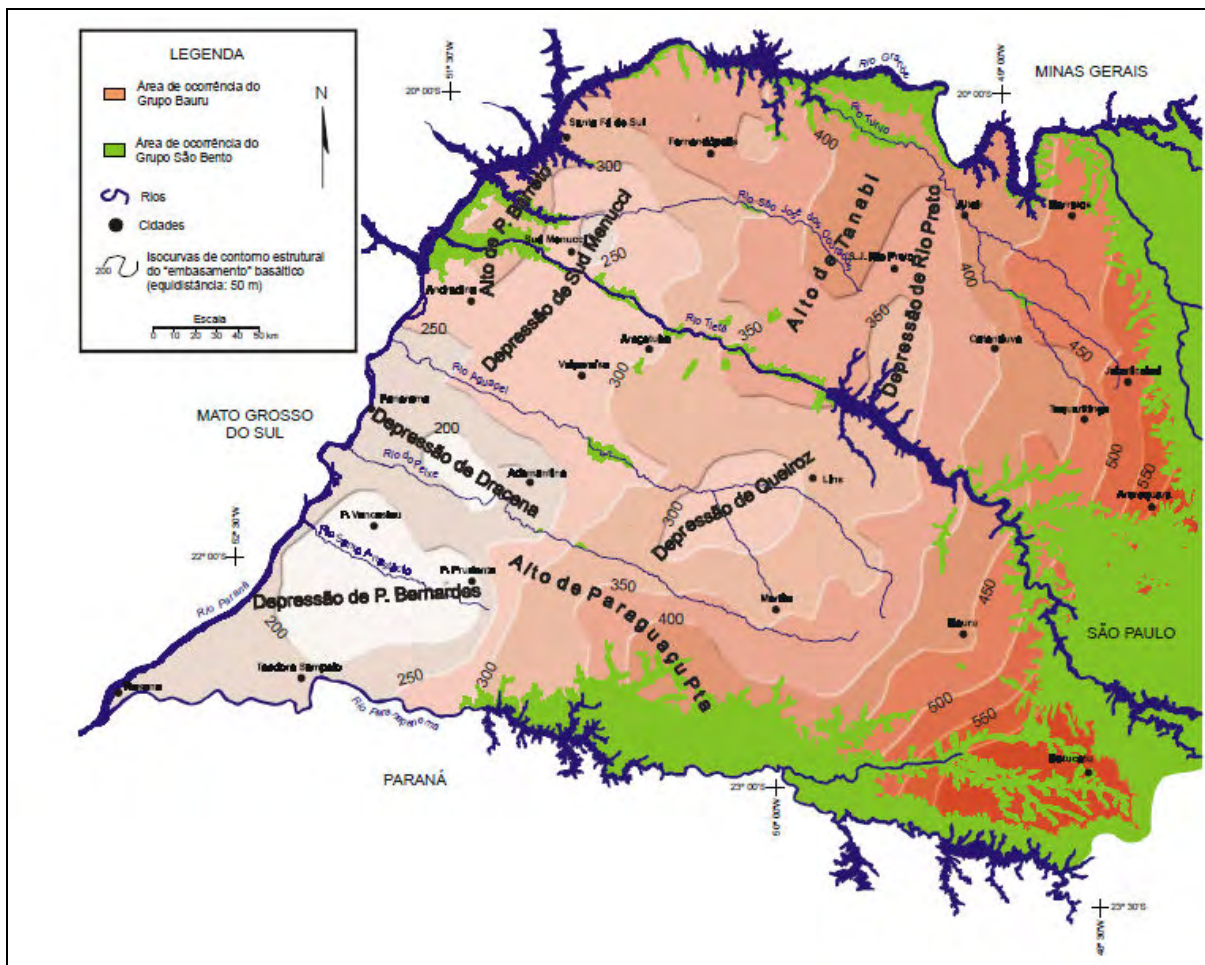


Figura 22 – Mapa de contorno estrutural do embasamento basáltico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo (extraído de PAULA E SILVA, 2003).

## **5. HIDROGEOLOGIA E HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO BAURU**

O Sistema Aquífero Bauru é um reservatório de água subterrânea constituído pelas rochas do Grupo Bauru. O SAB ocupa aproximadamente a metade oeste do território do Estado de São Paulo e possui uma área aproximada de 96.880 km<sup>2</sup>. Seus limites dentro do Estado de São Paulo compreendem: a oeste e noroeste, o rio Paraná, a norte, o rio Grande, a sul, o rio Paranapanema, e as áreas de afloramento da Formação Serra Geral na porção leste.

O Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE 2005), escala 1:1.000.000, que apresenta a sistematização e síntese dos conhecimentos hidrogeológicos, classificou-o em duas unidades hidroestratigráficas maiores: Bauru Médio/Superior (Formações Adamantina e Marília) e Bauru Inferior/Caiuá (Formações Caiuá e Santo Anastácio). As duas unidades têm caráter livre a localmente confinado, apresentam porosidade granular e contínua, com porosidade não uniforme na unidade média/superior e porosidade uniforme na unidade inferior. A Figura 23 ilustra a ocorrência do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo, destacando sua heterogeneidade refletida na variação de vazões.

Por meio de análise de perfis geofísicos de poços tubulares profundos, Paula e Silva (2003) e Paula e Silva et al. (2006) subdividiram o SAB em unidades hidroestratigráficas que, haja vista a correspondência litoestratigráfica e hidroestratigráfica, foram denominadas aquíferos Marília, Adamantina, Birigui, Santo Anastácio e Caiuá e aquitardes Araçatuba e Pirapozinho.

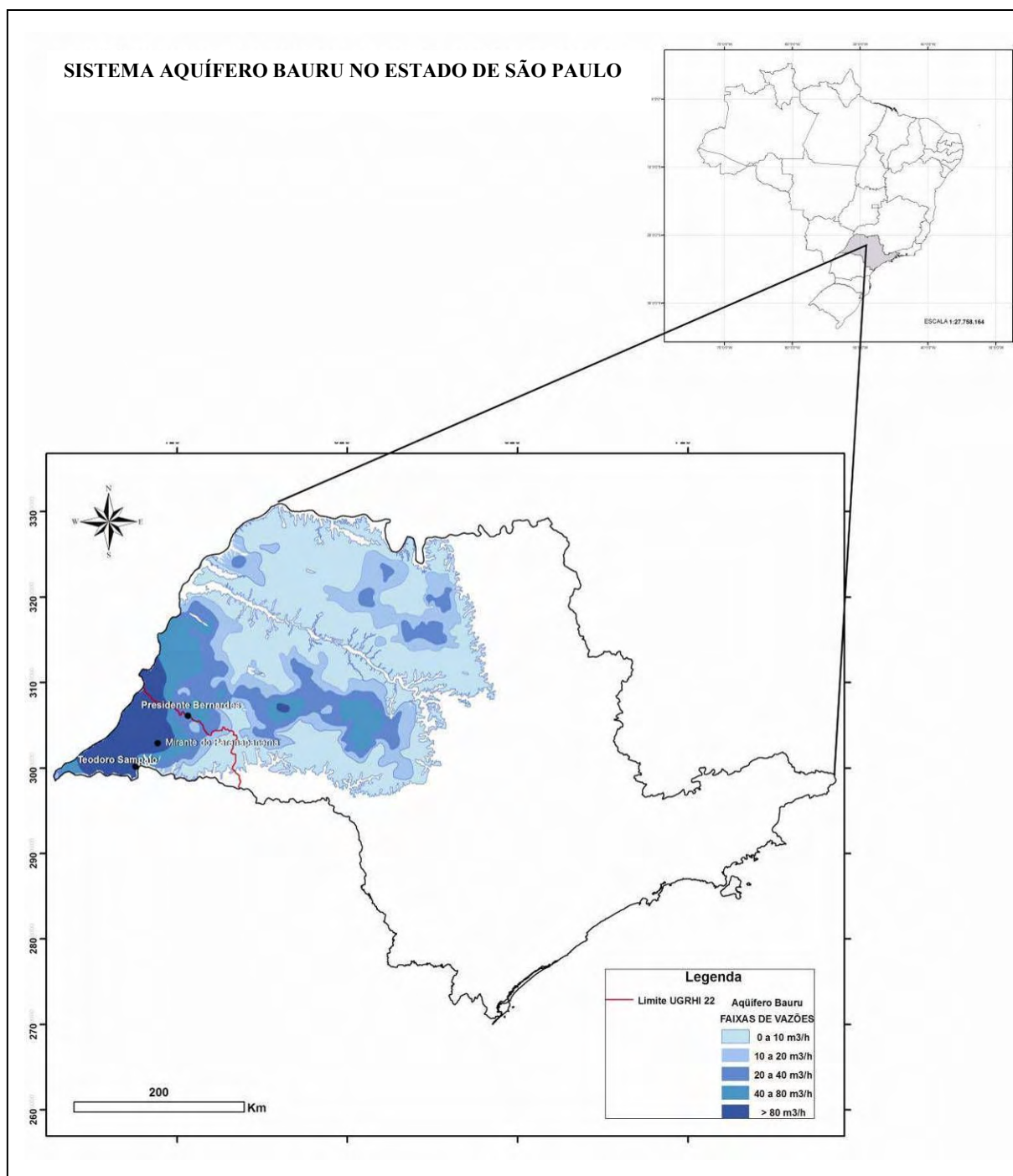


Figura 23 – Ocorrência do Sistema Aquífero Bauru no Estado de São Paulo – Simplificado de Mapa de Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo (DAEE, 2005).

### 5.1 – Comportamento Hidráulico Regional

A caracterização do SAB foi embasada nas informações de 676 poços em um universo de 1099 poços cadastrados apresentando os seguintes resultados:

O Aquífero Bauru inferior/Caiuá tem caráter livre a localmente semiconfinado, granular, contínuo e uniforme; permeabilidades de 1 a 3 m/dia; transmissividade variando

entre 100 a 300 m<sup>2</sup>/dia. Iritani et al. (2000 *apud* DAEE, 2005) calcularam valores de transmissividade superiores a 100 m<sup>2</sup>/dia para a região do Pontal do Paranapanema. A espessura saturada varia entre 150 m e 230 m na região de Presidente Prudente; a capacidade específica média é de 0,57 m<sup>3</sup>/h/m, atingindo valores de 1,6 m<sup>3</sup>/h/m; condutividade hidráulica entre 0,002 m/dia a 3,66 m/dia; porosidade efetiva entre 10 a 15% e coeficiente de armazenamento específico da ordem de 10<sup>-1</sup> e vazões entre 40 a 80 m<sup>3</sup>/h.

Paula e Silva (2003) ressalta que a maioria dos trabalhos realizados com o intuito de caracterizarem hidrodinâmica e hidroquimicamente o SAB, são limitados pelo desconhecimento do arcabouço litoestratigráfico de subsuperfície. Os resultados refletem condições hidráulicas e químicas gerais da coluna estratigráfica atravessada pelo poço, o que pode englobar mais de uma unidade.

## 5.2 – Qualidade da Água

Campos (1987) contribuiu significativamente para o estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Concluiu que as águas subterrâneas apresentam-se em dois tipos dominantes: águas bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas. Demonstrou que os íons HCO<sup>3-</sup>, Ca<sup>+2</sup> e Mg<sup>+2</sup> são os principais responsáveis pelo processo de enriquecimento salino das águas subterrâneas da unidade e apresentam baixa salinidade, que varia em geral de 100 a 200 mg/L.

Coelho (1996) classificou as águas do Sistema Aquífero Bauru como fracamente mineralizadas, com valores de condutividade elétrica inferiores a 360 µS/cm. A quantidade de sódio encontrada variou de 0,6 a 73,3mg/L; para cloreto foram obtidos valores elevados de até 208 mg/L. O pH observado variou entre 5,84 e 10,05, e os teores de alcalinidade observados variaram de 54,9 a 311 mg/L.

Segundo Barison (2003), as águas do Sistema Aquífero Bauru são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas. As formações Marília e Santo Anastácio apresentaram águas bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas. Na Formação Caiuá foram encontradas águas cálcio-magnesianas e sódicas. Esse estudo também apresentou algumas amostras de águas com teores elevados de nitratos que podem estar associados à contaminação.

DAEE (2005) descreve as águas do SAB, de modo geral, como sendo de baixa salinidade, resíduo seco raramente atingindo 300 mg/L. As concentrações salinas apresentam menores teores nos vales e à jusante dos rios interiores, enquanto as maiores concentrações

salinas são encontradas ao longo dos espigões de Pompéia - Adamantina e Valparaíso - Mirandópolis. Segundo Campos (1993 *in* DAEE, 2005), o pH varia de ácido (4,59) a básico (9,64), com predominância de águas bicarbonatadas cálcicas nas áreas de planaltos e espigões, e bicarbonatadas cálcio-magnesianas nas áreas próximas aos vales. No extremo oeste do estado, e nas regiões de Pirapozinho e Bastos, ocorrem águas bicarbonatadas sódicas.

Stradioto (2007) caracterizou o SAB na região sudoeste do Estado de São Paulo e apontou predomínio de águas bicarbonatadas cálcicas e sódicas, secundariamente clorosulfatadas cálcicas e cloretadas sódicas. Na região de Cuiabá Paulista encontrou águas clorosulfatadas cálcicas, em Mirante do Paranapanema as águas foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas e no município de Teodoro Sampaio como bicarbonatadas sódicas, o que exemplifica a grande variação química da água que, segundo a autora, está relacionada com a composição litológica do aquífero.

## 6. MODELO HIDROGEOLÓGICO CONCEITUAL

Com o intuito de caracterizar o arcabouço hidrogeológico na área do assentamento, não foram realizadas descrições de afloramentos ou reconhecimento geológico regional, foram utilizadas somente a integração de interpretação de perfis geofísicos e das informações obtidas através da perfuração dos poços na área para exploração de água subterrânea.

### 6.1 – Poços Tubulares

Os 5 poços foram instalados na área visando fornecer água para o maior número de casas possíveis. A Figura 24 apresenta os perfis construtivos dos poços em escala vertical e a TABELA 5 resume as principais informações dos poços.

<b>TABELA 5 – Informações dos poços instalados</b>						
<b>Poço</b>	<b>Coord. E (UTM)</b>	<b>Coord. N (UTM)</b>	<b>Cota (m)</b>	<b>Prof. Total (m)</b>	<b>N.E (m)</b>	<b>Aquífero</b>
Poço-01	384643,93	7533051,01	334,80	100	39,42	Sto. Anastácio
Poço-02	386268,44	7533100,18	343,71	120	30,20	Sto. Anastácio
Poço-03	386196,32	7532425,12	327,03	170	39,20	Sto. Anastácio/Caiuá
Poço-04	387364,61	7531266,04	323,08	150	29,30	Sto. Anastácio/Caiuá
Poço-05	387349,47	7530851,23	319,83	130	22,65	Sto. Anastácio/Caiuá

Na Figura 24 observa-se à direita dos perfis as litologias em amostras de calha. Os poços 1 e 2 estão instalados na Formação Santo Anastácio e os outros três poços atravessam toda a espessura do Grupo Bauru na área até atingirem o embasamento (Formação Serra

Geral). Ocorre no topo a Formação Santo Anastácio, sobreposta à Formação Caiuá, na base, e os basaltos da Formação Serra Geral, no final das sondagens.

A descrição das amostras de calha não permite delimitar com clareza as litofácies nem determinar a variação das proporções pelíticas, o que é melhor evidenciado nos perfis de raios gama.

Na parte superior das sondagens, até uma profundidade em torno de 90 m, chegando a atingir 120 m no poço 2, tem-se a ocorrência de arenito fino avermelhado, com óxido de ferro recobrando os grãos de quartzo e matriz lamítica, correspondente à Formação Santo Anastácio; abaixo a Formação Caiuá apresenta espessuras entre 40 e 60 m, sendo formada por arenito fino, marrom-avermelhado a arroxeadado, com diminuição da matriz fina e de película ferruginosa envolvendo os grãos de quartzo. Abaixo da Formação Caiuá ocorrem basaltos da Formação Serra Geral que representam o substrato dos sedimentos do Grupo Bauru.

Os poços 1 e 2 captam água proveniente da aquífero Santo Anastácio e os demais poços captam mistura de águas dos aquíferos Santo Anastácio e Caiuá.

Não é possível determinar com precisão a profundidade em que ocorre o contato entre as Formações Santo Anastácio e Caiuá, somente por meio das descrições das características das amostras de calha, que não apresentam mudanças muito marcantes, por vezes, apenas apresentam mudanças de coloração, além do fato de virem desagregadas, não permitindo saber com precisão qual horizontes elas realmente representam.

O contato foi determinado com o auxílio das análises dos perfis geofísicos de raios gama, que indicam não haver nenhuma camada mais argilosa que separe hidráulicamente as duas formações, podendo ser consideradas como um sistema aquífero multicamadas livre.

## PERFIL CONSTRUTIVO DOS POÇOS

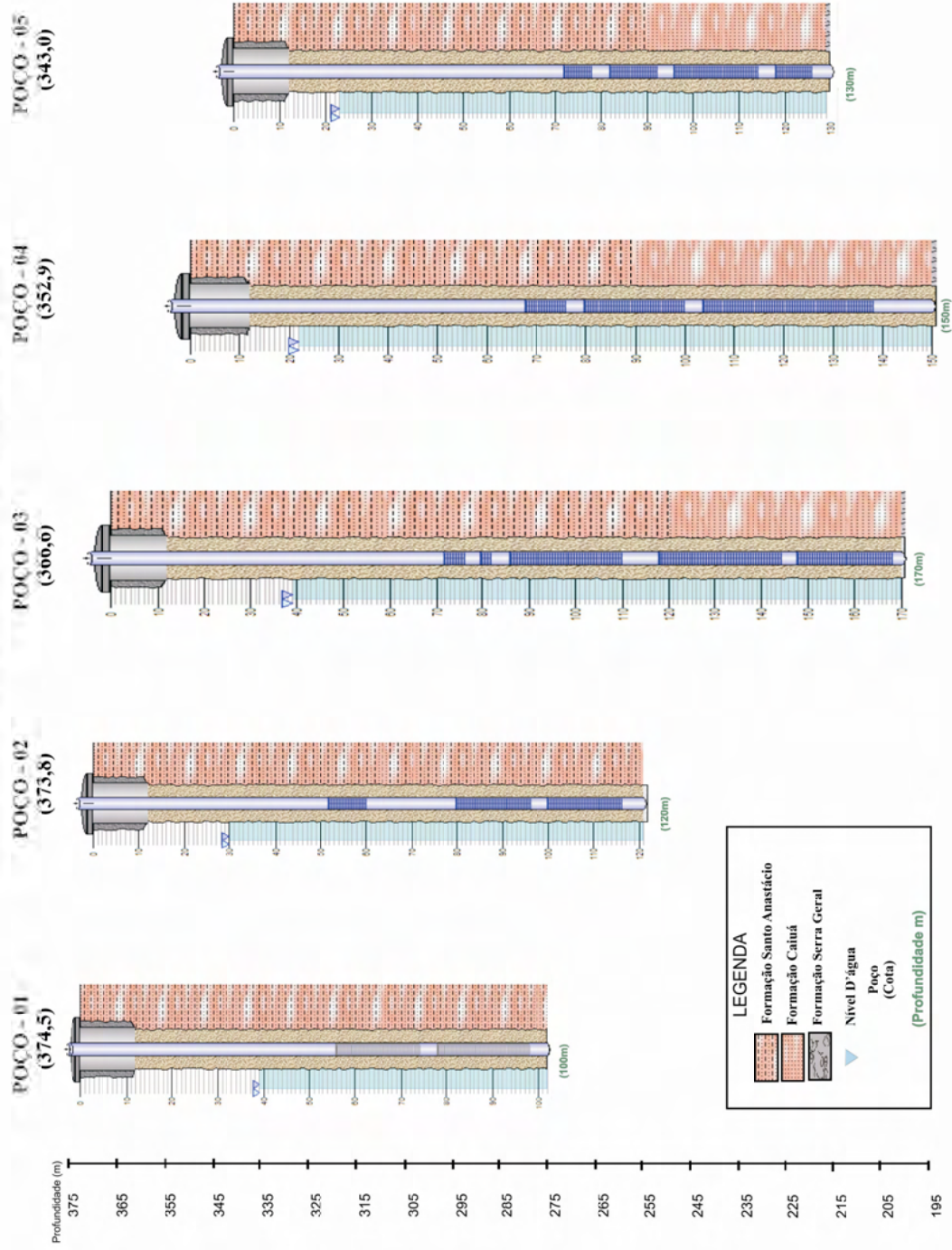


Figura 24 – Perfil construtivo dos poços instalados



## **6.2 – Direção de Fluxo**

O sentido geral de fluxo da água subterrânea na área do assentamento é em direção à drenagem principal, o ribeirão Nhancá a sul, que é um tributário do rio Paranapanema, que condiciona o fluxo subterrâneo regional.

O mapa potenciométrico apresentado na Figura 25 foi elaborado levando-se em consideração apenas os níveis de água obtidos nos poços, uma vez que a drenagem que atravessa a área e deságua no ribeirão Nhancá encontra-se suspensa do aquífero Santo Anastácio, sustentado por um substrato um pouco mais argiloso existente no topo da formação Santo Anastácio nessa localidade. Uma evidência dessa separação com o aquífero é a intermitência da drenagem superficial que seca em períodos de estiagem mais prolongados.

O córrego Ravenágora apresenta um regime de fluxo perene, com nascentes ao norte da área, de extensão de aproximadamente 8 km e deságua no ribeirão Nhancá. A amostra de água do ponto de jusante (Amostra-07) se apresenta um pouco mais mineralizada que a amostra de montante (Amostra-09), devido à contribuições do aquífero Santo Anastácio, contudo não é possível determinar qual aquífero é responsável por seu escoamento de base.

O fluxo local indicado no mapa potenciométrico é em direção ao ribeirão Nhancá, que se configura como ponto de descarga local do Sistema Aquífero Bauru, como indicado pelas setas na Figura 25.

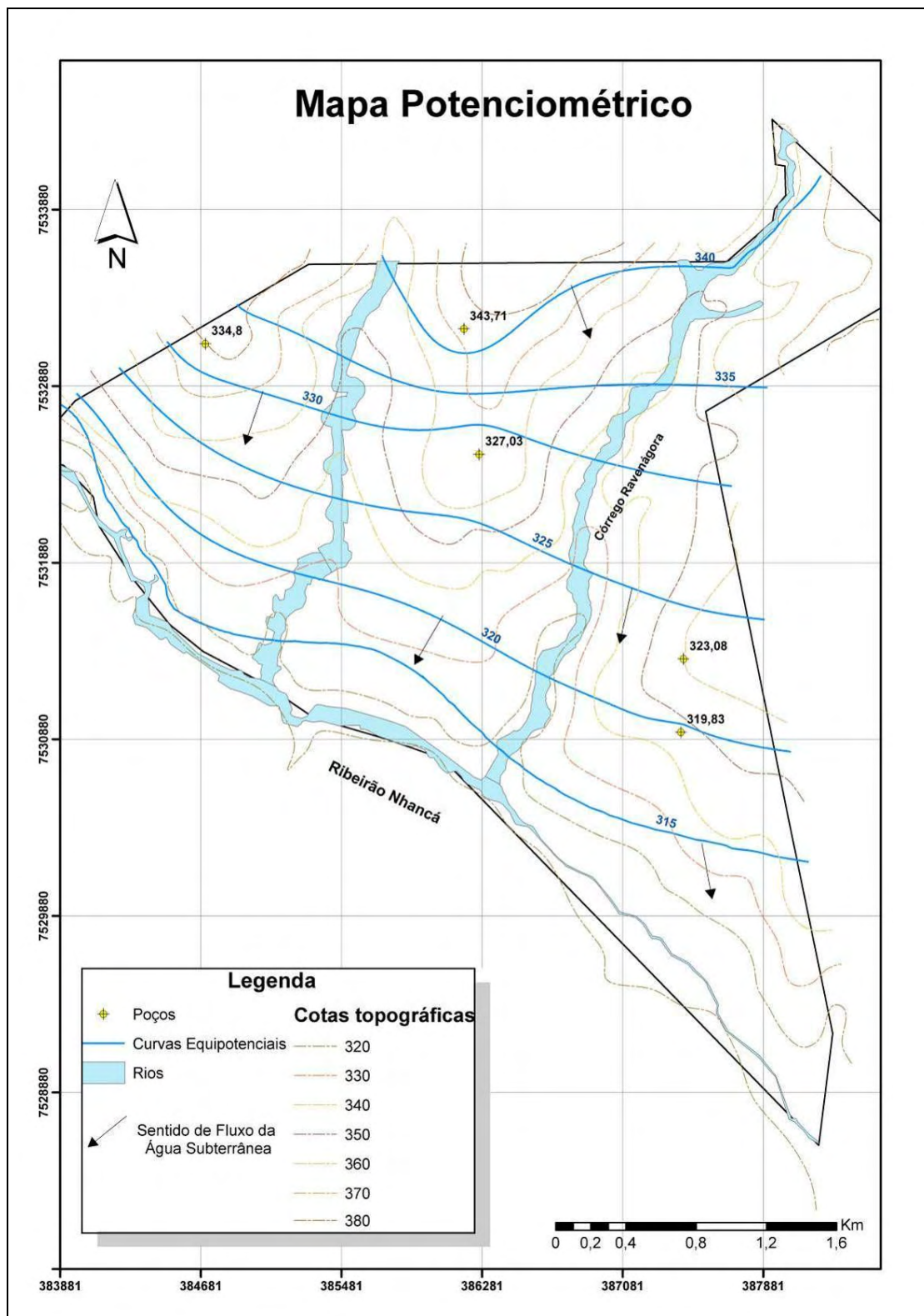


Figura 25 – Mapa potenciométrico do sistema aquífero Santo Anastácio - Caiuá

### 6.3 – Testes de Bombeamento

Os testes de rebaixamento foram executados no poço 2, que capta água do aquífero Santo Anastácio e no poço 5 que capta água dos aquíferos Santo Anastácio e Caiuá. A TABELA 6 resume as informações obtidas e o Anexo I contém os gráficos e planilhas obtidos no programa *Aquifer Test 3.5 Pro*.

TABELA 6 – Parâmetros obtidos nos testes de bombeamento							
Poço	N.E (m)	N.D. (m)	Vazão* (m <sup>3</sup> /h)	Capacidade Específica	Método Interpretação	Transmissividade (m <sup>2</sup> /d)	Condutividade Hidráulica (m/d)
2	30,53	32,27	6,5	3,7	Theis	81,7	0,63
					Cooper-Jacob	154,0	1,18
5	23,30	28,01	12	2,5	Theis	86,5	0,83
					Cooper-Jacob	81,1	0,78

\* vazão da bomba nos testes

Os valores calculados apresentam diferenças conforme o método de interpretação adotado e dependem da sensibilidade do executor no ajuste da reta que melhor represente os dados de campo. Os resultados obtidos que melhor se ajustam aos dados da literatura foram os calculados pelo método de Cooper-Jacob, que resultou em valores de transmissividade entre 81 e 154 m<sup>2</sup>/dia. As condutividades hidráulicas ficaram entre 0,78 e 1,18 m/d, equivalentes a valores da ordem de 10E<sup>-3</sup> a 10E<sup>-4</sup> cm/s, esperados em areias a areias argilosas.

O método de Cooper-Jacob, por ser uma simplificação do método de Theis, na maioria dos casos é aplicado para testes de curta duração, em aquíferos livres como neste caso.

O valor calculado de capacidade específica para o poço 2 refere-se ao aquífero Santo Anastácio e o valor obtido no poço 5 é resultado do sistema aquífero Santo Anastácio-Caiuá existentes na área.

Não foi possível avaliar os resultados obtidos no teste de bombeamento do poço 3, pela ineficiência da bomba instalada em rebaixar o nível da água.

#### **6.4 – Litoestratigrafia da Área**

A caracterização litológica foi baseada principalmente na interpretação dos perfis geofísicos, utilizando-se também as descrições de amostras de calha.

O padrão API de raios gama para um arenito limpo varia entre 10 e 30, e para arenitos argilosos, entre 30 e 45. Para os perfis da área, onde a maioria dos valores estão entre 10 e 30, com poucos picos ultrapassando esse valor, adotou-se uma linha de corte em 20 API para classificar arenitos mais permeáveis, ou seja, menos argilosos dos pacotes de arenitos um pouco mais argilosos.

Os perfis e as amostras observadas não indicam ocorrências de sedimentos radioativos de origem vulcânica de modo que os maiores valores de raios gama se dão pelo aumento de material pelítico, resistividades mais altas estão associadas à diminuição da contribuição de sedimentos pelíticos, e a diminuição da porosidade implica em diminuição do tempo de trânsito sônico. O gráfico apresentado na Figura 26 exemplifica a relação entre os valores de resistividade e raios gama para o poço 5, onde pode-se notar o decréscimo da resistividade quando há um aumento dos valores de raios gama.

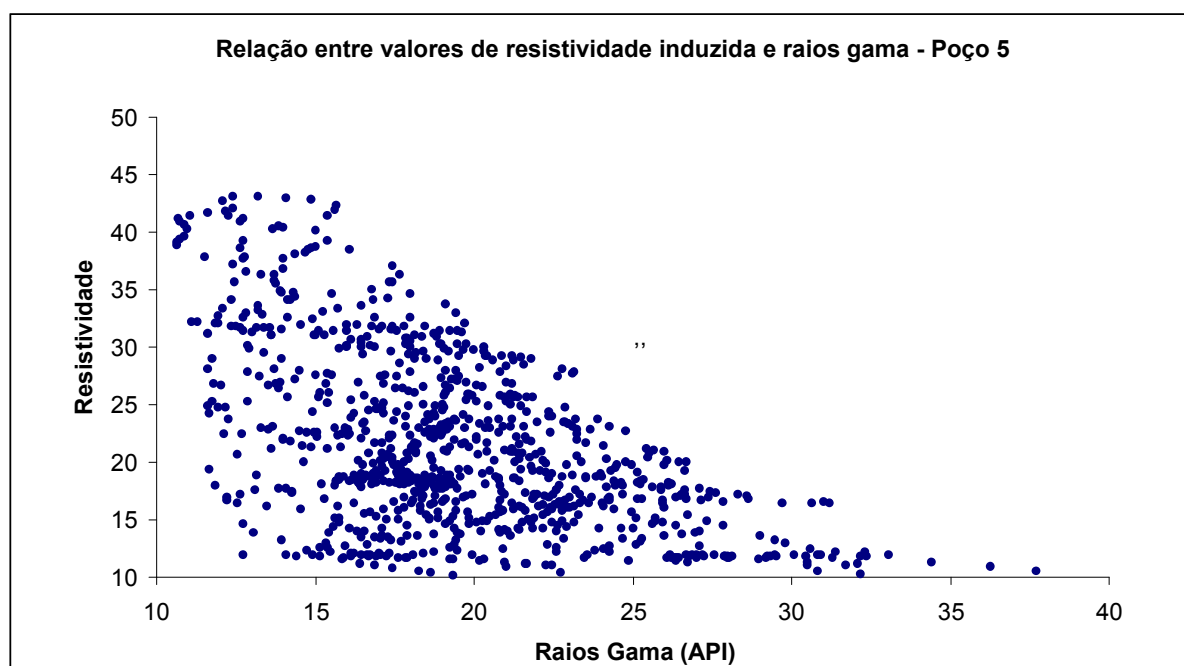


Figura 26 – Gráfico de resistividade induzida *versus* raios gama – Poço 5

Deste modo, tem-se a variação na matriz pelítica denominada aqui simplificada por “argilosidade” como fator determinante na variação da resistividade e aumento dos raios gama.

Cabe ressaltar que não há descrição de amostras de argilitos, todos os sedimentos retirados das sondagens são correspondentes a arenitos que variam o teor da matriz silto-argilosa.

A Figura 27 apresenta a interpretação litológica para os 5 poços, sendo que para os poços 1 e 2 foram utilizados apenas os perfis de raios gama.

**SEPARAÇÃO FACIOLÓGICA POR MEIO DE INTERPRETAÇÃO DE PERFIS DE RAIOS GAMA**

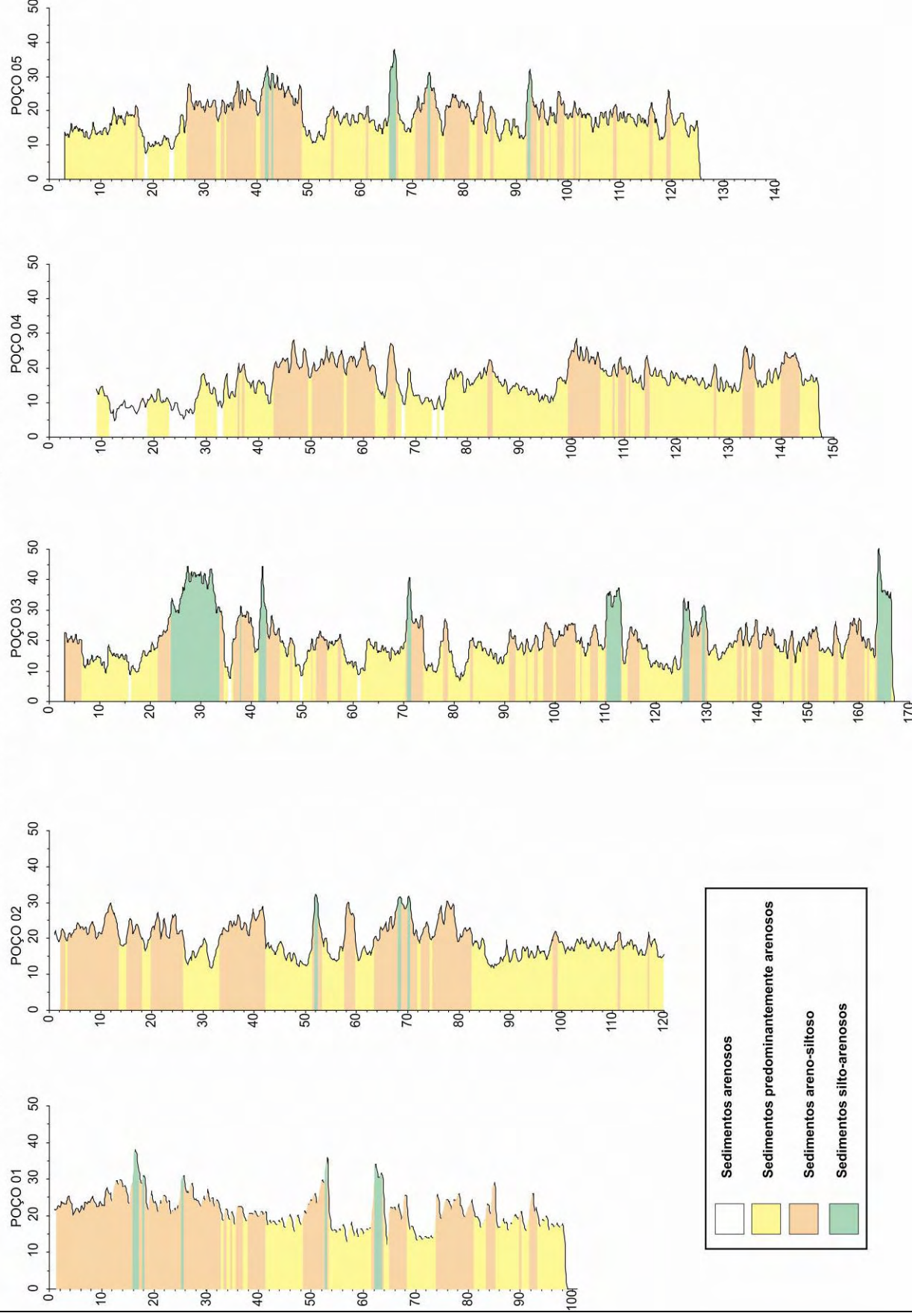


Figura 27 – Separação faciológica por meio da interpretação de perfis de raios gama

A Figura 28 apresenta a interpretação integrada dos perfis de raios gama e resistividade induzida, realizada para os poços 3,4 e 5, evidenciando que o aumento da resistividade é decorrente do aumento da granulometria.

Os perfis foram colocados em escala vertical e alturas relativas às cotas topográficas, sendo possível observar os desníveis no topo decorrente do processo de erosão atual e o desnível no substrato basáltico. A superfície de contato S1 de Paula e Silva (2003), representada por um traço contínuo, delimita as duas formações que ocorrem na área, nota-se que abaixo dessa linha, é possível observar mudança no padrão de comportamento também para a curva de resistividade, que passa a apresentar uma amplitude menor na Formação Caiuá frente ao comportamento da curva para a Formação Santo Anastácio.

A porção central do assentamento representada pelo perfil do poço-3 apresenta a maior espessura de sedimentos tanto pela configuração do embasamento como pela superfície topográfica atual e representa o registro mais completo do Grupo Bauru na área. Apresenta espessura de 125m de Formação Santo Anastácio onde podemos observar alguns níveis de arenito com raios gama inferior a 10 API, o que não ocorre nos registros da mesma formação nos poços 1 e 2. A porção superior da Formação Santo Anastácio, nesse perfil, até a profundidade aproximada de 35m tem um padrão diferente dos demais perfis avaliados, que podem ter sido erodidos ou simplesmente não ocorrem nos demais. A delimitação da Formação Caiuá é bem definida, no topo por uma camada silto-arenosa, de aproximadamente 5m de espessura, com pico de raios gama de aproximadamente 35 API, e na base também ocorre outra camada silto-arenosa, com valores de raios gama chegando a atingir 60 API.

Na Formação Santo Anastácio ocorrem pacotes arenosos com valores de raios gama inferiores a 10 API, sendo aqui interpretados como arenitos com melhor potencial aquífero. O perfil do poço 4 chega a apresentar aproximadamente 16 m de arenitos com essa característica, o que sugere que a porção oriental da área seja potencialmente melhor produtora de água.

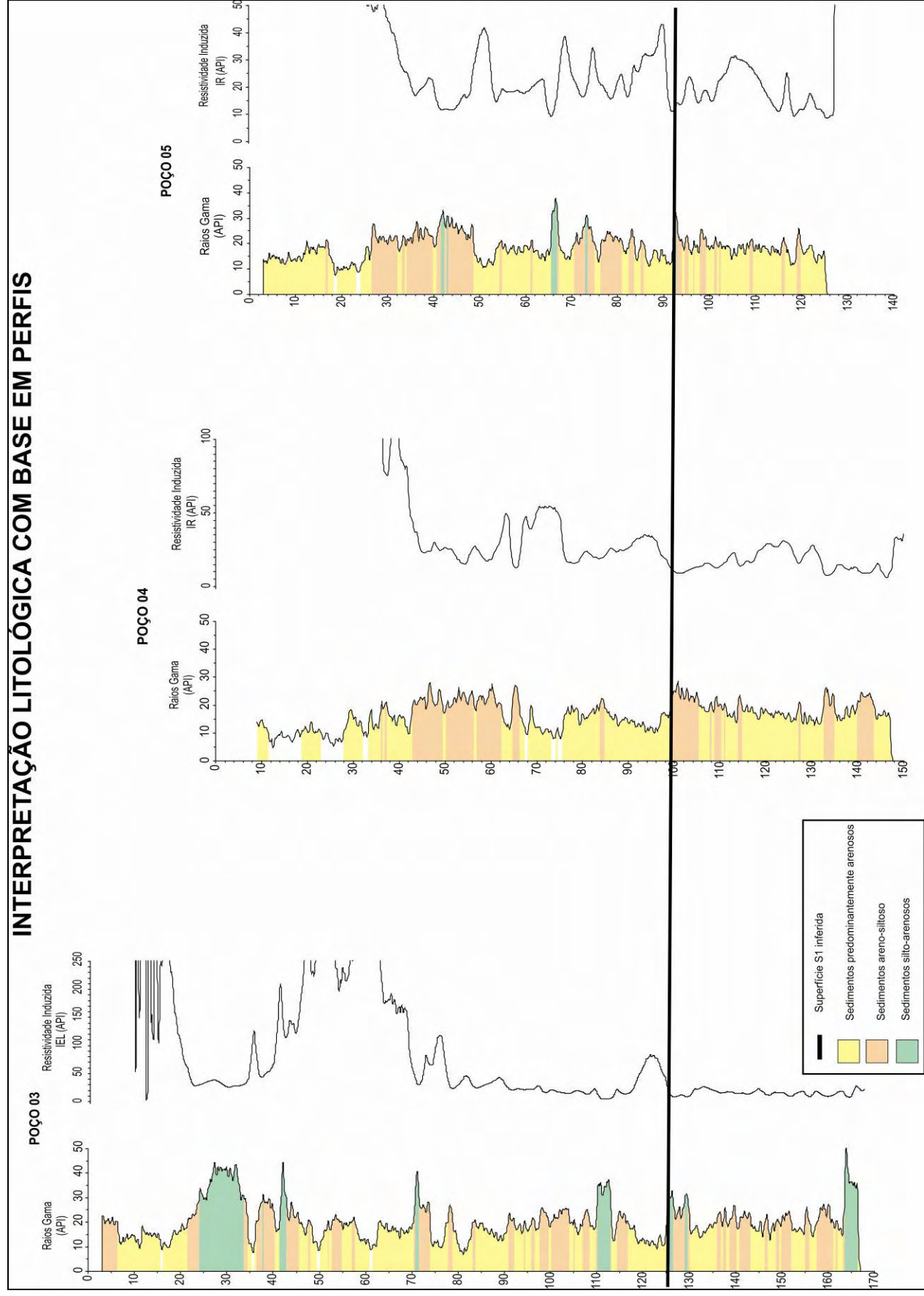


Figura 28 – Interpretação qualitativa dos perfis de raios gama e resistividade induzida nos poços 3,4,5



Ambas formações são constituídas por sucessões de intercalações de camadas ora mais siltosas ora arenosas, interdigitadas, em sequências de *fining upward* de espessuras variadas, de difícil correlação lateral.

Observa-se nos perfis 1, 2 e 3 da Figura 27, que o topo da Formação Santo Anastácio, na porção ocidental da área, apresenta maior “argilosidade”, ou seja, há uma frequência maior de camadas silto-argilosas, até aproximadamente 30 metros de profundidade, ao passo que na metade oriental predominam camadas arenosas. Tal configuração implica em uma descontinuidade hidráulica vertical entre os aquíferos freático e Santo Anastácio na metade ocidental, sendo o escoamento de base da drenagem que atravessa o Assentamento mantido apenas pelo aquífero freático.

Ao tentarmos estabelecer uma correlação de fácies, até mesmo, entre os dois poços mais próximos, que distam aproximadamente 400m um do outro (poços 4 e 5), não foram encontrados corpos que pudessem ser correlacionados nos dois perfis, de modo que, podemos atestar que as duas formações, que ocorrem na área, são constituídas por interdigitação de pequenos corpos lenticulares, pouco espessos, que não atingem 400m de extensão. O comportamento deposicional sugere ser proveniente de deposição em ambiente fluvial.

Foram confeccionadas duas seções na tentativa de estabelecer correlações entre os perfis dos poços. A Figura 29 indica, em planta, o traçado das seções onde a seção A-B apresenta direção geral NW-SE, e a seção C-D tentando representar um corte na direção N-S, apresentadas, respectivamente, nas Figuras 30 e 31.

Os perfis foram ajustados em escala vertical na tentativa de reconhecimento de superfícies de discordância regional, para delimitação das unidades geofísicas correspondentes às unidades litoestratigráficas formais.

Nas duas seções elaboradas é possível identificar a superfície S1 de Paula e Silva (2003), que separa as formações Caiuá e Santo Anastácio. A superfície S1 ocorre nos poços 3,4 e 5 nas profundidades 125, 100 e 90m, respectivamente.

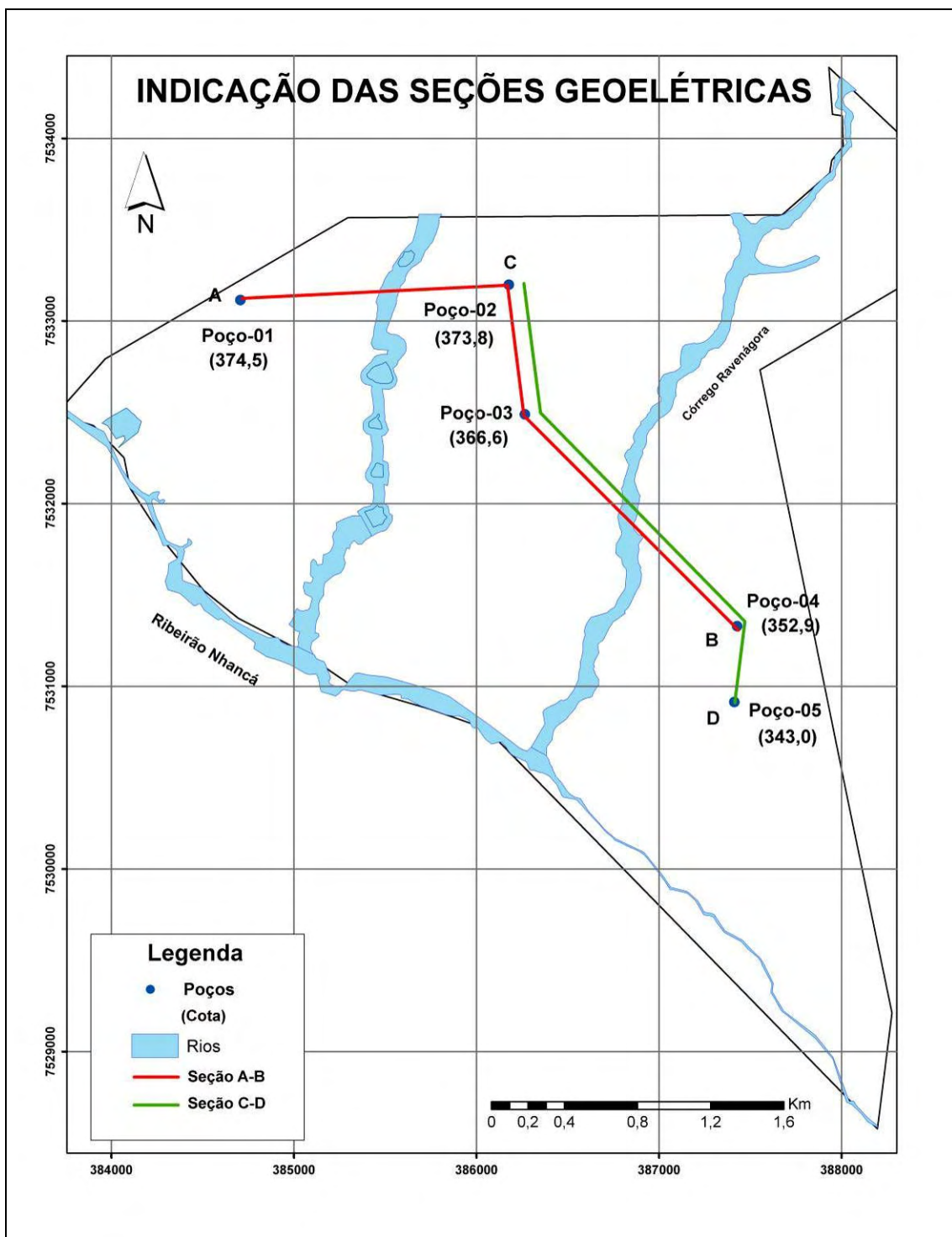


Figura 29 – Indicações das seções A-B e C-D

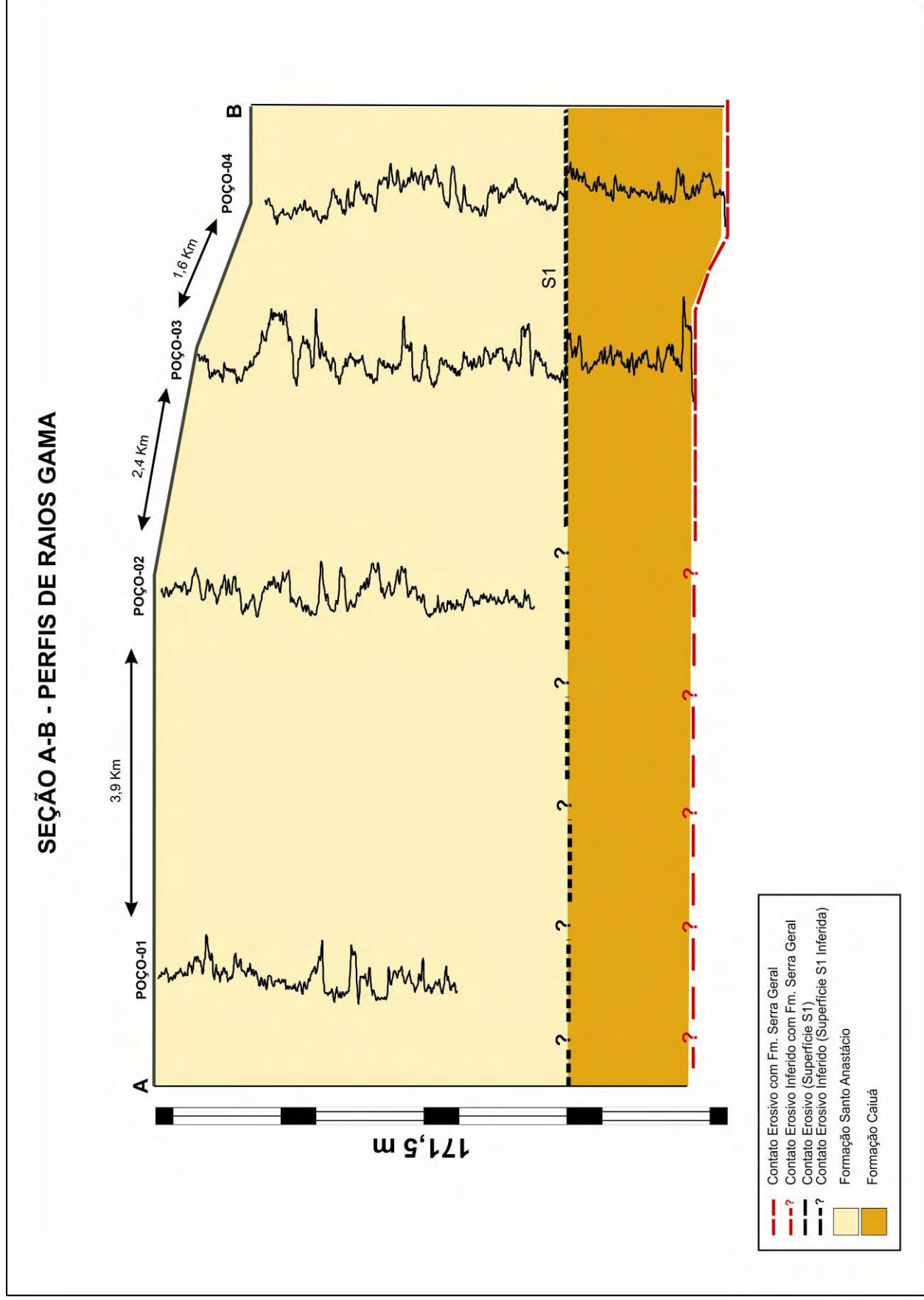


Figura 30 – Seção A-B – perfis de raios gama

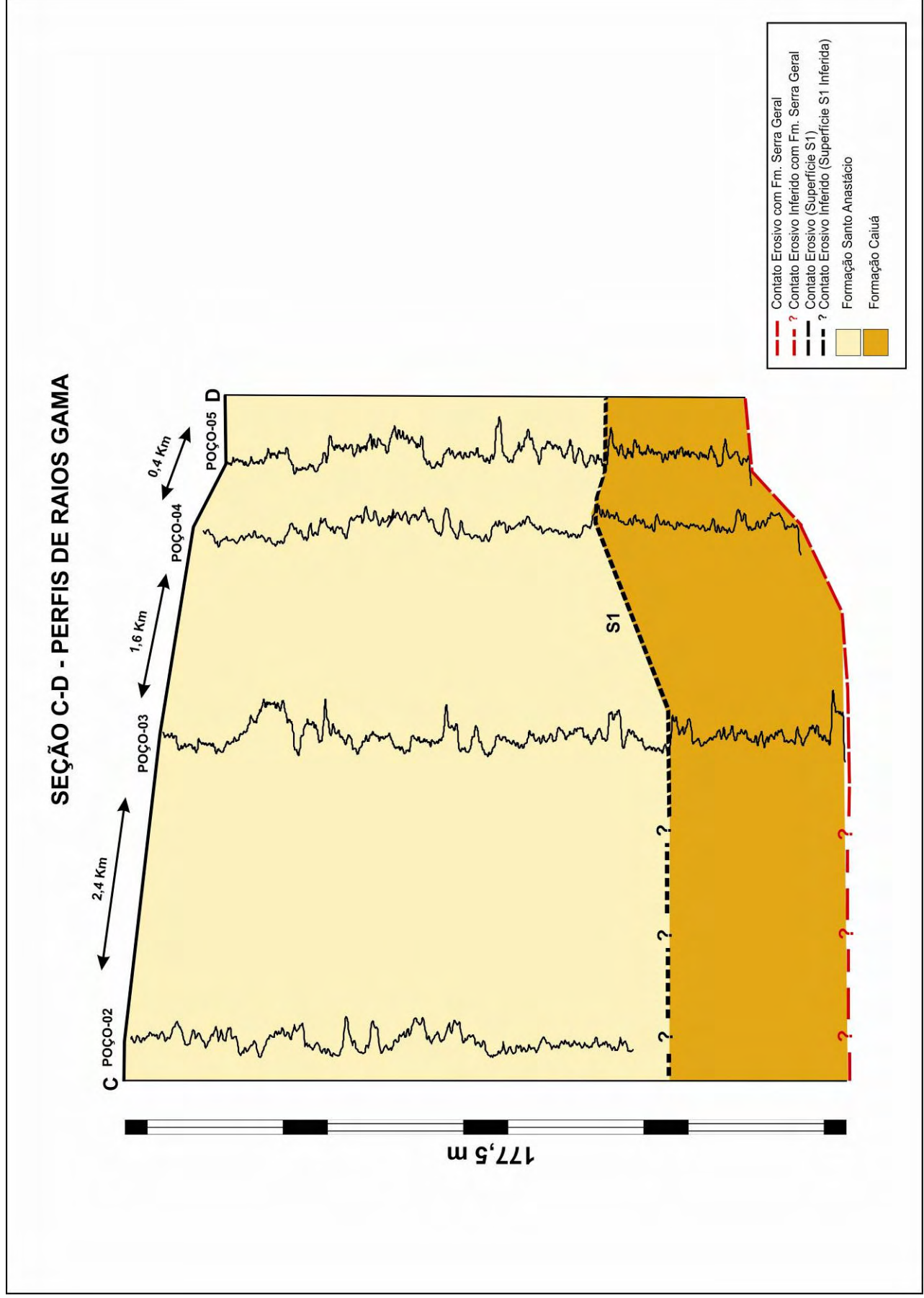


Figura 31 – Seção C-D – perfis de raios gama

## 6.5 – Mapa de Isólitas de Arenitos

Os mapas de isólitas de arenitos resultam de interpretação qualitativa dos perfis de raios gama, e secundariamente, de perfis de resistividade e sônico, com o objetivo de separar pacotes de arenitos mais permeáveis dos menos permeáveis.

A interpretação qualitativa dos perfis geofísicos permite estabelecer as espessuras das camadas aquíferas e fornecer indicações sobre zonas mais permeáveis do arcabouço sedimentar (PAULA E SILVA, 2003).

Os intervalos mais permeáveis apresentam resistividades maiores e raios gama mais baixos foram interpretados como níveis de arenitos mais limpos, com melhor porosidade e de maior interesse para exploração de água subterrânea.

A transmissividade definida como produto da espessura do aquífero pela condutividade hidráulica pode ser refletida, de modo qualitativo, nos mapas de isólitas de permeabilidade relativa dos arenitos, que representam as zonas mais favoráveis à produção de água.

As espessuras das camadas mais arenosas foram somadas e estão expressas nos mapas de isólitas de areias, confeccionado por interpolação de dados no programa ARCGIS v. 9.3 (Figura 32). O resumo das informações obtidas é apresentado na Tabela 7.

**TABELA 7 – Resumo das informações das isólitas de areias**

Poço	Espessura Total Fm. Sto. Anastácio (m)	Espessura Areia Fm. Sto. Anastácio (m)	Percentual Areia Fm. Santo Anastácio (%)	Espessura Total Fm. Caiuá (m)	Espessura Areia Fm. Caiuá (m)	Percentual Areia Fm. Caiuá (%)	Profundidade de Avaliada Perfil Geofísico (m)	Espessura Total de Areia (m)	Total Areia (%)
1	99	39	39%	-	-	-	99	39	39%
2	118	53	45%	-	-	-	118	53	45%
3	125	78	62%	41	21	51%	166	99	60%
4	100	37	37%	37	35.5	96%	137	72.5	53%
5	92	58	63%	33	27.5	83%	125	85.5	68%

- não atingiu a formação

O mapa de isólitais de areias para a Formação Santo Anastácio apresenta maiores espessuras de areia na porção central da área, Poço-03, com 62 % da formação composta por areias e também a porção SE com 63 %, indicando serem as melhores áreas produtoras de água.

O mapa de isólitais de areias para a Formação Caiuá indica um aumento do teor de areia na Formação Caiuá em relação à Formação Santo Anastácio, sendo composta, em média, por 77% de areia, chegando a atingir 96% (Poço-04).

No mapa de isólitais totais verifica-se que a metade oriental da área tem constituição predominantemente arenosa, ocorrendo um incremento na direção SE, onde o Poço-05 apresenta 68% de areias.

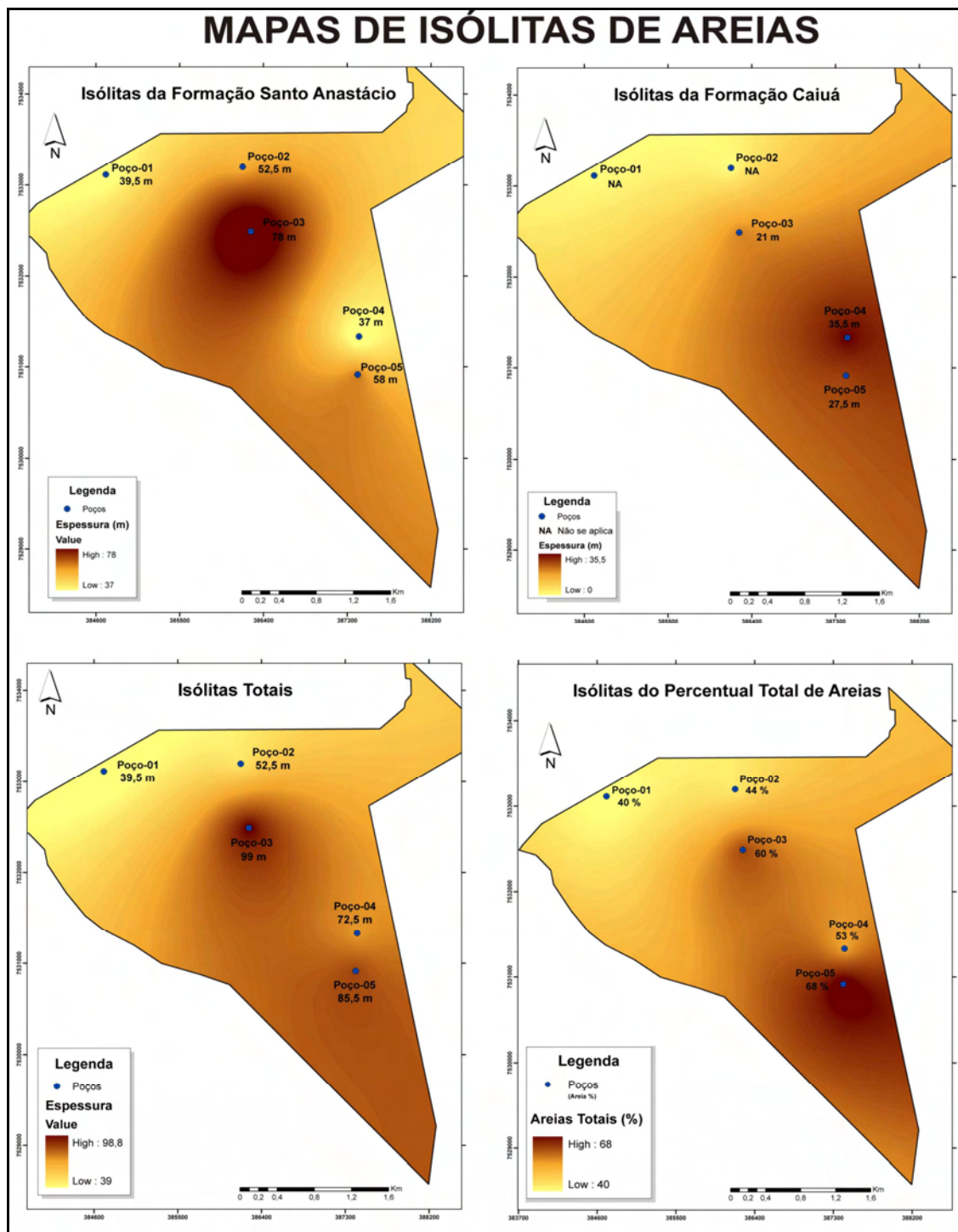


Figura 32 – Mapas de isólitas de areias

## 6.6 – Porosidade

A Porosidade total da rocha pode ser calculada utilizando-se os valores obtidos na interpretação quantitativa do perfil sônico.

Para aplicação em hidrogeologia, é mais interessante se conhecer a porosidade efetiva que representa a diferença entre a porosidade total da rocha e a fração de poros ocupados por argilas, que apresentam alta porosidade total e baixa transmissividade, tendo implicação na produtividade de água da formação.

Com o intuito de minimizar o “efeito da argilosidade”, o cálculo da porosidade total foi realizado apenas nos horizontes classificados como mais arenosos separados no cálculo de isólitais.

A equação de Raymer-Hunt foi utilizada, uma vez que é válida para rochas pouco consolidadas ou com porosidade total inferior a 30%:

$$\phi_t = 0,625 \times \left( \frac{\Delta t - \Delta tm}{\Delta t} \right) \quad (14)$$

Onde,

$\Delta tm$  é o tempo de trânsito da onda sonora na matriz

$\Delta t$  é o tempo de trânsito da onda sonora lido no perfil

O perfil sônico fornece uma medida a cada 10 cm, sendo calculadas a porosidade total para cada leitura e a média a cada metro.

A média total obtida nos três perfis, separadas por formação, foi de 32% para a Formação Santo Anastácio e 28% para a Formação Caiuá.



## 6.7 – Corpos de Águas Superficiais

A situação dos corpos de águas superficiais na área do Assentamento Margarida Alves, avaliada em abril de 2009, não é diferente da retratada no Relatório Zero do Comitê de Bacias Hidrográficas. Encontram-se com as margens degradadas, com os leitos assoreados e alguns açudes encontram-se secos.

Na Figura 33 pode-se observar os aspectos gerais dos córregos existentes na área. O ribeirão Nhancá apresenta uma faixa de mata ciliar na área dentro do assentamento, o que impossibilitou o acesso na sua área de jusante para coleta de água.

Para a regulamentação do assentamento foi assinado, em 2006, um Termo de Ajuste de Conduta, entre o INCRA e o Governo do Estado, para a recuperação das matas ciliares das drenagens que cortam o assentamento, do ribeirão Nhancá e do córrego Ravenágora, tornando-as áreas de proteção permanente, o que ainda não se concretizou.

No Ponto-01 de coleta, que representa o ponto de montante do ribeirão Nhancá, foi selecionado o trecho mais retilíneo, com uma extensão de 4 metros. Com o auxílio de um pequeno flutuador de 1,5 litros lançado no rio, foram tomadas medidas do tempo transcorrido nesse percurso. Mediu-se 15 tempos, cuja média foi de 5,48 segundos, o que resultou em uma velocidade de 0,73 m/s.

A seção medida apresenta largura aproximada de 4,5 m e profundidade máxima 79 cm. A área da seção calculada é de aproximadamente  $1.35\text{m}^2$  e a vazão estimada foi  $0,76\text{ m}^3/\text{s}$ .

A vazão obtida para o ribeirão Nhancá é inferior as vazões apresentadas na Tabela 3 para os ribeirões Anhumas e Anhumas II (respectivamente 1,69 e  $2,01\text{ m}^3/\text{s}$ ), mas condizente com a hierarquia por ser um cálculo aproximado.

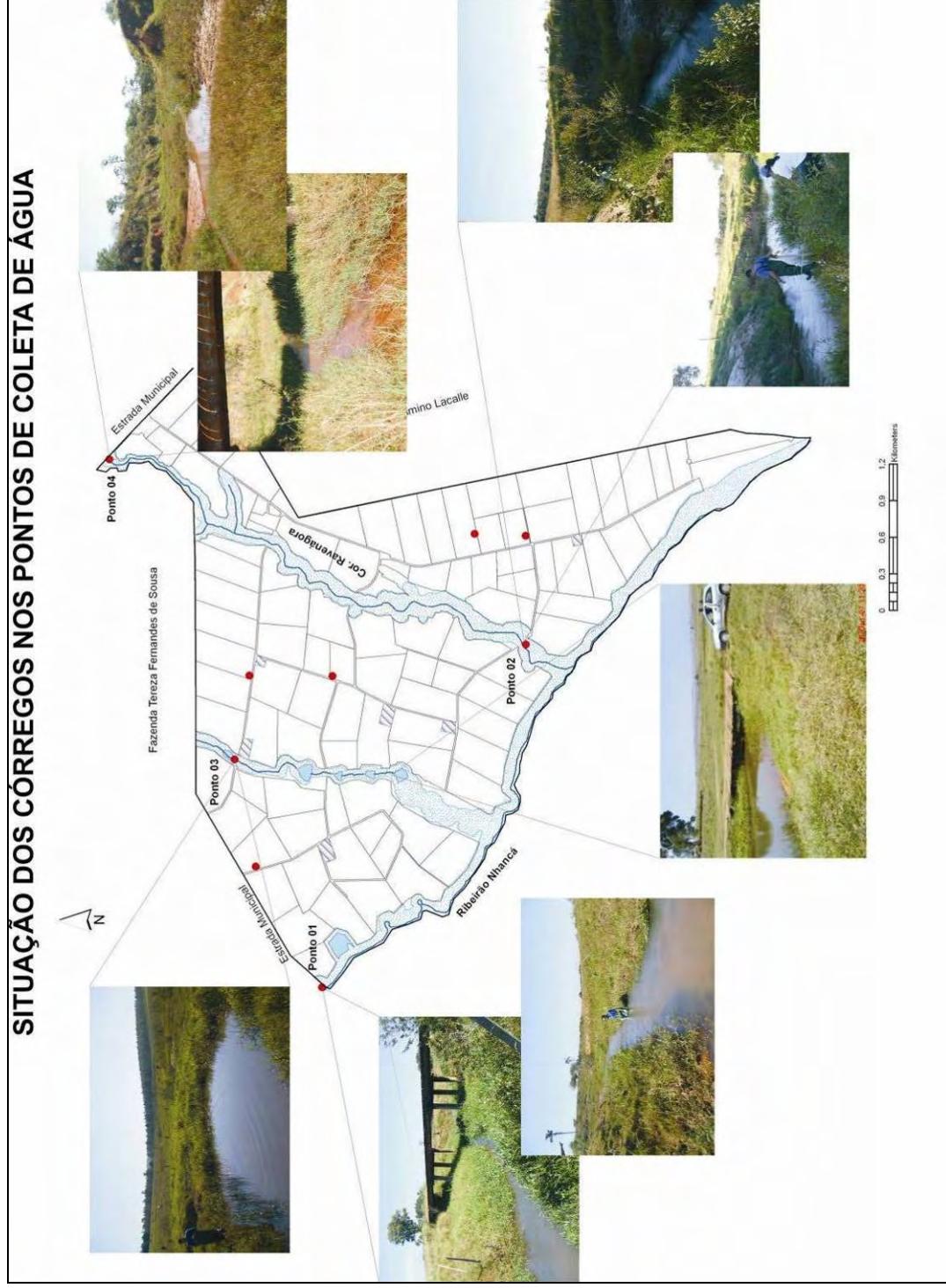
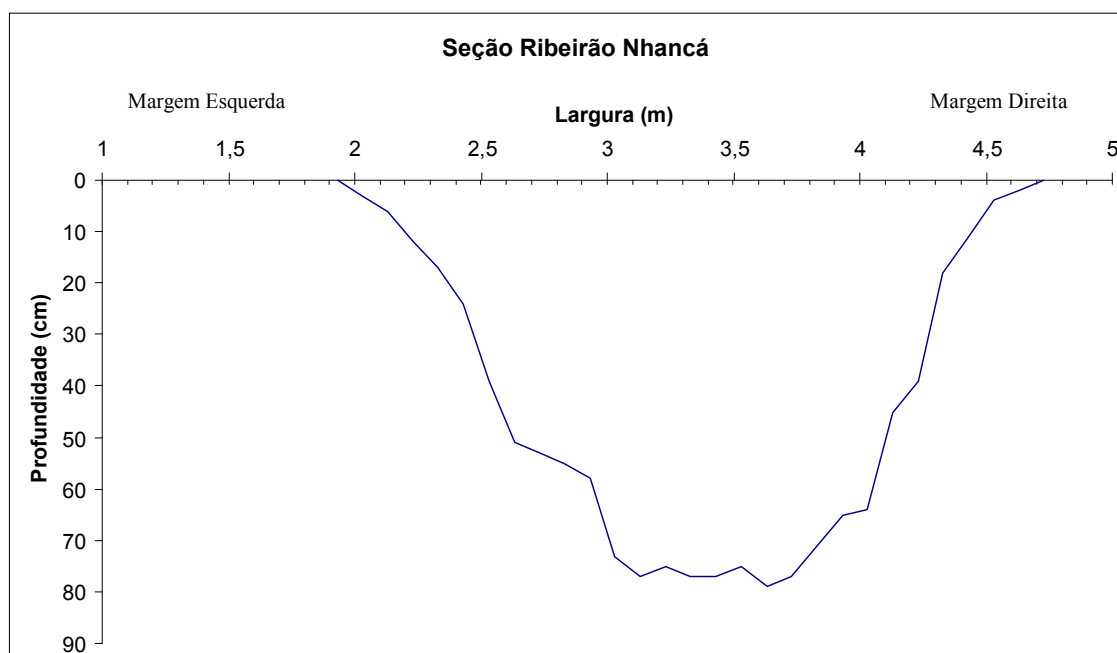


Figura 33 – Aspectos dos córregos na área do assentamento Margarida Alves

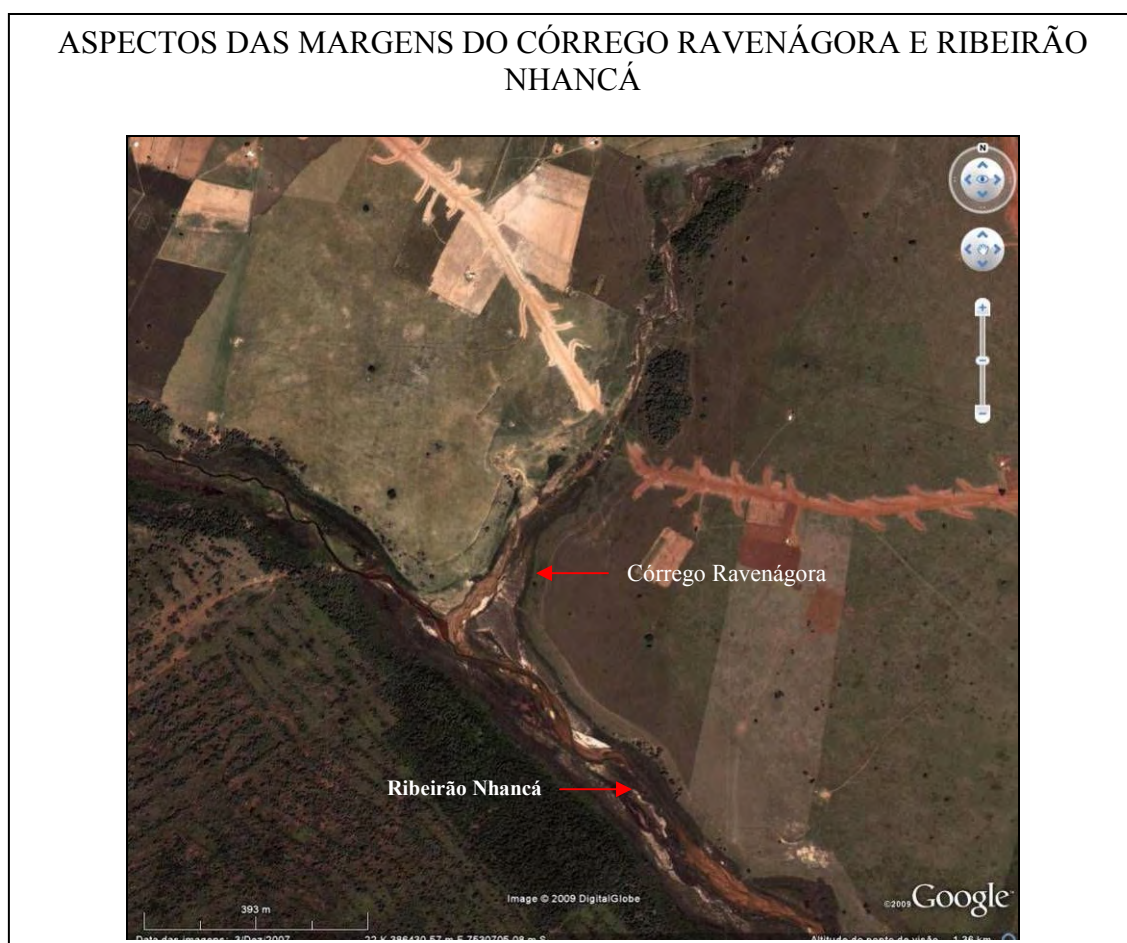
O perfil batimétrico da seção transversal medida está representado na Figura 34.



**Figura 34 – Seção do ponto-01, montante do ribeirão Nhancá**

No córrego Ravenágora, que atravessa a área do assentamento e deságua no ribeirão Nhancá, foram amostrados dois pontos: o ponto-05, de montante, localizado na estrada municipal, limite nordeste do assentamento e o ponto-02 que representa o ponto de jusante, sob a única ponte onde é possível atravessar para o outro lado do assentamento, na porção sul do mesmo, nas proximidades do poço 05.

Não foi possível acessar a área onde o córrego Ravenágora deságua no Ribeirão Nhancá, uma imagem extraída do aplicativo Google Earth desse ponto permite visualizar as degradação das margens e o seu assoreamento (Figura 35).



**Figura 35 – Ponto de deságüe do córrego Ravenágora no ribeirão Nhancá (Fonte: *Google Earth*)**

Não foi coletada amostra representativa da área de jusante do ribeirão Nhancá dentro dos limites do assentamento por não haver acesso pela mata preservada nessa região.

No ponto-02 selecionou-se uma área retilínea de largura aproximada de 4m com profundidade máxima medida de 45 cm. A velocidade calculada nesse trecho foi de 0,58 m/s e a vazão estimada foi 0,46 m<sup>3</sup>/s. A seção medida está representada na Figura 36.

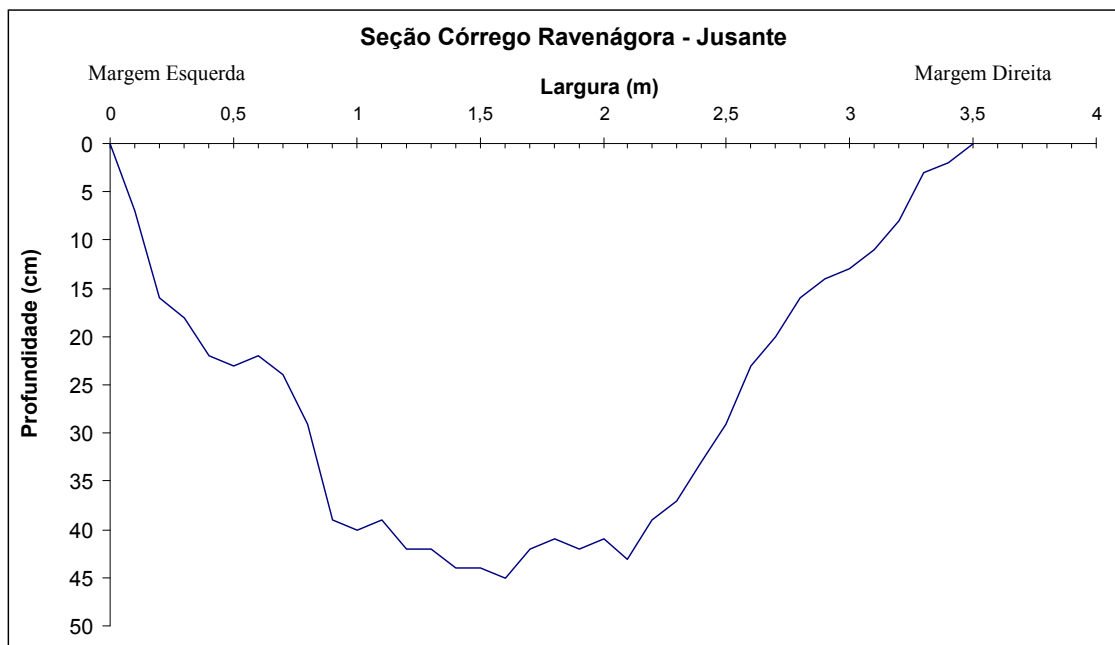


Figura 36 – Seção batimétrica realizada no ponto-02, jusante do córrego Ravenágora

O ponto-04, ponto de montante do córrego Ravenágora encontra-se bastante raso: sua largura média é de 2,5 metros e a profundidade máxima observada é de 20 cm o que não permitiu medir a vazão. A Figura 37 mostra as etapas de medição das seções.

**DETALHES DAS MEDIÇÕES BATIMÉTRICAS**

**Figura 37 – Medição das profundidades dos leitos dos corpos de águas superficiais**

O ponto-3 de coleta de água superficial constitui o açude nas proximidades do poço-2 e sua seção batimétrica é apresentada na Figura 38.

A drenagem na qual foram construídas uma sequência de pequenos açudes no interior do assentamento tem início em áreas alagadas, nas proximidades do assentamento e deságua no ribeirão Nhancá, atravessando o assentamento na porção noroeste. A sua extensão total é de aproximadamente 2,5 Km, e não tem um nome conhecido. No vertedouro do açude do Ponto-3, a drenagem possui 53 cm de largura e 8 cm de lâmina d'água. O trecho de jusante, incluindo os dois últimos açudes, representados na Figura 33, na ocasião da coleta, encontravam-se secos.

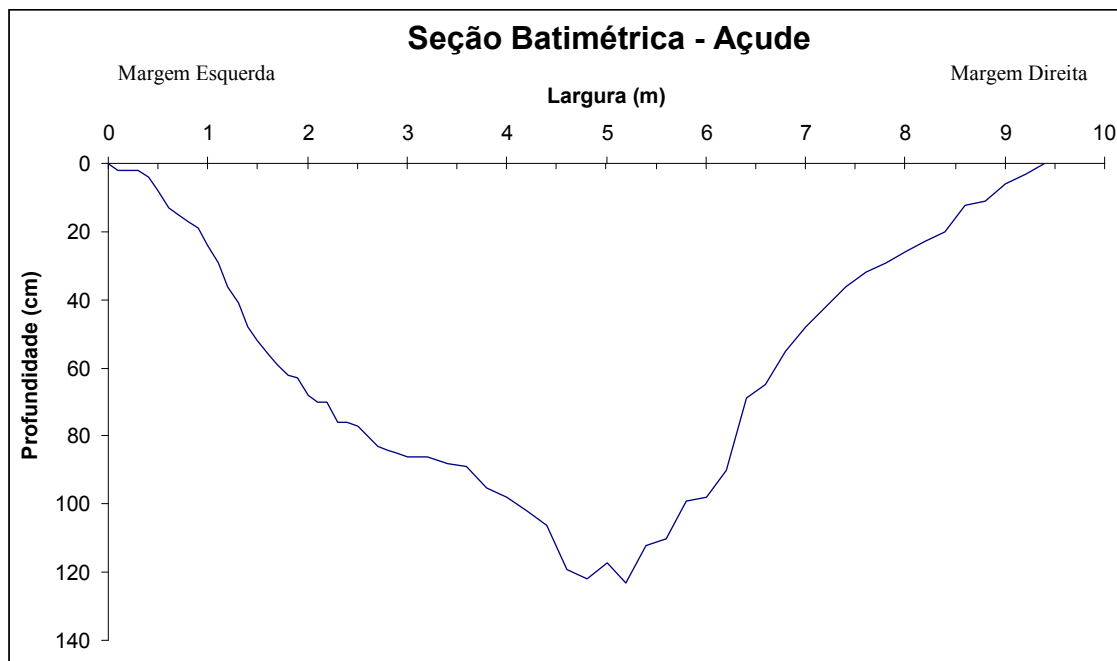


Figura 38 – Perfil batimétrico do ponto-3 de coleta

Não foi possível realizar medidas de vazão, pois o vertedouro do açude têm 53 centímetros de largura e a profundidade da lâmina d'água é de apenas 8 cm.

## 6.8 – Qualidade das Águas Superficiais

Foram coletadas 04 amostras de águas superficiais para caracterização físico-química. Em conjunto com a coleta foram medidos parâmetros *in situ*: condutividade elétrica, pH e temperatura. O resumo dos principais parâmetros para as águas superficiais estão resumidos na TABELA 8.

As amostras foram identificadas com números de 06 a 09 e correspondem aos pontos de coleta numerados de 01 a 04, respectivamente.

<b>TABELA 8 – Principais parâmetros das águas superficiais</b>				
Parâmetros	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8	Amostra 9
Cond. Elétrica (µS/cm)	19,4	19,8	16,1	18,9
pH	6,7	6,7	6,7	6,4
Na (mg/L)	1,09	1,02	0,71	1,24
K (mg/L)	2,27	2,64	2,02	2,10
Ca (mg/L)	1,23	1,33	1,10	0,77
Mg (mg/L)	0,84	0,81	0,86	1,06
Fe (mg/L)	0,13	0,065	0,10	0,25
Alc. Tot. (mg/L)*	8,93	9,83	11,60	9,38
CO3 (mg/L)	-	-	-	-
Cl (mg/L)	0,87	0,93	0,40	2,18
NO3 (mg/L)	2,51	3,00	-	0,64
F (mg/L)	0,09	0,06	0,05	0,03
SiO2 (mg/L)	9,35	8,64	5,29	4,41
Ba (mg/L)	0,079	0,083	0,035	0,11
Sr (mg/L)	0,013	0,016	0,015	0,020
Al (mg/L)	0,071	0,081	0,058	0,017
P (mg/L)	-	-	-	-
NH4	0,25	-	0,24	0,23

\* Alcalinidade total expressa em termos de HCO<sub>3</sub>

Apesar da degradação ambiental das margens, as águas superficiais não se encontram impactadas, em termos de qualidade, apresentam baixa condutividade elétrica, em média de 18,55 µS/cm e o pH em torno de 6,6, dentro dos parâmetros das águas do tipo 1 (CONAMA). Pequenas concentrações de amônia, cloreto e metais decorrem de atividades antrópicas.

## 6.9 – Qualidade das Águas Subterrâneas

Foram coletadas 4 amostras de água subterrânea, exceto no Poço 4, onde a bomba estava queimada.

A condutividade elétrica medida apresentou média de 43,88 µS/cm e o pH 6,58, parâmetros em conformidade com a potabilidade.

A presença de nitrato, cloreto e fosfato, principalmente na amostra referente ao Poço-05 representa um indício de contaminação antrópica, porém em níveis inferiores aos valores de referência da Portaria MS. N.º.518 (2005). Somente um monitoramento da evolução das concentrações desses elementos por um período maior poderia elucidar a questão.

A Tabela 9 apresenta os principais parâmetros obtidos para águas subterrâneas.



Parâmetros	Poço-01	Poço-02	Poço-03	Poço-05
Cond. Elétrica (µS/cm)	21,4	36,7	57,0	60,4
pH	6,2	6,8	6,4	6,9
Na (mg/L)	1,35	2,34	2,48	2,94
K (mg/L)	3,45	3,55	3,22	2,77
Ca (mg/L)	1,12	3,56	7,39	8,96
Mg (mg/L)	0,78	1,24	1,79	1,72
Fe (mg/L)	-	-	-	-
Alc. Tot. (mg/L) *	9,38	20,1	30,8	43,3
CO <sub>3</sub> (mg/L)	-	-	-	-
Cl (mg/L)	1,37	1,54	1,26	0,65
NO <sub>3</sub> (mg/L)	2,87	3,14	7,60	1,08
F (mg/L)	0,22	0,10	0,09	0,15
SiO <sub>2</sub> (mg/L)	11,0	12,3	12,0	17,2
Ba (mg/L)	0,096	0,082	0,091	0,048
Sr (mg/L)	0,016	0,027	0,042	0,055
Al (mg/L)	-	0,013	-	-
P (mg/L)	-	0,10	-	0,23
NH <sub>4</sub>	-	-	-	-

\* Alcalinidade total expressa em termos de HCO<sub>3</sub>

No diagrama Piper (Figura 39), tanto as águas subterrâneas como superficiais encontram-se no campo das bicarbonatadas cálcicas.

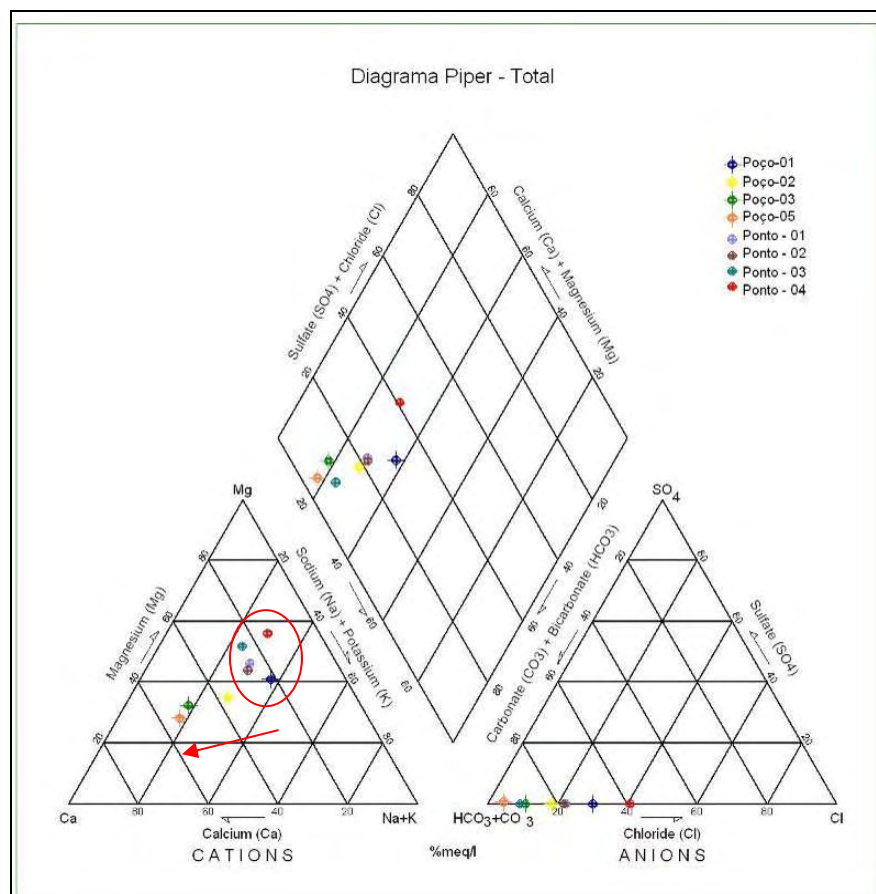


Figura 39 – Diagrama Piper para as amostras de água coletadas

Na Figura 39, dentro do círculo, estão representadas as amostras de águas superficiais dos pontos 1, 2, 3 e amostra de água subterrânea do poço 1, localizado na cota mais alta da área e que capta água a 50 m de profundidade, apresentam composições químicas muito semelhantes, são fracamente mineralizadas, apresentam baixos teores de Mg, Ca e Na+K, podem ser classificadas como bicarbonatadas magnesianas a bicarbonatadas cálcicas. A água desses pontos são advindas do aquífero freático, produto de infiltração e apresentam pouco tempo de residência.

A diferença entre as médias de condutividades elétricas entre as águas superficiais e as águas subterrâneas refletem suas mineralizações, pois quanto maior o tempo de residência da água no aquífero espera-se que o enriquecimento mineral seja maior e por consequência sua condutividade elétrica seja maior também.

A amostra de água superficial do ponto 4, proveniente da área de montante do córrego Ravenagora, apresenta um teor de Mg mais expressivo frente as demais amostras de águas superficiais, sendo classificada como bicarbonatada magnésiana.

A seta representada na Figura 39 indica a evolução das proporções dos elementos nas amostras de águas subterrâneas dos poços 2, 3 e 5 que apresentam um incremento no teor de

cálcio e bicarbonatos. O poço 2 capta água somente do aquífero Santo Anastácio, enquanto os poços 3 e 5 captam mistura de águas dos aquíferos Santo Anastácio e Caiuá. A Figura 40 apresenta os diagramas *Stiff* de cada amostra e sua localização na planta da área.

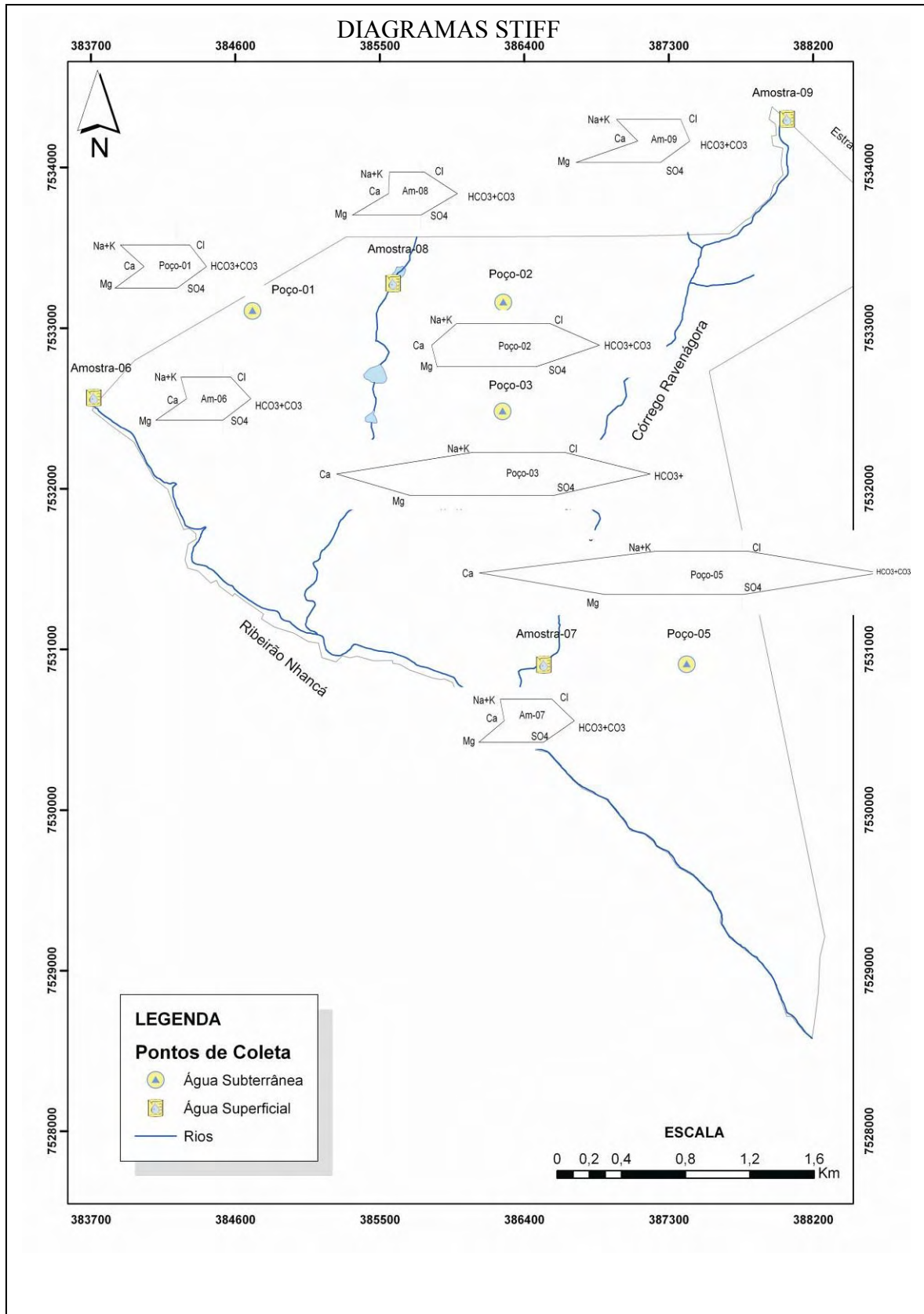
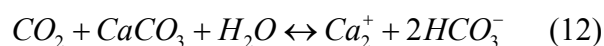


Figura 40 – Distribuição dos tipos de águas existentes na área

O incremento de Ca e HCO<sub>3</sub> possivelmente seja resultado de dissolução de carbonatos existentes na matriz da Formação Caiuá, que apresenta em sua constituição concreções e ou cimentação carbonática frequentemente relatada por autores que realizaram estudos petrogenéticos da formação (BARISON 2003, DAEE, 2005, STRADIOTO, 2007), dessa forma, as diferenças de composição química das águas subterrâneas refletem diferenças nas composições litológicas dos aquíferos.

A reação química que ocasionaria a liberação de cálcio e bicarbonato da rocha para a água se dá através da equação:



A Tabela 10 apresenta as concentrações dos cátions e íons maiores, o balanço iônico e a quantidade de sólidos totais dissolvidos (T.D.S.) para todas as amostras.

O balanço iônico representa o coeficiente de erro das análises e foi calculado pela equação (LOGAN, 1965, *in* FEITOSA, 2008):

$$Ep(\%) = \left[ \frac{r\sum n - r\sum p}{r\sum n + r\sum p} \right] \cdot 100 \quad (13)$$

Onde:

- $r\sum n$  concentração total de ânions
- $r\sum p$  concentração total de cátions

Logan (*op.cit.*) estabelece faixas de erros permitidos de acordo com o valor de  $r\sum n$  ou  $r\sum p$ . Desse modo, para valores inferiores a 1 meq/L, o erro máximo deve ser inferior a 15%.

**TABELA 10 – Concentração dos elementos maiores (meq/L)**

Amostra	Cond. Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	pH	Na	K	Ca	Mg	Cl	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Fe	Al	Mn	SiO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	T.D.S. (mg/L)	Balanco Iônico (%)
Poço-01	21,4	6,2	0,059	0,088	0,056	0,064	0,039	0,154					0,37	0,046	43,89	5,60
Poço-02	36,7	6,8	0,102	0,091	0,178	0,102	0,043	0,329			0,001		0,41	0,051	61,84	5,44
Poço-03	57,0	6,4	0,108	0,082	0,369	0,147	0,036	0,505					0,40	0,123	80,24	3,16
Poço-05	60,4	6,9	0,128	0,071	0,447	0,141	0,018	0,710	0,004				0,57	0,017	98,46	2,48
Amostra- 06	19,4	6,7	0,047	0,058	0,061	0,069	0,025	0,146		0,005	0,008	0,001	0,31	0,040	38,00	5,49
Amostra- 07	19,8	6,7	0,044	0,068	0,066	0,067	0,026	0,161		0,002	0,009	0,000	0,29	0,048	38,23	1,90
Amostra- 08	16,1	6,7	0,031	0,052	0,055	0,071	0,011	0,190		0,004	0,006		0,18	0,000	28,19	1,65
Amostra- 09	18,9	6,4	0,054	0,054	0,038	0,087	0,061	0,154		0,009	0,002	0,002	0,15	0,010	27,13	1,68

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As informações obtidas por meio da interpretação de perfis geofísicos em conjunto com informações obtidas dos poços tubulares constituíram importante ferramenta para o entendimento do arcabouço hidrogeológico da área do assentamento Margarida Alves.

Os perfis geofísicos possibilitaram o reconhecimento e a caracterização faciológica das formações Santo Anastácio e Caiuá em subsuperfície e são separadas por uma superfície de discordância.

A caracterização faciológica dessas unidades litoestratigráficas permitiram reconhecer que são constituídas por intercalações de camadas arenosas interdigitadas a camadas areno-siltosas e poucas camadas silto-arenosas, compondo corpos lenticulares de espessuras métrica a decamétrica de pequenas extensões laterais. Esses corpos lenticulares são heterogêneos e estão arranjados em padrão de *fining upward*, sugerindo um ambiente deposicional fluvial.

As unidades litológicas representam unidades aquíferas homônimas que compõem o Sistema Aquífero Bauru e têm caráter livre na área.

Essas unidades aquíferas apresentam águas de diferentes composições químicas. A água do aquífero Santo Anastácio apresenta-se menos mineralizada que a água do aquífero Caiuá, que mostra maiores concentrações de cálcio e bicarbonatos, refletindo a composição litológica e também o tempo de residência das águas.

Para o aquífero Santo Anastácio as águas foram classificadas como bicarbonatadas magnesianas, as águas de mistura foram classificadas como bicarbonatadas cálcicas.

O aquífero freático mostrou-se suspenso com águas pouco mineralizadas, baixos teores de sólidos totais dissolvidos e baixa condutividade elétrica. Essas características são semelhantes às obtidas no aquífero Santo Anastácio.

A disponibilidade hídrica superficial é restrita, de forma que, qualquer atividade que se pretenda desenvolver na área dependerá do Sistema Aquífero Bauru que se configura no principal manancial de água para o assentamento.

### **7.1 – Recomendações**

Para uma melhor caracterização do arcabouço hidrogeológico recomenda-se a realização de uma sondagem testemunhada que poderia fornecer informações sobre as constituições petrológicas das formações, possibilitaria avaliar a presença de estruturas e de cimentações e ou concreções, determinação da porosidade efetiva, entre outras características.

Promover o monitoramento dos níveis de água em poços cacimbas do entorno, o que poderia fornecer informações sobre a potenciometria e o comportamento do aquífero freático.

Implantar monitoramento qualitativo nos poços devido as concentrações encontradas no poço-05.

Implementar medidas de proteção e saneamento nos poços existentes a fim de garantir a qualidade da água consumida.



## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALMEIDA, M. A.; FERNANDES, L.A.; DANTAS, A.S.L.; SAKATE, M.T.; GIMENES, A. F.; TEXEIRA, A.L.; BISTRICHI, C. A. & ALMEIDA, F. F. M. – 1981 – **Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo**. In: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba-PR, Atas. p. 77-89.

ARID, F. M.; BARCHA, S. F. & MEZZALIRA, S. – 1981- **Contribuição ao estudo da Formação Caiuá**. In: Revista do Instituto Geológico, São Paulo-SP. 2 (1): p. 5-20.

BARCELOS, J.H. & SUGUIO, K. – 1987– **Correlação e extensão das unidades estratigráficas do Grupo Bauru definidas em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná**. In: Simpósio Regional de Biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP: 209p.

BARCHA, S.F. – 1980 – **Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da Formação Bauru na Região norte-ocidental do estado de São Paulo**. Instituto de biociências, Letras e Ciências Exatas, UNESP. São Jose do Rio Preto – SP, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas UNESP: 209 p.

BARISON M.R. – 2003 – **Estudo hidrogeoquímico da porção meridional do sistema aquífero Bauru no Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro. 158 p.

BATEZELLI, A.; PERINOTTO, J. A. J.; ETCHEBEHERE, M. L. C.; FULFARO, V. J. & SAAD, A. R. – 1999 – **Redefinição litoestratigráfica da unidade Araçatuba e da sua extensão regional na Bacia Bauru, Estado de São Paulo, Brasil.** In: Simpósio sobre o Cretáceo do Brasil, 5 e Simpósio sobre El Cretáceo de America Del Sur, 1, Serra Negra-SP, Boletim...p.195-200.

BRASIL, Ministério da Saúde – 2005 – **Portaria MS N°. 518/2004.** Brasília. 28p.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA – 2005 – **Resolução N°. 357.** Brasília. 23p.

CAMPOS, H.C.N.S. – 1987 – **Contribuição ao estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.** São Paulo – SP. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP. 157p.

COELHO, R. O. – 1996 – **Estudo hidroquímico e isotópico do aquífero Bauru, sudoeste do Estado de São Paulo.** São Paulo – SP, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP: 103p.

COIMBRA, A.M., BRANDT NETO, M. & PETRI, S. – 1977– **O alinhamento estrutural do Tietê.** In: Simpósio de Geologia Regional, 1. São Paulo – SP. Atas...p.145-152.

COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERIAIS – CPRM – 2003 – **Mapa Geológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:750 000. CD-ROM.

COOPERATIVA DE SERVIÇOS, PESQUISAS TECNOLÓGICAS E INDUSTRIAIS – CPTI – 1999 – **Diagnóstico da situação dos recursos hídricos da UGRHI-22. Pontal do Paranapanema: Relatório Zero.** São Paulo. CD-ROM

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – CBH – **Relatório da situação atual da UGRHI 22.** <http://www.comitepp.sp.gov.br/pp/cbhpp.htm>. internet. Último acesso em Ago/2009.

COTTAS, L. R. & BARCELOS, J.H. – 1981– **Novas considerações sobre a geologia da região de Itaqueri da Serra, SP.** In: Simpósio Regional de Geologia, 3, Curitiba- PR, Atas. p.70-76.

CUSTÓDIO, E LLAMAS, M. R. – 1983 – **Hidrologia subterrânea**, Barcelona, 2ed, v.2.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE – 1979 – **Estudo de Águas Subterrâneas – Região Administrativa 22.** v.1 e 2.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE – 1990 – **Plano estadual de recursos hídricos: Primeiro plano do Estado.** Síntese. São Paulo. 97 p.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE (org.) – 2005 – **Mapa hidrogeológico do Estado de São Paulo.** Escala 1:500.000. CD-ROM.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE – **Banco de Dados Pluviométricos do Estado de São Paulo.** <http://www.dae.sp.gov.br/> – Internet – Último acesso em junho/2010.

DOMENICO, P.A.; SCHUWARTZ, F.W. – 1998 – **Physical and chemical hydrogeology.** 2ª ed. New York – NY. 506p.

FEITOSA, F.A.C. (Coord.) – 2008 – **Hidrogeologia conceitos e aplicações.** Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 3ª. ed. 321p.

FERNANDES L. A. –1992 – **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e Pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 129 p.

FERNANDES L. A. –1998 – **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil).** Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo. 216 p.

FERNANDES L. A. & COIMBRA A. M. – 2000 – **Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo).** *Revista Brasileira de Geociências*, 30 (4): 717-728.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT – 1981 – **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo. Escala 1:500 000.

LEAL, A. C. – 2000 – **Gestão das águas no Pontal do Paranapanema - São Paulo.** Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. Campinas-SP. 279p.

MEZZALIRA, S. – 1981 – **Aspectos paleoecológicos da Formação Bauru.** In: Mesa redonda: A Formação Bauru no Estado de São Paulo e regiões adjacentes. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. P.1-9.

PAULA E SILVA F. & CAVAGUTI N. – 1994 – **Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na Cidade de Bauru - SP.** *Revista Geociências*, 13 (1). Rio Claro – SP. p. 83-99.

PAULA E SILVA F., BIANCHI Neto C., RICARDI A. E. M. & SAPIO A. J. – 1994 – **Estudo estratigráfico do Grupo Bauru na região de Presidente Prudente com base em perfis geofísicos de poços para água.** *Revista Geociências*, 13 (1). Rio Claro – SP. p. 63-82.

PAULA E SILVA F., SAAD A. R., PERINOTTO J. A. J. & FÚLFARO V. J. – 1999 – **Arquitetura deposicional do Grupo Bauru (Ks) na região sudoeste do Estado de São Paulo.** In: SBG, Simpósio Cretáceo do Brasil, 5, Simpósio Cretácico de America del Sur, 1, Serra Negra, *Boletim*, p. 45-49.

PAULA E SILVA F., KIANG, C. H. & CAETANO-CHANG M. R. – 2002 – **Caracterização das unidades neocretáceas da Bacia do Paraná na região de São José do Rio Preto (SP) com base na análise de perfis geofísicos e suas implicações estratigráficas.** In: Simpósio Cretáceo do Brasil, 6, Simpósio Cretáceo de America del Sur, 2, São Pedro, *Boletim*, p. 345-349.

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 – UNESP. Rio Claro – SP. 166 p.

PAULA E SILVA F., CHANG H. K. & CAETANO-CHANG M. R. – 2003 – **Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo**. *Revista Geociências*, 22 (especial). Rio Claro – SP. p.21-32.

PAULA E SILVA F., CHANG H.K. , CAETANO-CHANG M. R & STRADIOTO M.R. – 2006 – **Sucessão Sedimentar do Grupo Bauru na Região de Pirapozinho (SP)**. *Revista Geociências*. Rio Claro - SP. V25 (n.1). p.17-26.

READING, H.G. – 1986 – **Sedimentary environments and facies**. Oxford, Blackwell Scientific Publications, second edition. 615 p.

SAAD A. R. C., CAMPANHA V.A., CABRAL JR. M., ETCHEBEHERE M.L.C., PULEGHINI FILHO P., MOTTA J.F.M. & PAULA E SILVA, F. – 1988 – **Cenários do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. *In*: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém, *Anais*, p. 894-904.

SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. & SOMBREIRO NETO, A.F. – 1980 – **Ensaio de caracterização estratigráfica do cretáceo no Estado de São Paulo**. *In*: *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo – SP. p. 177-185

SOARES P. C. – 1981 – **Estratigrafia das formações jurássico-cretáceas na Bacia do Paraná. Brasil**. *In*: Volkheimer, W. & Musacchio, E.A. (eds.) *Cuencas Sedimentarias del Jurássico y Cretácico de América del Sur*, 1: p. 275-304.

STRADIOTTO M.R. – 2007 – **Hidroquímica e aspectos diagenéticos do sistema aquífero Bauru na região sudoeste do Estado de São Paulo**. Tese de Mestrado. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Rio Claro-SP. 161p.

## **ANEXO I - Planilhas dos Testes de Bombeamento**

**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

460 Philip Street - Suite 101

Waterloo, Ontario, Canada

Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Data Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves

Page 1

<b>Data observed at: PZ-02</b>	<b>Pumping Test: P-02</b>
Distance from PW: 1 [m]	Pumping Well: POCO_02
Depth to Static WL: 30.53 [m]	Casing radius: 0.05625 [m]
Location: Cuiabá Paulista	Boring radius: 0.08255 [m]
Recorded by:	Screen length: 54 [m]
Date: 18/1/2010	Aquifer Thickness: 130.8 [m]

	Time [min]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]
1	0	30.53	0.00
2	1	31.92	1.39
3	2	31.99	1.46
4	3	32.01	1.48
5	4	32.04	1.51
6	5	32.06	1.53
7	6	32.08	1.55
8	7	32.09	1.56
9	8	32.10	1.57
10	9	32.11	1.58
11	10	32.12	1.59
12	12	32.13	1.60
13	14	32.14	1.61
14	16	32.16	1.63
15	18	32.17	1.64
16	20	32.18	1.65
17	25	32.20	1.67
18	30	32.20	1.67
19	35	32.21	1.68
20	40	32.22	1.69
21	45	32.23	1.70
22	50	32.24	1.71
23	55	32.24	1.71
24	60	32.25	1.72
25	65	32.25	1.72
26	70	32.25	1.72
27	75	32.25	1.72
28	80	32.26	1.73
29	85	32.26	1.73
30	90	32.26	1.73
31	95	32.27	1.74
32	100	32.27	1.74
33	120	32.28	1.75
34	140	32.28	1.75

**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

460 Philip Street - Suite 101

Waterloo, Ontario, Canada

Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Data Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves

Page 2

<b>Data observed at: PZ-02</b>	<b>Pumping Test: P-02</b>
Distance from PW: 1 [m]	Pumping Well: POCO_02
Depth to Static WL: 30.53 [m]	Casing radius: 0.05625 [m]
Location: Cuiabá Paulista	Boring radius: 0.08255 [m]
Recorded by:	Screen length: 54 [m]
Date: 18/1/2010	Aquifer Thickness: 130.8 [m]

	Time [min]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]
35	160	32.28	1.75
36	180	32.28	1.75
37	200	32.28	1.75
38	220	32.28	1.75
39	240	32.29	1.76
40	260	32.29	1.76
41	280	32.30	1.77
42	300	32.30	1.77
43	330	32.29	1.76
44	360	32.28	1.75
45	390	32.27	1.74
46	420	32.27	1.74
47	450	32.27	1.74
48	480	32.27	1.74
49	510	32.28	1.75
50	540	32.28	1.75
51	570	32.27	1.74
52	600	32.28	1.75
53	660	32.29	1.76
54	720	32.28	1.75
55	780	32.28	1.75
56	840	32.27	1.74
57	900	32.27	1.74
58	960	32.27	1.74
59	1020	32.28	1.75
60	1080	32.28	1.75
61	1140	32.28	1.75
62	1200	32.27	1.74
63	1260	32.27	1.74
64	1320	32.27	1.74
65	1380	32.27	1.74
66	1440	32.27	1.74





**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

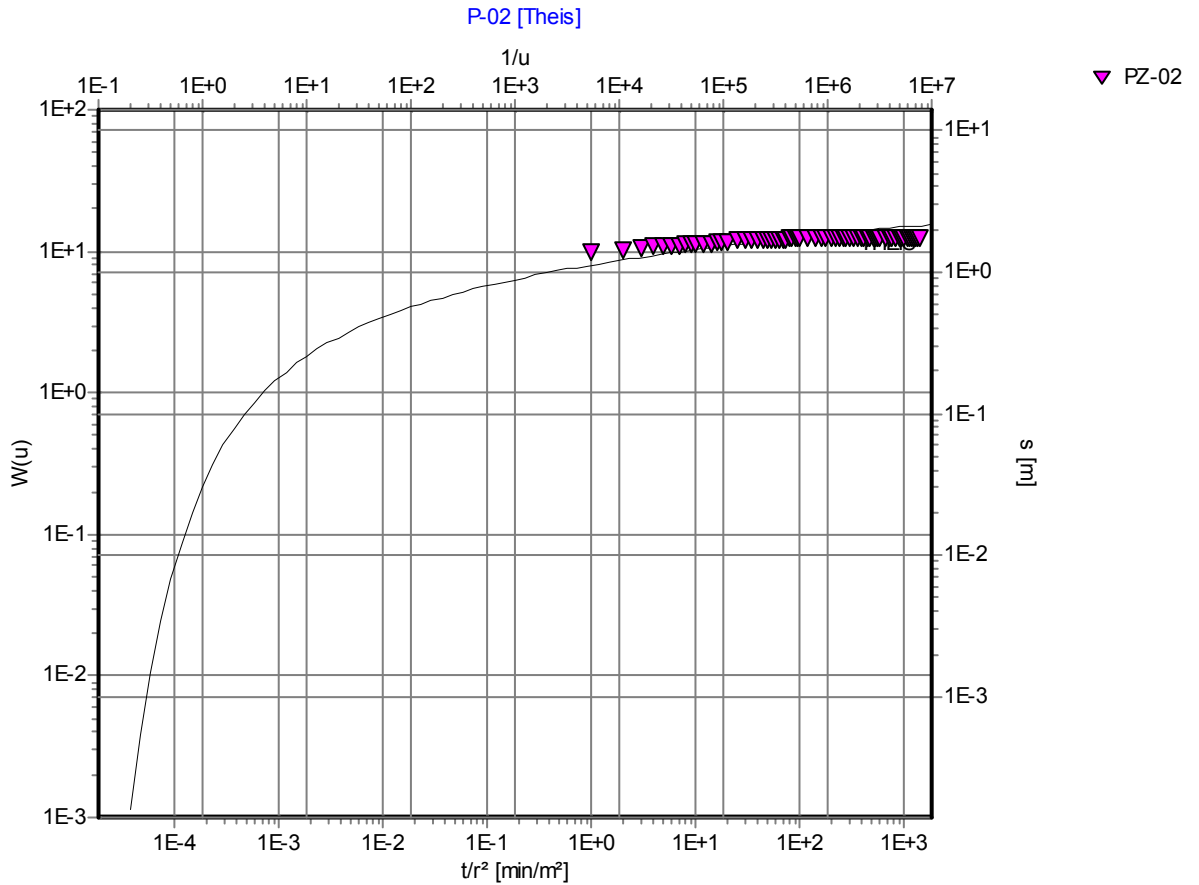
460 Philip Street - Suite 101  
 Waterloo, Ontario, Canada  
 Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Analysis Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves



Pumping Test:     **P-02**

Analysis Method:     **Theis**

Analysis Results:     Transmissivity:     8.17E+1 [m<sup>2</sup>/d]     Conductivity:     6.25E-1 [m/d]

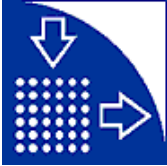
Test parameters:

Pumping Well:	POCO_02	Aquifer Thickness:	130.8 [m]
Casing radius:	0.05625 [m]	Unconfined Aquifer	
Screen length:	54 [m]		
Boring radius:	0.08255 [m]		
Discharge Rate:	6 [m <sup>3</sup> /h]		

Comments:

Evaluated by:

Evaluation Date:     18/1/2010



**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

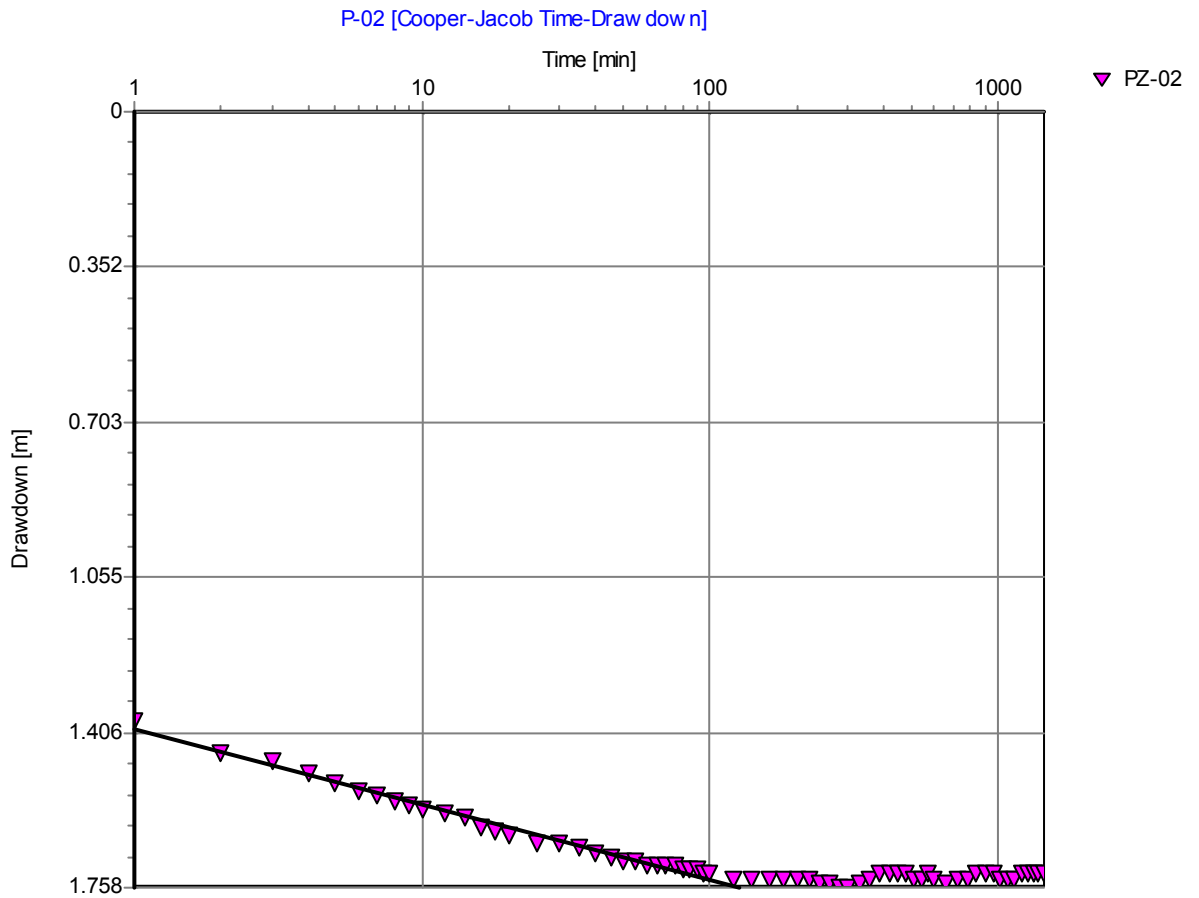
460 Philip Street - Suite 101  
Waterloo, Ontario, Canada  
Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Analysis Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves



Pumping Test: **P-02**

Analysis Method: **Cooper-Jacob Time-Drawdown**

Analysis Results: Transmissivity: 1.54E+2 [m<sup>2</sup>/d] Conductivity: 1.18E+0 [m/d]

Test parameters:

Pumping Well:	POCO_02	Aquifer Thickness:	130.8 [m]
Casing radius:	0.05625 [m]	Unconfined Aquifer	
Screen length:	54 [m]		
Boring radius:	0.08255 [m]		
Discharge Rate:	6 [m <sup>3</sup> /h]		

Comments:

Evaluated by:

Evaluation Date: 19/1/2010

**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

460 Philip Street - Suite 101

Waterloo, Ontario, Canada

Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Data Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves

Page 1

**Data observed at: PZ-05**

Distance from PW: 0.06 [m]

Depth to Static WL: 23.3 [m]

Location: Cuiabá Paulista

Recorded by:

Date: 18/1/2010

**Pumping Test: P-05**

Pumping Well: POCO\_05

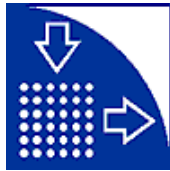
Casing radius: 0.05625 [m]

Boring radius: 0.08255 [m]

Screen length: 54 [m]

Aquifer Thickness: 104.4 [m]

	Time [min]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]
1	1	26.69	3.39
2	2	26.85	3.55
3	3	27.00	3.70
4	4	27.08	3.78
5	5	27.15	3.85
6	6	27.29	3.99
7	7	27.33	4.03
8	8	27.39	4.09
9	9	27.40	4.10
10	10	27.43	4.13
11	12	27.50	4.20
12	14	27.58	4.28
13	16	27.60	4.30
14	18	27.61	4.31
15	20	27.65	4.35
16	25	27.70	4.40
17	0	27.75	4.45
18	5	27.79	4.49
19	40	27.81	4.51
20	45	27.84	4.54
21	50	27.88	4.58
22	55	27.90	4.60
23	60	27.91	4.61
24	65	27.94	4.64
25	70	27.95	4.65
26	75	27.98	4.68
27	80	27.98	4.68
28	85	28.00	4.70
29	90	28.01	4.71
30	95	28.02	4.72
31	100	28.02	4.72
32	120	28.05	4.75
33	140	28.08	4.78
34	160	28.10	4.80

**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

460 Philip Street - Suite 101

Waterloo, Ontario, Canada

Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Data Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves

Page 2

**Data observed at: PZ-05**

Distance from PW: 0.06 [m]

Depth to Static WL: 23.3 [m]

Location: Cuiabá Paulista

Recorded by:

Date: 18/1/2010

**Pumping Test: P-05**

Pumping Well: POCO\_05

Casing radius: 0.05625 [m]

Boring radius: 0.08255 [m]

Screen length: 54 [m]

Aquifer Thickness: 104.4 [m]

	Time [min]	Depth to WL [m]	Drawdown [m]
35	180	28.11	4.81
36	200	28.11	4.81
37	220	28.12	4.82
38	240	28.1	4.8
39	260	28.1	4.8
40	280	28.15	4.85
41	300	28.15	4.85
42	330	28.17	4.87
43	360	28.17	4.87
44	390	28.17	4.87
45	420	28.17	4.87
46	450	28.17	4.87
47	1440	28.17	4.87



**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

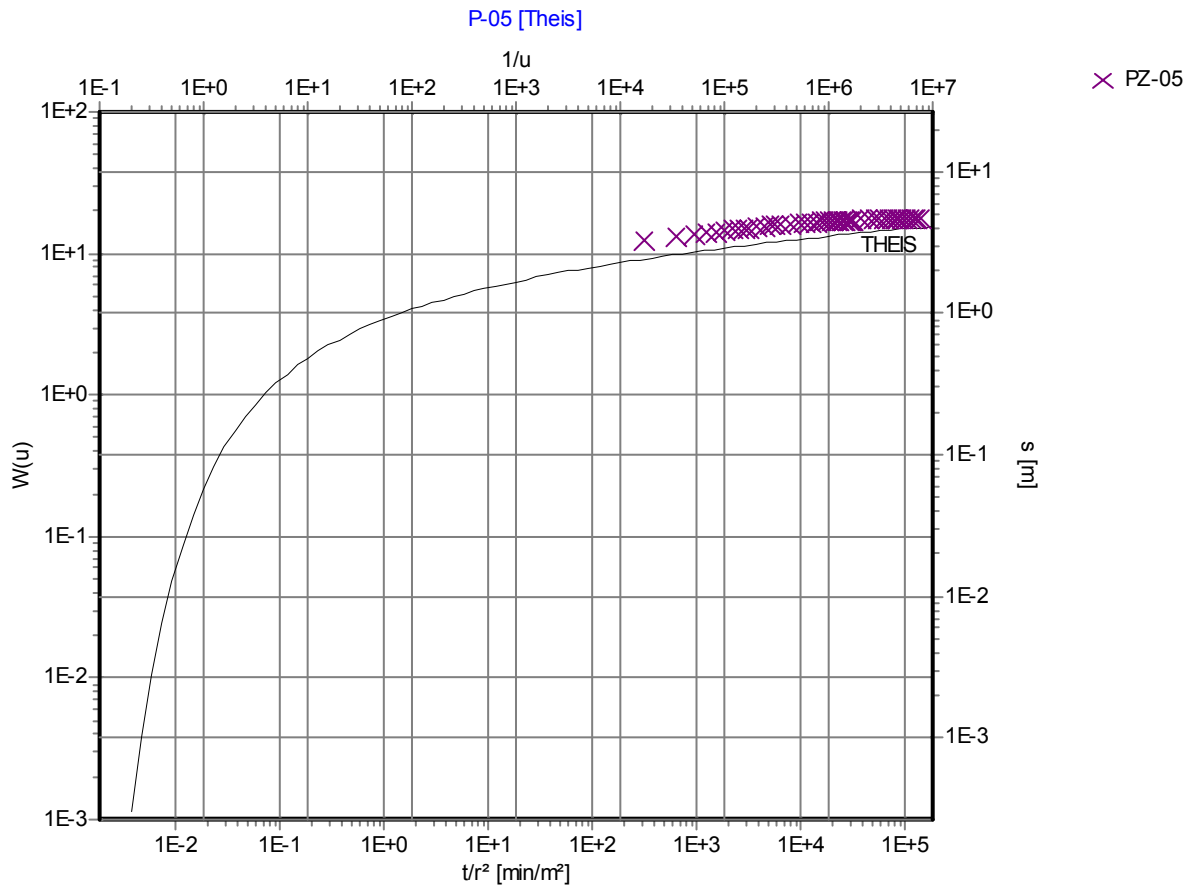
460 Philip Street - Suite 101  
 Waterloo, Ontario, Canada  
 Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Analysis Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves



Pumping Test:     **P-05**

Analysis Method:     **Theis**

Analysis Results:     Transmissivity:     8.65E+1 [m²/d]     Conductivity:     8.29E-1 [m/d]

Test parameters:

Pumping Well:	POCO_05	Aquifer Thickness:	104.4 [m]
Casing radius:	0.05625 [m]	Unconfined Aquifer	
Screen length:	54 [m]		
Boring radius:	0.08255 [m]		
Discharge Rate:	12 [m³/h]		

Comments:

Evaluated by:

Evaluation Date:     18/1/2010



**Waterloo Hydrogeologic, Inc.**

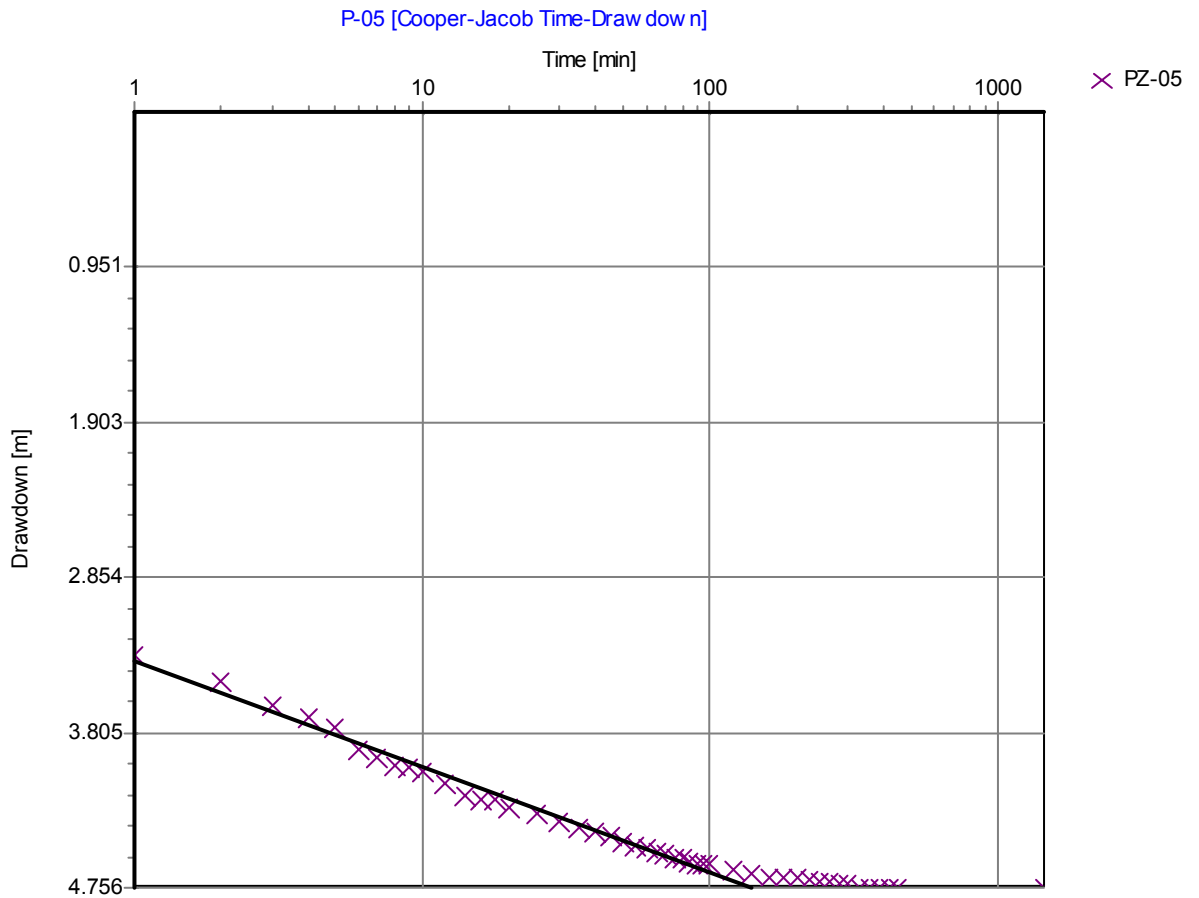
460 Philip Street - Suite 101  
Waterloo, Ontario, Canada  
Phone: +1 519 746 1798

**Pumping Test Analysis Report**

Project: Avaliação Hidrogeológica

Number:

Client: Margarida Alves



Pumping Test: **P-05**

Analysis Method: **Cooper-Jacob Time-Drawdown**

Analysis Results: Transmissivity: 8.11E+1 [m<sup>2</sup>/d] Conductivity: 7.77E-1 [m/d]

Test parameters:

Pumping Well:	POCO_05	Aquifer Thickness:	104.4 [m]
Casing radius:	0.05625 [m]	Unconfined Aquifer	
Screen length:	54 [m]		
Boring radius:	0.08255 [m]		
Discharge Rate:	12 [m <sup>3</sup> /h]		

Comments:

Evaluated by:

Evaluation Date: 19/1/2010

## **ANEXO II - Resultados das Análises de Águas Subterrâneas e Superficiais**

## RELATÓRIO DE ANÁLISES QUÍMICAS

Interessado: Andréia – IG – USP

Material Entregue Declarado: Água de poço

Natureza do Trabalho: Diversas Determinações

Referência: 8 amostras

### RESULTADOS:

H <sub>2</sub> L	Amostra	Si	Mg	Ca	Sr	Al	Zn	P	Ba
No.	Identif.	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2298	Am. 1 – Poço 1	11,0	0,78	1,12	0,016	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,096
2299	Am. 2 – Poço 2	12,3	1,24	3,56	0,027	0,013	< 0,010	0,10	0,082
2300	Am. 3 – Poço 3	12,0	1,79	7,39	0,042	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,091
2301	Am. 5 – Poço 5	17,2	1,72	8,96	0,055	< 0,010	< 0,010	0,23	0,048
2302	Am. 6 – Ponto 1 Rio	9,35	0,84	1,23	0,013	0,071	< 0,010	< 0,10	0,079
2303	Am. 7 – Rio	8,64	0,81	1,33	0,016	0,081	< 0,010	< 0,10	0,083
2304	Am. 8 – Rio 3	5,29	0,86	1,10	0,015	0,058	< 0,010	< 0,10	0,035
2305	Am. 9 – Rio 2	4,41	1,06	0,77	0,020	0,017	< 0,010	< 0,10	0,11

H <sub>2</sub> L	Amostra	Cd	Ni	Mn	Fe	Cr	Pb	Cu	Co
No.	Identif.	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
2298	Am. 1 – Poço 1	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2299	Am. 2 – Poço 2	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2300	Am. 3 – Poço 3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2301	Am. 5 – Poço 5	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2302	Am. 6 – Ponto 1 Rio	< 0,010	< 0,010	0,021	0,13	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2303	Am. 7 – Rio	< 0,010	< 0,010	0,013	0,065	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2304	Am. 8 – Rio 3	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,10	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010
2305	Am. 9 – Rio 2	< 0,010	< 0,010	0,047	0,25	< 0,010	< 0,020	< 0,010	< 0,010

Os metais foram analisados por Espectrometria de Emissão Atômica com Fonte de Plasma de Argônio Indutivo (ICP-AES). As análises estão baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19<sup>a</sup> edição, 1995.

**Quím. Responsável: MSc. Mirtis I. Ariza Malagutti - CRQ: Pr. 23.478/81**

Rio Claro, 27 de maio de 2009.

\_\_\_\_\_  
MSc. Mirtis Irene Ariza Malagutti



No. Amostra	Identificação da amostra	Local de coleta	Data de entrada	T	K	pH
Unidade				oC	microSiemens/cm	
Limite						
2298	Poço-1		20/5/2009	17,5	21,4	6,2
2299	Poço-2		20/5/2009	17,3	36,7	6,8
2300	Poço-3		20/5/2009	17,3	57,0	6,4
2301	Poço-5		20/5/2009	17,2	60,4	6,9
2302	Ponto-1 Rio		20/5/2009	17,6	19,4	6,7
2303	Amostra-7 Rio		20/5/2009	17,7	19,8	6,7
2304	Rio-3		20/5/2009	17,8	16,1	6,7
2305	Rio-2		20/5/2009	18,0	18,9	6,4

No. Amostra	Identificação da amostra	HCO3	CO3	F	CH3COO	ClO2
Unidade		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Limite		2,0	2,0	0,02	0,10	0,01
2298	Poço-1	9,38	<	0,22	<	0,09
2299	Poço-2	20,1	<	0,10	1,68	<
2300	Poço-3	30,8	<	0,09	0,99	<
2301	Poço-5	43,3	<	0,15	1,22	<
2302	Ponto-1 Rio	8,93	<	0,09	<	<
2303	Amostra-7 Rio	9,83	<	0,06	<	<
2304	Rio-3	11,6	<	0,05	<	<
2305	Rio-2	9,38	<	0,03	0,60	<

No. Amostra	Identificação da amostra	BrO3	Cl	NO2	Br	NO3
Unidade		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Limite		0,01	0,02	0,02	0,15	0,10
2298	Poço-1	<	1,37	<	<	2,87
2299	Poço-2	<	1,54	<	<	3,14
2300	Poço-3	<	1,26	<	<	7,60
2301	Poço-5	<	0,65	<	<	1,08
2302	Ponto-1 Rio	<	0,87	<	<	2,51
2303	Amostra-7 Rio	<	0,93	<	<	3,00
2304	Rio-3	<	0,40	<	<	<
2305	Rio-2	<	2,18	<	<	0,64

No. Amostra	Identificação da amostra	PO4	SO4	C2O4	Li	Na
Unidade		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Limite		0,15	0,15	0,15	0,05	0,05
2298	Poço-1	<	<	<	<	1,35
2299	Poço-2	0,51	<	<	<	2,34
2300	Poço-3	0,37	<	<	<	2,48
2301	Poço-5	0,81	0,18	<	<	2,94
2302	Ponto-1 Rio	<	<	<	<	1,09
2303	Amostra-7 Rio	<	<	<	<	1,02
2304	Rio-3	<	<	<	<	0,71
2305	Rio-2	<	<	<	<	1,24

No. Amostra	Identificação da amostra	NH4	K	Ca	Mg
Unidade		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Limite		0,05	0,20	0,10	0,10
2298	Poço-1	<	3,45	2,18	1,00
2299	Poço-2	<	3,55	4,60	1,43
2300	Poço-3	<	3,22	8,44	1,82
2301	Poço-5	<	2,77	12,0	1,99
2302	Ponto-1 Rio	0,25	2,27	2,85	1,04
2303	Amostra-7 Rio	<	2,64	2,45	1,11
2304	Rio-3	0,24	2,02	2,16	1,23
2305	Rio-2	0,23	2,10	1,62	1,43