

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MODELO CONCEITUAL DE CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS DO AQUÍFERO
BAURU NA REGIÃO DE MARÍLIA - SP**

Victor Martiliano de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Bertolo

Coorientadora: Dra. Tatiana Taváres

**MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA
(TF-14/35)**

São Paulo

2014

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MODELO CONCEITUAL DE CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS DO AQUIFERO BAURU
NA REGIÃO DE MARÍLIA - SP**

Victor Martiliano de Oliveira



Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Bertolo

Coorientadora: Dra. Tatiana Taváres

MONOGRAFIA DO TRABALHO DE FORMATURA

(TF-14/35)

DEDALUS - Acervo - IGC



30900032391

São Paulo

2014

TP
048
Vm. m.
2.2

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOLOGIA

MODELO CONCEITUAL DE CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS DO AGUÍFERO SAURU
NA REGIÃO DE MARILIA - SP



Prof. Dr. Carlos de Oliveira

Coordenador Geral do Projeto de Pesquisa
Coordenador Geral do Trabalho de Conclusão de Curso

REVISÃO E ADOÇÃO DO TRABALHO DE FORMALIZAÇÃO

(17-143)

2014

2014

Agradecimentos

Inicialmente eu gostaria muito de agradecer àquela que sempre esteve ao meu lado para me cobrar ou me indicar novos caminhos tanto para a conclusão desse trabalho quanto durante todo o período pelo qual eu estive com ela trabalhando no IPT, que é a Tatiana Tavares. Ganhei não só uma co-orientadora e chefe, mas uma amiga.

Em segundo lugar eu gostaria de agradecer ao meu orientador Reginaldo Bertolo, que mesmo tendo passado um tempo fora do país, sempre esteve preocupado me mandando e-mails para checar se as coisas estavam fluindo bem e me dando novas diretrizes para que o trabalho ficasse sempre em dia e cada vez mais completo.

O restante dos agradecimentos vai para diversas pessoas, que fizeram parte não só desse trabalho, mas da minha vida. Os iniciais vão para todos aqueles que contribuíram diretamente para o funcionamento desse projeto: André, Ana Maciel, Ana Rios, Débora, Gabriel e alguns outros que sempre estavam à disposição para dúvidas e ajudas. Muito obrigado, sem vocês esse trabalho não estaria concluído.

Mãe, pai e meu amor (Aline), vocês merecem um espaço especial nesse trabalho, certamente foram essenciais para o meu crescimento não só como aluno, mas como pessoa, não há palavras para descrever o quanto foram e são importantes na minha vida. Pai e mãe, vocês sabem que se hoje estou aqui terminando a minha graduação para me tornar um geólogo, é devido quase que inteiramente a vocês. Um pouco foi meu suor também. Aline, você sempre foi minha companheira em todos os momentos, desde o tempo em que eu nem sonhava em fazer essa profissão até eu torna-la realidade. Meu mais sincero obrigado a você. Amo vocês.

Família Geobinho. Nesses cinco anos de universidade eu fiz não só amigos, mas irmãos. Todas as viagens e cervejas foram apenas complementos à parceria que esteve sempre presente, tanto nos momentos de provas e correrias quanto nos momentos de sinuca, truco e futebol. Citarei todos vocês aqui, pois merecem (a ordem é a que veio na cabeça): Azeite, Gardenal, Eunuco, Always, Sokaminha, Bolquete, Lontra, Curirica, Marihuana, Esperma, Chupim, Molestado, Lombardi, Caiçara, Capa, Kudu, e outros que fizeram parte dessa história que daria um livro dos bons.

O meu penúltimo agradecimento vai para a minha família, em especial para meu avô Abdias, que certamente está lendo isso lá do céu, minha afilhada (Lorena), minha prima, comadre e irmã (Tikel), meu primo e irmão Beto, minha Madrinha, minha Tia Lúcia, meu Padrinho, minha Tia Elza, meu Tio Toti, minhas avós Eva e Roza e meu avô Amaro. Vocês sempre me ajudaram de alguma forma para eu não desistir e me empenhar cada vez mais nesse sonho.

E o último agradecimento, mas não menos importante, vai para meus amigos que fiz na vida e que hoje permanecem tanto nos momentos muito ruins quanto nos muito bons, que merecem igualmente estar aqui: Jé, Polenta, Magrinho, Iudi, Henrique, Felps, Robson, Roberta e Marcão. A todos vocês um muito obrigado.

RESUMO

A superexploração e contaminação dos recursos hídricos são problemas conhecidos que afetam a população do mundo inteiro. Esses fatores têm prejudicado o abastecimento de água de diversos municípios na região do Sistema Aquífero Bauru (SAB), inclusive alguns com grandes populações que requerem maiores demandas desse recurso, como Marília, onde o crescente aumento do número de poços pode vir a gerar crises futuras. Em alguns poços de abastecimento monitorados pela CETESB, o bário foi detectado com concentrações acima do limite permitido (0,7 mg/L), especialmente na região do Espigão de Marília. A caracterização geológica e hidrogeológica do Sistema Aquífero Bauru na região do Espigão de Marília foi executada através do levantamento, organização e tratamento de diversos dados obtidos em órgãos públicos reguladores dos recursos hídricos no Estado de São Paulo. Com base nesses resultados foi possível concluir que o Aquífero Marília possui menor potencial de exploração e pode servir como uma proteção natural à contaminação do Aquífero Adamantina, que apresenta melhor potencial de exploração de água. Os poços que também captam água do Aquífero Serra Geral (de caráter fraturado) apresentam relativo aumento em suas vazões e vazões específicas, indicando uma alternativa a possíveis problemas de falta de água. O balanço hídrico entre a soma das vazões nos poços e a recarga subterrânea nas sub-bacias da área não indicou superexploração em Marília, considerando a proporção de três poços de abastecimento clandestinos para cada poço regularmente cadastrado, porém, esse é um assunto que merece ser estudado em maior detalhe para que se obtenham dados mais precisos.

ABSTRACT

The overexploitation and pollution from water resources are known problems that affect the entire world's population. These factors have hampered the water supply of many cities in Bauru Aquifer System (BAS), especially those that have large populations and require higher demands of this resource, as Marília region. In this region the increase of wells could generate future crises. In some supply wells monitored by Cetesb, barium was detected at concentrations above the permissible limit (0.7 mg / L), especially in the "Espigão de Marília" region. The geological and hydrogeological characterization of Bauru Aquifer System in the "Espigão de Marília" was performed by collecting, organizing and processing data from many public regulatory agencies of water resources in the State of São Paulo. Based on these results it was concluded that Marília Aquifer has lower exploitation potential and could be a natural protection to the contamination of the Adamantina Aquifer, which has better potential for water exploration. The wells that also capture water from Serra Geral Aquifer (fractured character) present relative increase in their flow rates and dilution rates, indicating a possible alternative to problems of water shortage. The water balance between the sum of the flows in wells and the subterranean recharge in the sub-basins of the area did not indicate overexploitation in Marília, considering the ratio of three clandestine supply wells for each regularly registered well, but this is an issue that deserves to be studied in greater detail in order to produce more accurate data.

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização da área de Estudo.....	9
Figura 2 - Área de ocorrência das suprabasálticas cretáceas (Bacia Bauru) na Província Paraná (Modificado de Paula e Silva, 2003).	11
Figura 3 - Divisão estratigráfica do Grupo Bauru de acordo com Soares et al. (1980).	12
Figura 4 - Mapa geológico da área de estudo (modificado de DAEE/UNESP (1984)).....	19
Figura 5 - Perfil Geológico A-A'.....	25
Figura 6 - Perfil geológico B-B'.	26
Figura 7 - Perfil geológico C-C'.	27
Figura 8 - Perfil geológico D-D'.	28
Figura 9 - Perfil geológico E-E'.	29
Figura 10 - Mapa de isópacas de espessura da Formação Marília.	31
Figura 11 - Mapa de isolinhas de topo da Formação Adamantina.	33
Figura 12 - Modelo conceitual de fluxo de água subterrânea no Sistema Aquífero Bauru. ..	34
Figura 13 - Mapa potenciométrico do aquífero raso do SAB.....	37
Figura 14 - Divisão das sub-bacias hidrográficas na área de estudo.	38

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Unidades litológicas do Grupo Bauru, sem as formações Pirapozinho e Birigüi...	13
Tabela 2 - Cotas do topo e espessuras das formações Marília, Adamantina, Araçatuba e Serra Geral.....	23
Tabela 3 - Cargas hidráulicas do Aquífero Marília	35
Tabela 4 - Cargas hidráulicas da Fm. Adamantina aflorante.....	36
Tabela 5 - Dados de área e recarga subterrânea por sub-bacia.	39
Tabela 6 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro apenas no Aquífero Marília.	40
Tabela 7 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro apenas no Aquífero Adamantina. ...	40
Tabela 8 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro no Aquífero Bauru.....	40
Tabela 9 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro no Aquífero Bauru e que alcançassem o Aquífero Serra Geral.....	41
Tabela 10 - Comparação entre os valores da soma das vazões explotadas nos poços e a recarga por sub-bacia.....	43
Tabela 11 - Comparação entre os valores da soma das vazões explotadas nos poços e a recarga por sub-bacia no município de Marília.	43
Tabela 12 - Número de poços cadastrados no DAEE e na CPRM pertencentes ao município de Marília e que contém a data de sua construção registrada no cadastro.....	45

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. METAS E OBJETIVOS	10
3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	10
3.1. Geologia regional	10
3.2. Geologia Local	14
3.3. Hidrogeologia Regional	16
3.4. Hidrogeologia Local.....	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1. Cadastramento de poços	18
4.2. Base cartográfica/mapa de poços	18
4.3. Modelo geológico	20
4.4. Modelo hidrogeológico	21
5. RESULTADOS OBTIDOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS.....	21
5.1. Modelo geológico	21
5.1.1. Descrição litológica e geometria das unidades geológicas	21
5.2. Modelo hidrogeológico	34
5.2.1. Modelo conceitual de fluxo e mapa potenciométrico	34
5.2.2. Cálculo de recarga por sub-bacias.....	38
5.2.3. Parâmetros hidrodinâmicos	39
5.3. Gestão das Águas Subterrâneas no Espigão de Marília	42
5.3.1. Comparação com recarga das sub-bacias e vazões dos poços.....	42
5.3.2. Histórico de poços cadastrados em Marília.....	44
5.3.3. Recomendações de gestão	45
6. CONCLUSÕES	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXO I – Cadastro completo de poços	50
ANEXO II – Separação por geologia	50
ANEXO III – Cadastro de poços auxiliares	50
ANEXO IV – Mapa de poços	50

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos municípios do Estado de São Paulo é abastecida total ou parcialmente com águas subterrâneas. O Sistema Aquífero Bauru (SAB) abastece integralmente 32,6% dos municípios do Estado (Paula e Silva *et al.*, 2005). Tendo isso em vista, é de plena importância que se tenha conhecimento e que se faça ideal monitoramento desse recurso, evitando assim que a população sofra prejuízos de diversos âmbitos.

Diversos poços de abastecimento público no SAB registraram teores anômalos de bário, que podem ter origens tanto antrópicas quanto naturais. Na região de Gália, por exemplo, foram detectadas concentrações de até 2,2 mg/L, acima do valor máximo permitido (VMP=0,7 mg/L) associadas à cimentação carbonática do Aquífero Marília (Tavares, 2013). Esse problema corrobora com a ideia do presente projeto, que visa diminuir impactos de cunho econômico e social para quem depende do abastecimento de água subterrânea

A área de estudo se localiza na região do Espigão de Marília, situada na porção NW do Estado de São Paulo (Fig. 1), e se posiciona no contexto geológico da Bacia do Bauru (parte da Província Paraná).

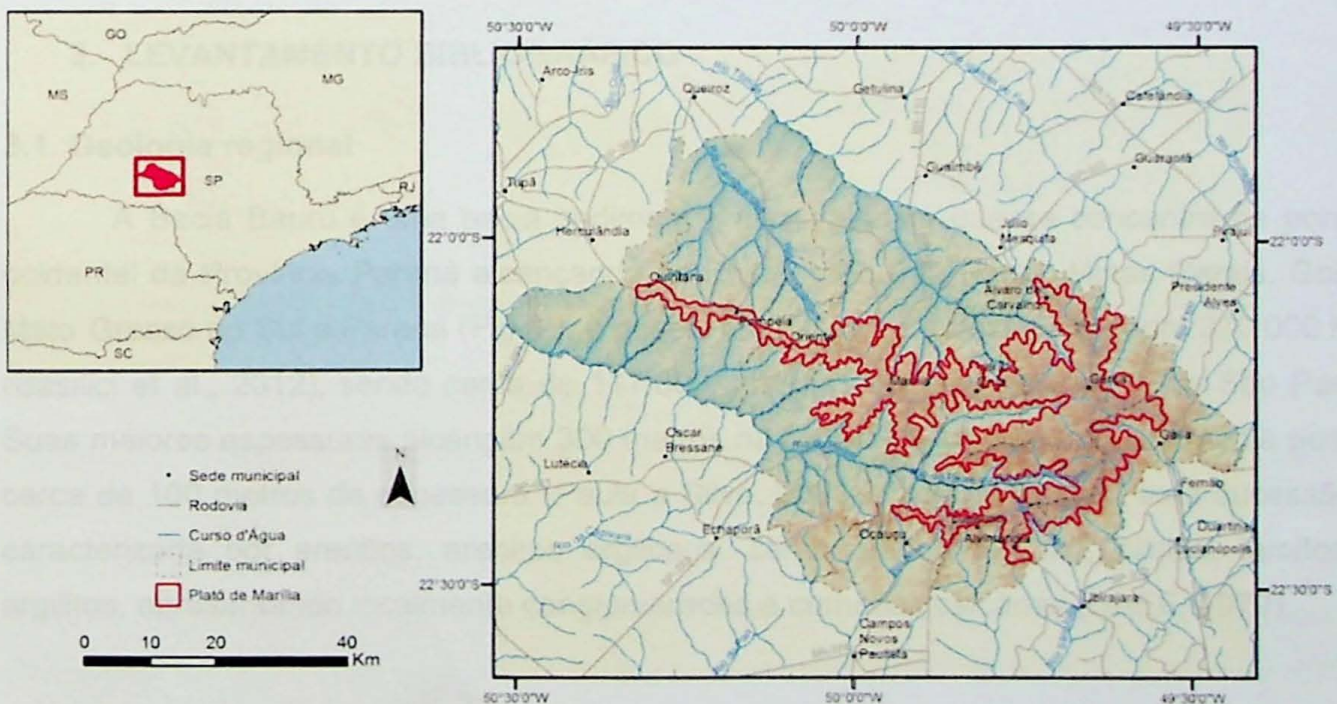


Figura 1 - Localização da área de Estudo

2. METAS E OBJETIVOS

O objetivo geral do projeto é a elaboração do modelo geológico e hidrogeológico da área de estudo através de dados levantados em revisão bibliográfica e cadastro de poços de abastecimento.

Como objetivo específico foi realizado o cadastro de poços de bombeamento da região, públicos e privados, com o maior detalhamento possível de informações geológicas e hidrogeológicas, visando a seleção de poços para futuras campanhas de amostragem de água, buscando uma melhor distribuição, com informação geológica/hidrogeológica suficiente para definição das anomalias geoquímicas de bário em área e em profundidade.

A função do trabalho é contribuir com o projeto de Investigação de Anomalias de Hidrogeoquímicas de Bário em Poços de Abastecimento do Sistema Aquífero Bauru na Região de Marília – SP, executado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) com recursos financeiros do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), podendo, portanto, auxiliar os órgãos públicos responsáveis na gestão adequada de poços de abastecimento que contêm anomalias de bário em cenário geológico semelhante. O projeto pode auxiliar também diversos trabalhos e pesquisas futuras sobre o comportamento das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru.

3. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Geologia regional

A Bacia Bauru é uma bacia sedimentar intracratônica que se concentra na porção ocidental da Província Paraná alcançando os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso do Sul e Paraná (Fig. 2), e possui uma área de aproximadamente 370.000 km² (Basilici et al., 2012), sendo cerca de 117.000 km² pertencentes ao Estado de São Paulo. Suas maiores espessuras alcançam 300 metros na região de Marília, mas em média possui cerca de 100 metros de espessura (Paula e Silva, 2003). Litologicamente, esta sucessão é caracterizada por arenitos, arenitos argilosos, carbonatados ou não, siltitos, lamitos e argilitos, apresentando localmente conglomerados e camadas calcárias (DAEE, 1979).

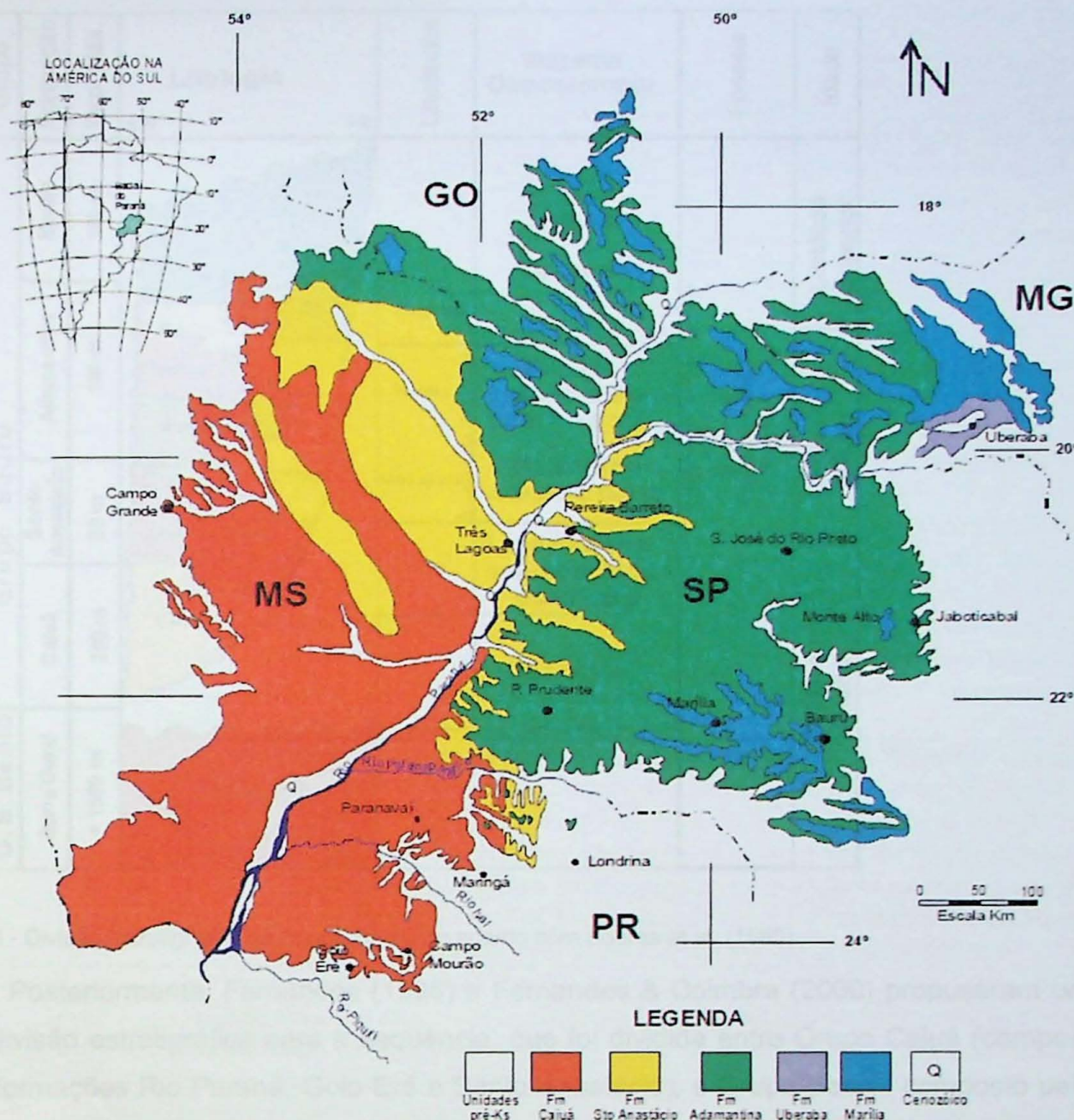


Figura 2 - Área de ocorrência das suprabasálticas cretáceas (Bacia Bauru) na Província Paraná (Modificado de Paula e Silva, 2003).

Até 1980 vários trabalhos já haviam sido feitos na região, mas ainda não havia uma correlação entre as diversas litofácies descritas e mapeadas no Grupo Bauru. Foi então que Soares *et al.* (1980), integrando todos esses trabalhos, descreveram a, até então, unidade Bauru (elevando-a à condição de Grupo) como uma sequência supra basáltica neocretácea e dividiram entre: Formação Caiuá, Formação Santo Anastácio, Formação Adamantina e Formação Marília, e que se posiciona em discordância erosiva sob os derrames basálticos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) (Fig. 3).

Grupo	Formação	Esp. Máx.	Litologia	Litofácies	Sistema Depositional	Fósseis	Idade
Grupo Bauru	Marília	160 m	Marília	Itaqueri	Leques Aluviais	Algas Moluscos Conchostráceos Répteis	Cretáceo Superior
	Adamantina	190 m	Taciba Ubirajara	Taciba Ubirajara	Fluvial meandrante pelítico a sul Psamítico a leste e norte		Cretáceo Médio
	Santo Anastácio	80 m	S. J. R. Preto S. J. R. Preto		F. meandrante a anastomosado psamítico		Cretáceo Inferior
	Caiuá	200 m	Caiuá		Desértico		
G. S. Bento	Serra Geral	+ 1500 m	Serra Geral				

Figura 3 - Divisão estratigráfica do Grupo Bauru de acordo com Soares et al. (1980).

Posteriormente, Fernandes (1998) e Fernandes & Coimbra (2000) propuseram uma nova divisão estratigráfica para a sequência, que foi dividida entre Grupo Caiuá (composto pelas formações Rio Paraná, Goio Erê e Santo Anastácio), e Grupo Bauru, composto pelas formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, Presidente Prudente, São José do Rio Preto, Uberaba e Marília (que foi sub-dividida entre os membros Echaporã, Serra da Galga e Ponte Alta), e pelas rochas extrusivas alcalinas denominadas Analcimitos Taiúva. Nessa concepção os grupos Bauru e Caiuá seriam correlatos.

Paula e Silva (2003) mantém a proposta de Soares *et al.* (1980), inclui a formação Araçatuba (Tabela 1) e define duas novas formações no Grupo Bauru em seu trabalho: a Formação Pirapozinho, baseada em dados geofísicos, de ocorrência exclusiva em subsuperfície e cronocorrelata à Formação Caiuá; e a Formação Birigüi, posicionada entre os derrames basálticos do Serra Geral e Formação Araçatuba, no topo. Para esse trabalho utilizaremos essa divisão por motivos operacionais.

Tabela 1 - Unidades litológicas do Grupo Bauru, sem as formações Pirapozinho e Birigüi (Extraído de Paula e Silva, 2003).

Unidade	Características litológicas
Marília	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, teor de matriz variável, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, raras estratificações cruzadas de médio porte e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários. Sua espessura máxima foi estimada em 160 metros, na região de Marília-SP.
Adamantina	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como um conjunto de fácies compostas por bancos de arenito róseo a castanho, de espessura variando entre 2 e 20 metros, de granulação fina a muito fina, portando estratificação cruzada, intercalados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho avermelhada a cinza castanho, maciços ou com acamamento plano-paralelo, com marcas de onda e microestratificação cruzada. Sua espessura máxima foi estimada em 182 metros, no sudoeste paulista (Mezzalana, 1974).
Araçatuba	Proposta por Suguio (1981) e redefinida por Batezelli <i>et al.</i> (1999), foi descrita como constituída por siltitos arenosos cinza esverdeados, ora maciços, ora com estratificações plano-paralelas e cruzadas, com variações laterais para siltitos argilosos ou arenitos lamíticos, intercalados a bancos de arenitos muito finos, com ocorrências de moldes romboédricos de cristais salinos e espessura média estimada em 30 metros.
Santo Anastácio	Foi formalmente caracterizada por Soares <i>et al.</i> (1980) como constituída predominantemente por arenitos de cor marrom avermelhada, de granulação muito fina a média, com grãos recobertos por película limonítica, teor de matriz inferior a 15%, elevada percentagem (até 15%) de grãos de opala e feldspato, cimentação e nódulos calcíferos localizados, com incipiente estratificação plano-paralela e cruzada tangencial de baixo ângulo (5° a 10°) e lentes descontínuas de lamito marrom avermelhado. Sua espessura foi estimada em 80 metros.
Caiuá	Foi formalmente definida por Soares <i>et al.</i> (1980) como uma unidade caracterizada por sua notável uniformidade litológica, representada por arenitos avermelhados a arroxeados, muito finos a médios, com grãos envoltos por película limonítica, com estratificação cruzada tangencial de grande porte, teor de matriz lamítica inferior a 5%, de ocorrência restrita à região sudoeste do Estado de São Paulo. Sua espessura máxima conhecida é de 200 metros no Morro dos Três Irmãos, no noroeste do Paraná.

A Formação Birigui é caracterizada por Paula e Silva (2003) como corpos arenosos que variam entre cinza-esverdeados a esbranquiçados, bege amarelados e marrons acastanhados, granulometria dominante fina a média, mas localmente apresentando arenitos grossos a conglomeráticos. Ocorrem, em menor frequência, intercalações de pelitos. Há algumas ocorrências também de níveis e concreções carbonáticas com nódulos de calcita que alcançam 5 cm. Os perfis geofísicos descritos pelo autor sugerem deposição por correntes de alta energia em sistemas predominantemente fluviais.

De acordo com Milani (1997), o depocentro da Bacia Bauru ocupa geograficamente a mesma posição onde se encontram as maiores espessuras dos derrames basálticos da Formação Serra Geral devido à subsidência da bacia como produto do empilhamento, resfriamento e acomodação mecânica dessas rochas magmáticas. Fernandes & Coimbra

(1996), ainda consideram que a sedimentação da Bacia ocorreu em sincronismo com o progressivo alçamento das bordas definidas a noroeste pela Antéclise de Rondonópolis, a nordeste pelo Alto do Parnaíba, a leste pela Serra do Mar, a oeste pelo Arco de Assunção, e a sul pelo Arco de Ponta Grossa.

Soares *et al.* (1980) define o limite inferior da sedimentação da Bacia no Cretáceo Inferior e o limite superior sendo no Cretáceo Superior (Cenoniano). Coutinho *et al.* (1982) obteve uma datação absoluta (K/Ar) de 61 Ma como idade mínima dos Analcimitos Taiúva. Segundo Fernandes (2004), essa idade foi considerada por alguns autores como incompatível com os dados paleontológicos, uma vez que fósseis de dinossauros encontrados em posição estratigráfica superior tenham pelo menos 65 Ma. O autor considera, no entanto, que não se deve descartar nenhum valor geocronológico absoluto, uma vez que não se tenham dados consistentes mais recentes, e afirma que a sequência se acumulou entre o Coniaciano e o Maastrichtiano, no Neocretáceo.

3.2. Geologia Local

A região de estudo se localiza na porção meridional da Bacia Bauru, no contexto geográfico do Espigão de Marília, a oeste do Estado de São Paulo (Fig. 4). Essa região é uma das únicas da Bacia onde aflora a Formação Marília, que inclusive define o relevo mais alto da região. Nessa região os poços alcançam apenas as Formações Marília, Adamantina e Araçatuba até chegarem ao contato com os derrames basálticos da Formação Serra Geral. Para esse trabalho utilizaremos a subdivisão proposta por Paula e Silva (2003), na qual estão incluídas as Formações Araçatuba, Birigui e Pirapozinho.

A Formação Marília é o topo do Grupo Bauru e tem ocorrência restrita, se concentrando em sua porção sudeste. Sua alta concentração de cimento calcífero é o motivo que a fez mais resistente à erosão e fez com que ela sustentasse os planaltos de Marília, da Garça e do Echaporã. Possui contato interdigitado inferior com a Formação Adamantina (localmente com a Formação Serra Geral (Fernandes, 2004)) e o limite superior é definido pela topografia atual (Paula e Silva, 2003).

Soares *et al.* (1980) define a formação como uma unidade composta por arenitos grossos a conglomeráticos, com teor de matriz variável, ricos em feldspatos, minerais pesados e minerais instáveis, maciços ou com acamamento incipiente subparalelo e descontínuo, com raras estratificações cruzadas de médio porte e raras camadas descontínuas de lamitos vermelhos e calcários.

É composta por três membros: Serra da Galga, Ponte Alta e Echaporã. No Estado de São Paulo é representada apenas pelo Membro Echaporã, e é caracterizada por arenitos finos a médios, imaturos, com frações de areia grossa a grânulos (subordinadamente), com

intercalação de lentes delgadas de lamitos arenosos amarronzados, apresentam aspecto maciço, e possuem cores bege a rosa (pálidas) características. Apresentam nódulos e concreções carbonáticas. (Fernandes, 2004).

Através de dados geofísicos, Paula e Silva (2003) indicou a ocorrência de depósitos predominantemente arenosos, com delgadas intercalações de material pelítico e baixo conteúdo argiloso. Em menor frequência também foram identificados calcários ou arenitos bastante carbonáticos em valores de resistividade do perfil geofísico de indução. O autor também indica que há uma tendência da diminuição da argilosidade em direção ao topo da sucessão, assim como ocorre na Formação Adamantina, indicando assoreamento do sítio deposicional. Condizendo com o que sugere Soares *et al.* (1980), o autor assimila os dados geofísicos à um ambiente deposicional em leque aluvial.

A Formação Adamantina ocorre por toda a extensão do Grupo Bauru, aflorando na grande maioria do Estado de São Paulo. Uma das poucas exceções é na região do Espigão de Marília onde ocorre entre a Formação Marília, no topo, e a Formação Araçatuba, logo abaixo. Seu contato superior é definido por interdigitações com as rochas da Formação Marília e o inferior pela transição dos depósitos pelíticos da Formação Araçatuba para depósitos progressivamente mais arenosos à medida que se aproxima da Formação Adamantina (Paula e Silva, 2003).

De acordo com Soares *et al.* (1980), essa Formação têm como principal característica a presença de bancos de arenitos de granulação fina a muito fina, com coloração de róseo a castanho, com estratificações cruzadas, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanho-avermelhado a cinza-castanho, maciços ou com leve acamamento plano-paralelo, frequentemente com marcas de onda e microestratificações cruzadas, com ocorrências comuns de seixos de argilito, cimento e nódulos carbonáticos.

Paula e Silva (2003) definiu a unidade a partir de dados geofísicos como depósitos arenosos acanalados, com padrão granulométrico de granodecrescência ascendente predominante. A frequência de intercalações pelíticas e o conteúdo argiloso diminuem em direção ao topo da Formação. Segundo o autor, a sucessão reflete sistemas fluviais progradantes.

A Formação Araçatuba apresenta expressiva ocorrência por todo o Estado de São Paulo. Na região do Espigão de Marília possui contato inferior na forma de discordância erosiva com os basaltos da Formação Serra Geral e superior interdigitado e localmente abrupto com a Formação Adamantina (Paula e Silva, 2003).

Em poço descrito no município de Pirapozinho – SP, Paula e Silva *et al.* (2006) consideram a unidade representada pela Formação Araçatuba indicada por lamitos e argilitos marrom acinzentados, arenosos, maciços com eventuais laminações paralelas. Intercalam-se com lentes de arenito muito fino. Apresentam cimentação carbonática, níveis fossilíferos e intensa bioturbação. Essas características são indicativas de sistemas lacustres rasos, com eventuais influxos arenosos originados por sistema fluvial progradante (Paula e Silva, 2003). Fernandes (1998) considera que essa deposição ocorreu em áreas alagadiças e estagnadas.

3.3. Hidrogeologia Regional

O Sistema Aquífero Bauru (SAB) é definido no Estado de São Paulo pelo Grupo Bauru e pelo Grupo Caiuá (de acordo com a proposta de divisão estratigráfica de Fernandes e Coimbra (2000)). Foi dividido em duas unidades hidroestratigráficas (DAEE, 1979): Bauru Médio/Superior (Grupo Bauru) e Bauru Inferior/Caiuá (Grupo Caiuá).

O primeiro é caracterizado como uma unidade hidrogeológica contínua, livre a semiconfinada, de extensão regional, constituído de arenitos finos e mal selecionados na base, de arenitos argilosos e calcíferos no topo. Apresenta vazão média de produção dos poços igual a 8 m³/h (DAEE, 2005). O Bauru Inferior possui elevado potencial explorável (vazão média de 30 m³/h), ocorre no extremo sudoeste do Estado de São Paulo, é caracterizado como poroso, de hidrogeologia contínua, uniforme, livre a localmente semiconfinado e de boa permeabilidade (DAEE, 2005).

Segundo Rocha *et al.* (1979), os valores médios de transmissividade predominantes da porção inferior do Bauru estão entre 30 m²/h e 50m²/h e correspondem ao domínio de ocorrência da Formação Adamantina. O intervalo de 50 m²/h a 100m²/h ocorre nos domínios da Formação Santo Anastácio, a oeste, e o intervalo de 100 m²/h a 200m²/h ocorre na Formação Caiuá.

Paula e Silva (2003) realizou uma subdivisão hidroestratigráfica do Sistema Aquífero Bauru baseado nas unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru (de acordo com a divisão estratigráfica proposta por Soares *et al.* (1980)), justificando pelo fato de que são justamente as características litológicas que governam as propriedades hidráulicas da unidade. Ele dividiu o SAB em:

- Aquífero Caiuá/ Aquitardo Pirapozinho
- Aquífero Santo Anastácio
- Aquífero Birigüi

- Aquitardo Araçatuba
- Aquífero Adamantina
- Aquífero Marília

Os três últimos aquíferos citados (Araçatuba, Adamantina e Marília) são os focos principais do estudo e serão mais bem detalhados no item 3.4.

3.4. Hidrogeologia Local

O Aquífero Marília apresenta extensão de cerca de 15.000 km² e se situa na porção centro-oriental da bacia. Ocorre na região entre os rios Tietê e Paranapanema. Apresenta granulometria fina a grossa, predominantemente arenosa, com baixo conteúdo argiloso e com intercalações delgadas pelíticas, além de zonas muito carbonatadas (Paula e Silva, 2003).

Paula e Silva (2003) considera, de uma forma geral, o Aquífero Marília livre a semiconfinado, de extensão regional e contínuo. Segundo o autor, devido à sua alta cimentação carbonática, seus valores de permeabilidade acabam sendo reduzidos significativamente, mesmo que possua dominância arenosa e grande espessura. A cimentação varia muito pela extensão do aquífero, o que acaba gerando variações de permeabilidade, tornando-o anisótropo e heterogêneo, podendo gerar situações de confinamento hidráulico. Nas zonas de alteração superficiais da sucessão, é comum a presença de aquíferos suspensos isolados pelos estratos subjacentes relativamente impermeáveis.

Assim como o Aquífero Marília, Paula e Silva (2003) considera o Aquífero Adamantina livre a semiconfinado, de extensão regional e contínuo. Como a Formação Adamantina aflora em quase todo o Grupo Bauru, ele se apresenta quase sempre em superfície, sendo coberto apenas localmente, onde ocorre a Formação Marília. É ausente, por erosão, no extremo sudoeste do Estado de São Paulo.

Há predominância de sedimentos com permeabilidade aparente moderada. Os arenitos com maior permeabilidade aparente ocorrem com distribuição irregular e em menor escala. Os sedimentos impermeáveis ocorrem com maior espessura e concentração na porção NNE do Grupo Bauru. Na região de São José do Rio Preto (porção norte da Bacia) ocorrem as maiores espessuras e concentrações de arenitos da Formação Adamantina, indicando que essa região é a que possui maior potencialidade hídrica (Paula e Silva, 2003).

O Aquitardo Araçatuba apresenta contato inferior com os derrames basálticos da Formação Serra Geral na região do Espigão de Marília. Constitui uma barreira de

permeabilidade negativa que isola as unidades hidroestratigráficas subjacentes em sua área de ocorrência (Paula e Silva, 2003). Devido a essa impermeabilidade, na região de estudo ele serve de barreira para possíveis transmissões de água do aquífero fraturado do Serra Geral, na base, para o aquífero Adamantina, no topo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Cadastramento de poços

O cadastramento de poços foi realizado, de acordo com o previsto, através de consultas a diversos órgãos públicos, sendo eles a CPRM, o DAEE e a CETESB. Foram realizadas visitas de campo tanto ao DAEE de São Paulo, quanto ao de Marília, que são os que mais concentram os autos dos poços da região.

Foram registrados poços de Álvaro de Carvalho, Alvilândia, Duartina, Echaporã, Gália, Garça, Lupércio, Marília, Ocaçu, Oriente, Oscar Bressane, Pompéia, Presidente Alves, Quintana e Vera Cruz. A maior concentração de poços está no entorno do município de Marília, que se posiciona no centro do Espigão.

A tabela com o cadastro completo de todos os 350 poços e informações obtidas, devido ao tamanho excessivo, foi entregue na forma de CD junto à Monografia de Trabalho de Formatura (Anexo I - CD). A separação dos poços por unidades litológicas foi realizada e está no Anexo II – CD.

Para melhorar a qualidade do mapa de topo do Aquífero Adamantina e o mapa potenciométrico, foram cadastrados 40 novos poços auxiliares das cidades de Queiroz, Herculândia, Tupã, Guaimbé, Getulina, Borá, Lutécia, Ubirajara e Júlio Mesquita, apenas com as informações de geologia e de carga hidráulica (Anexo III – CD).

4.2. Base cartográfica/mapa de poços

Para a confecção dos mapas foi utilizado o *software* ArcGIS.

A base cartográfica utilizada foi o mapa geológico do convênio DAEE/UNESP (1984), na escala 1:750.000, modificado de acordo com a delimitação do Espigão de Marília. A área do espigão foi delimitada com base na definição da unidade geomorfológica classificada por Ross & Moroz (1996) como Planalto Residual de Marília, no mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo (escala 1:500.000). Nesse mapa (Fig. 4) estão representadas as unidades geológicas que afloram na área de estudo, os lineamentos estruturais e os principais rios, rodovias e cidades.



UNIDADES LITOLÓGICAS

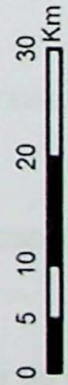
- Sede municipal
- Rodovia
- Curso d'Água
- Limite municipal
- Platô de Marília
- Área de estudo

Depósitos aluviais

Formação Marília

Formação Adamantina

Lineamentos estruturais



PROJEÇÃO: Universal Transversa de Mercator

FUSO: 22

DATUM: SIRGAS 2000

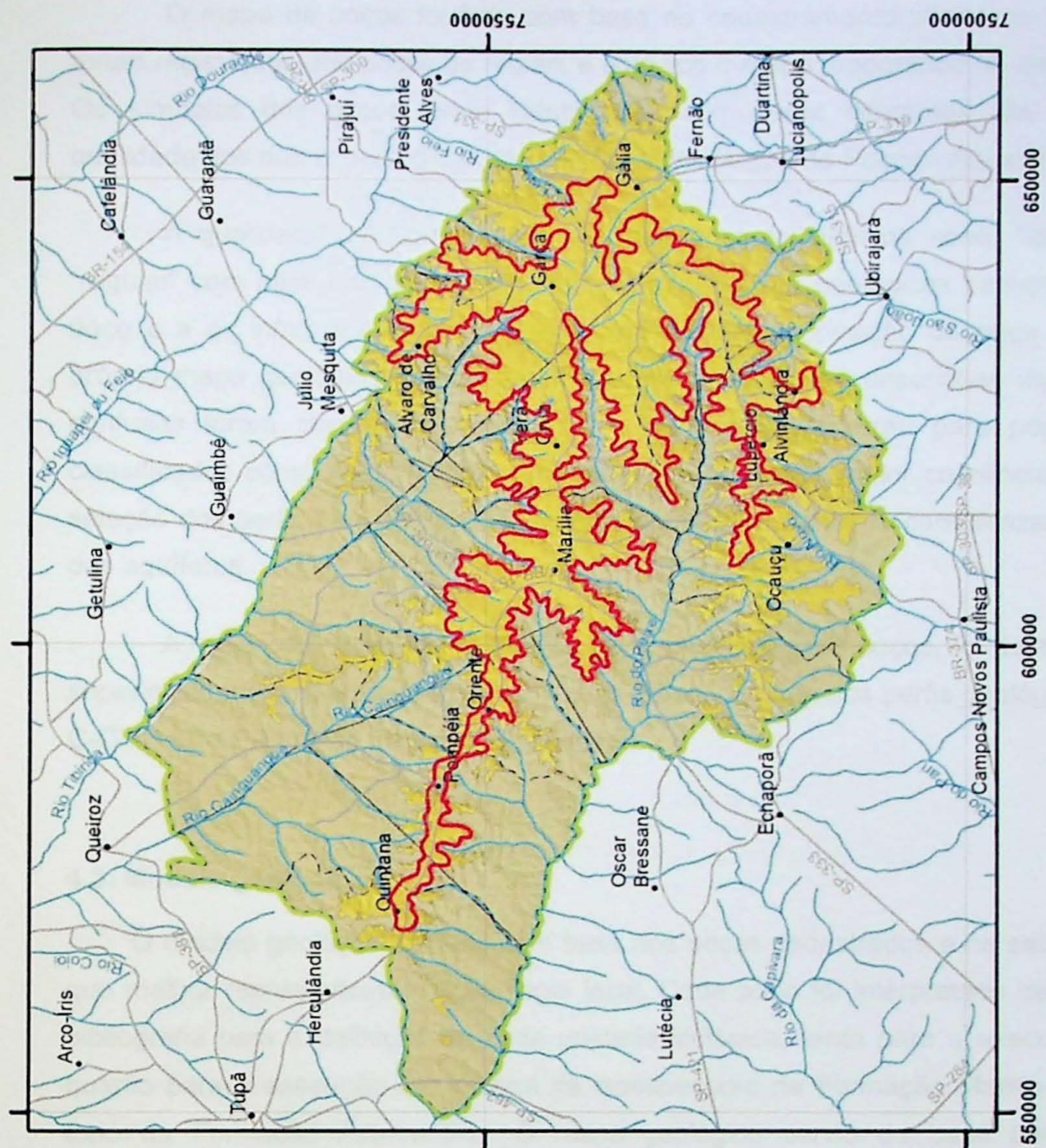


Figura 4 - Mapa geológico da área de estudo (modificado de DAEE/UNESP (1984)).

O mapa de poços foi feito com base no cadastramento citado no item 4.1., onde foram registrados 350 poços da região, e está sob o mapa topográfico na base 1:1.000.000. Os símbolos dos poços foram identificados com cores diferentes, de acordo com a qualidade dos dados geológicos de cada um deles (Mapa de Poços - Anexo IV).

A qualidade das informações de cada poço foi definida como “bom”, “médio” e “regular” com base na comparação entre as informações geológicas cadastradas em cada poço e a as informações dos poços ao redor, além da posição do poço em relação ao próprio mapa geológico. Sendo assim, poços que tivessem descrições muito simples ou confusas foram classificadas como ruins, e o oposto ocorreu para poços que foram classificados como bons. Isso foi feito para que houvesse maior coerência e precisão na seleção dos perfis a serem realizados, bem como para a melhor caracterização geométrica dos aquíferos.

A região do município de Marília, por concentrar mais poços, foi destacada na parte superior do mapa (Mapa de Poços – Anexo IV). As seções dos perfis geológicos A-A', B-B', C-C', D-D' e E-E' estão traçadas nesse mapa.

4.3. Modelo geológico

O modelo geológico foi feito com base nos poços cadastrados e na seleção dos perfis que melhor representassem a geologia local. Cada poço foi interpretado de acordo com a bibliografia para a definição de cada unidade litológica, tanto para a execução dos perfis quanto para a execução dos mapas de isoespessura da Formação Marília e de cotas do topo da Formação Adamantina. O mapa geológico serviu de base para auxiliar nas interpretações.

As unidades litológicas foram definidas com base nos seguintes critérios:

- Cota do poço: de acordo com a cota do poço e sua posição no mapa geológico do DAEE/UNESP (1984).
- Descrição litológica: comparando a descrição da litologia indicada nos poços cadastrados com a descrição típica da bibliografia.
- Espessura da unidade: comparando a sua espessura com a espessura média da unidade descrita nos levantamentos bibliográficos já existentes.
- Unidades e poços adjacentes: indicando a posição da unidade de acordo com algum poço ao redor, e/ou alguma unidade sotoposta ou sobreposta, que estejam mais bem descritos.

O *software* ArcGIS foi utilizado para a confecção do mapa de isoespessura da Formação Marília, através da interpolação matemática *Topo-to-Raster*, onde foi feita a interpolação dos valores de espessura. O mesmo foi feito para o mapa de topo da Formação Adamantina, considerando as cotas das drenagens como afloramento dessa Formação.

4.4. Modelo hidrogeológico

O modelo hidrogeológico foi realizado com base no cadastro de poços e no modelo geológico. Foi feito um mapa potenciométrico para o aquífero raso do SAB com dados dos poços onde os filtros estivessem posicionados na Formação Marília e na Formação Adamantina aflorante, sem incluir poços mistos, ou seja, com seções filtrantes em ambos os aquíferos, excluindo-se também aqueles que também captam água do Serra Geral.

Assim como os mapas de isoespessura e de topo, o potenciométrico foi feito no *software* Arc Gis, utilizando o método de interpolação matemática Topo-To-Raster, onde foram interpolados os valores de carga hidráulica com os valores das cotas das drenagens. Posteriormente foram realizados ajustes finos manuais, para a correção de eventuais erros de interpolação.

5. RESULTADOS OBTIDOS E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1. Modelo geológico

5.1.1. Descrição litológica e geometria das unidades geológicas

As unidades geológicas do Grupo Bauru apresentam diversas variações entre si, inclusive entre os diversos autores que o descrevem. Foi feita, então, uma homogeneização dentre os poços cadastrados de cada unidade, com o intuito de dividir as camadas para a formulação dos perfis geológicos, dos mapas de isoespessura das Formações Marília e Adamantina, e, por fim, os mapas de topo das Formações Adamantina e dos derrames basálticos da Formação Serra Geral, unidade topo do Grupo São Bento.

Através da análise dos dados geológicos dos poços, levando em consideração: espessura da camada, descrição litológica, posição em relação às unidades adjacentes, mapa geológico e a cota do poço, foi proposta uma caracterização das unidades:

Formação Marília: arenitos mal-selecionados, variando de finos a grossos, compactos, com cor variando entre cinza-esbranquiçado, bege, marrom-claro, rosado, avermelhado, com concreções e nódulos carbonáticos. Podem ocorrer níveis conglomeráticos e intercalações de siltitos e argilitos.

Formação Adamantina: arenitos finos a muito finos, em alguns casos médios, friáveis, com cor variando entre avermelhado, marrom e ocre amarronzado. Ocorrem níveis de argilitos e siltitos e podem apresentar cimentação carbonática.

Formação Araçatuba: siltitos arenosos e argilitos, cinza-esverdeados a amarronzados, podendo, em menor frequência, apresentar cimentação carbonática. Ocorrem alguns níveis de arenitos e arenitos argilosos amarronzados com granulação fina.

Formação Birigüi: a Formação Birigüi aparece apenas em alguns poços, e é caracterizada por arenitos médios a grossos, de coloração amarronzada, bem selecionados, com boa porosidade aparente.

Formação Serra Geral (Grupo São Bento): a Formação Serra Geral é caracterizada por basalto marrom a cinza escuro, por vezes maciço, compacto e afanítico, outras vezes brechado, fraturado, alterado ou apresentando microfraturas, com texturas amigdaloidal e/ou vesicular preenchidas por calcita e zeólitas esverdeadas. Algumas camadas de arenitos finos brancos intercalados no basalto (intertrapes) foram descritas em um dos poços que atravessa o basalto.

A descrição das unidades descrita nesse trabalho corrobora, no geral, com o que é proposto pela literatura. A descrição da Formação Marília é muito semelhante com o descrito por Fernandes (2004), havendo apenas algumas variações de cor, como a presença de arenitos amarronzados a avermelhados, que não ocorrem na descrição do autor. O relevo com mais altitude do Espigão de Marília está definido por essa unidade (Tabela 2), caracterizada por arenitos com expressiva cimentação carbonática, o que acabou tornando a região resistente à erosão. Os perfis geológicos A-A' (Fig. 5), B-B' (Fig. 6), C-C' (Fig. 7), D-D' (Fig. 8) e E-E' (Fig. 9) a seguir representam a disposição das unidades de forma mais representativa.

Tabela 2 - Cotas do topo e espessuras das formações Marília, Adamantina, Araçatuba e Serra Geral.

	Cota do topo Fm. Marília (manm)	Espessura Marília (m)
Nº de poços	135	97
Mínimo	468	16
Máximo	684	218
Média	610	101
Mediana	620	105
	Cota do topo Fm. Adamantina (manm)	Espessura Adamantina (m)
Nº de poços	103	52
Mínimo	410	25
Máximo	560	172
Média	494	90
Mediana	499	106
	Cota do topo Fm. Araçatuba (manm)	Espessura Araçatuba (m)
Nº de poços	49	24
Mínimo	340	14
Máximo	522	82
Média	392	37,5
Mediana	387,5	40
	Cota do topo Fm. Serra Geral (manm)	Espessura Basalto (m)
Nº de poços	25	01
Mínimo	312	-x-
Máximo	505	-x-
Média	359	647
Mediana	345	-x-

Como se observa na Tabela 2, a cota máxima de topo da Formação Marília está em 684 m em relação ao nível do mar, sua média de altitude é igual a 610 m e a mediana é igual a 620 m. É possível então notar que os valores de média e mediana são superiores aos das formações subjacentes. Sua espessura média é de 101 m, sendo a maior espessura dentre as unidades do Grupo Bauru.

A Formação Adamantina aflora especialmente na porção W-NW da área de estudo. No entanto, de acordo com o mapa de pontos, os poços cadastrados se concentram preferencialmente nas porções onde aflora a Formação Marília. Essa concentração de poços no platô se deve ao fato de que quase todos os municípios da área delimitada possuem seus centros nessa porção, em elevadas altitudes, como é possível observar no Mapa de Poços – Anexo I.

A cota máxima em relação ao nível do mar para o topo da Formação Adamantina é de 560m, atingindo a média em 494 m (Tabela 2). Sua espessura possui valores de média e mediana semelhantes aos da Formação Marília, que são as unidades mais representativas, em espessura, do Grupo Bauru. Os valores mínimos de espessura, tanto para a Formação

Marília quanto para a Formação Adamantina, ocorrem em áreas onde essas unidades são aflorantes e sofreram erosão de origem fluvial ou eólica.

A Formação Araçatuba ocorre em todos os perfis (Figs. 5, 6, 7, 8 e 9). Seu contato inferior é marcado pelo derrame basáltico da Formação Serra Geral e superior pelos arenitos da Formação Adamantina, não aflorando na área de estudo. É representada por rochas com baixa permeabilidade, lamitos e argilitos, e por isso é caracterizada por Paula e Silva (2003) como um aquitarde.

Dentre as unidades descritas, a Formação Araçatuba é a que possui a menor média e mediana de espessuras, indicando valores próximos dos 40 m (Tabela 2). Seus valores de cota de topo acompanham muitas vezes a variação de cota do basalto da Formação Serra Geral, como é possível observar no perfil D-D (Fig. 8). São raros os casos onde o topo da Formação Araçatuba alcança mais de 450 m em relação ao nível do mar. Na área de estudo essa unidade não aflora.

A Formação Birigui possui menor expressão na região e ocorre apenas em alguns dos poços. No entanto, ela possui características muito semelhantes às descritas por Paula e Silva (2003). No perfil B-B' (Fig. 6) essa unidade ocorre na porção centro-ocidental.

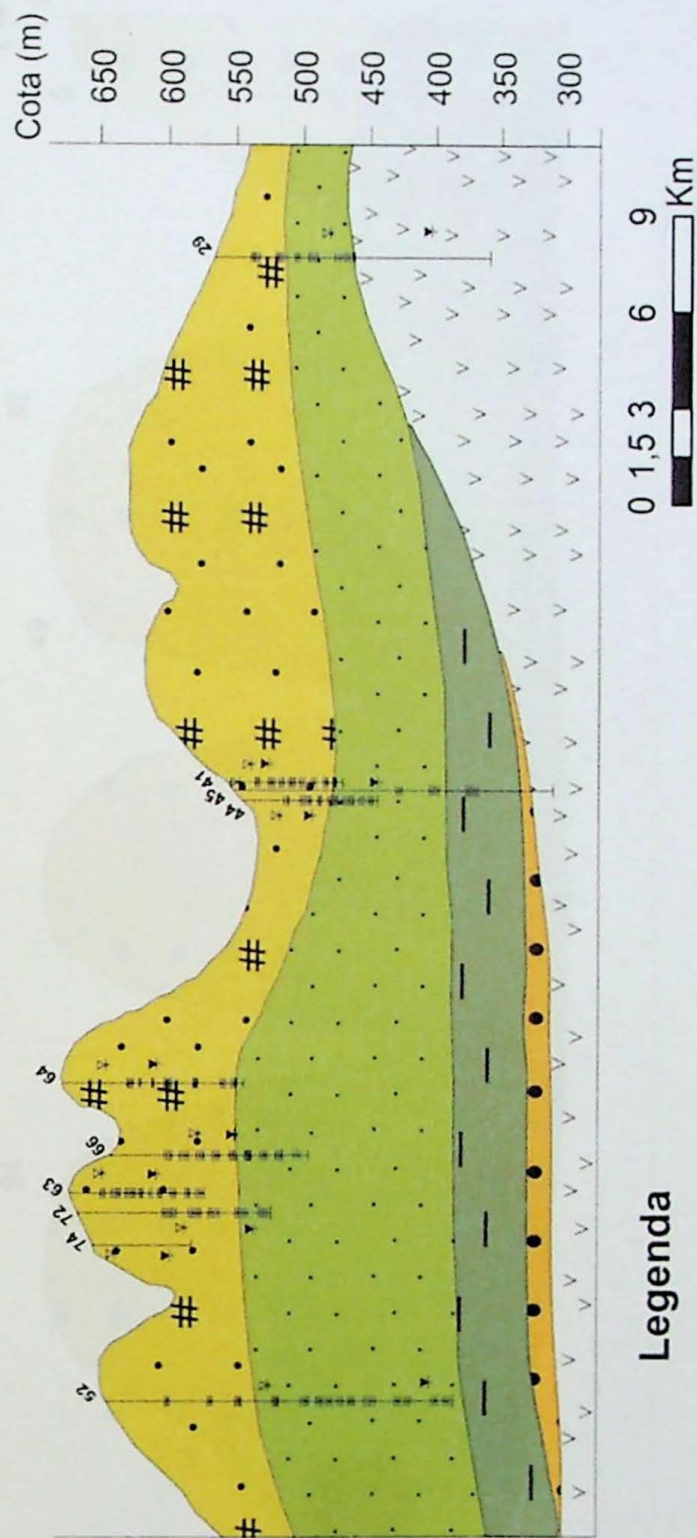
O basalto da Formação Serra Geral ocorre com altitudes de topo variadas apresentando altitude média em torno de 350 m, em relação ao nível do mar. Ocorre subjacente às unidades do Grupo Bauru em toda a região do Espigão de Marília, não aflorando dentro da área de estudo. Sua espessura é de difícil determinação, pois a grande maioria dos poços não chega a atravessá-lo, mas do único valor registrado, já se observa que essa unidade atinge espessuras muito superiores aos das unidades sobrejacentes. No perfil B-B' (Fig. 6) o contato do basalto ocorre diretamente com a Formação Adamantina, diferente do que ocorre nos outros perfis (Figs. 5, 7, 8 e 9).



Figura 5 - Perfil Geológico A-A'.

NW
(B')

SE
(B)



Legenda

- Formação Marília
- Formação Adamantina
- Formação Araçatuba
- Formação Birigui
- Formação Serra Geral (Grupo São Bento)
- Nível Estático
- Nível Dinâmico

Figura 6 - Perfil geológico B-B'.

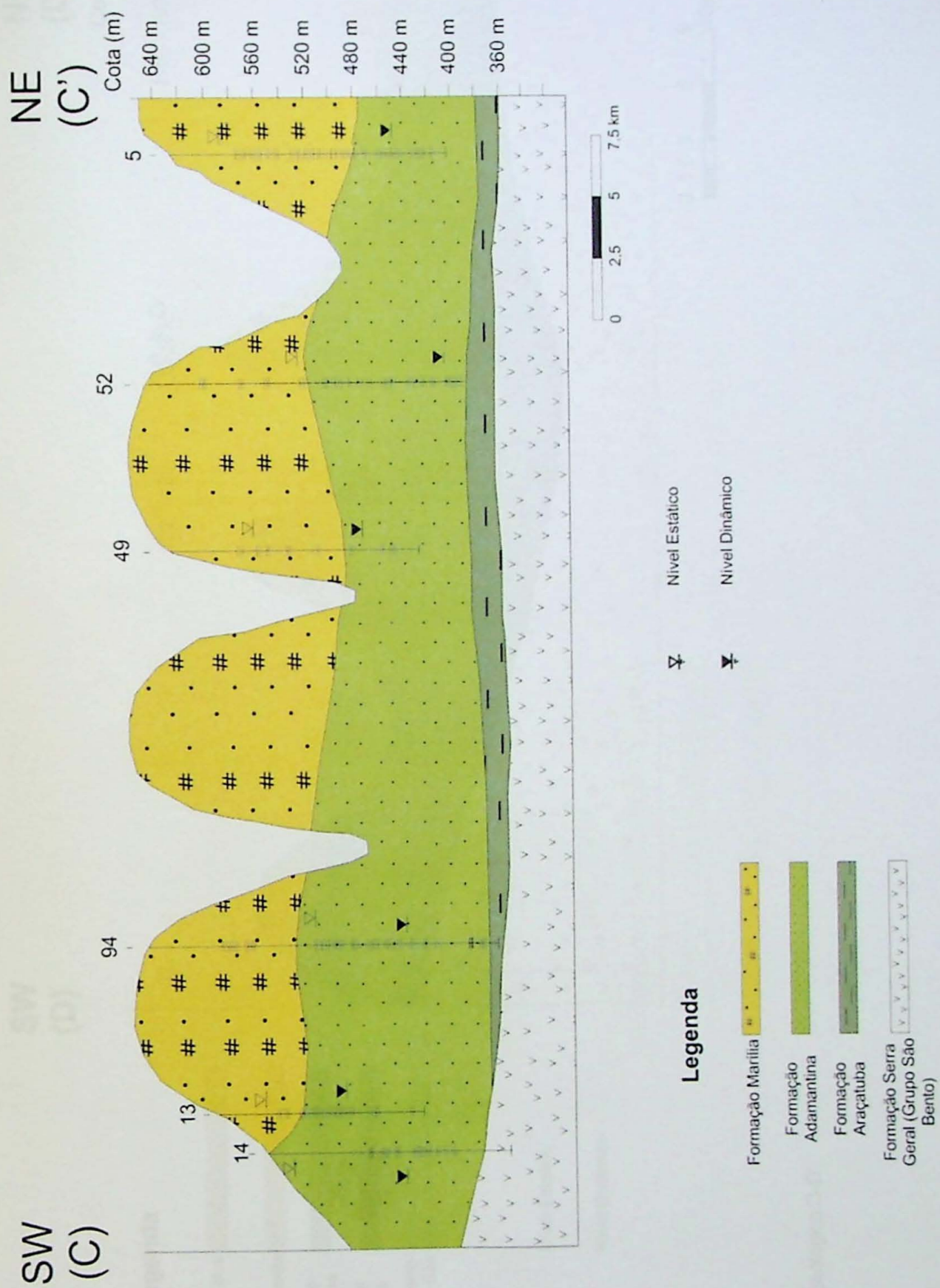


Figura 7 - Perfil geológico C-C'.

SW
(D)

NE
(D')

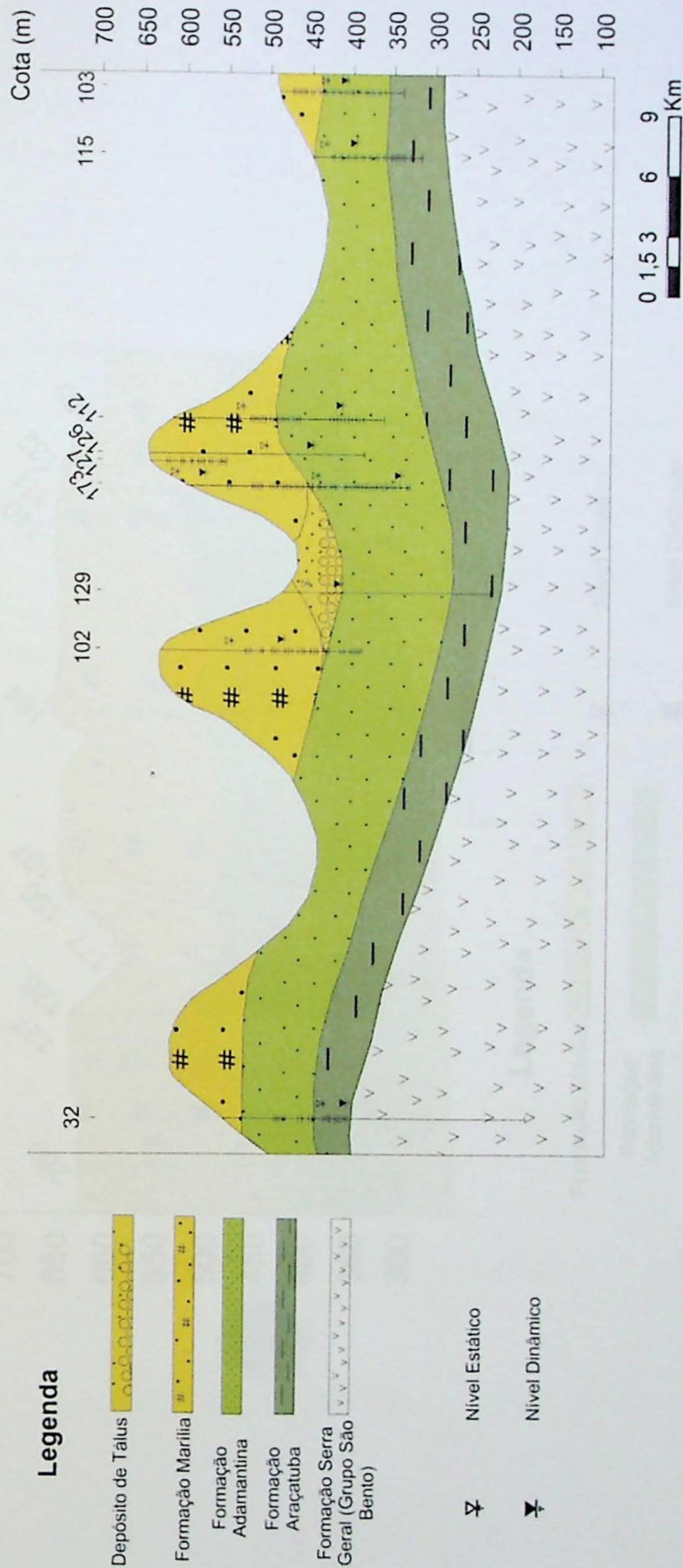


Figura 8 - Perfil geológico D-D'.

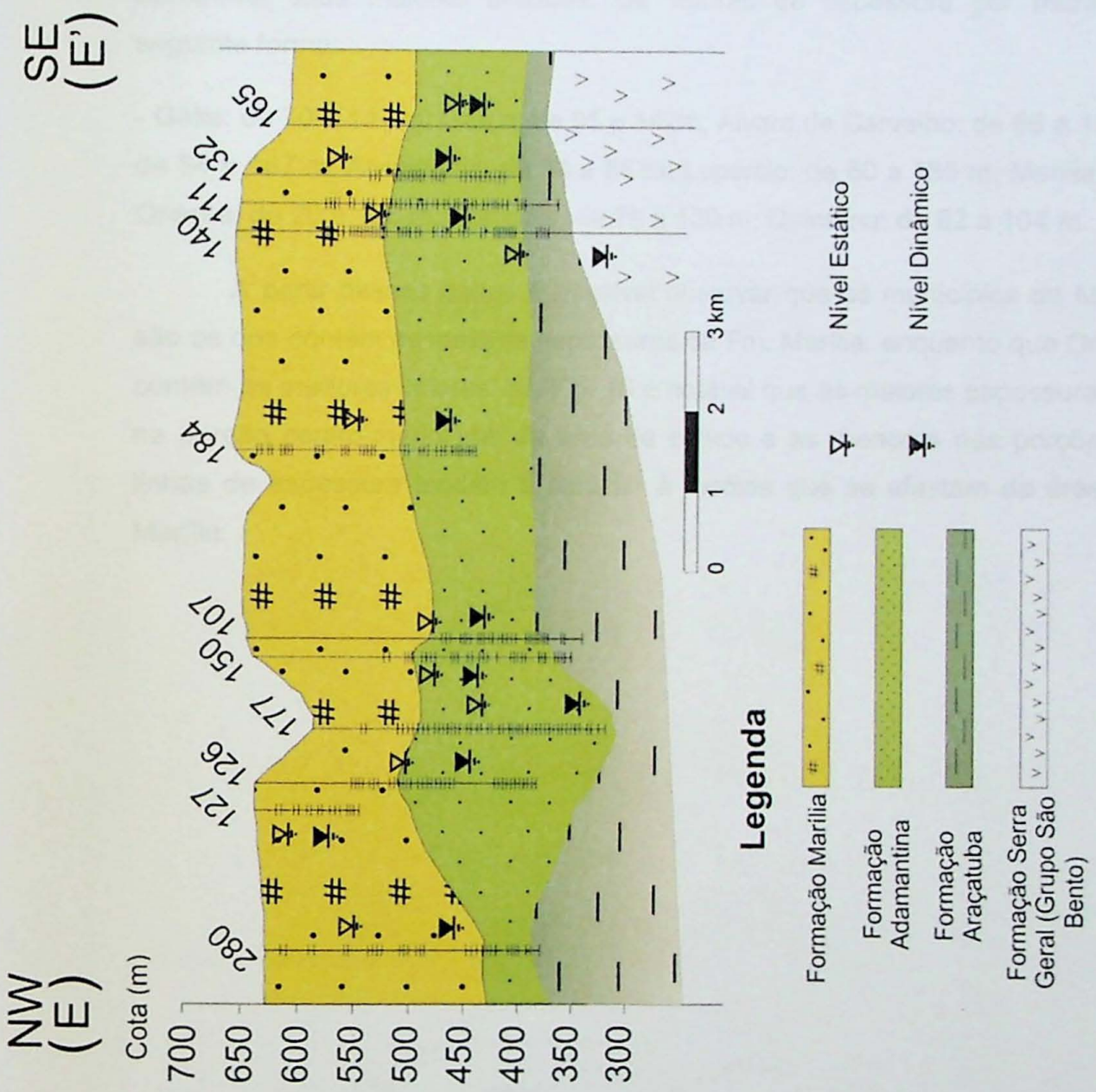


Figura 9 - Perfil geológico E-E'.

5.1.1.1. Mapa de isoespessuras da Formação Marília

A Fig. 10 mostra o mapa com as isolinhas de espessura da Formação Marília na área de estudo. Nesse mapa não há a inclusão dos poços auxiliares novos, pois, como já citado no item 4.2., não estão posicionados (em sua maioria) sob a região onde aflora a Formação Marília.

O Espigão de Marília concentra a maior parte dos poços da área. As maiores espessuras da Fm. Marília são encontradas justamente nessa região, onde o relevo apresenta suas maiores altitudes. Os valores de espessura por município variam da seguinte forma:

- Gália: de 70 a 147 m; Garça: de 95 a 142m; Álvaro de Carvalho: de 66 a 124 m; Vera Cruz: de 84 a 167 m; Alvinlândia: de 34 a 88 m; Lupércio: de 60 a 185 m; Marília: de 72 a 213 m; Oriente: de 20 a 126 m; Pompéia: de 76 a 130 m; Quintana: de 82 a 104 m.

A partir desses dados é possível observar que os municípios de Marília e Lupércio são os que contêm as maiores espessuras da Fm. Marília, enquanto que Oriente e Quintana contêm os menores valores. Na Fig. 10 é notável que as maiores espessuras se concentram na porção centro-meridional da área de estudo e as menores nas porções NW e SE. As linhas de espessura tendem a diminuir à medida que se afastam da área do Espigão de Marília.

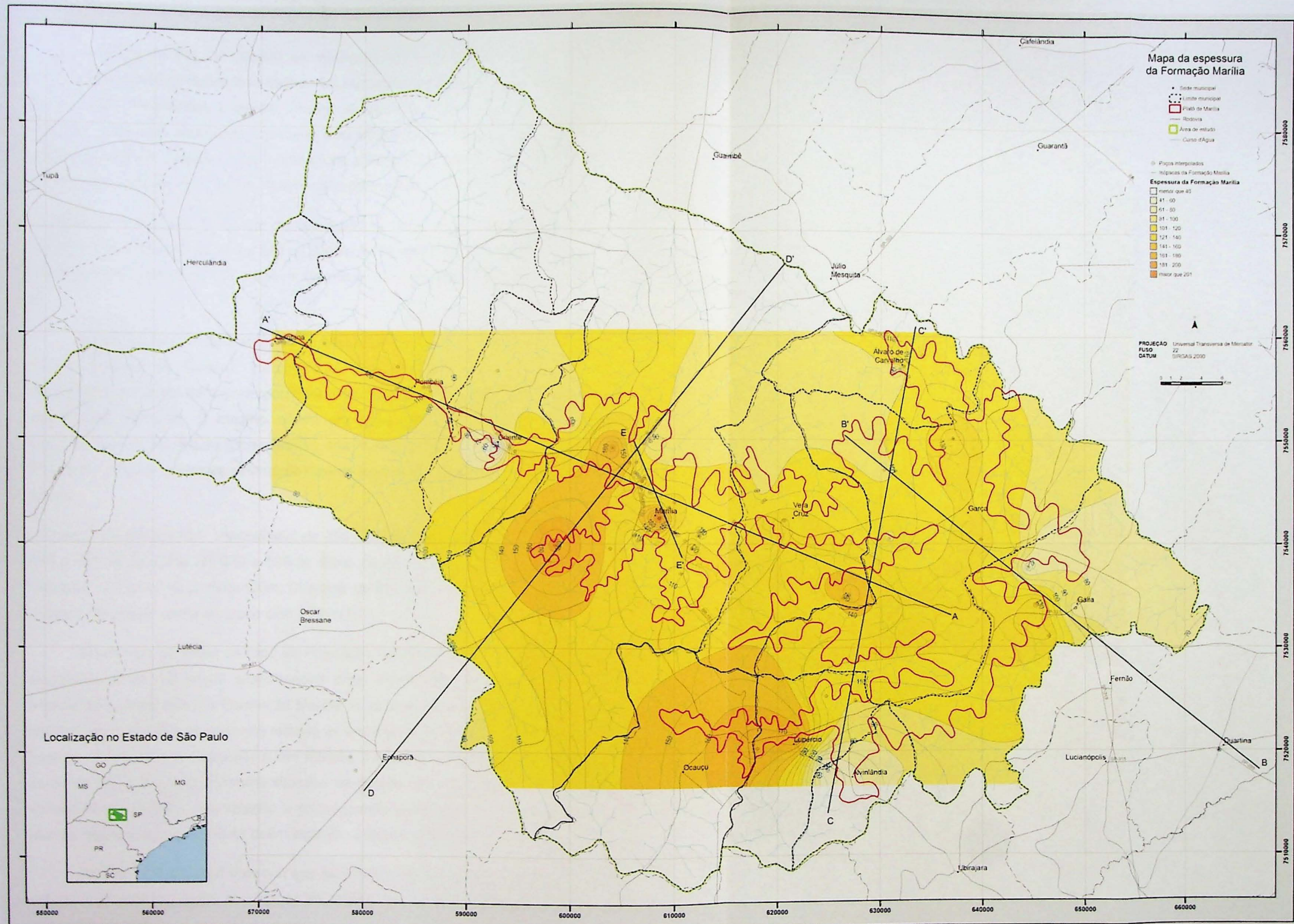


Figura 10 - Mapa de isópacas de espessura da Formação Marília.

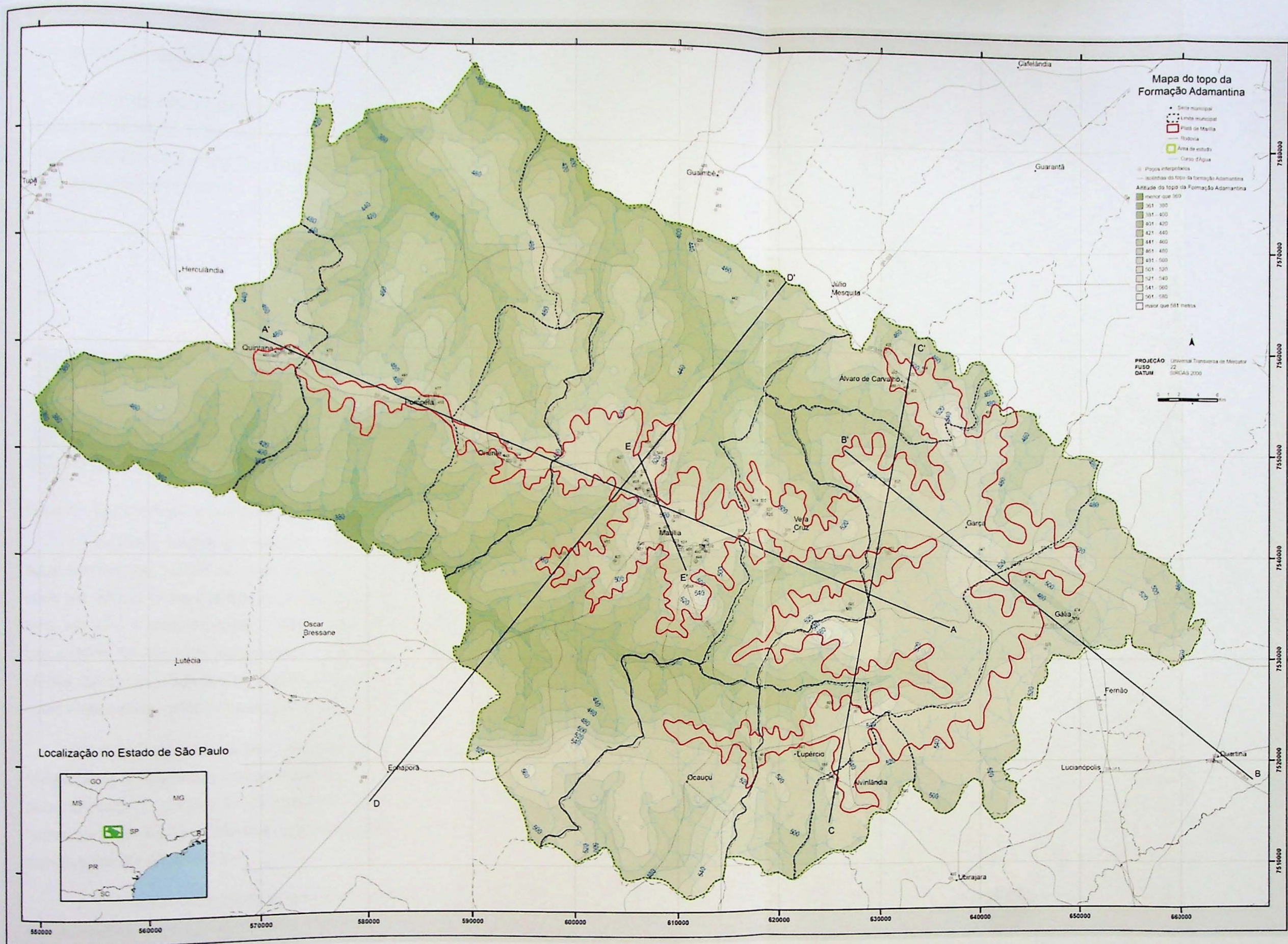


Figura 11 - Mapa de isolinhas de topo da Formação Adamantina.

5.2. Modelo hidrogeológico

5.2.1. Modelo conceitual de fluxo e mapa potenciométrico

O modelo conceitual esquemático de fluxo apresentado na Figura 13 representa a circulação da água entre as unidades do Aquífero Bauru. As setas não apresentam proporcionalidade em relação à velocidade de fluxo. O esquema foi montado com base nos perfis geológicos e no mapa potenciométrico.

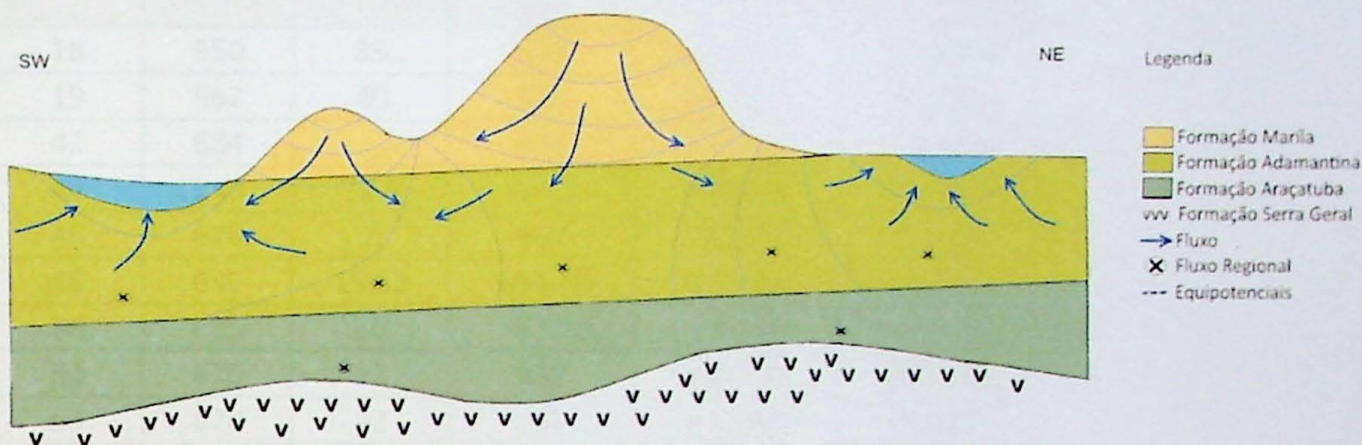


Figura 12 - Modelo conceitual de fluxo de água subterrânea no Sistema Aquífero Bauru.

O Aquífero Marília é o mais raso dentre as unidades do Aquífero Bauru. O fluxo da água subterrânea ocorre do topo do Aquífero Marília e abastece as drenagens das bacias onde ele aflora. O fluxo entre as unidades Marília e Adamantina deve ocorrer localmente, uma vez que o primeiro possui caráter livre a semi-confinado, devido à forte cimentação carbonática. O Aquífero Adamantina é o que possui melhor permeabilidade e porosidade efetiva dentre as unidades do Aquífero Bauru e tem caráter convergente para os rios, em cotas mais baixas, onde a Formação Adamantina aflora.

O fluxo regional ocorre nas unidades inferiores do Sistema Aquífero Bauru (Adamantina e Araçatuba, nesse caso). Tem direção aproximadamente SE-NW com sentido para noroeste. O sentido foi definido com base no ponto de descarga dos aquíferos que fazem parte da Bacia do Paraná (que inclui o SAB), que é o Rio Paraná, que se apresenta com direção NE-SW (Fig. 2).

A Formação Araçatuba, devido a seu caráter de baixa porosidade efetiva e baixa permeabilidade, não apresenta boas condições para condutividade hidráulica, e por isso é caracterizado por Paula e Silva (2003) como um aquítarde. Seu fluxo deve ocorrer apenas regionalmente de forma lenta, com pouquíssima influência para o Aquífero Adamantina (unidade sobreposta) e servindo de barreira para a transmissão de água do Aquífero Serra Geral (unidade sotoposta) para o Adamantina.

O mapa potenciométrico (Figura 13) representa o fluxo do aquífero raso do Sistema Aquífero Bauru. Ele é formado pelo Aquífero Marília e pelo Aquífero Adamantina aflorante (vide Tabelas 3 e 4). Suas linhas equipotenciais indicam fluxo das porções com maiores altitudes (porção oriental do mapa), onde aflora a Formação Marília para as porções mais baixas, onde aflora a Formação Adamantina.

Tabela 3 - Cargas hidráulicas do Aquífero Marília

Aquífero Marília					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
18	550	35	515	665295	7518669
19	562	40	522	665001	7520485
42	684		684	636790	7524940
44	540	32,5	507,5	648643	7533938
46	670	2	668	638100	7542550
48	682	15,22	666,78	639100	7543250
56	655	30	625	633330	7531410
61	670	22	648	638100	7542550
63	670	22	648	637050	7543250
64	675	32,5	642,5	639900	7540400
65	648	32	616	637068	7543096
66	632	57	575	637050	7541237
72	650	76	574	634960	7541940
83	664	20,01	643,99	634150	7535198
116	648	35	613	612832	7541418
127	641	32	609	606426	7548112
134	650	32	618	609740	7541850
142	640	38,8	601,2	607680	7544520
143	642	20,7	621,3	609220	7543870
145	641	2,18	638,82	607840	7543240
148	605	11,74	593,26	612900	7544020
151	640	1,95	638,05	607320	7541780
152	641	2,14	638,86	607350	7541750
155	658	30,5	627,5	610760	7541530
156	660	25	635	609750	7541900
163	637	23	614	607482	7548984
193	664	17,3	646,7	607880	7543940
197	619	12	607	606420	7546260
216	603	39,27	563,73	606250	7547570
222	673	28,7	644,3	611410	7541410
225	605	38	567	608018	7517423
329	629	21,33	607,67	623302	7541557

Tabela 4 - Cargas hidráulicas da Fm. Adamantina aflorante.

Fm. Adamantina Aflorante					
Número do Poço	Cota (m)	NE (m)	Carga Hidráulica (m)	Coordenada x	Coordenada Y
BO-2	450	81,95	368,05	553350	7548970
BO-4	480	29,2	450,8	546850	7536880
HE-2	425	16	409	565350	7577800
HE-4	509	21,17	487,83	563280	7564560
HE-5	468	32	436	562630	7570530
GE-1	479	28	451	610450	7588850
GU-7	480	23,12	456,88	613710	7576740
GU-3	460	17	443	613710	7576740
LU-2	573	38,82	534,18	562260	7528200
TU-6	450	13,1	436,9	548650	7557700
TU-5	450	4,13	445,87	547100	7575300
TU-6	450	13,1	436,9	548650	7557700
TU-11	432	2,6	429,4	551500	7576100
UB-1	490	36,62	453,38	637000	7508400
254	540	35	505	572180	7531480
309	500	22	478	671900	7560500
164	506	30	476	611687	7570034
103	492	57,2	434,8	618945	7566540
242	580	130,31	449,69	592980	7556520
291	456	90	366	585637	7557939

Na região de transição entre o Espigão de Marília e as porções com cotas menores, as setas indicam fluxo mais acelerado devido à alta concentração de linhas de equipotencial de cargas hidráulicas. Esse fato ocorre, pois o fluxo do aquífero raso é altamente determinado pela topografia da região, onde a mudança brusca de altitude eleva o gradiente hidráulico de maneira diretamente proporcional.

5.2.2. Cálculo de recarga por sub-bacias

Na área de estudo ocorrem sete sub-bacias hidrográficas, tendo o espigão de Marília como o divisor de bacias, devido às maiores altitudes (Fig. 13). A sub-bacia na porção setentrional do mapa da Figura 13 está identificada como Iguapeí ou Feio, mas no trabalho do DAEE (1979) ela é caracterizada como Aguapeí, e assim será identificada nesse trabalho para fins operacionais.

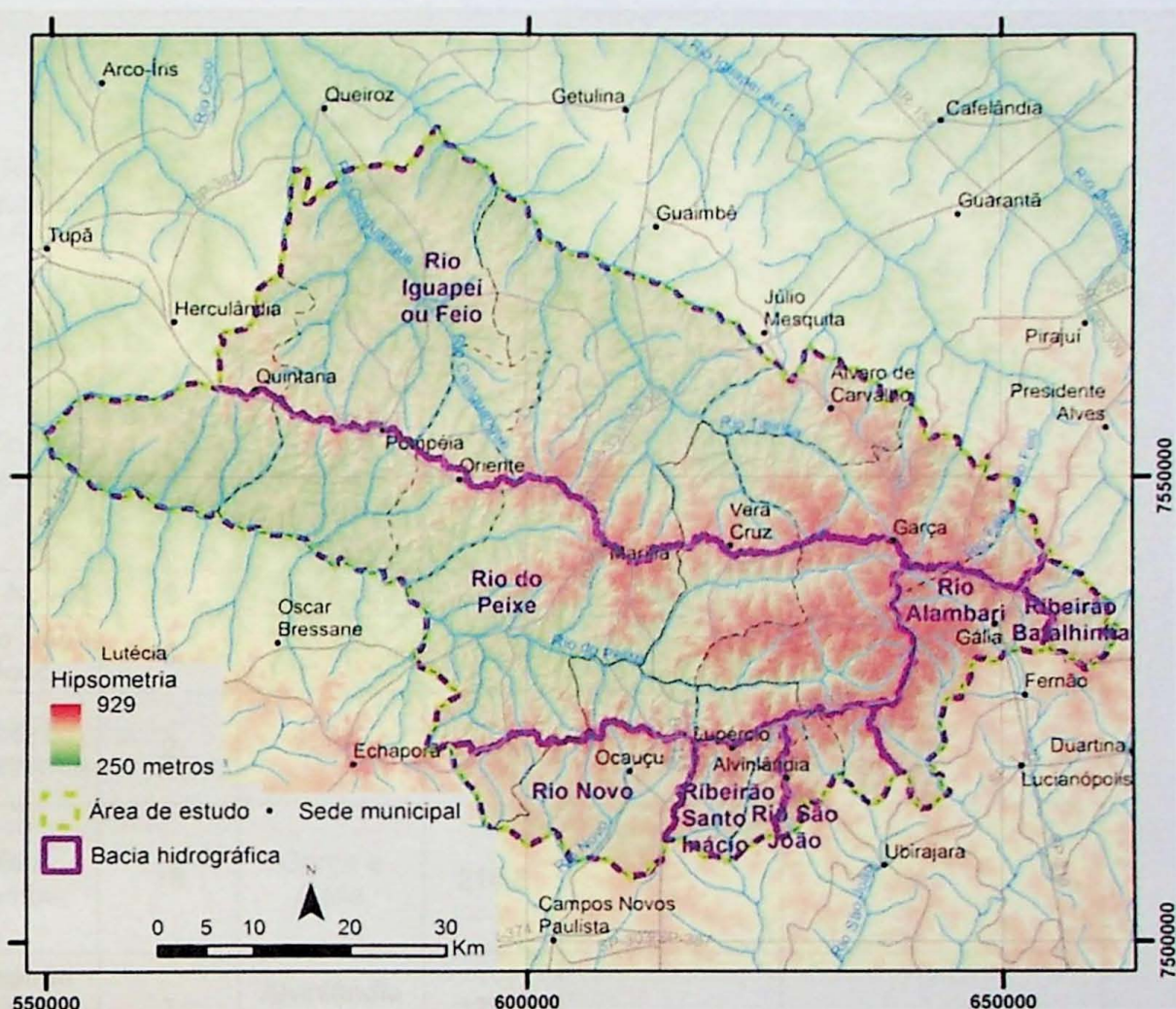


Figura 14 - Divisão das sub-bacias hidrográficas na área de estudo.

A Tabela 5 mostra o número de poços em cada sub-bacia, os municípios que estão locados em cada uma delas, a área da sub-bacia pertencente à área de estudo e a recarga subterrânea (de acordo com o DAEE (1979)). Os valores de área foram obtidos pelo *software* ArcGIS, após a delimitação das sub-bacias.

As bacias do Aguapeí, Peixe e Rio Novo são as mais expressivas, ocupando juntas 88,2% em área, e as duas primeiras concentram a maior quantidade de poços (88,8%) e englobam quase todos os municípios da área de estudo, com exceção de Ocaçu, Gália, Lupércio e Alvinlândia (Fig. 14 e Tabela 5). Tendo em vista que não há o registro da recarga para as outras sub-bacias, estão inclusos nesse trabalho apenas os valores dessas três (Tabela 5).

O valor da recarga representa a relação média da recarga subterrânea por infiltração nos terrenos permeáveis sobre a chuva total em *mm/ano*. Para a Bacia do Aguapeí considera-se uma variação em área de 15,8% a 28% e para a Bacia do Peixe uma variação de 19 a 28% (DAEE, 1979).

Tabela 5 - Dados de área e recarga subterrânea por sub-bacia.

Sub-Bacia	Número de Poços	Municípios	Área (km ²)	Recarga Subt.(mm/ano)	Recarga Subt.(m/h)*Área (m ²) = m ³ /h
Rio Aguapeí ou Feio*	136	Álvaro de Carvalho, Quintana, Pompéia, Oriente, Marília, Vera Cruz e Garça	1936,2	257,9	57002
Rio do Peixe*	103	Quintana, Pompéia, Oriente, Marília e Vera Cruz e Garça	1619,6	311,4	57573,4521
Rio Novo*	3	Ocaçu	274,4	403,1	12626,78
Rio São João	0	-	102,7	-	-
Ribeirão Batalhinha	2	Gália	65,5	-	-
Rio Alambari	18	Garça e Gália	218,8	-	-
Ribeirão Santo Inácio	7	Alvinlândia e Lupércio	125,3	-	-

* Sub-bacias que contém o valor de recarga hidráulica em DAEE (1979).

5.2.3. Parâmetros hidrodinâmicos

A divisão litológica foi realizada em todos os poços que continham informações confiáveis inclusos na área de estudo. A partir desses dados, os poços foram divididos (onde foi possível a distinção) entre aqueles que possuíam a seção filtrante: apenas no Aquífero Marília (Tabela 6); apenas no Aquífero Adamantina (Tabela 7); em todas as unidades do Aquífero Bauru (excluindo-se os poços com filtro apenas no Marília, apenas no Adamantina e aqueles que alcançavam o Aquífero Serra Geral) (Tabela 8); e, por fim, poços

com seção filtrante em todas as unidades do Aquífero Bauru e que alcançassem o Aquífero Serra Geral (excluindo os poços com seção filtrante em uma única unidade) (Tabela 9).

Tabela 6 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro apenas no Aquífero Marília.

Número de Poços:	Aquífero Marília				
	NE (m)	ND (m)	s (m)	Q (m³/h)	Qesp (m³/h/m)
32					
Mínimo	1,95	27,1	6,4	0,6	0,01
Máximo	76	127,12	107,11	12	1,25
Média	26,704	62,411	35,816	5,093	0,252
Mediana	28,7	58,92	31,98	5	0,172

Tabela 7 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro apenas no Aquífero Adamantina.

Número de Poços:	Aquífero Adamantina				
	NE (m)	ND (m)	s (m)	Q (m³/h)	Qesp (m³/h/m)
11					
Mínimo	12	46	7,96	0,8	0,013
Máximo	182,56	212,77	63,6	21,4	0,753
Média	75,62	117,73	42,11	9,96	0,275
Mediana	73	126	42	9	0,213

Tabela 8 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro no Aquífero Bauru.

Número de Poços:	Misto (Aquífero Bauru)				
	NE (m)	ND (m)	s (m)	Q (m³/h)	Qesp (m³/h/m)
59					
Mínimo	6,8	12	5,2	0,8	0,009
Máximo	167,66	240	224	36,02	5,017
Média	90,27	158,48	68,85	10,7	0,34
Mediana	111	161,115	64,715	9	0,176

Tabela 9 - Dados hidrodinâmicos para poços com filtro no Aquífero Bauru e que alcançassem o Aquífero Serra Geral.

Número de Poços:	Misto (Aquífero Bauru + Serra Geral)				
	NE (m)	ND (m)	s (m)	Q (m ³ /h)	Qesp (m ³ /h/m)
19					
Mínimo	13	59,54	3,04	8,88	0,12
Máximo	254,78	338	114,5	46,6	1,839
Média	107,53	169,57	62,04	20,09	0,533
Mediana	115,45	150	63,48	16	0,25

A partir desses dados estatísticos observa-se que o Aquífero Marília possui os menores valores de nível estático (NE), tanto a média quanto a mediana e o valor máximo, o que retrata a realidade hidrodinâmica dessa unidade que constitui o topo do Aquífero Bauru, ou seja, é o aquífero mais raso dentre os estudados. Mantendo-se essa ideia, os poços que possuem seção filtrante no Aquífero Bauru e que alcançam o Aquífero Serra Geral registram os maiores valores de nível estático justamente porque chegam à unidade mais profunda, topo do Grupo São Bento.

O rebaixamento (obtido da subtração do valor do nível dinâmico pelo nível estático de cada poço) teve seus maiores valores de média e mediana registrados nos poços com seção filtrante mista no Aquífero Bauru (Tabela 8) e menores valores nos poços com filtro apenas no Marília (Tabela 6).

As maiores médias e medianas de vazões foram registradas nas seções mistas que alcançam o Aquífero Bauru e o Serra Geral, 20,09 m³/h e 16 m³/h, respectivamente (Tabela 9). Já os menores valores ocorrem no Aquífero Marília, que possui a média e a mediana das vazões em torno de 5 m³/h (Tabela 6).

Mesmo que a Formação Serra Geral seja constituída por rochas ígneas, suas fraturas parecem servir de bom reservatório de água subterrânea, designando boa permeabilidade. A Tabela 9 confirma esse fato, tendo em vista que os poços que atingem o Aquífero Serra Geral possuem valores muito superiores de vazão média, máxima e mediana com relação aos identificados nos outros poços (8,8 m³/h), chegando bem próximo do valor de média e mediana dos aquíferos que exploram exclusivamente o Aquífero Bauru (9 m³/h). Esses valores mostram que o Aquífero Serra Geral pode representar uma alternativa boa para problemas de falta de água na região.

Os valores de média e mediana das vazões do Aquífero Adamantina (exclusivamente) (Tabela 7) se aproximam muito dos valores dos poços mistos que exploram o Aquífero Bauru, sem incluir o Aquífero Serra Geral. Esse fato indica que a contribuição do Aquífero Adamantina para a vazão de água que é explorada nos poços da região é muito mais significativa do que a contribuição do Aquífero Marília.

A vazão específica indica a vazão extraída para cada unidade de rebaixamento do nível d'água ($\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), sendo assim, poços com maiores valores de vazões específicas indicam maior potencialidade para produção de água. Contudo, observa-se da Tabela 9 que os valores para o Aquífero Bauru + Serra Geral indicam as maiores médias e medianas de vazão específica (0,533 e 0,25, respectivamente), sendo, portanto, a melhor opção de exploração com relação aos outros poços. Em contrapartida, o Aquífero Marília (Tabela 5) mostra os menores valores de média e mediana para vazão específica (0,252 e 0,172, respectivamente).

Analisando esses fatores, fica claro que o Aquífero Marília se apresentou como a pior opção de exploração dentre os estudados, possuindo os menores valores de vazão, vazão específica e rebaixamento. Sua alta taxa de cimentação parece colaborar negativamente para seu potencial de produção de água. Por outro lado, o Aquífero Serra Geral, que possui poucos poços que o exploram em relação ao total (12,6%), mostra os maiores valores de vazão e vazão específica, podendo ser uma alternativa à exploração do Aquífero Bauru.

5.3. Gestão das Águas Subterrâneas no Espigão de Marília

5.3.1. Comparação com recarga das sub-bacias e vazões dos poços

A Tabela 10, abaixo, mostra os valores da somatória das vazões dos poços pertencentes à área de estudo divididos por sub-bacia e a recarga de cada uma delas em m^3/h para que fosse realizado o balanço hídrico da região.

O município de Marília, que concentra a maior parte dos poços, é dividido por duas sub-bacias, Iguapeí e Peixe. A Tabela 11 mostra um procedimento semelhante, mas apenas para os poços pertencentes a esse município.

Tabela 10 - Comparação entre os valores da soma das vazões explotadas nos poços e a recarga por sub-bacia.

Sub-Bacia	Nº Poços	Média (m³/h)	Soma (1) (m³/h)	Soma (2) (m³/h)	Soma (3) (m³/h)	Recarga* (m³/h)
Rio Iguapeí	136	10,191	1223	1385,976	5543,904	57002
Rio do Peixe	103	8,127	723,33	837,081	3348,324	57573,45
Rio Novo	3	6	6	18	72	12626,78
Rio Alambari	18	14,4	216,01	259,2	1036,8	-
Ribeirão Santo Anastácio	7	15,8	76,3	110,6	442,4	-
Ribeirão Batalhinha	2	8,9	17,8	17,8	71,2	-
TOTAL:	269	9,79	2262,446	2633,51	10534,04	-

Soma (1): Soma de todos os poços que contém o valor da vazão

Soma (2): Média x Nº Poços

Soma (3): Soma (2) x 4

*: Valores de recarga com base em DAEE (1979)

TOTAL: Mesmo processo das somatórias, mas selecionando todos os poços.

Tabela 11 - Comparação entre os valores da soma das vazões explotadas nos poços e a recarga por sub-bacia no município de Marília.

Marília (Balanço hídrico)							
Sub-bacia	Média das vazões (m³/h)	Soma (1) (m³/h)	Soma (2) (m³/h)	Soma (3) (m³/h)	Recarga (m³/h)	Nº de poços	Área (km²)
Rio Iguapeí	7,74	425,58	503,1	2012,4	17617,86	65	598,42
Rio do Peixe	6,28	219,67	257,48	1029,92	18170,69	41	511,16
Total	7,17	645,25	760,02	3040,08	35788,55	106	1109,58

A soma (1), nas Tabelas 10 e 11, indica a somatória de todas as vazões dos poços que contém esse dado no cadastro; a soma (2) representa a soma das vazões admitindo-se a média das vazões de cada sub-bacia para os poços que não contém as vazões no cadastro; a soma (3) mostra os valores da soma (2) multiplicados por quatro, assumindo que ocorrem três poços clandestinos para cada poço cadastrado nos órgãos reguladores do Estado.

Os dados da recarga, calculados a partir de DAEE (1979), mostram os valores da época em que foi realizado o trabalho, que pode não ser as mesmas que as atuais, ao menos nos grandes centros uma vez que as áreas impermeabilizadas destes tendem a aumentar com o passar dos anos devido ao crescimento urbano. Entretanto, admitindo-se que as perdas das redes públicas de água e esgoto compensem a menor infiltração da água da chuva, esses valores de recarga possam ser bem próximos aos atuais.

O valor da soma das vazões (3) indica um número cerca de dez vezes menor que o valor da recarga subterrânea (na Bacia do Aguapeí, vide Tabela 10), o que não mostra superexploração assumindo que haja três poços clandestinos para cada poço cadastrado.

O mesmo ocorre para os poços pertencentes ao município de Marília (Tabela 11). Entretanto é notável a diferença entre o limite da densidade de poços que podem ser construídos (teoricamente) na porção abastecida pela Bacia do Aguapeí e entre aqueles abastecidos pela Bacia do Peixe na região do município sem que haja superexploração.

No caso da Bacia do Aguapeí seriam necessários cerca de 35 vezes esse número de poços (2275 poços, o equivalente a 3,8 poços/km²), incluindo os clandestinos, para que houvesse superexploração para essa mesma recarga e mantendo-se a média de vazões explotadas no município de Marília (Tabela 11). No caso da Bacia do Peixe seriam necessários cerca de 70 vezes esse número de poços (2870 poços), que seria o equivalente a 5,6 poços/km², para que houvesse um balanço hídrico negativo, ou seja, para que a recarga não suprisse a demanda de abastecimento do município.

A baixa densidade de poços cadastrados perante a área das sub-bacias e sua recarga pode indicar que ainda há espaço para a construção de novos poços. Em contrapartida, o valor das somatórias não admite um número preciso de poços e vazões tendo em vista que alguns poços não contêm seus valores de vazão explotada no cadastro e não temos o número correto de poços clandestinos na região.

5.3.2. Histórico de poços cadastrados em Marília

O município de Marília é o maior dentre os presentes na área de estudo e é o que concentra a maior quantidade de poços de abastecimento cadastrados (126 poços). Desses, 76 poços contêm a data de sua construção no cadastro do DAEE ou CPRM.

Com isso foi feito um levantamento com todos esses que possuem a data registrada e foram divididos entre: poços construídos até 1994, de 1995 até 2004 e de 2005 até 2014. Dos poços inclusos na categoria *até 1994*, apenas um foi construído antes de 1985 (poço 129) e por esse motivo não foi definido o mesmo intervalo de dez anos para essa subdivisão (Tabela 12).

É importante ressaltar que existem também os considerados “clandestinos”, ou seja, que não estão devidamente cadastrados nos órgãos regularizadores (DAEE, CPRM, SABESP, etc.). Esses não estão inclusos nesse trabalho.

Tabela 12 - Número de poços cadastrados no DAEE e na CPRM pertencentes ao município de Marília e que contém a data de sua construção registrada no cadastro.

	Marília (Poços com data no cadastro)		
	Até 1994	1995 até 2004	2005 até 2014
Soma	7	13	56
Total	76 poços		

Mesmo que não sejam todos os poços cadastrados que estão com a data registrada, é notável o aumento do número de poços na região nos últimos 10 anos. Da tabela 12 é possível observar que dos 76 poços, aproximadamente 74% são apenas da última década.

5.3.3. *Recomendações de gestão*

É necessário que haja a mobilização não só dos órgãos reguladores, mas também das pessoas e empresas que usam a água de forma descontrolada, sem outorga e mesmo sem os devidos cuidados em relação à contaminação, para que façam o devido gerenciamento desse recurso.

Se o número de poços clandestinos acompanhar esse aumento expressivo de poços cadastrados, como observado na tabela 12 do item 5.3.2., e se não houver o devido controle e fiscalização da construção desses, é possível que daqui há pouco tempo a população sofra com a falta de água na região.

Uma tentativa de associar à evolução dos níveis estáticos e dinâmicos dos poços no município de Marília foi realizada, mas não foi inclusa nesse trabalho por falta de dados consistentes, uma vez que ocorrem poços com diferentes profundidades e que exploram diferentes aquíferos registrando valores variáveis para níveis estáticos e dinâmicos, tornando difícil uma comparação com alta precisão. Para que haja a devida gestão e controle desses dados e da evolução histórica do aquífero na região é preciso que se faça um trabalho de acompanhamento do nível dinâmico de cada poço ao longo de vários anos alternando entre campanhas no verão e no inverno, onde são registradas as maiores variações dos índices pluviométricos.

6. CONCLUSÕES

Com a crescente problemática da falta de água para abastecimento público no Estado de São Paulo fica clara a necessidade de estudos detalhados dos aquíferos explorados para a busca de possíveis alternativas e soluções para esse problema. Esse trabalho teve como objetivo interpretar a circulação das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Bauru na região do Espigão de Marília.

A geologia do Espigão de Marília é determinada pelas Formações Marília, Adamantina, Araçatuba e, em menor proporção, pela Formação Birigui. A Formação Marília é formada por arenitos mal selecionados altamente carbonáticos que dão sustentação para as elevadas altitudes do Espigão. A Formação Adamantina é formada por arenitos finos a muito finos bem selecionados com pouca cimentação carbonática e aflora nas cotas mais baixas, especialmente na porção oriental do mapa. A Formação Araçatuba é formada por siltitos argilosos com intercalações de arenitos finos e não aflora na área de estudo. A Formação Birigui é identificada por arenitos com boa porosidade, mas de ocorrência restrita na área de estudo.

O Sistema Aquífero Bauru é definido pelos aquíferos Marília e Adamantina (que levam o mesmo nome das unidades geológicas, justamente por serem esses os fatores que as caracterizam) e pelo Aquitarde Araçatuba, que ocorre sotoposto ao Aquífero Adamantina, e que, devido às suas características de baixa porosidade efetiva, serve como barreira entre o Aquífero Bauru e o Aquífero Serra Geral, representado por derrames basálticos fraturados (unidade topo do Grupo São Bento).

Os dados obtidos comprovaram que o Aquífero Marília, que apresenta alta cimentação carbonática, é uma opção ruim para a exploração de água no SAB uma vez que sua porosidade efetiva é prejudicada, deixando sua vazão média em torno de 5 m³/h. Em contrapartida, o Aquífero Adamantina apresenta características melhores a favor da exploração de água. Suas características geológicas (grãos bem selecionados e pouca cimentação carbonática) contribuem para que sua vazão média se aproxime dos 10 m³/h, o dobro da média do Aquífero Marília.

Assumindo que ocorrem três poços clandestinos para cada poço devidamente regularizado e que esses poços mantenham a média de vazão dos poços cadastrados, os dados mostraram que não está ocorrendo superexploração do SAB no município de Marília. A área de recarga nesse município é suficientemente grande para o número de poços que exploram a água. Os valores indicaram que seria necessário cerca de 35 vezes esse número de poços na área do município pertencentes à Sub-Bacia do Aguapeí (aproximadamente 3,8 poços/km²) e cerca de 70 vezes esse número de poços para os que pertencem à Sub-Bacia do Peixe (cerca de 5,6 poços/km²) para que houvesse um balanço hídrico negativo.

No entanto, os aquíferos Marília e Adamantina, no futuro, podem não ser suficientes para que haja a exploração sustentável dos recursos hídricos nas cidades maiores da área de estudo. O levantamento desse trabalho indicou que, dentre os poços que contém as datas de sua construção cadastrados nos sistemas do DAEE e da CPRM no município de Marília desde 1970, 74% foram construídos apenas nos últimos 10 anos. Esse aumento

pode ser considerado representativo uma vez que a necessidade do abastecimento de água faz com que não só poços cadastrados sejam construídos, mas também poços clandestinos, dos quais não se tem o devido controle nem ambiental, nem dos parâmetros exploratórios, podendo levar a uma crise séria em um futuro próximo.

Contudo, uma possível alternativa ao problema de água pode ser a exploração do Aquífero Serra Geral. Os dados comprovaram que os maiores valores de vazões médias, medianas e máximas obtidas dentre os poços levantados foram desse aquífero. Com vazão média em torno de 20 m³/h, os poços que perfuravam o Aquífero Bauru (com filtros) até alcançarem o Aquífero Serra Geral, se mostraram uma ótima opção para o abastecimento de água na região do Espigão de Marília.

Devido às suas características físicas, o Aquífero Marília se comporta como uma proteção natural à qualidade das águas do Aquífero Adamantina. Considerando o fato de que não é um aquífero bom produtor para exploração, recomenda-se que novos poços a serem instalados nessa região possuam seções filtrantes a partir do topo do Adamantina, com vistas à proteção da qualidade das águas do SAB com relação ao Bário.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASILICI, G.; SGARBI, G. N.; DAL'BÓ, P.F.F. 2012. A Sub-Bacia Bauru: Um sistema continental entre deserto e cerrado. *Geologia do Brasil*. 1ª Edição. Editora Beca. São Paulo. p. 520-543.
- COUTINHO J.M.V.; COIMBRA A.M.; BRANDT NETO M.; ROCHA G.A. 1982. Lavas alcalinas analcímicas associadas ao Grupo Bauru (Kb) no Estado de São Paulo, Brasil. In: Servicio Geológico Nacional, Congreso Latinoamericano de Geología, 5, Buenos Aires, *Actas*, 2:185-195.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2006. Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, Mapa Geológico Estadual. Escala 1:750.000
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1979. Estudo de águas subterrâneas, regiões administrativas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo – SP: v.1 e v.2.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA & UNESP-UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. 1984. Mapa geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000. São Paulo: Convênio DAEE/ UNESP, Secretaria de Obras e do Meio Ambiente do Estado de São Paulo.(Compilação eletrônica Lebac/ IGCE/ Unesp, 2009).
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 2005. Síntese dos Planos de Bacia - Plano Estadual de Recursos Hídricos São Paulo: DAEE/Consórcio JMR-ENGEORPS (Relatório nº 1/2005).
- FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A.M. 1996. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68** (2): p, 195-205.
- 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, São Paulo, 216p.
- FERNANDES, L. A. 2004. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000.. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 55, p. 53-66, 2004.
- FERNANDES, L.A.; COIMBRA, A.M. 2000. Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). *Revista Brasileira de Geociências*, **30**: 717-728.

- MILANI, E.J. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Porto Alegre – RS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 255p.
- PAULA E SILVA, F. 2003. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP. Rio Claro. 166 p.
- PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO CHANG, M.R. 2005. Hidroestratigrafia do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo. *Águas subterrâneas*, v. 19, n.2, pp. 19-36.
- 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 Brasileira de Geociências*. Rio Claro. v.25 (n.1), p.17-26.
- ROCHA, G.A., GIANCURSI, F.D., PERRONI, J.C.A, SOBREIRO NETO, A.F., BERTACHINI, A.C., CORREA, W.A.G., CAMPOS, H.C.N.S., DIOGO, A., ROSA, R.B.G.S. & CASTRO, C.G.J. 1979. Hidrogeologia das bacias dos rios Aguapeí, Peixe e Paranapanema no Estado de São Paulo. In: Simpósio Regional de Geologia, 2., Rio Claro. **Atas...**Rio Claro: SBG, 1979, v.2, p. 85-100.
- ROSS, J.L.S. & MOROZ, I.C. 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografia FFLCH-USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP. 63p.
- SOARES, P.C.; LANDIM P.M.B.; FÚLVARO V.J.; SOBREIRO NETO A. F. 1980. Ensaio de caracterização do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, **10** (3): 177-185.
- TAVARES, T. 2013. Investigação das Anomalias Hidrogeoquímicas de Bário em Aquíferos do Estado de São Paulo. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo, São Paulo. 190p.

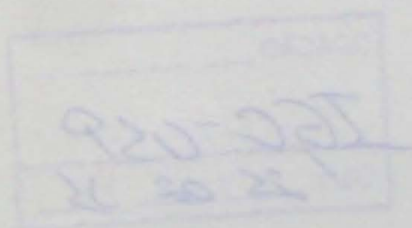
ANEXO I – Cadastro completo de poços

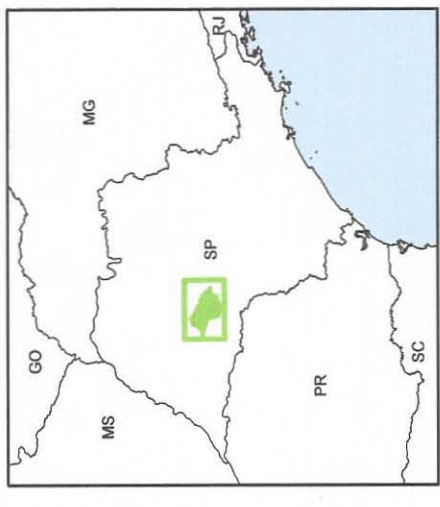
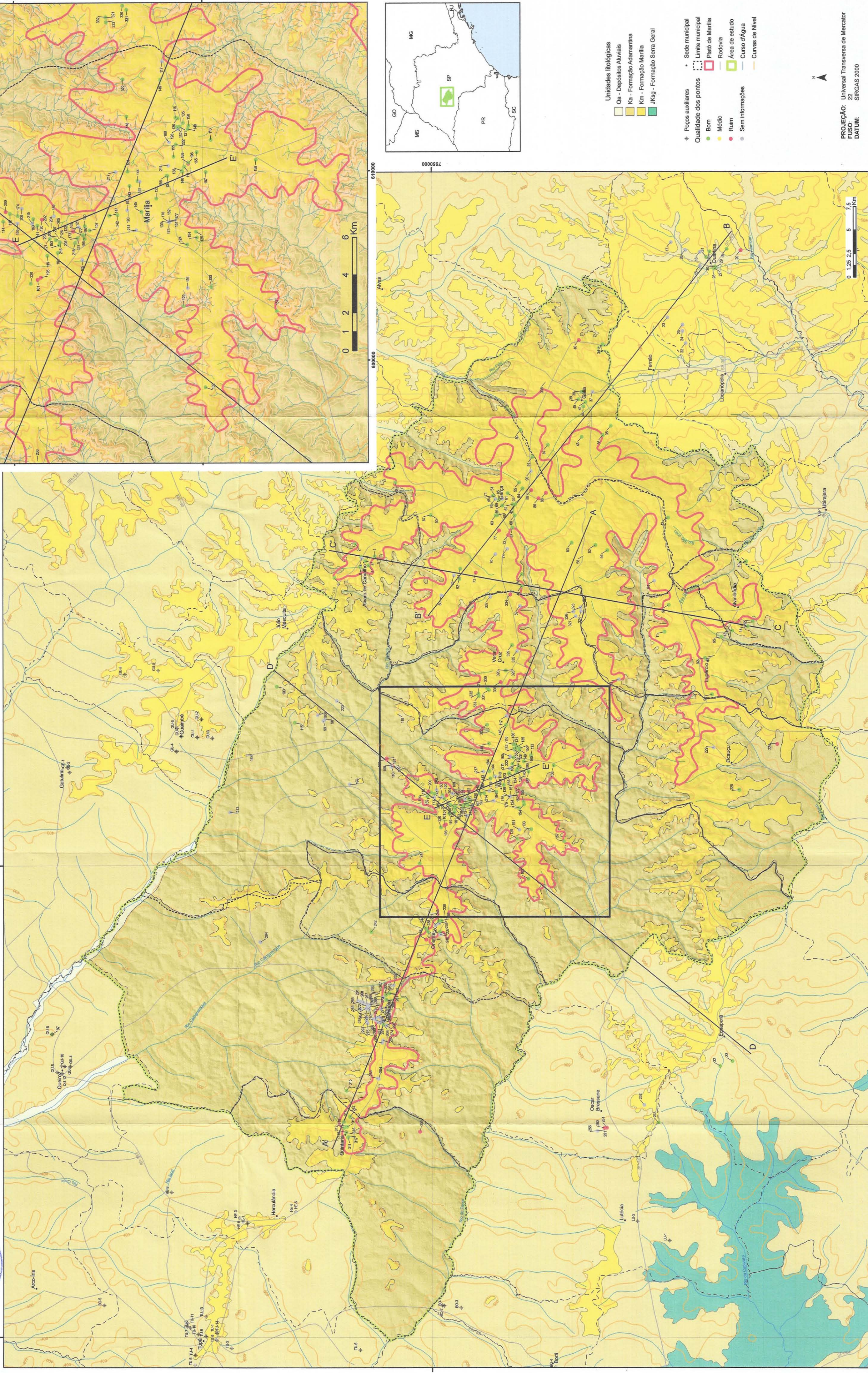
ANEXO II – Separação por geologia

ANEXO III – Cadastro de poços auxiliares

ANEXO IV – Mapa de poços

Handwritten signature





- Unidades litológicas
- Qa - Depósitos Aluviais
 - Ka - Formação Adamantina
 - Km - Formação Marília
 - JKsg - Formação Serra Geral
- Popos auxiliares
- Sede municipal
 - Qualidade dos pontos
 - Bom
 - Médio
 - Ruim
 - Sem informações
- Limite municipal
- Platô de Marília
 - Rodovia
 - Área de estudo
 - Curso d'Água
 - Curvas de Nivel

PROJEÇÃO: Universal Transversa de Mercator
FUS: 22
DATUM: SIRGAS 2000

ANEXO I - Relatório de pesquisa de campo

ANEXO II - Relatório de pesquisa de campo

ANEXO III - Relatório de pesquisa de campo

ANEXO IV - Mapa de campo

Mapa

DOAÇÃO
IGC-USP
Data: 25/02/15

