

FERRAMENTAL DE GESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA A CIDADE DE SÃO JOSÉ DO RIO PRETO, SP

Jefferson Nascimento de Oliveira

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Hidráulica e Saneamento

ORIENTADOR: Prof. Dr. Edson Wendland

À minha esposa Edna, incentivadora e colaboradora em
todos os momentos.

À minha filha Ana Carolina, que por meio de seu sorriso
sempre demonstrou seu amor e transmitiu a força de que
eu necessitava para continuar.

“Experiência é o nome que damos aos nossos próprios erros”

Oscar Wilde

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Edson Wendland, meu orientador, pela confiança depositada em mim, por ter acreditado neste trabalho e pela valiosa e inigualável ajuda durante a execução do mesmo.

Ao Prof. Dr. Fazal Hussain Chaudhry, pela orientação, amizade e pelo incentivo e auxílio que me permitiram a realização do estágio na *Stanford University*.

Aos professores do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC, USP, pelo apoio e ensinamentos.

A Profa. Dra. Maria do Carmo Calijuri, por sua valorosa ajuda e senso de humanidade.

Ao Prof. Dr. Peter K. Kitanidis, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da *Stanford University*, e ao Dr. Paul Hsieh, do USGS – Menlo Park, pelos ensinamentos.

Ao amigo Prof. Dr. Evaldo Luiz Gaeta Espíndola, pela cobrança nos momentos certos e apoio incondicional.

Aos colegas da área de Hidráulica e Saneamento da Unesp, campus de Ilha Solteira, Dib, Tsunao, Milton, Edson e Geraldo, pelo apoio e incentivo.

Ao SeMAE de São José do Rio Preto, na pessoa do Eng. Rosemiro, ao DAEE de Araraquara, por intermédio de todo seu corpo técnico, pelo fornecimento dos dados, e à Secretaria de Planejamento de São José do Rio Preto, pela disponibilização dos mapas da cidade.

Ao Prof. Dr. Renato Bertolino Júnior, pelo auxílio no uso da programação para AutoCad.

Aos técnicos da Unesp, campus de Ilha Solteira, por sua colaboração na confecção dos mapas, visita aos poços estudados e trabalhos computacionais: Aldir, Ozias, Cavassano e Renato.

À Sá e Pavi, secretárias do Departamento de Hidráulica e Saneamento, EESC, USP, pela atenção e força demonstradas em diversos momentos.

Ao Valdeci, desenhista do Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC, USP, pela plotagem da versão final dos mapas.

Aos colegas do SHS, Jorge, Giovanni, Selma e Quaresma; e à Cíntia e ao Filipe, alunos de Engenharia Civil da Unesp, campus de Ilha Solteira, pela preciosa colaboração com os dados.

Às famílias Batistelle-Espíndola, Sé, Ribeiro-Martins, Folz e Lobos-Pozo, pela amizade.

À Unesp, campus de Ilha Solteira, pela concessão dos afastamentos no Brasil e exterior.

À Capes, pela concessão das bolsas de estudos dos programas PICD e PDEE.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. Introdução	1
2. Revisão de literatura	4
2.1 Modelos matemáticos	4
2.1.1 Tipos e usos de modelos matemáticos	5
2.1.2 Equações básicas	6
2.1.3 Condições auxiliares	7
2.1.3.1 Condições iniciais	7
2.1.3.2 Condições de fronteira	7
2.1.4 Caso bi-dimensional para aquífero freático	8
2.1.5 Métodos numéricos	10
2.1.6 Os programas MODFLOW e SICK100	13
2.2 Calibração do modelo	16
2.2.1 Conceitos básicos	18
2.2.2 Tipos de solução para problema inverso	19
2.2.2.1 Método de tentativa e erro	20
2.2.2.2 Solução indireta	20
2.2.2.3 Solução direta	21
2.2.3 Aproximação geoestatística	22
2.2.3.1 Conceitos básicos de geoestatística	23
2.2.3.2 Geoestatística linear	25
2.2.3.3 Krigagem simples	26
2.2.3.4 Krigagem ordinária	27
2.2.4 Aplicações práticas	28
3. Metodologia	30
3.1 Planejamento do modelo conceitual	30
3.2 Caracterização da área de estudo	30

3.2.1 Aspectos gerais	31
3.2.2 Caracterização física	35
3.2.2.1 Geologia e Hidrologia	35
3.2.2.2 Geomorfologia	39
3.2.2.3 Pedologia e uso do solo	40
3.2.3 Características climáticas	43
3.2.4 Fluviometria	45
3.3 Catalogação dos poços existentes	45
3.4 Concepção do modelo	48
3.4.1 Determinação das fronteiras	49
3.4.2 Determinação das condições de contorno	49
3.4.3 Geração de malha	50
3.4.4 Determinação dos parâmetros geométricos	51
3.4.5 Parâmetros de entrada	51
3.5 Balanço hídrico	62
4. Resultados e discussão	64
4.1 Ajuste do modelo base	64
4.1.1 Cargas hidráulicas	64
4.1.2 Espessura da zona saturada	67
4.1.3 Estimativa do nível dinâmico	72
4.1.4 Velocidade	72
4.2 Análise de cenários	75
4.2.1 Ampliação da área urbanizada	75
4.2.2 Redução de precipitação	80
5. Conclusões e recomendações	85
6. Referências Bibliográficas	87
ANEXOS	95
ANEXO 1 - Temperatura - São José do Rio Preto. Médias de 1996 a 2000	96
ANEXO 2 - Dados de pluviometria para a região de estudo	98
ANEXO 3 - Dados referentes aos poços registrados no DAEE - Araraquara	101

ANEXO 4 - Dados referentes aos poços registrados no SeMAE - São José do Rio Preto	105
ANEXO 5 - Dados referentes aos poços registrados no Comitê de Bacia do Turvo/Grande	111

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	(a) Fluxo da água normal num aquífero; (b) aproximação de <i>Dupuit</i> .	9
FIGURA 2	Representação do método das diferenças finitas e elementos finitos. (a) Mapa da área de estudo e condições de contorno; (b) mapa de diferenças finitas; (c) discretização nos vértices malha de elementos finitos.	12
FIGURA 3	Características que podem ser simuladas com o uso do MODFLOW.	14
FIGURA 4	Discretização espacial de um sistema aquífero multicamada.	15
FIGURA 5	Fluxograma do método de Tentativa e Erro.	20
FIGURA 6	Fluxograma do método indireto.	21
FIGURA 7	Fluxograma do método direto.	22
FIGURA 8	Representação gráfica de um variograma experimental com modelo ajustado.	24
FIGURA 9	Vista aérea parcial da área urbana de São José do Rio Preto.	32
FIGURA 10	(a) Visualização da bacia do Turvo/Grande em cor laranja (sem escala); (b) localização da sub-bacia do Rio Preto em amarelo (sem escala); (c) detalhe do município de São José do Rio Preto e seus limites.	33
FIGURA 11	Mapa topográfico da região de estudo.	34
FIGURA 12	Mapa geológico da região.	36
FIGURA 13	Relações geométricas e de fluxo das águas nos aquíferos da Bacia Hidrográfica do Turvo/Grande.	37
FIGURA 14	Geomorfologia da região de estudo.	39
FIGURA 15	Mapa dos solos da região de estudo.	41
FIGURA 16	Mapa de uso do solo na região.	42
FIGURA 17	(A) Seção transversal; (B) curva-chave do posto 6B-011.	44
FIGURA 18	Distribuição de vazões (m^3/s) para o Rio Preto em 1992.	45
FIGURA 19	Rede hidrográfica da região de estudo.	46
FIGURA 20	Distribuição dos poços na região de estudo.	47
FIGURA 21	Malha gerada pelo SICK100.	52
FIGURA 22	Detalhe da malha na região central do modelo.	53

FIGURA 23	Taxas de recarga.	55
FIGURA 24	Condutividades inferidas ao modelo.	58
FIGURA 25	(a) Foto de satélite das duas represas; (b) foto aérea mostrando represa assoreada (anos 60); (c) foto aérea mostrando represa nova (anos 80).	59
FIGURA 26	Foto aérea mostrando detalhe do assoreamento ocorrido na represa.	60
FIGURA 27	Esquema da hipótese sobre a colmatação do leito do lago.	61
FIGURA 28	Mapa de isolinhas do potencial de carga subsuperficial.	66
FIGURA 29	Mapa de isovalores do topo da Fm. Serra Geral.	68
FIGURA 30	Mapa de isovalores de espessura da zona saturada.	69
FIGURA 31	Níveis estáticos estimados para a década de 70.	70
FIGURA 32	Níveis estáticos gerados por krigagem para a década de 90.	71
FIGURA 33	Mapa de isovalores de N.D.	73
FIGURA 34	Mapa de vetores de velocidade de escoamento.	74
FIGURA 35	Mapa de taxas de recarga para o crescimento da periferia.	77
FIGURA 36	Mapa de isolinhas do potencial para a zona urbanizada expandida.	78
FIGURA 37	Mapa de isovalores de espessura da zona saturada (crescimento da zona urbanizada).	79
FIGURA 38	Mapa de taxas de recarga (chuva reduzida).	81
FIGURA 39	Mapa de cargas hidráulicas (chuva reduzida).	82
FIGURA 40	Mapa de espessura da zona saturada (chuva reduzida).	83
FIGURA 41	Mapa de isovalores de profundidade do N.D. (chuva reduzida).	84

RESUMO

OLIVEIRA, J. N. (2002). *Ferramental de gestão de águas subterrâneas para a cidade de São José do Rio Preto, SP*. São Carlos, 2002. 117p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Tendo em vista a crescente utilização de mananciais subterrâneos para o abastecimento público, a modelação numérica do fluxo de água subterrânea vem continuamente ganhando importância como ferramenta imprescindível de suporte a decisões inerentes ao gerenciamento desse recurso hídrico. Nesse contexto, o meio acadêmico representa o ambiente ideal para o desenvolvimento e a avaliação de ferramentas e metodologias adequadas ao gerenciamento de águas subterrâneas, sob a ótica específica de problemas com características nacionais. Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia de gerenciamento, visando a sua possível utilização pelos órgãos gestores dos recursos hídricos subterrâneos. O ferramental desenvolvido enfocou a descrição, a catalogação e a extrapolação dos dados necessários à representação de todas as características físicas e hidrogeológicas da área de estudo. Posteriormente foi sistematizada a disponibilização em formato adequado à sua utilização no ambiente de trabalho do pacote SICK100, desenvolvido na Faculdade de Engenharia Civil da *Ruhr-Universität Bochum*. Esse pacote computacional, com base no Método de Elementos Finitos, permite a construção de modelos de fluxo de alta complexidade. A área urbana da cidade de São José do Rio Preto, abastecida principalmente por poços tubulares que captam água do Aquífero Bauru, foi selecionada para a aplicação prática da metodologia desenvolvida. A região tem mais de 600 poços produtores cadastrados e 3500 poços clandestinos, que retiram aproximadamente 5000m³/h do aquífero livre. Com base nessas informações e dados climáticos, foi construído um modelo numérico que permitiu simular toda a complexidade hidrogeológica da área. Também foram feitos prognósticos para dois cenários: um com diminuição da precipitação e outro com o aumento da área urbanizada e conseqüente impermeabilização. Os reflexos dessas hipóteses na dinâmica atual foram avaliados, sendo possível notar um colapso do sistema de captação, na região central da cidade, caso um dos prognósticos venha a ocorrer. O ferramental desenvolvido demonstrou ser útil ao gerenciamento de recursos hídricos, tendo ampliado o conhecimento das condições do fluxo na região.

Palavras-chave: água subterrânea; Aquífero Bauru; São José do Rio Preto; gerenciamento de recursos hídricos; modelação numérica; método de elementos finitos.

ABSTRACT

OLIVEIRA, J. N. (2002). *A groundwater management tool for São José do Rio Preto, SP, Brazil*. São Carlos, 2002. 117p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Considering the growing use of groundwater sources for public supply, numerical modeling of groundwater flow becomes an indispensable tool for decision support and adequate management of this natural resource. In this context, the academic circle represents, under the specific optics of problems with national characteristics, the ideal environment for the development and evaluation of tools and methodologies adapted to groundwater management. In this work, it was developed a management methodology which aims at its possible systematization and use by the water resources management agencies. The developed tool focused the description, cataloguing and extrapolation of all hydrogeological and physical characteristics of the study area, as it is necessary for the definition of a conceptual model. Furthermore, the data were in order to be used within the package SICK100 developed by the School of Civil Engineering at the Ruhr-University Bochum. This computational package, based on the Finite Element Method, allows the construction of highly complex flow models, and it is executed under LINUX platform. The urban area of São José do Rio Preto, mainly provisioned by deep wells which capture water from the Bauru Aquifer, was selected for the practical application of the developed methodology. The area is exploited by more than 600 registered and 3500 clandestine wells which remove approximately 5000 m³/h from the free aquifer. Based on these information and regional climatic data, it was developed a numerical flow model which allowed to simulate the entire hydrogeological complexity of the area. Prognostics were made for two different sceneries: one presented decrease of the precipitation, and another the increase of the urbanized area and consequent impermeabilization. The reflexes of those hypotheses in the current dynamics were appraised, indicating a possible collapse of the aquifer in the central area of the city, if one of the prognostics occurs. The methodology demonstrated to be useful for groundwater resources management, improving the understanding of the flow conditions in the model area.

Key words: groundwater; Bauru Aquifer; São José do Rio Preto; water resources management, numerical modelling; finite element method.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos subterrâneos constituem aproximadamente 97% de toda a água doce disponível no planeta. Sua utilização pelo ser humano é remota, havendo indícios de seu uso, pelos chineses, no ano 5000 a.C., segundo REBOUÇAS (1999), LEAP (1999) e FEITOSA & MANUEL FILHO (2000). O Brasil dispõe de um volume de 112.000 quilômetros cúbicos de água em suas reservas subterrâneas, de acordo com FEITOSA & MANUEL FILHO (2000). Conforme dados do DAEE (1999), 61% da população brasileira é abastecida por água subterrânea: 43% por poços tubulares, 12% por fontes ou nascentes e 6% por poços escavados (tipo Amazonas).

No Estado de São Paulo, segundo CETESB (1997a), 72% das cidades utilizam-se de água subterrânea no sistema de abastecimento, sendo 48% abastecidas exclusivamente por esse manancial. Além disso, 90% das indústrias também usam o recurso hídrico subterrâneo. De acordo com o DAEE (2000), no Balanço Hídrico do Estado de São Paulo, dos 100 bilhões de m³/ano correspondentes ao escoamento total, 41 bilhões, ou 1.285 m³/s, são oriundos do escoamento básico, parcela responsável pela regularização dos rios.

A importância do recurso hídrico subterrâneo na Bacia do Rio Turvo/Grande, onde se localiza a região de estudo do presente trabalho, pode ser verificada pelo índice de utilização da disponibilidade hídrica subterrânea da bacia, que é de 62,17%, o segundo maior do Estado de São Paulo, de acordo com DAEE (2000). Deve-se salientar que, dentre as solicitações de outorga para uso de recursos hídricos, os pedidos de licença para construção de novos poços aparecem em primeiro lugar, principalmente na cidade de São José do Rio Preto, SP.

A importância de criar um modelo conceitual para a área urbana da cidade de São José do Rio Preto advém da necessidade de um ferramental adequado para o gerenciamento, tendo em vista a superexploração existente na região e o rebaixamento do nível estático do Aquífero Bauru, aliado ao consumo crescente, onde 70% do abastecimento público é garantido pela água subterrânea.

Nesse contexto, uma preocupação dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento da água no Estado de São Paulo refere-se à proteção e ao uso racional da água subterrânea, principalmente no que tange às áreas de recarga dos aquíferos. Para que isso ocorra

efetivamente, já existem leis e decretos que visam proteger e recuperar os mananciais subterrâneos, podendo-se destacar a Lei 7663/91, que estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos, e o Decreto 3255/91, que se aplica à preservação dos depósitos naturais de água subterrânea.

Mais recentemente, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, com base na resolução nº 22, de 24 de maio de 2002, estabeleceu diretrizes complementares para a elaboração dos planos de recursos hídricos das bacias hidrográficas, as quais devem considerar a caracterização dos aquíferos envolvidos, bem como definir as inter-relações de cada aquífero com os cursos d'água superficiais, promovendo assim uma gestão integrada das informações disponíveis dos recursos hídricos.

Nos Estados Unidos, o USGS (United States Geological Survey), órgão gestor dos recursos hídricos, está implementando um sistema de avaliação quanti e qualitativa da água subterrânea, incluindo a utilização de SIG (Sistema de Informações Geográficas), a fim de que se possa monitorar esse recurso hídrico. Como enfatizaram ENGEL & NAVULUR (1999) e GOGU et al. (2001), a disponibilidade dos dados de um sistema aquífero em um modelo conceitual torna mais viável o estudo da variabilidade espacial e temporal desse sistema, podendo ser acoplado a programas de modelação numérica para estimativa de cenários futuros.

No entanto, dispor apenas de dados tabulados e/ou distribuídos espacialmente não gera prognósticos sobre o comportamento futuro da água subterrânea em determinado local. Por isso, há na comunidade científica mundial grande interesse em modelar dados referentes ao escoamento em águas subterrâneas, obtendo bons resultados, ou seja, que o erro entre a estimativa e o dado real seja mínimo. Modelar numericamente aquíferos e analisar a variabilidade espacial do fluxo vem sendo alvo de muitos estudos nas últimas décadas, quando uma grande quantidade de modelos matemáticos foi criada e simulações foram propostas (KRESIC, 1997).

No presente trabalho buscou-se criar um ferramental de suporte para gestão dos dados hidrogeológicos disponíveis nos órgãos oficiais que administram a água subterrânea de São José do Rio Preto. Para tal, foi elaborado um modelo determinístico, baseado em elementos finitos e incluindo as medidas de campo realizadas pelo SeMAE (Serviço Municipal de Abastecimento de Água e Esgoto de São José do Rio Preto) e pelo DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica), visando analisar o comportamento do aquífero na região de estudo e indicar os possíveis direcionamentos para uma ação futura no que tange à utilização da água subterrânea.

O trabalho teve por objetivo, ainda, a comprovação do decaimento dos níveis estáticos dos poços na região de estudo, relatado pelo DAEE (1990), no Plano Estadual de

Recursos Hídricos. Para isso, compararam-se dados coletados na década de 70 com outros mais recentes, dos anos 90.

Também foram organizados os dados hídricos e hidrogeológicos disponíveis, a fim de elaborar um estudo do balanço hídrico regional do aquífero em relação às demandas atuais, com estimativa das recarga e descarga, naturais e artificiais.

Finalmente, foram gerados cenários hipotéticos do comportamento da água subterrânea em São José do Rio Preto. Foram efetuados prognósticos de crescimento da área urbana a fim de visualizar possíveis reações do sistema aquífero às mudanças inseridas no modelo.

De posse das ferramentas computacionais já citadas, foi realizada uma caracterização detalhada da área urbana da cidade de São José do Rio Preto, SP, que utiliza o sistema aquífero Bauru para a captação de água subterrânea para o abastecimento público. Dessa forma, uma análise de fluxo foi executada, visando configurar o comportamento geral do Aquífero Bauru e ampliar o conhecimento sobre esse manancial subterrâneo.

O ferramental desenvolvido por este estudo permite que, no futuro, novas características da região, como uso do solo, aumento do número de poços produtores e variações dos níveis estáticos e dinâmicos, possam ser incorporadas. Dessa forma, possíveis imprecisões no modelo proposto podem ser corrigidas por meio de modelagens futuras, com adequação dos resultados às condições reais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O presente trabalho teve por enfoque principal a construção de um modelo matemático computacional que reproduzisse o comportamento hidráulico do aquífero Bauru na área urbana, arredores e zona rural da cidade de São José do Rio Preto. Assim, são expostos a seguir trabalhos relacionados aos modelos matemáticos e suas aplicações em água subterrânea.

2.1 Modelos matemáticos

Os modelos matemáticos computacionais constituem uma ferramenta que vem sendo utilizada há muitas décadas para representar a realidade de uma maneira simplificada. Nos últimos anos, a modelação matemática da água subterrânea tem se destacado no planejamento e/ou no gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos, visando à proteção, à exploração e, quando necessário, à recuperação ou à descontaminação de aquíferos.

Deve-se ter em mente que a necessidade de quantificar e analisar os fenômenos que envolvem o fluxo e o transporte nesses sistemas é de suma importância para garantir a proteção de um manancial subterrâneo. A quantificação pode ser feita por intermédio da modelação matemática, uma vez que um inventário completo da situação, por meio de levantamentos de campo, é difícil e oneroso para ser realizado. Assim, faz-se uso dos modelos matemáticos para representar uma aproximação da realidade física existente.

O uso dos modelos matemáticos, aplicados ao fluxo da água subterrânea, pode ter por objetivos, segundo CLEARY (1989):

1. locação de poços para abastecimento;
2. análise de alternativas para a descontaminação;
3. previsão dos fenômenos de fluxo e de transporte em sistemas aquíferos heterogêneos, anisotrópicos e estratificados;
4. delineamento de áreas de proteção e contribuição de poços sob condições de anisotropia e heterogeneidade;

5. rastreamento de contaminantes;
6. otimização dos recursos hídricos subsuperficiais.

Muitas vezes, porém, os resultados fornecidos pelos modelos são imperfeitos, pois, na tentativa de simplificação, tende-se a incorrer em erros. É necessário comparar os resultados com os dados obtidos em campo, se possível. De acordo com KRESIC (1997), muitas vezes o usuário dos modelos matemáticos computacionais não está atento às limitações técnicas destes, além de não perceber algumas “verdades”:

- os modelos estão baseados em várias suposições referentes ao sistema real que está sendo modelado;
- os parâmetros hidrológicos e hidrogeológicos são simplesmente uma aproximação da distribuição real e nunca são determinados com total precisão;
- as equações diferenciais teóricas que descrevem o fluxo de água subterrânea são substituídas por sistemas de equações algébricas razoavelmente precisas.

Apesar do exposto, os modelos são válidos, pois garantem uma perspectiva de comparação e de extrapolação de resultados. Bons resultados de sua aplicação foram recentemente relatados nos trabalhos de OLSTHOORN (1999) e RAYNE et al. (2001).

2.1.1 Tipos e usos de modelos matemáticos

Os modelos matemáticos tentam descrever, por meio de equações, todos os processos físicos ligados ao fluxo da água subterrânea. O tipo de modelo depende dos fundamentos teóricos envolvidos e pode ser classificado em: empírico ou experimental, probabilístico ou estocástico e determinístico.

Os modelos empíricos são derivados do ajuste de funções matemáticas a dados experimentais. Um exemplo típico de modelo empírico é a Lei de Darcy, desenvolvida em meados do século XIX, que estabelece o fluxo em meio poroso como uma equação em que a velocidade varia diretamente com o gradiente hidráulico.

Já os modelos estocásticos são baseados nas leis estatísticas e de probabilidade. As aproximações estocásticas têm fornecido significativos avanços na caracterização da heterogeneidade subterrânea e em situações de incerteza, o que é claramente apresentado no livro de GELHAR (1993). Porém, como cita KRESIC (1997), os modelos deste tipo apresentam como limitação a necessidade de um grande número de dados de entrada e de parâmetros de identificação.

No caso dos modelos determinísticos, assume-se que as possíveis reações do aquífero às entradas atuais e futuras no sistema são geridas pelas leis que descrevem o fluxo da água

subterrânea. Muitos problemas podem ser resolvidos usando este tipo de modelo, desde a determinação do rebaixamento de um poço, como foi apresentado por MENDONÇA et al. (1999), até o fluxo multifásico em um sistema aquífero anisotrópico e heterogêneo. Um exemplo clássico de modelo determinístico, citado por ANDERSON & WOESSNER (1992), é a equação de Theis.

Segundo KRESIC (1997), são três os principais propósitos para criação de modelos de escoamento subterrâneo:

1. descrever o sistema aquífero para que se possa analisar as várias hipóteses a respeito de sua natureza e dinâmica. Isso ajuda a entender melhor o sistema e a planejar futuras análises deste;
2. prever mudanças naturais ou artificiais no sistema aquífero estudado;
3. gerar um sistema hipotético, no qual possam ser estudados os princípios do fluxo de água subterrânea.

KONIKOW & REILLY (1999) afirmam que, desde meados da década de 60, pesquisadores em simulação da água subterrânea, como WANG & ANDERSON (1982), VAN DER HEIJDE et al. (1985) e VIESSMAN & LEWIS (1996), vêm optando pela utilização de modelos computacionais determinísticos, com parâmetros distribuídos, o que aumentou as opções de uso de ferramentas computacionais para simulação e análise do comportamento de aquíferos. KRESIC (1997) e ANDERSON & WOESSNER (1992) citam o MODFLOW como o programa de domínio público mais utilizado em trabalhos científicos, até o momento.

2.1.2 Equações básicas

As equações matemáticas do fluxo da água subterrânea têm por base a equação da continuidade ou o princípio da conservação de massa aplicado a um volume elementar representativo do aquífero, ou seja:

Taxa de entrada - taxa de saída ± taxa de produção e/ou de consumo = taxa de acumulação

Aplicando o princípio da conservação de massa e a Lei de Darcy num volume elementar de um aquífero, pode-se derivar a equação parcial tridimensional, heterogênea, anisotrópica num estado não estacionário, para a distribuição de carga:

$$\frac{\partial}{\partial X} \left[K_{xx} \frac{\partial H}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[K_{yy} \frac{\partial H}{\partial Y} \right] + \frac{\partial}{\partial Z} \left[K_{zz} \frac{\partial H}{\partial Z} \right] + W(X, Y, Z, t) = S_s \frac{\partial H}{\partial t} \quad (1)$$

em que:

H = carga hidráulica;

K_{xx} , K_{yy} e K_{zz} = componentes do tensor da condutividade hidráulica;

S_s = coeficiente de armazenamento específico;

W = fontes e sumidouros do aquífero (poço e drenos), podendo ser expressos, como poços pontuais, por meio de 3 funções *delta de Dirac*:

$$W = \sum_{i=1}^N Q_i \delta(X - X_i) \delta(Y - Y_i) \delta(Z - Z_i) \quad (2)$$

em que:

Q_i = taxa de bombeamento ou de injeção, adotando respectivamente o sinal (- ou +);

i = índice do poço;

X_i , Y_i e Z_i = coordenadas tridimensionais do poço;

N = número de poços.

A eq. (1) é chamada de Equação Fundamental do Fluxo da Água Subterrânea.

2.1.3 Condições auxiliares

Muitas vezes, as equações diferenciais parciais têm um conjunto de possíveis soluções. Isso faz com que seja necessário, para caracterizar especificamente a situação modelada, adicionar condições auxiliares, denominadas, dependendo do caso, de condições iniciais e condições de fronteira. Se as condições auxiliares forem prescritas em excesso, pode haver incompatibilidade entre elas e o problema não terá solução. Se, por outro lado, tais condições forem insuficientes, o problema será indefinido, podendo ter infinitas soluções. Assim, somente na medida certa se terá o que se pode chamar de problema *bem posto*.

2.1.3.1 Condições iniciais

As condições iniciais servem para descrever a distribuição da carga hidráulica num aquífero, no instante inicial do processo de simulação. Geralmente, define-se uma condição inicial por:

$$H = H(X, Y, Z, 0) \text{ no instante } t = 0 \quad (3)$$

De acordo com CLEARY (1989), a eq. (3) descreve a variação tridimensional da carga hidráulica do aquífero no instante $t = 0$. No entanto, muitos pesquisadores usam uma carga constante média, já existente, como a carga inicial.

2.1.3.2 Condições de fronteira

As condições de fronteira que descrevem as interações do aquífero com o meio podem ser de três tipos, dependendo basicamente da carga hidráulica e do fluxo nos limites externos do domínio:

Tipo 1: *Dirichlet* – a carga hidráulica é especificada no contorno:

$$H = H(X, Y, Z, v, t) \text{ em } t > 0 \quad (4)$$

A carga hidráulica pode ser uma constante ou uma função do tempo e/ou do espaço. Os níveis d'água de rios e lagos são um exemplo, quando há conexão entre o aquífero e as águas superficiais.

Tipo 2: *Neumann* – o fluxo da água é especificado no contorno:

$$-K_{\eta} \frac{\partial H}{\partial \eta} = f(X, Y, Z, t) \quad (5)$$

em que f representa o fluxo definido como a taxa volumétrica de fluxo por unidade de área normal à fronteira, ou seja ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{dia}$). Um caso especial desta condição é o fluxo nulo, que ocorre nos divisores de água subterrânea e nos contornos impermeáveis, como, por exemplo, num embasamento cristalino não fraturado.

Tipo 3: Mista ou *Robin* (ou *Cauchy*) – combina linearmente os tipos *Dirichlet* e *Neumann*:

$$-K_z \frac{\partial H}{\partial Z} = \frac{K'}{b'} (H_0 - H)$$

ou

$$-K_z \frac{\partial H}{\partial Z} + \frac{K'}{b'} H = \frac{K'}{b'} H_0 \quad (6)$$

De maneira geral, a condição de *Robin* é usada para modelar situações em que o fluxo atravessa a fronteira, dependendo linearmente da carga hidráulica. Normalmente, essa situação ocorre quando se tem drenança através de contornos semipermeáveis.

2.1.4 Caso bidimensional para aquífero freático

Em razão das características de contorno móvel do aquífero freático, é necessário que se utilize as suposições de *Dupuit*, desenvolvidas em 1863, e a equação de *Boussinesq*. Assim, o fluxo é considerado horizontal, com linhas equipotenciais verticais, velocidade uniforme e carga constante ao longo da dimensão vertical. A hipótese de *Dupuit* está esquematizada na Figura 1.

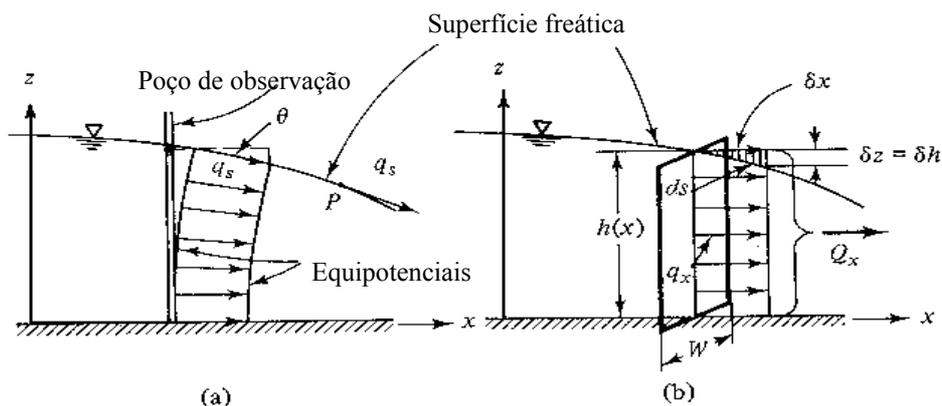


FIGURA 1 – (a) Fluxo da água normal num aquífero freático; (b) aproximação de *Dupuit*. Fonte: BEAR (1979).

Usando tais suposições e o princípio da conservação de massa, chega-se à seguinte equação não linear (Equação de *Boussinesq*):

$$\frac{\partial}{\partial X} \left[K_x H \frac{\partial H}{\partial X} \right] + \frac{\partial}{\partial Y} \left[K_y H \frac{\partial H}{\partial Y} \right] + W(X, Y, t) = S_y \frac{\partial H}{\partial t} \quad (7)$$

em que a capacidade específica (S_y) leva em consideração os efeitos de armazenamento nos aquíferos freáticos.

O produto das cargas por suas respectivas derivadas torna a equação não linear, porém pode-se contornar a situação linearizando-se a equação, fazendo $H = b = H_0 =$ espessura saturada inicial. Segundo HANTUSH (1964), isso ocorre quando o rebaixamento máximo é menor que 25% da espessura saturada. Assim, substituindo alguns itens, tem-se:

$$S = S_y; \quad T_{xx} = K_x H; \quad T_{yy} = K_y H \quad (8)$$

Diante do exposto, pode-se resolver as equações diferenciais parciais por meio de soluções analíticas ou numéricas, com iterações sucessivas, como citam KRESIC (1997) e

KONIKOW & REILLY (1999). Porém, vale a pena salientar que, segundo VAN DER HEIJDE et al. (1985), já haviam sido catalogados pelo Internacional Ground Water Modeling Center (IGWMC) 399 diferentes modelos, sendo mais de 50% modelos de fluxo baseados na eq. (1).

2.1.5 Métodos numéricos

Modelos numéricos analisam todo o campo de fluxo, num determinado instante, fornecendo soluções para tantos pontos quantos forem solicitados. A área de interesse (Figura 2a) deve ser subdividida em áreas menores chamadas de células ou elementos, e a equação básica do fluxo da água subterrânea é calculada para cada célula pelo balanço de fluxo (entrada-saída). Assim, a solução apresentada é uma distribuição de cargas hidráulicas nos pontos predeterminados.

Esses pontos podem estar localizados nos centros das células (Figura 2b) ou nos vértices dos elementos (Figura 2c). A equação diferencial básica do fluxo é substituída por uma equação algébrica, de forma que todo o campo por onde passa o fluxo seja representado por n equações com n incógnitas, em que n é o número de células. Esse sistema de equações algébricas é resolvido numericamente por meio de processos iterativos ou diretos. Os principais tipos de modelos numéricos são o Método de Diferenças Finitas (MDF) e o Método de Elementos Finitos (MEF).

Ambos os métodos apresentam vantagens e desvantagens, dependendo do caso a ser aplicado. Contudo, por ser mais fácil de ser esboçado e entendido e por exigir menor esforço matemático, os modelos de diferenças finitas prevalecem na prática da hidrogeologia. Como exemplo bem-sucedido de aplicação do MDF pode-se citar o trabalho de OLSTHOORN (1999), que apresenta inclusive uma comparação feita entre modelos de diferenças finitas e modelos analíticos usados no acompanhamento do fluxo da água subterrânea na cidade de Amsterdã, Holanda.

No Brasil, o uso do MDF vem se popularizando. Pode-se citar recentemente NOBRE & NOBRE (2001), que utilizaram essa ferramenta para simular o comportamento do aquífero que abastece a cidade de Maceió, AL. A mesma técnica foi usada por LAZARIM & LOUREIRO (2000) no desenvolvimento de um modelo hidrogeológico computacional no Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais. Em outro artigo, MENDONÇA et al. (2001) simularam o fluxo subterrâneo dos aquíferos da Chapada do Araripe, em Pernambuco, utilizando o método das diferenças finitas.

Os modelos de elementos finitos, segundo FETTER (1994), oferecem uma alternativa aos modelos numéricos de fluxo de água subterrânea, pois não utilizam malha

retangular com nós, como em diferenças finitas, mas sim malha em triângulos e quadrados ou tetraedros. Nos pontos de interseção dos triângulos irregulares encontram-se os nós que serão calculados para estimar o fluxo de cada elemento.

Os modelos de elementos finitos são mais adaptáveis que os de diferenças finitas principalmente quando é necessário ter maior semelhança com a geometria do aquífero. O tamanho e a forma dos elementos são selecionados aleatoriamente, com isso podem se adaptar facilmente aos limites próximos. Assim pode-se tornar os elementos menores e mais próximos e removê-los onde não há tantas zonas de influência.

PINDER & GRAY (1977) e KAZDA (1990) constituem algumas das referências básicas sobre a teoria e a aplicação dos métodos de elementos finitos nos estudos de águas subterrâneas. Os trabalhos de ALBERTSON & HENNINGTON (1996) e LARABI & DE SMEDT (1997) são exemplos da utilização de métodos de elementos finitos aplicados ao fluxo de água subterrânea permanente em aquíferos livres.

Outro exemplo de utilização do método de elementos finitos foi apresentado por VIVES et al. (2000), no qual se gerou um modelo preliminar do fluxo de água subterrânea do Aquífero Guarani, que permitiu a integração de diversas informações hidrogeológicas.

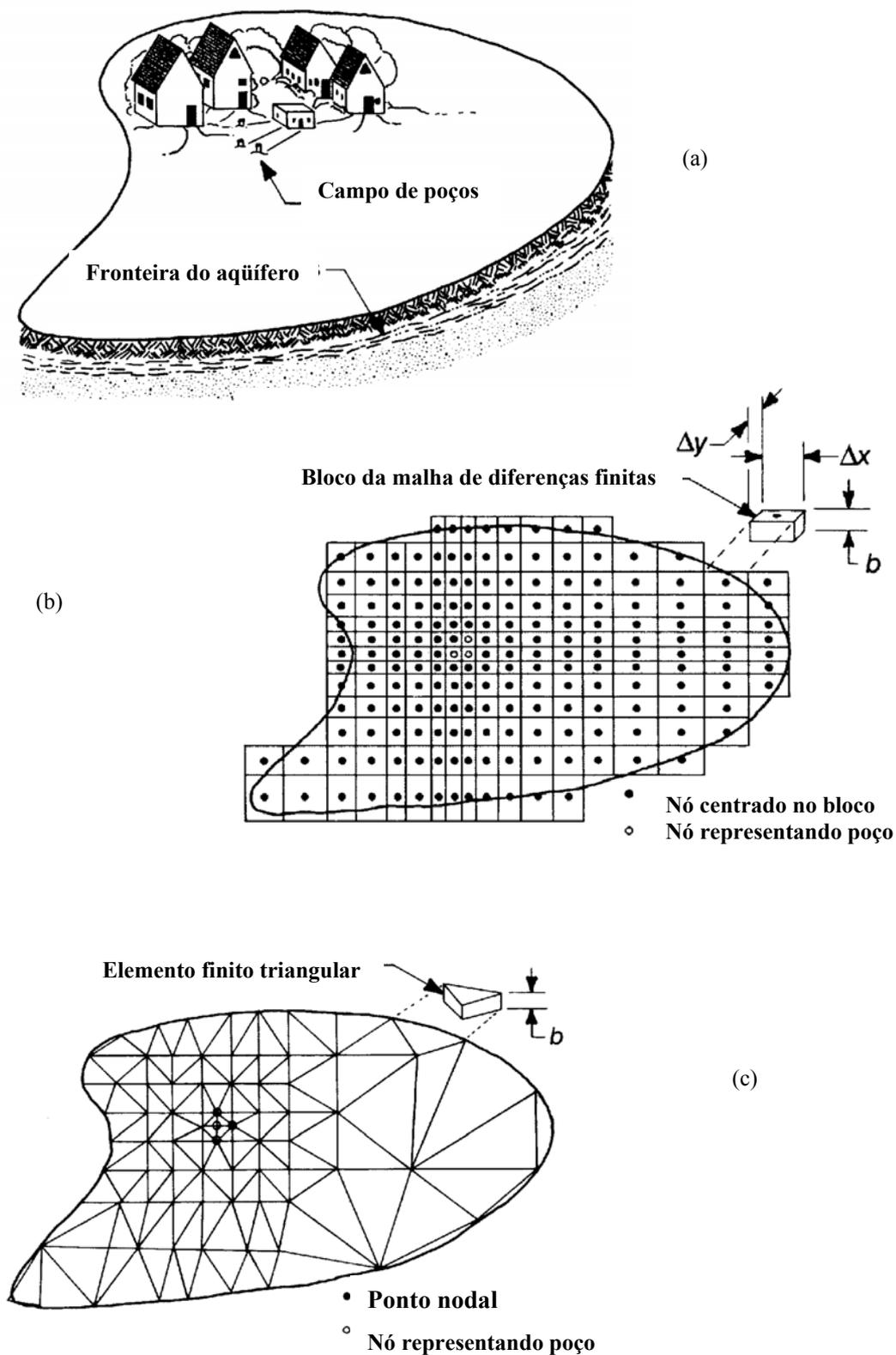


FIGURA 2 – Representação do método das diferenças finitas e elementos finitos. (a) Mapa da área de estudo e condições de contorno; (b) malha de diferenças finitas; (c) discretização nos vértices malha de elementos finitos. Fonte: Modificado de DRISCOLL (1982).

2.1.6. Os programas MODFLOW e SICK100

Um dos programas computacionais mais utilizados na modelação numérica do fluxo da água subterrânea é o modelo de diferenças MODFLOW, o qual foi desenvolvido pelo United States Geological Survey (USGS), na forma de um programa de simulação. McDONALD & HARBAUGH (1988) e HARBAUGH & McDONALD (1996) publicaram os manuais e alguns exemplos de aplicação.

Segundo WINSTON (1999), o programa começou a ser elaborado no final dos anos oitenta e vem sendo aprimorado continuamente desde então, com a inclusão de diversos pacotes relacionados ao estudo da água subterrânea.

O programa MODFLOW foi concebido para simular sistemas aquíferos sob as seguintes condições:

1. Existência de fluxo no meio saturado;
2. Aplicação de lei de Darcy;
3. Densidade constante da água subterrânea;
4. Não variação da direção principal da condutividade hidráulica horizontal ou da transmissividade, no sistema.

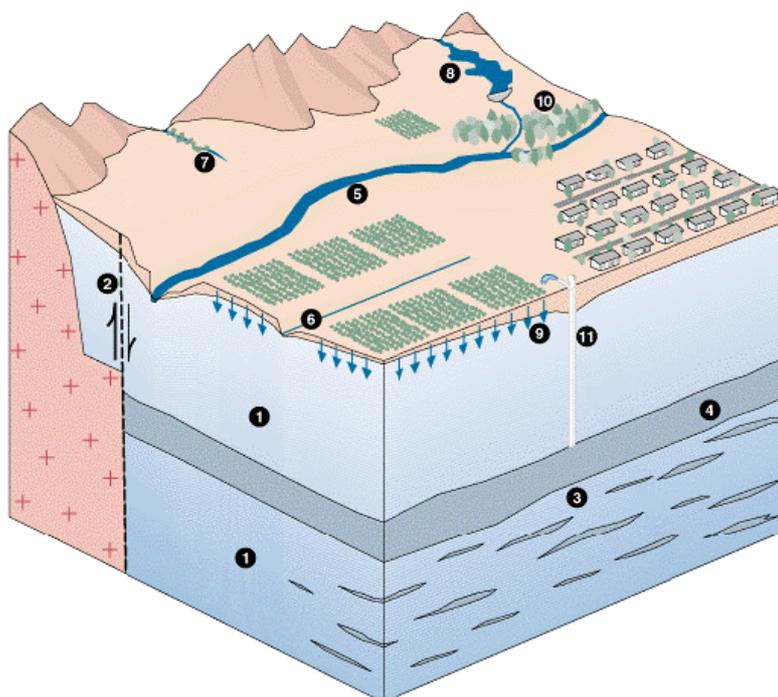
De acordo com WINSTON (1999) e KONIKOW & REILLY (1999), o programa MODFLOW é provavelmente o mais utilizado no mundo, para modelação em água subterrânea, sendo sua popularidade alavancada pelos seguintes fatores:

- O método de diferenças finitas é relativamente fácil de ser entendido e aplicado nas mais variadas situações reais.
- O programa pode ser utilizado em diversos tipos de computadores pessoais (PC), não requerendo grandes máquinas para sua execução, além de estar disponível em várias versões compatíveis com máquinas distintas.
- Pode ser aplicado para problemas em sistemas uni, bi ou tridimensionais.
- Cada um dos recursos existentes no programa foi exaustivamente testado.
- As informações sobre os dados de entrada e a teoria computacional envolvidas no processo de simulação estão bem documentadas.
- O programa permite que sejam implementadas novas situações, em adição às existentes.
- Existe, disponível na Internet, uma grande variedade de programas escritos pelo USGS e por outros órgãos e companhias públicas e privados, que permitem construir os arquivos de entrada para o MODFLOW.

- Existe uma gama de programas disponíveis para a leitura e confecção dos gráficos, a partir dos dados de saída do MODFLOW.

WINSTON (1999) descreveu um grande número de *sites* relacionados ao programa MODFLOW, bem como uma vasta documentação disponível na Internet a respeito de aplicações do modelo.

A Figura 3 mostra algumas características de sistemas aquíferos que podem ser simuladas pelo MODFLOW.



LEGENDA

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Aquíferos livres e confinados | 7. Rios efêmeros |
| 2. Falhas ou barreiras naturais | 8. Reservatórios |
| 3. Lentes de grãos finos | 9. Recarga de precipitação e irrigação |
| 4. Camadas confinantes | 10. Evapotranspiração |
| 5. Rios | 11. Poços |
| 6. Drenos e fontes | |

FIGURA 3 – Características que podem ser simuladas com o uso do MODFLOW. Fonte: USGS (1997)

A versatilidade do programa faz com que se possa incluir muitos aspectos hidrológicos na simulação, tais como: evaporação, drenagem, poços, etc. Essa característica torna o sistema mais próximo da realidade.

O programa simula o fluxo da água subterrânea em sistemas aquíferos usando diferenças finitas. Cria-se uma rede de blocos organizados em linhas, colunas e camadas, onde cada bloco é chamado de célula. A Figura 4 mostra como é feita esta discretização espacial.

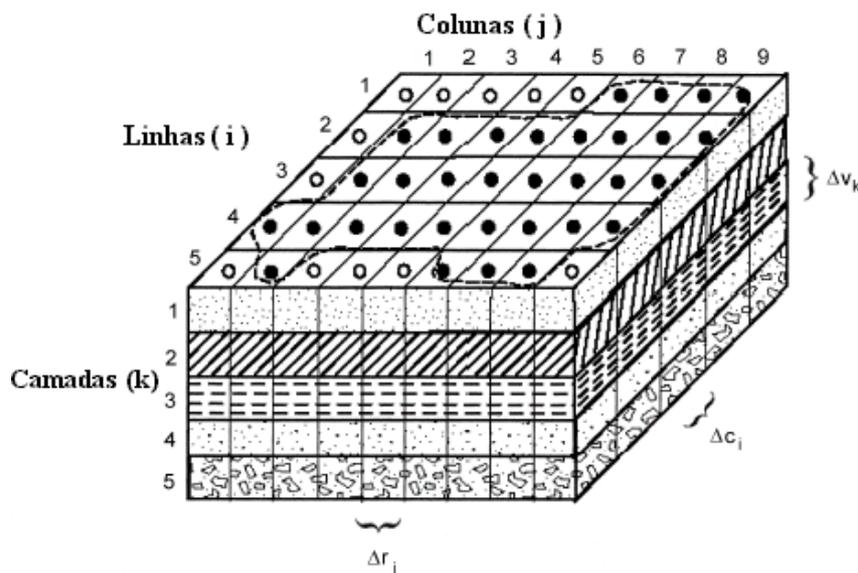


FIGURA 4 – Discretização espacial de um sistema aquífero multicamada. Fonte: McDONALD & HARBAUGH (1988)

onde:

--- Fronteira do aquífero

● Células ativas

○ Célula inativa;

Δr_j Dimensão da célula ao longo da direção da linha. O índice j refere-se a linha;

Δc_i Dimensão da célula ao longo da direção da coluna. O índice i refere-se a coluna;

Δv_k Dimensão da célula ao longo da direção vertical. O índice k indica a camada.

Como entrada, deve-se analisar cada célula, com suas propriedades específicas. Também é necessário especificar todas as informações relativas ao sistema, como poços existentes e rios, além das influências das características sob cada uma das células nas várias camadas que porventura existam.

Como exemplo de uma situação pode-se citar a influência de um rio sobre um aquífero. Deve-se saber todas as informações sobre o rio, sua vazão, forma da calha e a influência deste sobre o aquífero. Com estes dados analisa-se como o rio interfere sobre cada célula a ser simulada no domínio.

Quando são montados os arquivos com os dados de entrada, o MODFLOW resolve as equações de fluxo da água subterrânea e calcula a carga hidráulica (nível d'água) em cada uma das células do sistema aquífero em intervalos de tempo especificados. Outros resultados produzidos pelo programa são referentes ao armazenamento de água em cada célula e às velocidades de fluxo envolvidas na passagem da água de uma célula para a outra.

Apesar do MODFLOW ser difundido mundialmente no meio científico para modelação em água subterrânea, sua utilização, no presente estudo, mostrou-se incapaz de representar a complexidade da região de estudo devido a grande quantidade de poços e os corpos d'água superficiais (córregos, rios e lagos) existentes. Nessa situação optou-se pela análise da aplicabilidade de outro modelo: o modelo de elementos finitos SICK100.

O programa original SICK100 (SCHMID et al, 1992) foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia Civil da *Ruhr-Universität Bochum*, baseado na plataforma LINUX e permite a simulação do problemas de fluxo de água subterrânea e transporte de poluentes dissolvidos em um domínio bi e tridimensional.

As características principais do *software* são:

- Método de elementos finitos;
- Modelos em 2D, 3D e combinação de ambos;
- Problemas estacionários e transientes;
- Meios porosos e/ou fraturados saturados e não-saturados;
- Transporte de poluentes sob consideração dos processos de advecção, dispersão, adsorção e decaimento.

O programa dispõe de algoritmos de pré-processamento que garantem a geração de redes não-estruturadas em meios heterogêneos baseados em *Delaunay-triangulation* e *advancing front*. Para a solução dos sistemas de equações resultantes foram implementados técnicas avançadas para armazenagem de matrizes (*sparse*) e algoritmos iterativos (*PCG*) e diretos (*SUPER-LU*) otimizados para solução de sistemas simétricos e não-simétricos.

2.2. Calibração do modelo

Cada aquífero tem suas características próprias representadas por parâmetros distribuídos espacialmente, sendo a transmissividade, o coeficiente de armazenamento e as condições de contorno, os mais importantes a serem analisados.

Após a construção de um modelo matemático, deve-se procurar calibrá-lo por meio de informações obtidas em campo, sendo normalmente utilizados para a calibração a carga hidráulica e o balanço hídrico, segundo BEAR & VERRRUIJT (1994). Com isso, busca-se ajustar os parâmetros de modo que o modelo reproduza os dados observados.

Os valores ou as configurações dos parâmetros envolvidos no sistema, como condutividade hidráulica e recarga, são modificados paulatinamente, até que se obtenha o menor erro possível. Este método necessita apenas, segundo SUN (1994), de alguns dados observados, uma subrotina para resolver o problema avançado e um hidrogeólogo experiente que esteja familiarizado com o aquífero.

CLEARY (1989) salientou que nesse tipo de abordagem deve-se estimar os parâmetros iniciais mais próximos da realidade para acelerar o processo de calibração. Segundo SUN (1994), este é o método da tentativa e erro. Observa-se que a possibilidade de erro é muito alta, pois a precisão dos resultados obtidos varia de acordo com o especialista envolvido no problema. Mesmo assim, este método continua a ser amplamente utilizado e foi utilizado neste trabalho.

A identificação de parâmetros envolvidos em sistemas aquíferos vem sendo abordada por pesquisadores desde a década de sessenta, quando YEH (1975) descreveu a formulação analítica para um aquífero com fluxo governado por uma equação diferencial parcial parabólica não linear. O sistema, na época, foi simplificado para uma condição unidimensional de fluxo.

Deste modo, como salientaram BEAR & VERRRUIJT (1994), a tentativa de se chegar ao melhor conjunto de coeficientes passa a ser encarada como um problema de identificação de parâmetros, também chamado de “*problema inverso*”, que resultará numa solução única. Muitos métodos têm sido propostos e a literatura sobre este assunto é vasta, incluindo-se algumas revisões como as apresentadas por YEH (1986), CARRERA (1988) e GINN & CUSHMAN (1990). O problema inverso e sua importância para a calibração de modelos foi também tema de um livro (SUN, 1994).

Geralmente, o objetivo da calibração é comparar os diversos ajustes de parâmetros, verificando se estes estão compatíveis com os dados observados e como as alterações dos parâmetros interferem nas respostas do modelo (análise de sensibilidade). Isto é salientado nos trabalhos de CARRERA & NEUMAN (1986) e COOLEY et al. (1986), que apresentam o que convencionou-se chamar de *histórico comparativo*.

Um item importante da calibração de um modelo é a análise de sensibilidade, processo no qual os parâmetros de entrada do modelo sofrem uma variação, dentro de uma faixa plausível, e mudanças relativas que ocorrem nas respostas do modelo são analisados. Pode-se citar como exemplo as mudanças que ocorrem na taxa de fluxo quando a carga hidráulica sofre alguma modificação.

A finalidade da análise de sensibilidade é demonstrar qual o comportamento das simulações do modelo diante das incertezas dos valores de entrada. Também é analisada a sensibilidade de um parâmetro do modelo em relação a outros parâmetros. Tal análise pode

ainda ser útil para definir os dados adicionais a serem coletados para a calibração final do modelo. Assim, dados que têm interferência maior sobre o modelo devem ser melhor caracterizados no.

KOHNKE (2001) sugeriu que pode-se analisar a sensibilidade de modelos de fluxo de água de duas formas. A primeira é a análise das variações causadas nas respostas do modelo decorrentes de modificações nos parâmetros. A outra forma consiste na observação dos efeitos causados pelas modificações sobre os resultados da calibração.

A calibração é sem dúvida a etapa que demanda mais tempo e exige mais cautela na análise dos resultados, pois sem isto pode-se obter resultados fictícios, como salientam WANG & ANDERSON (1982), HAITJEMA (1995), KRESIC (1997) e KONIKOW & REILLY (1999).

2.2.1. Conceitos básicos

Em um modelo de simulação do tipo inverso pode-se desejar determinar apenas alguns parâmetros, tais como: parâmetros físicos (r), fontes e sumidouros (q), condições iniciais ou de contorno (f), ou identificar simultaneamente r , q , f .

Durante anos os hidrogeólogos estudaram o problema inverso com as dificuldades inerentes ao fato de o mesmo ser considerado como "mal posto", ou seja, não satisfazer alguma das condições relacionadas a seguir, discutidas nos trabalhos de CARRERA (1988) e SUN (1994):

EXISTÊNCIA - estabelece que existe uma função que satisfaz as equações governantes e as condições impostas. Na prática, não se pode evitar os erros nas observações e, com isso, uma solução precisa para o problema pode não existir.

UNICIDADE - impõe que exista apenas uma única solução válida para um sistema de equações. Deve-se lembrar que diferentes combinações hidrogeológicas podem levar a observações similares do nível de água. Sendo assim, é impossível determinar as características de um aquífero somente pela observação de variáveis de estado. Por isso, comumente observa-se solução "não única". Em situações de "não unicidade" de solução do problema inverso deve-se acrescentar mais medições de determinadas variáveis..

ESTABILIDADE - a variação da solução encontrada deverá ser a menor possível. Geralmente isto ocorre devido às variações dos dados de entrada (por exemplo: parâmetros físicos, variáveis de controle, condições iniciais e de fronteira) serem suficientemente pequenas. Pode-se considerar que pequenas mudanças nas condições de contorno e/ou nos

parâmetros hidráulicos implicam em alterações no nível d'água, o que torna esta solução instável.

Para iniciar um estudo mais aprofundado do problema inverso alguns passos são necessários: (1) descrever uma variabilidade espacial (a “parametrização” é adotada para isso); (2) formular um equacionamento para relacionar parâmetros e medidas de campo; (3) adotar um critério de performance para definir parâmetros estimados de boa qualidade.

Todos os fatores expostos acima são importantes, sendo que os diferentes algoritmos encontrados na literatura para resolver o problema inverso têm uma influência muito forte da parametrização. Esta influência interfere na obtenção de um problema inverso "bem posto" e assim com uma solução fisicamente plausível.

2.2.2. Tipos de solução para o problema inverso

Para CARRERA & NEUMAN (1986a) e CARRERA & GLORIOSO (1991), existem dois tipos de métodos para se determinar os parâmetros envolvidos em um aquífero: o método direto e o método indireto. A aproximação direta tem como critério minimizar os erros gerados na resolução das equações de uma maneira não iterativa. No método indireto busca-se minimizar o erro residual existente entre o dado calculado e observado.

Já SUN (1994) cita uma terceira forma de resolução chamada de método da tentativa e erro, a qual considera a mais antiga.

2.2.2.1. Método de tentativa e erro

Alguns autores CLEARY (1989) e SUN (1994), já demonstraram os aspectos positivos e negativos da utilização do método de tentativa e erro, incluindo a necessidade de uma série histórica de dados e a experiência de um profissional familiarizado com o aquífero, além de não ser necessária a criação de um programa computacional mais sofisticado.

Apesar das inúmeras facilidades que o método apresenta a possibilidade de erro, quando não se tem uma base de dados confiáveis é elevada, estando a precisão do método sujeita a habilidade do profissional envolvido na análise do problema. Porém esse método continua ser amplamente utilizado, principalmente pelo aspecto econômico.

A Figura 5 apresenta um fluxograma do método de tentativa e erro.

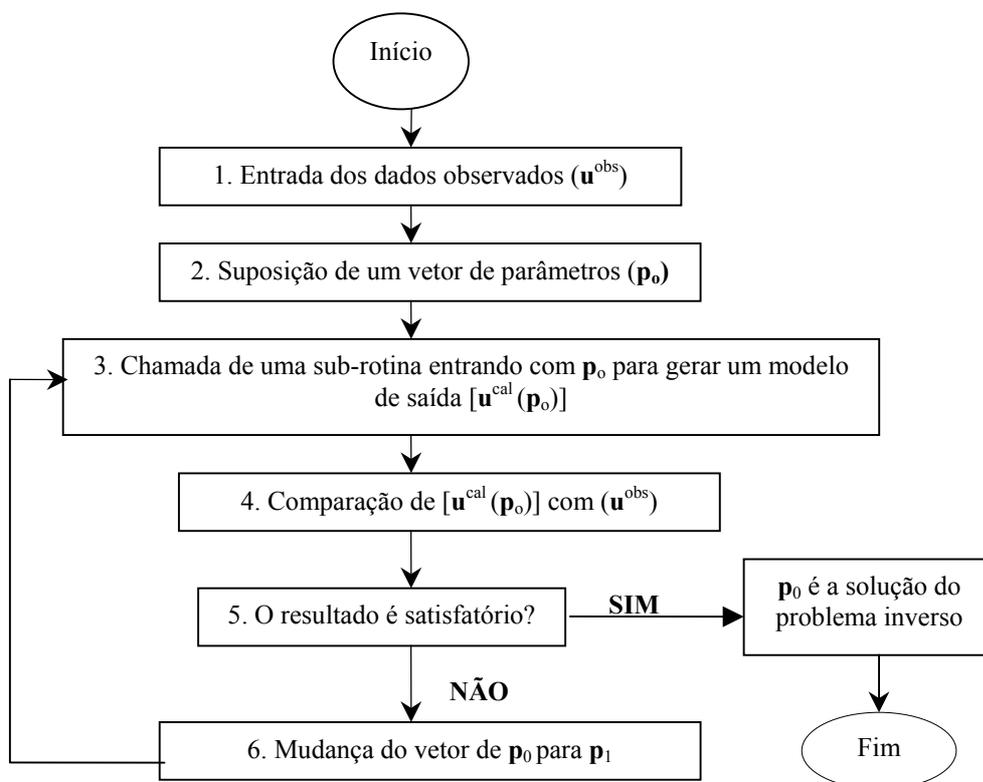


FIGURA 5 – Fluxograma do método de Tentativa e Erro. Fonte: modificado de SUN (1994).

2.2.2.2. Solução indireta

Para SUN (1994), o método indireto, cujo fluxograma é apresentado na Figura 6, tenta retirar a participação do homem na decisão final de escolha.

A solução indireta ajusta-se melhor, segundo YEH (1986), a situações onde o número de observações é limitado, baseando-se no critério de erro, onde uma estimativa dos parâmetros de interesse sofre várias iterações visando minimizar esse erro.

CARRERA & NEUMAN (1986b) salientam ainda que a solução indireta destina-se a problemas não lineares e que o método é uma versão automatizada do método de tentativa e erro.

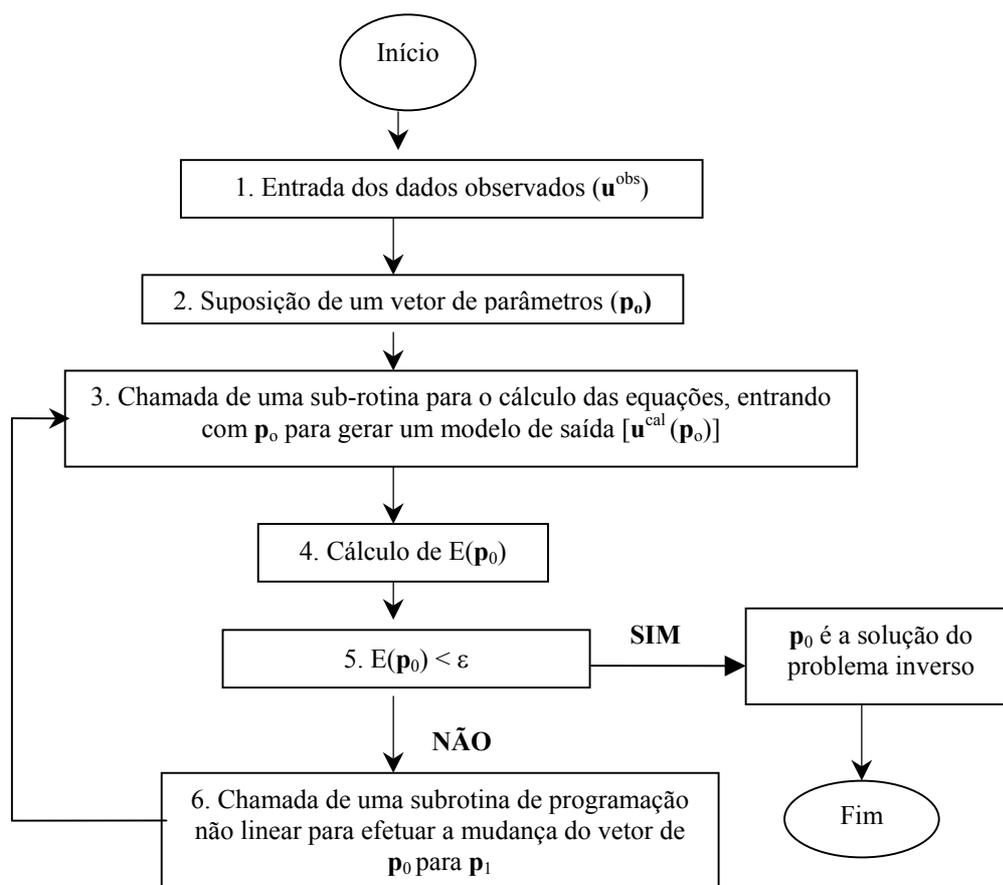


FIGURA 6 – Fluxograma do método indireto. Fonte: modificado de SUN (1994)

2.2.2.3. Solução direta

O método direto, segundo KITANIDIS & VOMVOROVIS (1983), considera os parâmetros como sendo constantes conhecidas para todo o espaço, quando os mesmos podem ter uma variação segundo as condições de contorno existentes na região. Assim, o número de equações é maior que o número de parâmetros desconhecidos.

A maioria dos métodos diretos existentes foi concebida a partir de testes de bombeamento, sendo baseada em soluções analíticas que modelam o aquífero como sendo homogêneo e isotrópico. Para isto levam em consideração que não há distribuição espacial dos parâmetros.

TANG & PINDER (1979) sugeriram, em seu trabalho, uma aproximação direta para resolver um problema inverso, cujo parâmetro estimado era a transmissividade, tendo encontrado um erro "aceitável" de 10%.

O problema inverso pode ser resolvido de uma maneira não iterativa, usando-se um critério de minimização, porém isto não garante que este torne-se "bem posto", como citam CARRERA & NEUMAN (1986a).

A Figura 7 apresenta os passos necessários no método direto.

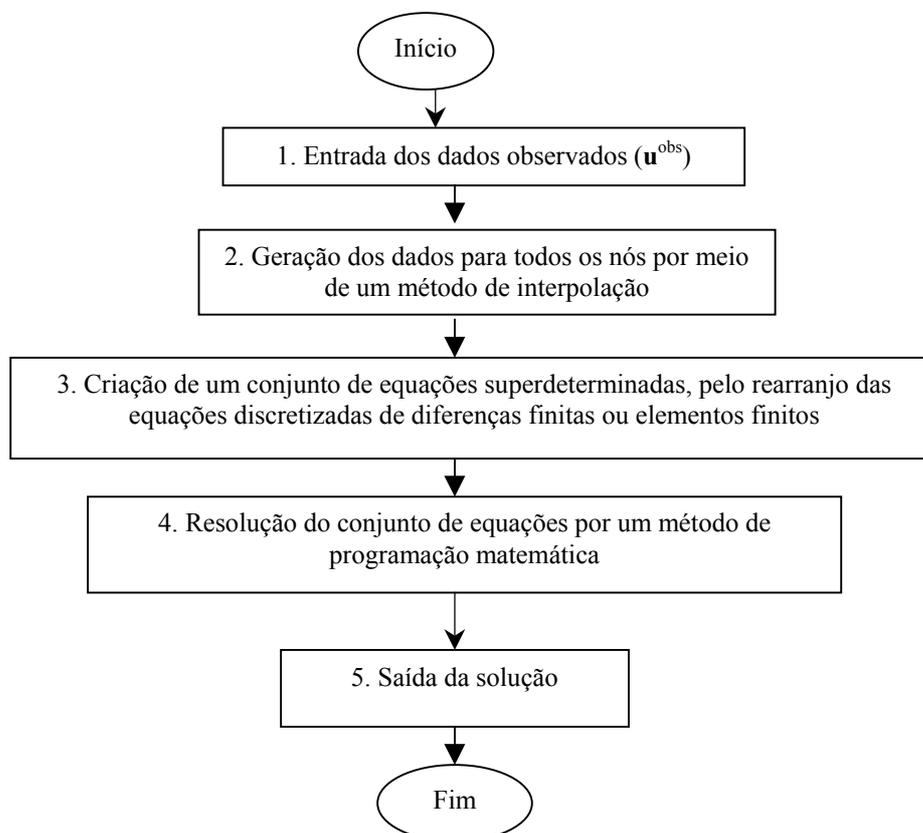


FIGURA 7 – Fluxograma do método direto. Fonte: Modificado de SUN (1994)

2.2.3. Aproximação geoestatística

Aproximar um problema inverso por meio de geoestatística consiste em utilizar métodos que são explicitamente baseados na caracterização estatística da variabilidade espacial dos parâmetros pertinentes. A idéia é que a continuidade espacial, que está implícita na função de covariância ou no variograma, seja usada favoravelmente na estimativa de dados.

Com a dificuldade enfrentada em coletar medidas para a determinação de parâmetros hidrogeológicos no campo, COOLEY (1977) propôs uma nova solução não-linear por mínimos quadrados, onde era utilizado o conceito de zoneamento (que subdivide a área em regiões de características semelhantes).

NEUMAN & YAKOWITZ (1979) sugeriram uma aproximação estatística para o problema inverso, cujo objetivo era analisar a variabilidade espacial da transmissividade de um aquífero tendo por base dados de nível d'água. Neste trabalho foi utilizada a conceituação geoestatística trazida por DELHOME (1978) da geologia para as hidrociências.

No fim da década de setenta e início dos anos oitenta difundiu-se largamente a geoestatística no meio acadêmico internacional, sendo utilizada em diversos campos da ciência, desde a geologia, tendo como exemplo a avaliação quantitativa de uma jazida, até a estimativa da distribuição espacial das características hidráulicas de um aquífero.

O uso dos métodos geoestatísticos em problemas inversos em águas subterrâneas ocorreu quando CLIFTON & NEUMAN (1982) introduziram a técnica geoestatística *kriging*, para estimar a variabilidade espacial da transmissividade do aquífero *Avra Valley* no sudeste do estado do Arizona, nos Estados Unidos.

Um bom exemplo da utilização da vasta gama de métodos geoestatísticos é o trabalho de ZIMMERMAN et al. (1998), que testaram em um campo sintético, em quatro cenários diferentes, com a transmissividade variando numa magnitude de 10 vezes, sete métodos (transformada rápida de Fourier (R-F), simulação fractal (SF), cokrigagem linearizada (CL), simulação de máxima verossimilhança (MV), linearização semianalítica (LS), pilot-point (PP), autocalibração seqüencial (AS). Vale salientar que destes métodos somente quatro apresentaram resultados semelhantes (LS, MV, PP, AS).

2.2.3.1. Conceitos básicos de geoestatística

Quando um parâmetro distribuído é considerado como uma função estocástica $Z(x)$, pode-se decompor esta função em duas partes: o valor médio de $Z(x)$, representado por $m(x)$, que descreve a variabilidade em larga escala do parâmetro estudado, também chamado de tendência, e a flutuação $\xi(x)$, que representa a variabilidade de pequena escala em torno da tendência, também conhecido como resíduo. Dessa forma pode-se definir $Z(x)$

Pode-se montar a função como é mostrado na eq. (9):

$$Z(x) = m(x) + \xi(x) \quad (9)$$

Assume-se, ainda, que existem pequenas variações na função determinística, que dependem de vários coeficientes indeterminados (β), relacionados a $m(x)$ e de parâmetros estatísticos (ψ) ligados à flutuação $\xi(x)$.

Assim, a eq. 9 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$Z(x) = m(x, \beta) + \xi(x, \psi) \quad (10)$$

O pré-requisito básico para a utilização de métodos geoestatísticos está fundamentado na obtenção do variograma ou semivariograma (para alguns autores), que representa graficamente a estrutura estatística do conjunto de dados observados em campo. A Figura 8 mostra um variograma experimental, onde os pontos foram calculados a partir da eq. (11):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N [z(x_i + h) - z(x_i)]^2 \quad (11)$$

onde h representa a distância entre dois pontos $z(x_i + h)$ e $z(x_i)$ e N é o número de pares existentes com a mesma distância.

A Figura 8 apresenta também algumas características do variograma, tais como: o *efeito pepita* (C_0), que mostra a falta de continuidade da variável em estudo, observada pela existência de um valor para $\gamma(h)$, quando a distância é zero; o *alcance* (α), que é a distância na qual $\gamma(h)$ atinge a *soleira* (C), sendo esta igual à variância dos dados.

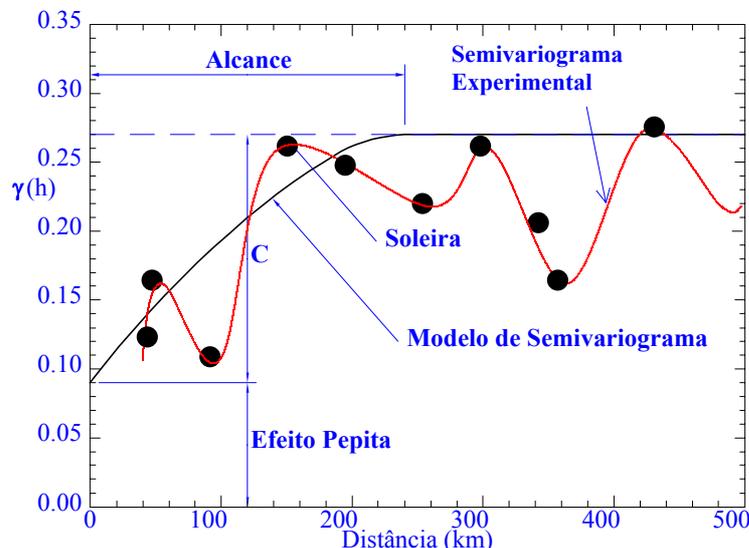


FIGURA 8 – Representação gráfica de um variograma experimental com modelo ajustado. Fonte: Modificado de LANDIM (1998).

Obtendo-se o variograma experimental faz-se necessário ajustá-lo a um modelo teórico, como frisa LANDIM (1998). Inicialmente, o ajuste era manual e sujeito a erros de interpretação, dependendo muito da experiência de quem analisava o gráfico. Hoje, dispõe-

se de algoritmos, como o apresentado por PANNATIER (1996), que minimizam bastante a possibilidade de erro. A Tabela 1 apresenta os principais modelos teóricos utilizados para ajustar um variograma experimental, conforme KITANIDIS (1999). Uma análise mais detalhada de cada modelo teóricos pode ser encontrada em CLARK (1980), ISAACS & SRIVASTAVA (1989) e LANDIN (1998).

TABELA 1 – Principais modelos teóricos, com patamar, adotados na aproximação geoestatística.

MODELO	$\gamma(h) =$
Linear	$C_0 + C (h/\alpha)$ para $0 < h \leq \alpha$
Circular	$C_0 + C \{1 - 2/\pi \cos^{-1}(h/\alpha) + 2h/\pi \alpha (1 - h^2/\alpha^2)^{1/2}\}$
Esférico	$C_0 + C \{3h/2\alpha - 0.5(h/\alpha)^3\}$
Exponencial	$C_0 + C \{1 - \exp(-h/\alpha)\}$
Gaussiano	$C_0 + C \{1 - \exp(-h^2/\alpha^2)\}$

2.2.3.2. Geoestatística linear

Na estatística linear pode-se estimar o valor esperado de Z no local x_0 , como uma soma ponderada dos dados medidos em $z(x_1)$, $z(x_2)$, ..., $z(x_n)$, como é apresentado na eq. (12).

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (12)$$

Onde Z^* é o valor estimado; λ_i são os pesos escolhidos para satisfazer a contento as condições estatísticas.

Duas condições são impostas neste caso. A primeira impõe que $Z^*(x_0)$ não seja viciado, satisfazendo a eq. (13).

$$E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0 \quad (13)$$

Combinando as eqs. (12) e (13), chega-se a eq. (14):

$$E\left\{\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)\right] - Z(x_0)\right\} = 0 \quad (14)$$

Pode-se, ainda, manipulando a eq. (14), obter a eq. (15) e assumir que o valor esperado é igual à média m , a qual é considerada constante.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z(x_i)] - E[Z(x_0)] = \sum_{i=1}^n \lambda_i m - m = 0 \quad (15)$$

Nesse caso, é necessário que seja satisfeita a eq. (16) para se legitimar a eq. (15).

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0 \quad (16)$$

A segunda condição imposta é que o estimador $Z^*(x_0)$ tenha o valor da variância (Var) mínimo, como é dado na eq. (17):

$$\text{Var}[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma_{i0} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma_{ij} \quad (17)$$

onde $\gamma_{ij} = \gamma(|x_i - x_j|)$

2.2.3.3. Krigagem simples

Neste método, de acordo com ASCE (1990a), assume-se que o valor médio, m , é conhecido *a priori*, sendo o estimador $Z^*(x_0)$ definido por:

$$Z^*(x_0) = m + \sum_{i=1}^n \lambda_i [z(x_i) - m] \quad (18)$$

Onde $Z(x_i)$ é a medida em x_i ; λ_i é o peso atribuído pelo método ao valor medido em x_i , que será determinado; n é o número total de valores amostrados.

Pode-se, a partir da minimização da variância, dada pela eq. (17), encontrar a matriz que representa as n equações derivadas de cada λ_i e igualadas a zero, como é mostrado a seguir, na forma matricial.

$$\begin{bmatrix} \gamma\gamma_{11} & \gamma\gamma_{12} & \gamma\gamma_{13} & \cdots & \gamma\gamma_{1n} \\ \gamma\gamma_{21} & & & & \gamma\gamma_{2n} \\ \gamma\gamma_{31} & & & & \gamma\gamma_{3n} \\ \vdots & & & & \vdots \\ \gamma\gamma_{n1} & \gamma\gamma_{n2} & \gamma\gamma_{n3} & \cdots & \gamma\gamma_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \vdots \\ \lambda_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{01} \\ \gamma_{02} \\ \gamma_{03} \\ \vdots \\ \gamma_{0n} \end{bmatrix} \quad (19)$$

A variância mínima estimada é:

$$\sigma_{SK}^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma_{0i} - \gamma_{00} \quad (20)$$

onde γ_{00} representa o efeito pepita.

O Kriging simples é considerado um interpolador exato, apresentando como desvantagem a necessidade de se obter a média *a priori*.

2.2.3.4. Krigagem ordinária

Caso o valor da média seja desconhecido, porém constante, pode-se introduzir o multiplicador Lagrange μ , afim de se satisfazer as condições que implicam na soma dos pesos ser igual a 1 (eq. 16). Assim, o processo de minimização é descrito pela eq. (21).

$$\frac{\partial \text{Var}[Z(x_0) - Z^*(x_0)]}{\partial \lambda_i} - 2\mu = 0 \quad \text{para } i=1,2, \dots, n \quad (21)$$

O sistema de n equações resultantes da eq. (21) pode ser montado da forma matricial mostrada a seguir.

$$\begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \cdots & \gamma_{1n} & 1 \\ \gamma_{21} & & & & \gamma_{2n} & 1 \\ \gamma_{31} & & & & \gamma_{3n} & 1 \\ \vdots & & & & \vdots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \gamma_{n3} & & \gamma_{nn} & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \lambda_3 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_{01} \\ \gamma_{02} \\ \gamma_{03} \\ \vdots \\ \gamma_{0n} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (22)$$

A variância mínima de estimação é:

$$\sigma_{0K}^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma_{0i} + \mu - \gamma_{00} \quad (23)$$

No trabalho de DELHOMME (1978) foi levantada a possibilidade de utilização do método *kriging* para parâmetros ligados ao fluxo de águas subterrâneas, tendo sido apontada a importância da adequação do modelo à realidade, tentando minimizar o erro de calibração. O critério sugerido para o erro está exposto na eq. (24) e refere-se a zonas onde os valores foram padronizados:

$$\max_i \frac{|z_i^* - z_i^c|}{\sigma_{k_i}} \leq 2 \quad (24)$$

onde z_i^* representa o valor obtido com o modelo, z_i^c representa o valor encontrado pelo método *kriging* e σ_{k_i} é o desvio padrão da krigagem.

2.2.4. Aplicações práticas

Neste item são apresentados alguns exemplos de utilização de métodos geoestatísticos em problemas inversos, em situações reais de campo. Vale salientar que em conjunto com os problemas aqui expostos existe uma série de trabalhos publicados, com experimentos sintéticos.

GAILEY et al. (1991) analisaram a contaminação da água subterrânea em Ottawa no Canadá, proveniente de um depósito de resíduos tóxicos a base de cloro e a partir da estimação dos parâmetros do aquífero puderam inferir sobre o fluxo migratório do contaminante.

Na Dinamarca, SONNENBORG et al. (1996) utilizaram métodos geoestatísticos para encontrar os parâmetros de fluxo de um aquífero contaminado por um depósito de resíduos de incineradores, podendo posteriormente simular as plumas de dispersão do contaminante.

O aquífero não confinado de *Avra Valley*, no sudeste do estado do Arizona nos Estados Unidos, no qual existem 169 medidas de transmissividades distribuídos numa área de aproximadamente 750 km², vem sendo alvo de muitos estudos envolvendo métodos geoestatísticos.

CLIFTON & NEUMAN (1982) estudaram a distribuição da transmissividade em *Avra Valley* e posteriormente RUBIN & DAGAN (1987) adotaram uma metodologia semelhante, porém com resultados muito discrepantes devido à análise estrutural dos dados existentes feita pelos autores.

Este aquífero foi estudado novamente por YEH & MOCK (1996), agora utilizando a variabilidade espacial da carga hidráulica como apoio à estimativa de parâmetros hidrogeológicos. Os autores comentam que, para se aplicar um modelo numérico, existe a necessidade de se conhecer a distribuição espacial da transmissividade e as condições de contorno, além das taxas de recarga do aquífero. Isso é muito difícil, pois as condições de contorno e as taxas de recargas são ligadas às complexidades da geologia do aquífero. Assim, os modelos numéricos são frequentemente calibrados com os valores já mensurados obtidos a partir de medidas de carga hidráulica, o que implica na continuidade de erros caso os dados não sejam confiáveis.

MACKAY et al. (1996) estudaram, usando técnicas geoestatísticas aplicadas, a taxa de risco à contaminação de aquíferos com a implantação de aterros sanitários na Inglaterra.

ROTH et al. (1998) propuseram um método híbrido combinando a técnica geoestatística com simuladores de fluxo numérico determinísticos, afim de encontrar um campo de transmissividades. O método geoestatístico utilizado foi o *cokriging*, por incorporar a influência da carga piezométrica na estimação da transmissividade.

CAPILLA et al. (1998) aplicaram uma simulação estocástica para analisar o fluxo da água subterrânea e o transporte de massa em uma área destinada a receber um depósito de lixo radioativo, nos Estados Unidos, onde deveria ser disposto 170.000 m³ de resíduo de urânio.

No presente trabalho optou-se pela calibração determinística, por tentativa e erro. Isso se justifica no sentido de que o profissional em hidrogeologia detém conhecimento fundamentado suficiente para avaliar a viabilidade e as conseqüências de alteração nos parâmetros físicos do modelo. Dessa forma a calibração torna-se uma questão de sensibilidade física e não fica a cargo de algoritmos matemáticos, cuja a fundamentação teórica não é necessariamente baseada em leis naturais.

3. METODOLOGIA

Serão detalhadas as atividades executadas no desenvolvimento de um modelo de fluxo de água subterrânea do Aquífero Bauru, na área urbana da cidade de São José do Rio Preto. As etapas podem ser condensadas em dois aspectos de gerenciamento do estudo: o primeiro diz respeito à coleta de dados referentes à área de estudo e o segundo envolve a escolha da ferramenta computacional a ser utilizada. Um dos principais itens será descrever detalhadamente a região a ser estudada, de modo que se possa verificar a adequação do modelo ao problema em questão.

3.1 Planejamento do modelo conceitual

O primeiro passo na modelagem de um aquífero é a idealização de um modelo conceitual, que servirá de base para o desenvolvimento de todas as etapas inerentes à formulação do modelo matemático. Nesse sentido, as seguintes etapas serão cumpridas:

- descrição do propósito e escopo de aplicação do modelo;
- compreensão dos conceitos físicos mais importantes inter-relacionados ao problema proposto;
- apresentação dos dados hidrogeológicos usados para caracterizar o local;
- documentação da origem de todos os dados utilizados no modelo, se foram oriundos de publicações, medições de campo, cálculos ou de ensaios laboratoriais;
- descrição da conceituação do modelo;
- identificação dos limites do modelo;
- avaliação das possíveis condições de contorno existentes na região de estudo;
- estimativa dos valores de entradas e saídas hídricas, que ocorrem na área a ser modelada.

3.2 Caracterização da área de estudo

Esta etapa consiste na simplificação e idealização dos processos físicos mais relevantes do problema em questão. Isso requer um conhecimento prévio da hidrogeologia, da

hidrologia e da dinâmica do fluxo de água subterrânea existente na área de interesse. Com a coleta de dados referentes à área de estudo visou-se montar um conjunto de arquivos computacionais, capazes de representar conceitualmente a região de interesse, podendo ser atualizados em trabalhos futuros.

O conhecimento do fluxo da água é imperativo para a caracterização de todo o local a ser estudado. A seguir está relacionado um conjunto mínimo de informações hidrogeológicas que devem ser disponibilizadas para essa caracterização:

1. dados topográficos;
2. dados geológicos regionais que descrevam a geologia de subsuperfície;
3. dados hidrológicos referentes aos corpos d'água superficiais existentes;
4. perfis estratigráficos ou litológicos de poços perfurados;
5. diagramas dos poços construídos e registros de perfuração;
6. medidas de carga hidráulica;
7. estimativa da condutividade hidráulica derivada dos testes de bombeamento e de recuperação;
8. locação e estimativa da taxa de fluxo das fontes e sumidouros da água subterrânea.

De posse desses dados preliminares, pode-se montar um modelo conceitual realmente representativo da área referente ao presente trabalho. A seguir serão apresentados os delineamentos propostos para servir de arcabouço ao problema proposto.

3.2.1 Aspectos gerais

A cidade de São José do Rio Preto, onde se localiza a área de estudo do presente trabalho, situa-se nas coordenadas 20°45' e 20°50' de latitude Sul e 49°20' e 49°25' de longitude Oeste. A área total do município é de 437.587 km², sendo a área urbana de 80.59 km². Assim, a região urbanizada corresponde a 18,4% da área do município. A população é de 358.523 habitantes, com 94% residindo na área urbana, segundo o Censo 2000 do IBGE (<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/>). A Figura 9 apresenta uma foto panorâmica da área urbana da cidade.



Figura 9 – Vista aérea parcial da área urbana de São José do Rio Preto. Fonte: Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto.

O município de São José do Rio Preto localiza-se na sub-bacia do Rio Preto, que faz parte da bacia hidrográfica do Turvo/Grande (BTG), definida como Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 15 (UGRHI-15). Segundo o DAEE (2000), a BTG possui 15.975 km² de extensão territorial, sendo a 4^a UGRHI em área de drenagem no Estado de São Paulo. A bacia do Rio Preto tem 2.866,6 km² e é a maior das 12 sub-bacias que compõem a BTG. A Figura 10 apresenta a distribuição e localização das sub-bacias no Estado de São Paulo, das sub-bacias do Turvo Grande e situa também o município de São José do Rio Preto que faz divisa ao norte com Ipiguá e Onda Verde, ao sul com Cedral e Bady Bassit, a leste com Guapiaçu e a oeste com Mirassol.

Esses mapas foram obtidos com o Relatório Zero da Bacia do Turvo Grande DAEE (2000). Tais mapas, bem como os apresentados no item 3.2.2 foram confeccionados pelo IPT, usando originalmente a escala 1:250.0000.

Para a confecção do mapa da Figura 11, que apresenta maior nível de detalhamento, foram utilizadas as cartas planialtimétricas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, folhas de São José do Rio Preto SF-22-X-B-IV-3 e Nova Granada SF-22-X-B-IV-1, ambas na escala 1:50.000. Para obter melhor definição do mapa foram usadas as folhas SF-22-X-B-IV-3-A, B, C e D de São José do Rio Preto na escala 1:20.000.

A região urbana tem uma vasta rede de drenagem, sendo a bacia hidrográfica do município composta pelo Rio Preto e seus principais afluentes: Córrego do Macaco, Córrego da Lagoa, Córrego do Canela, Córrego do Borá, Córrego da Piedade, Córrego da Felicidade, Córrego São Pedro e Córrego do Talhado. Além da rede de drenagem natural, a cidade conta com dois lagos artificiais formados pelo Rio Preto, que atendem o abastecimento público..

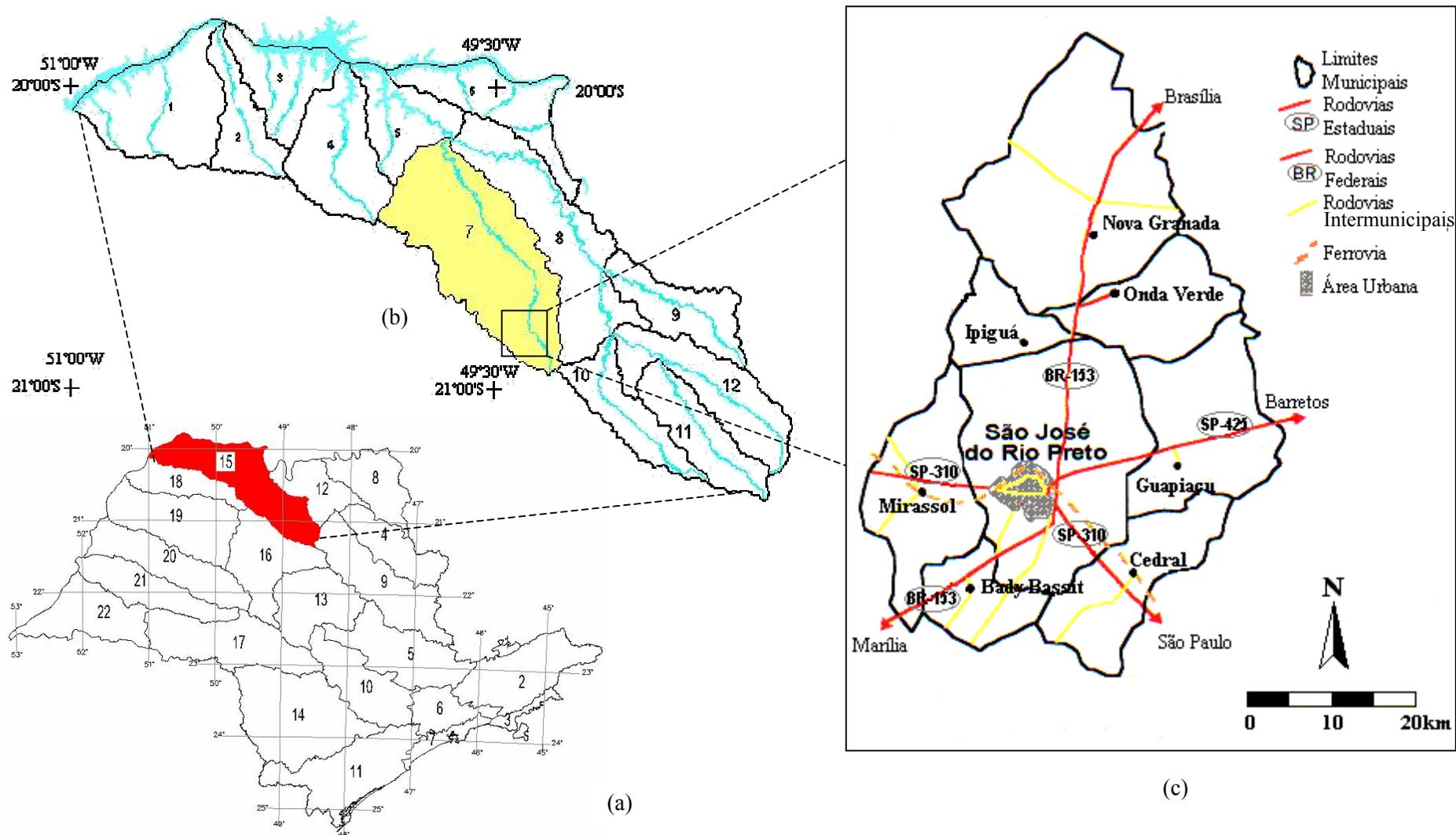
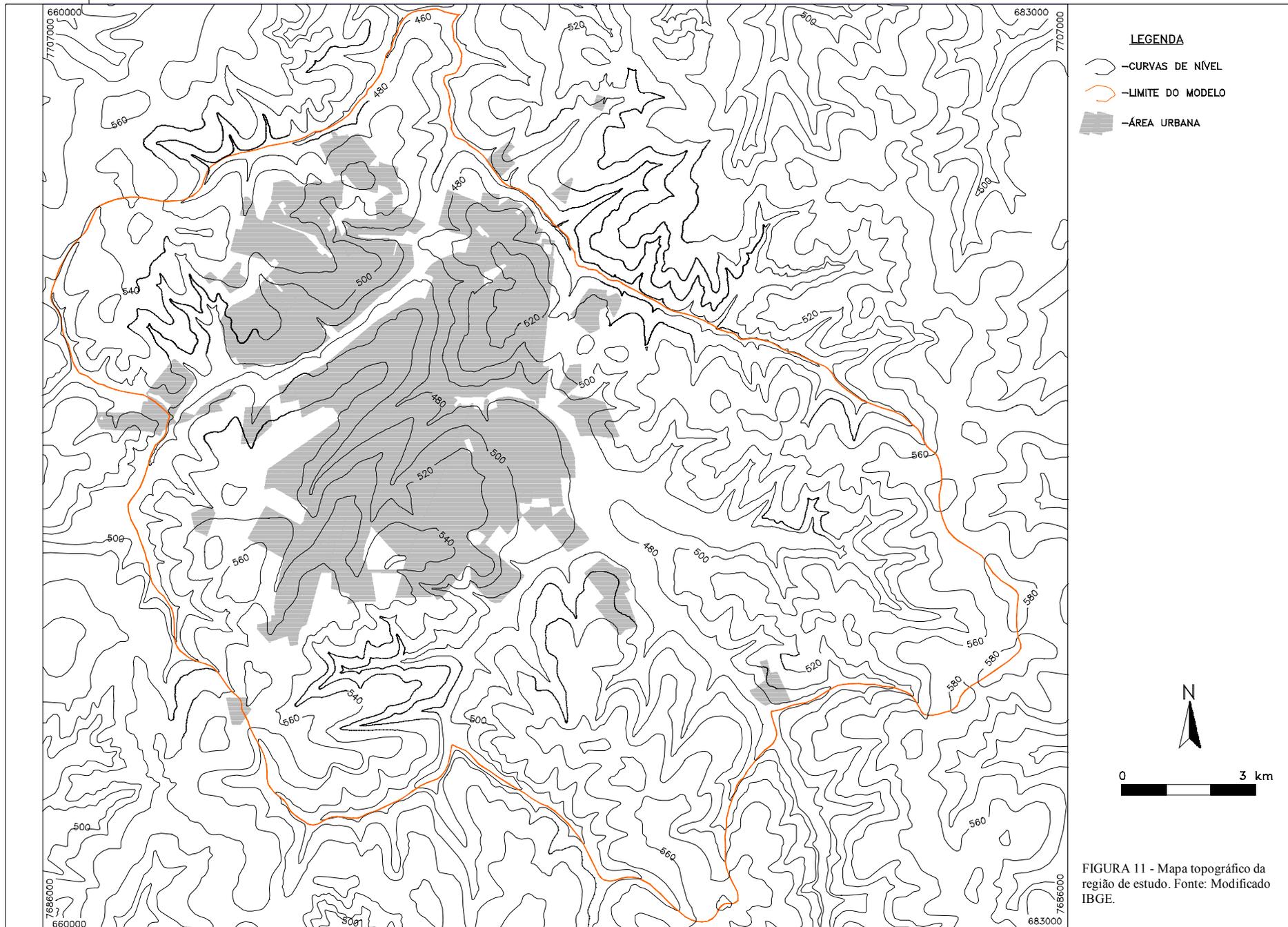


FIGURA 10 – (a) Visualização da Bacia do Turvo/Grande em destaque (sem escala); (b) localização da sub-bacia do Rio Preto em amarelo (sem escala); (c) detalhe do município de São José do Rio Preto e seus limites. Fonte: Modificado de DAEE (2000) e LIMA (2000).



3.2.2 Caracterização Física

Neste item estão descritos aspectos regionais referentes a geologia, hidrogeologia, geomorfologia, pedologia e hidrometeorologia. A principal fonte de referência para a elaboração deste item foi o Relatório ZERO da BTG (DAEE, 2000).

3.2.2.1 Geologia e hidrogeologia

Segundo IPT (1981a) e BARCHA (1998), a área urbana situa-se sobre as rochas do Grupo Bauru (K), ocorrendo na superfície apenas a Formação Adamantina e em profundidade, a Formação Santo Anastácio.

O Grupo Bauru é composto pelas formações Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, Uberaba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília (FERNANDES, 1998). Foram consideradas apenas as unidades que ocorrem na área de estudo, como as formações Vale do Rio do Peixe e São José do Rio Preto.

A Formação Vale do Rio do Peixe ocupa uma grande parte da região de estudo, predominantemente situada nos vales dos rios da região, como exposto na Figura 12. Essa Formação apresenta estratos de arenitos com espessura inferior a um metro, maciços ou estratificados, aos quais se intercalam, subordinadamente, lamitos arenosos de aspecto maciço.

Os arenitos que ocorrem nessa Formação são de cor marrom-claro, rosado a alaranjado, muito finos a finos, com seleção moderada a boa e apresentam-se em estratos tabulares de aspecto maciço com estratificação ou laminação plano-paralela grosseira e outros com estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte.

A Formação Vale do Rio do Peixe apresenta um ambiente deposicional predominantemente eólico, com a acumulação, em extensas áreas planas, de depósitos de lençóis de areia com campos de dunas baixas, alternados com depósitos de lamitos com estratificação ondulada em razão da ação do vento.

Para o topo, os sedimentos dessa Formação têm contato marcado por diastemas com os sedimentos da Formação São José do Rio Preto. Sobre a Formação ocorre cobertura arenosa colúvio-eluvial ou depósitos aluviais de idade quaternária.

Já a Formação São José do Rio Preto é composta por uma sucessão de bancos arenosos com estratificação cruzada acanalada a tabular tangencial na base e intercalações subordinadas de bancos tabulares de arenitos a siltitos, com estratificação plano-paralela e estruturas de fluxo aquoso, e lamitos argilosos, em geral maciços.

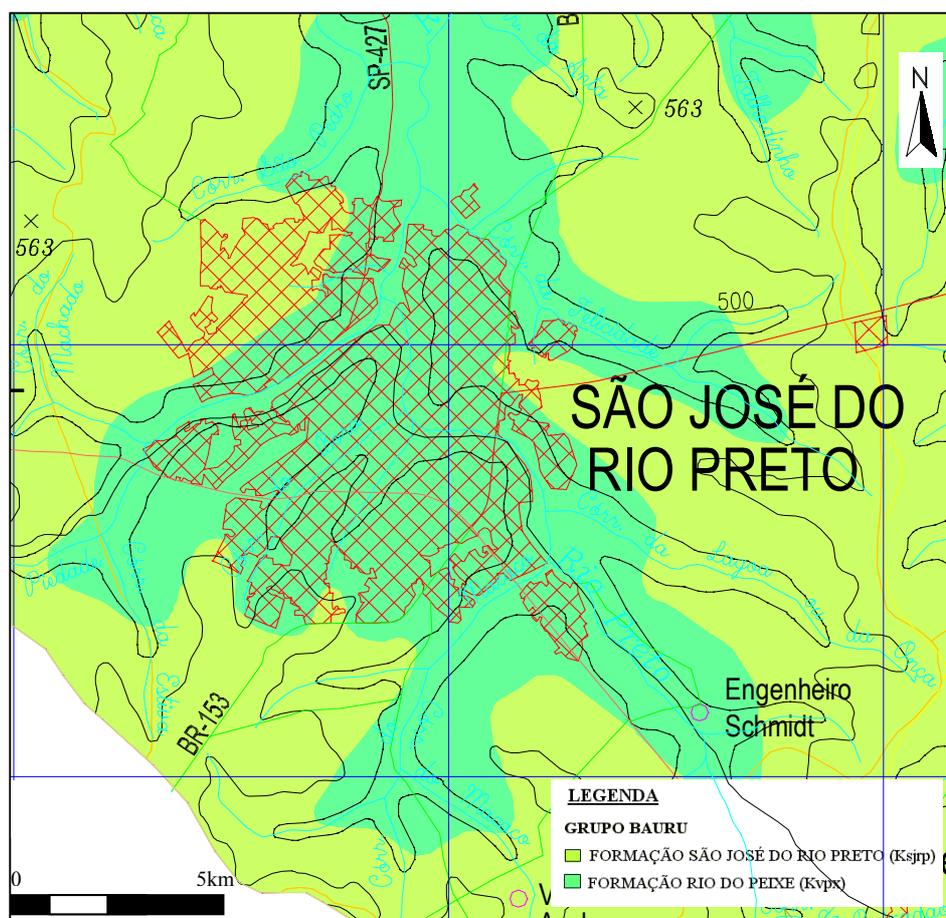


FIGURA 12 – Mapa geológico da região. Fonte: Modificado de DAEE (2000).

Os arenitos da Formação São José do Rio Preto são de cor marrom-claro a bege, finos a muito finos, moderado a mal selecionados, freqüentemente conglomeráticos (frações areia média e grossa secundárias), com seixos silicosos, de nódulos carbonáticos, de lamitos e argilitos.

Predomina, para os arenitos da Formação São José do Rio Preto, um ambiente deposicional de barras fluviais, em sistemas de amplos e rasos canais entrelaçados, nos quais teria predominado um regime de fluxos intempestivos. A escassez de depósitos pelíticos sugere relativa proximidade das áreas-fonte, predominância de intemperismo físico e clima semi-árido.

O Sistema Aquífero Bauru, apresentado na Figura 13, é conhecido como uma unidade hidrogeológica sedimentar, permeável por porosidade granular, destacando-se por sua extensa área de afloramento no Estado de São Paulo, e que corresponde aos sedimentos da Bacia Bauru.

Segundo CETESB (1997b), a área aflorante do aquífero Bauru, na Bacia do Turvo Grande, corresponde a 90% do total da área da bacia.

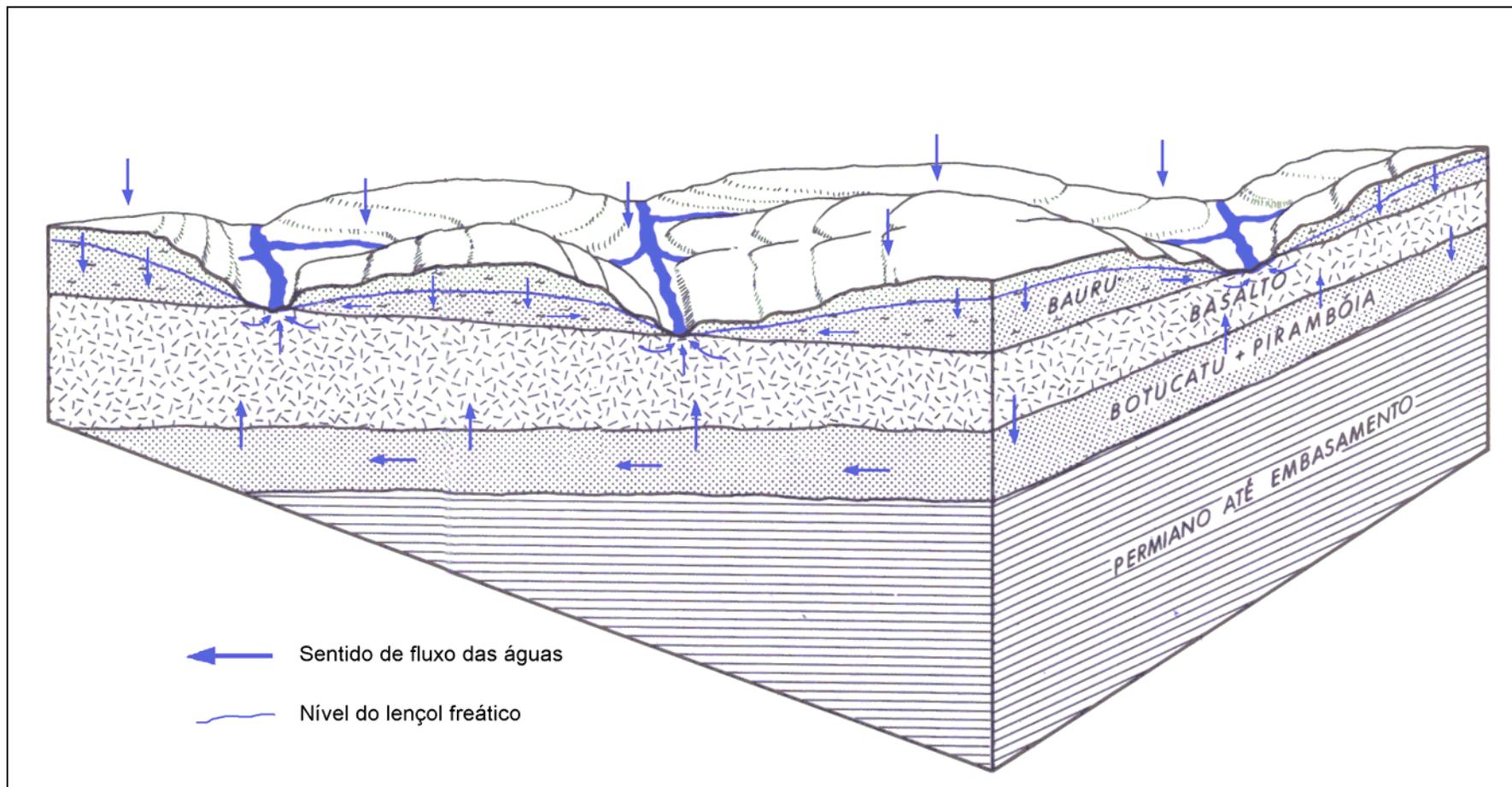


FIGURA 13 - Relações geométricas e de fluxo das águas nos aquíferos da bacia hidrográfica do Turvo/Grande. Fonte: Modificado de DAEE (1976).

De acordo com FERNANDES (1998), o aquífero na região apresenta comportamento de aquífero livre, com recarga natural diretamente de infiltração da pluviometria. Os níveis d'água são relativamente rasos, acompanhando o relevo e com sentidos de fluxo principais rumo às drenagens, como mostra a Figura 13.

Estudos realizados pelo DAEE (1976) nas regiões administrativas de Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba apresentam a espessura saturada do aquífero variável entre 100 m e 150 m, condicionada pela morfologia de superfície e pelo substrato rochoso, representado pelos basaltos da Formação Serra Geral. A amplitude das variações sazonais no nível do lençol freático situa-se entre 2 e 4 m, verificadas em poços de observação entre 1973 e 1976.

Ainda segundo DAEE (1976) o Aquífero Bauru é considerado como moderadamente permeável, em razão do teor relativamente elevado de material argiloso e siltoso. Os valores de transmissividade variam de $10 \text{ m}^2/\text{d}$ a $100 \text{ m}^2/\text{d}$, com média de $35 \text{ m}^2/\text{d}$, e porosidade efetiva entre 5% e 15%. Coeficientes de armazenamento entre 10^{-3} e 10^{-5} indicam, localmente, condições de semiconfinamento a confinamento. Tais características hidráulicas resultam em vazões nos poços consideradas pequenas, com médias entre 12 e $13 \text{ m}^3/\text{h}$, porém de grande importância em razão de sua extensa distribuição no Estado e facilidade de captação por poços relativamente rasos (75 a 125 m de profundidade).

ARID et al. (1970) estimaram a reserva permanente do Aquífero Bauru na bacia hidrogeológica de São José do Rio Preto em 40 bilhões de m^3 , com volume disponível de cerca de 25 a 30 bilhões de m^3 .

BARCHA (1997) salientou que há uma espessa cobertura de solos coluvionais arenosos recobrando o aquífero, ocorrendo circulação subterrânea, mais próxima à superfície, vinda dos interflúvios para os vales dos rios. Porém, numa profundidade maior, o fluxo se dá de N-NE para S-SW.

3.2.2.2 Geomorfologia

O Planalto Ocidental Paulista é a zona de revelo onde está situada a área de estudo do presente trabalho, como observou BARCHA (1980). Nesta região existe uma topografia suave, com relevo ondulado relativamente uniforme, apresentando baixos espigões, em faixas longas e estreitas, principalmente nos divisores topográficos das bacias.

São basicamente dois os sistemas de relevo existentes na região estudada, como apresentado na Figura 14. As definições apresentadas a seguir provêm de IPT (1981b).

Nas colinas amplas predominam interflúvios com área superior a 4 km², topos extensos e aplainados e vertentes com perfis retilíneos a convexos. Geralmente, a drenagem é de baixa densidade e apresenta padrão subdendrítico. Os vales apresentam planícies aluviais interiores restritas, podendo ocorrer, eventualmente, lagoas perenes ou intermitentes.

Nas áreas com relevo de colinas médias predominam interflúvios com áreas de 1 a 4 km², de topos aplainados, drenagem de média a baixa densidade, padrão sub-retangular e vales abertos a fechados. As vertentes mostram perfis retilíneos a convexos, com ocorrência de planícies aluviais interiores restritas, podendo ocorrer lagoas perenes ou intermitentes.

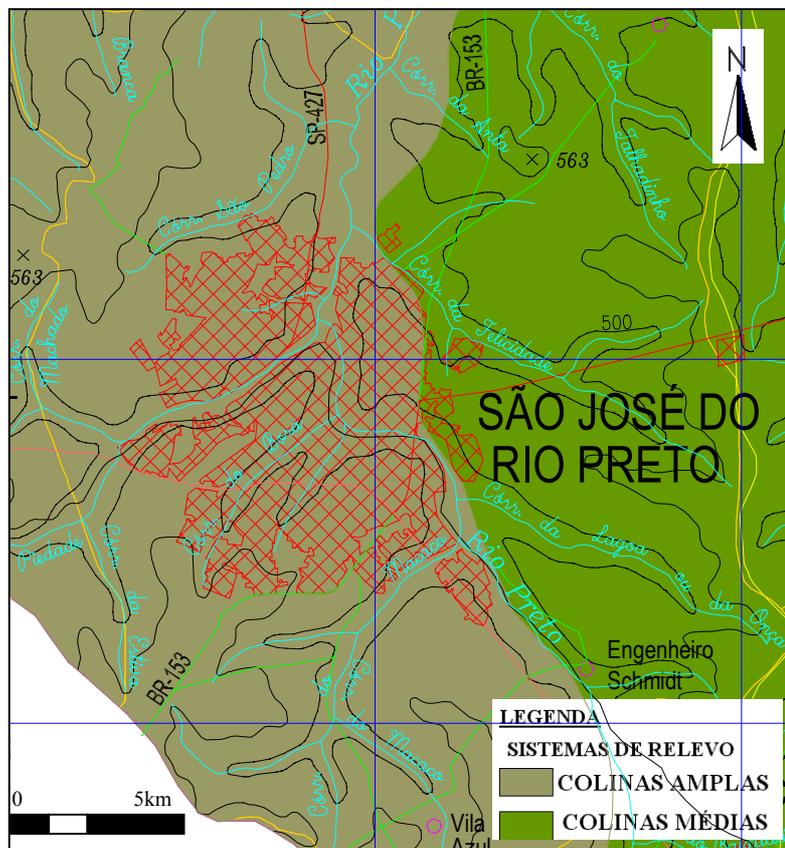


FIGURA 14 – Geomorfologia da região de estudo. Fonte: Modificado de DAEE (2000).

As declividades que predominam na região são baixas, geralmente menores que 15%. Tal condição torna-se positiva quanto à captação e possível infiltração da água das chuvas, fazendo com que o aquífero se reabasteça em razão do pequeno gradiente topográfico que inibe o escoamento superficial, como afirma BARCHA (1980).

O sistema de drenagem é organizado na maior parte por rios consequentes (drenam no mesmo rumo do mergulho das camadas geológicas). O arranjo da rede de drenagem apresenta sugestões de capturas, como, por exemplo, Rio Preto (na área urbana de São José do Rio Preto), que, de sentido nitidamente noroeste, mudam seus cursos para norte, sugerindo a transferência de suas águas, em tempos passados.

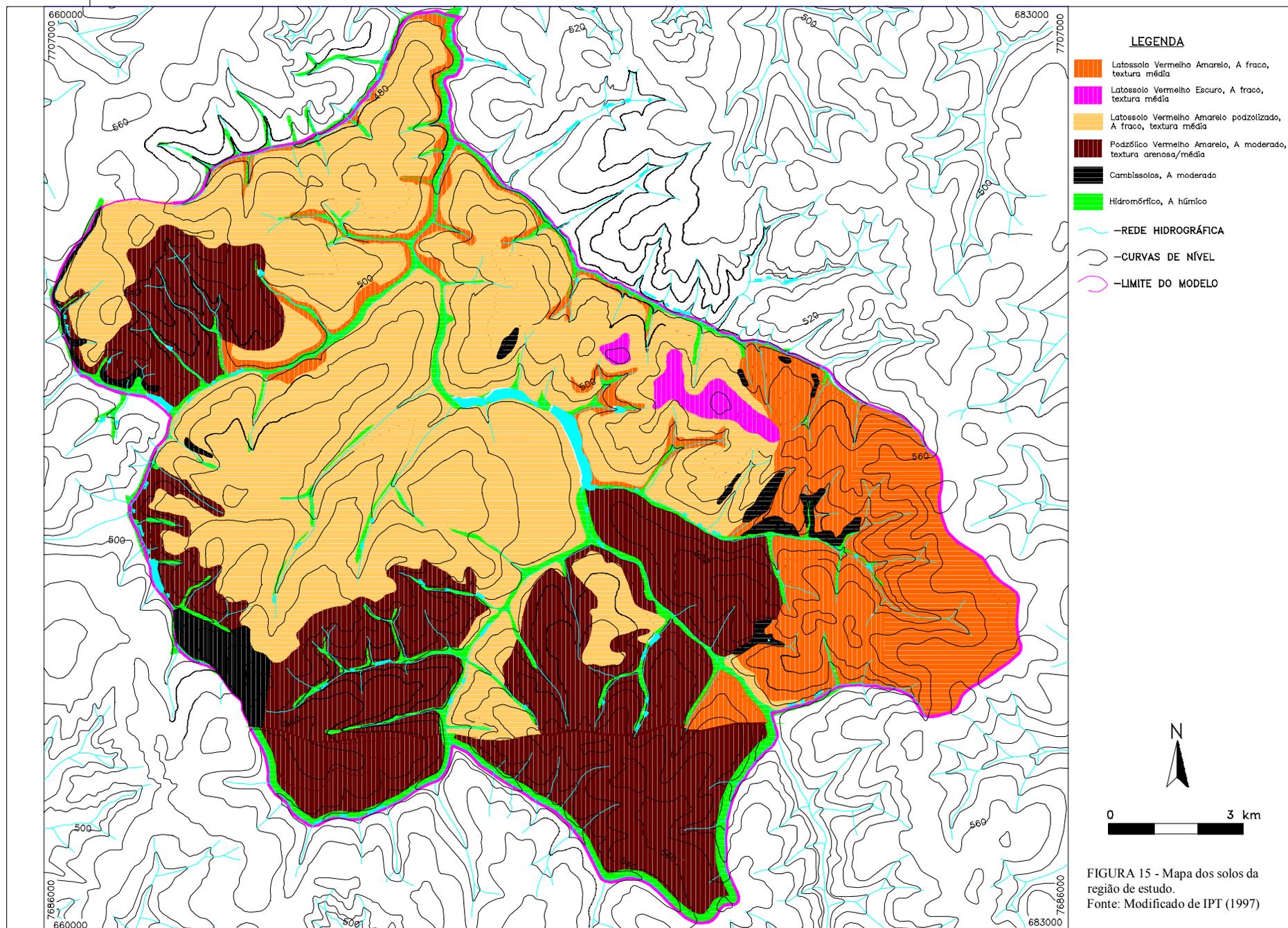
3.2.2.3 Pedologia e uso do solo

Os solos são, em sua grande maioria, arenosos e advindos da decomposição da Formação Bauru. Segundo BARCHA (1980), a composição granulométrica é predominantemente arenosa, com $\pm 70\%$ de areia e aproximadamente 30% de silte-argila.

Segundo VIEIRA (1988), os solos Podzolizados são bem desenvolvidos, bem drenados e normalmente ácidos. Quando distróficos, a fertilidade natural é baixa, porém, os eutróficos caracterizam-se por uma fertilidade natural média e alta. Nas áreas de ocorrência desse solo nota-se, também, uma predominância muito grande de relevos movimentados, principalmente caracterizados por colinas médias e morrotes com alta densidade de drenagem.

A Figura 15 mostra que há predominância do Solo Latosolo Vermelho Amarelo Podzolizado, A, textura média, além do Podzólico Vermelho Amarelo, A moderado, textura arenosa/média fraco.

Na Figura 16 evidencia-se o uso do solo na região de São José do Rio Preto, verificando-se a extensão das atividades de pecuária (pastagens) e a reduzida parcela da cobertura vegetal nativa (ARID, 1966), além das pequenas áreas destinadas às atividades agrícolas, principalmente relacionadas à citricultura. Verifica-se, ainda, a área urbanizada, a qual teve expansão na direção norte.



3.2.3 Características climáticas

O clima no município de São José do Rio Preto apresenta-se bastante homogêneo, sendo considerados dois tipos climáticos, segundo a classificação de KÖEPPEN. O tropical úmido com inverno seco (*Aw*), predominante em 60% do município, e o quente úmido com estação seca, com verão quente e inverno não muito frio (subtropical) (*Cwa*), na parte sul da região, segundo DAEE (2000).

O comportamento térmico na região, no período de 1996 a 2000, apresentou temperatura média variando de 20,4 a 28,03°C, enquanto a temperatura média mínima chegou a 13,41°C no mês de julho, com média máxima de 33,79°C em fevereiro. A Tabela 2 (anexo I) mostra os dados de temperatura coletados no posto meteorológico da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), Escritório de Desenvolvimento Rural de São José do Rio Preto (EDR-SJRP).

O município conta com dois postos pluviométricos, um mantido pela EDR e outro pelo DAEE. A pluviometria na região apresenta distribuição de chuvas não homogênea, com forte concentração de outubro a março e déficit pluviométrico de abril a setembro. A Tabela 3 (anexo I) apresenta os dados pluviométricos do município, com totais anuais variando de 1090,7 mm a 1928,4 mm ao ano. A precipitação média está em torno de 1300 mm/ano.

O comportamento heterogêneo da precipitação afeta a recarga natural do aquífero, como cita BARCHA (1980).

O balanço hídrico pode se tornar deficitário com a sazonalidade da precipitação associada às elevadas temperaturas da região, como apresentaram ARID et al. (1970). Com isso criam-se condições para um aumento da evapotranspiração, com consumo rápido das reservas do solo, a partir do mês de abril. Esses fatores afetam o suprimento das reservas subterrâneas, porém não comprometem o abastecimento do aquífero, afetando apenas o nível estático da região.

A evapotranspiração média real registrada na região é da ordem de 1000 mm/ano, o que, em média, garante um excedente de água no solo, que recarregará o aquífero.

3.2.4 Fluviometria

O município de São José do Rio Preto conta com a estação fluviométrica de Ipiriguaná mantida pelo DAEE, com prefixo 6B-011, nas coordenadas 20°37'43" de latitude e 49° 21'18" de longitude. A estação se encontra no Rio Preto e abrange uma área de 576 km². O posto funciona desde 1985, porém apresenta muitas falhas de dados.

A Figura 17(A) apresenta a seção transversal do curso d'água onde se encontra o posto fluviométrico e a Figura 17(B) mostra a curva-chave para o período de 18/10/1998 a 31/3/1999. Ambas foram retiradas do *site* do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (<http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/basecon/bancodedados/flu/flu.htm>).

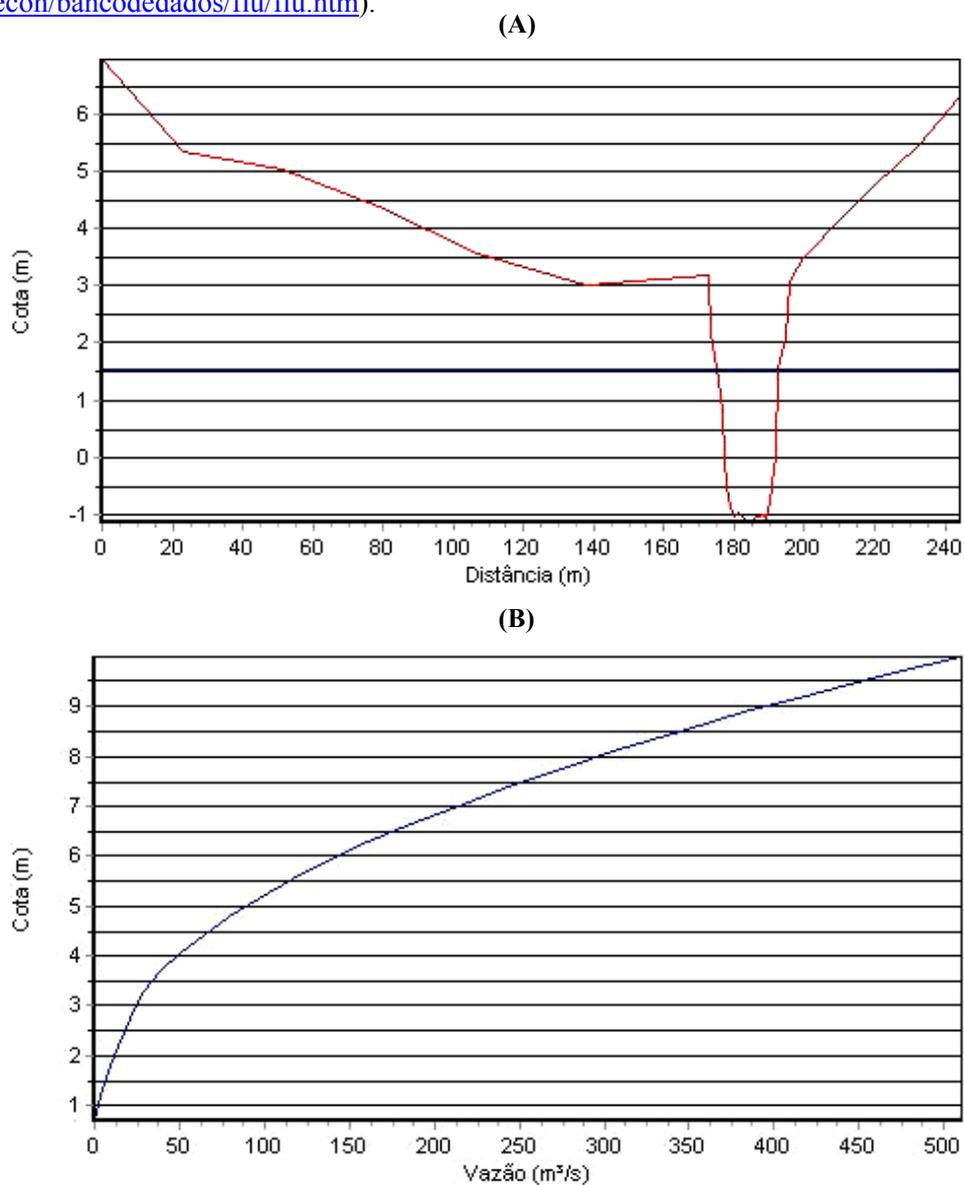


FIGURA 17 – (A) Seção transversal; (B) curva-chave do posto 6B-011.

A Figura 18 apresenta um gráfico de vazões mensais de 1992, em que se pode observar a variação das vazões máxima, média e mínima nesse período. A vazão média anual para esse ano foi de $8,08 \text{ m}^3/\text{s}$, com os maiores valores de vazão ocorrendo entre janeiro e maio.

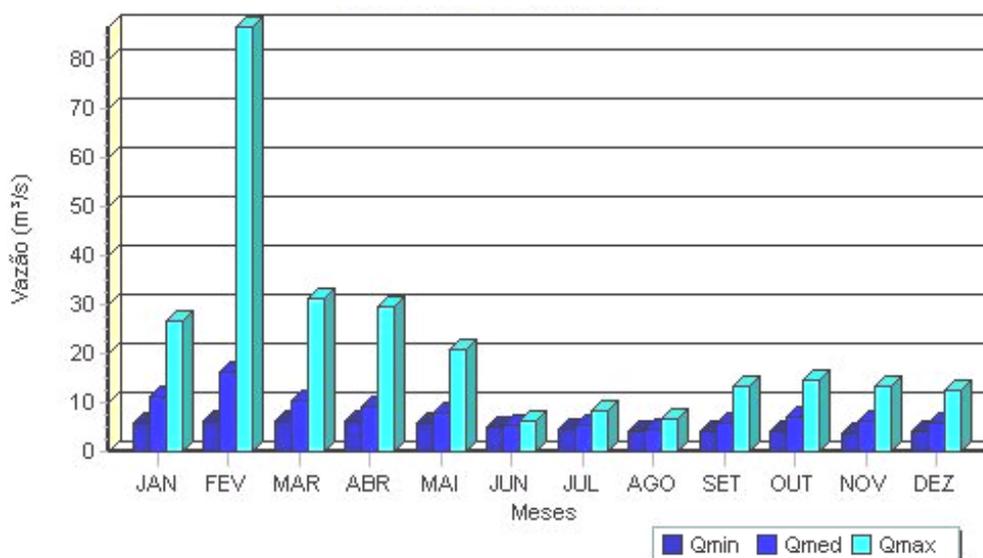


FIGURA 18 – Distribuição de vazões (m^3/s) para o Rio Preto em 1992.

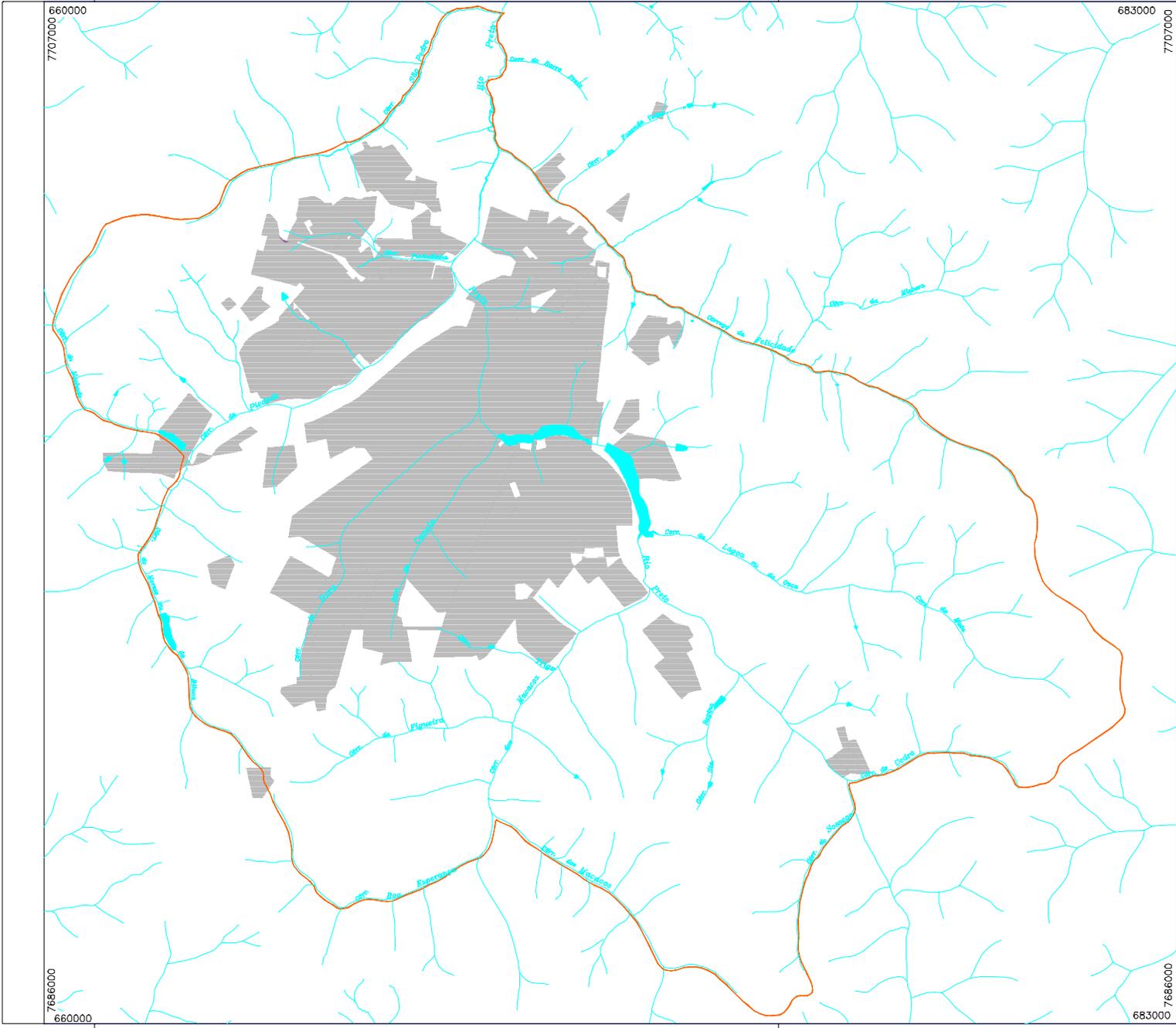
Na Figura 19 pode-se verificar a rede hidrográfica da área de estudo, destacando-se as barragens artificiais localizadas na área urbana, as quais foram avaliadas no presente estudo.

3.3 Catalogação dos poços existentes

Existem catalogados aproximadamente 600 poços que produzem água do Aquífero Bauru, em São José do Rio Preto. As informações contendo detalhes construtivos e a produção dos poços estão distribuídas em três bases de dados: o DAEE de Araraquara, que gerencia todas as outorgas para perfuração e uso da água subterrânea, o CD-ROM do relatório Zero da Bacia do Turvo/Grande – BTG, que possui um arquivo de poços perfurados antes da obrigatoriedade da outorga, e o Sistema Autônomo de Água e Esgoto da cidade de São José do Rio Preto – SeMAE, que atualmente gerencia a coleta e distribuição da água subterrânea.

Nos Anexos 2, 3 e 4 estão sistematizados os dados referentes a cada um desses catálogos. Com base nesse material, após uma busca minuciosa nos órgãos competentes, foi elaborado o mapa da distribuição de poços apresentado na Figura 20.

Os perfis de detalhamento construtivo de poços catalogados no DAEE de Araraquara foram avaliados, mas infelizmente apenas 10% dos poços apresentam essa informação.



LEGENDA

- REDE HIDROGRÁFICA
- LIMITE DO MODELO
- ÁREA URBANA

0 3 km

FIGURA 19 - Rede hidrográfica da região de estudo.

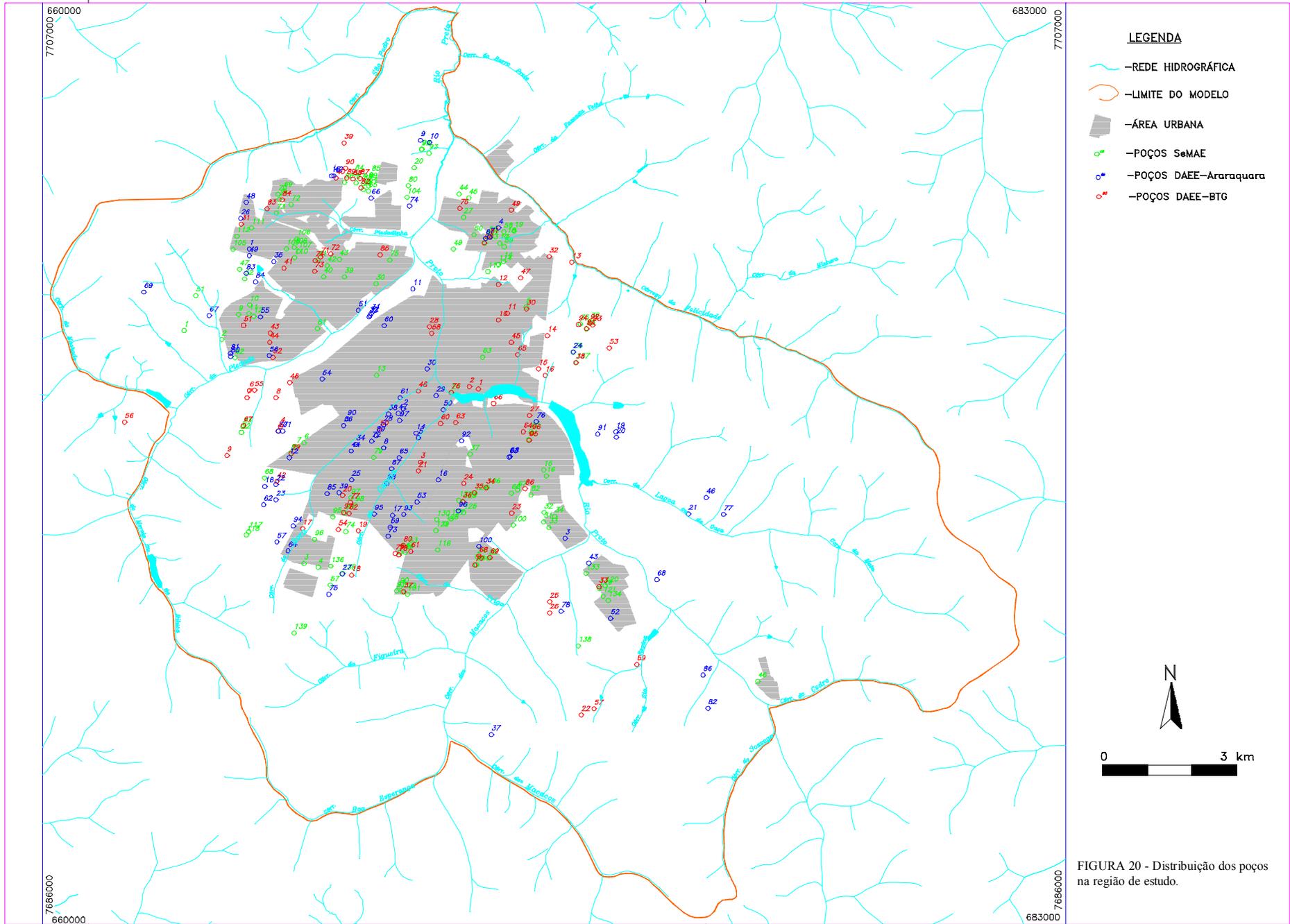


FIGURA 20 - Distribuição dos poços na região de estudo.

3.4 Concepção do modelo

Nesta etapa todos os dados que descrevem a área de estudo foram organizados e sistematizados de forma que pudessem ser aplicados a um modelo numérico e, assim, mostrar o comportamento do fluxo da água subterrânea. Esta conceituação ajudou a determinar o modelo que mais se aproxima da realidade e o tipo de programa computacional a ser usado para solucionar o problema em questão.

Algumas questões devem ser respondidas antes da tomada de decisão:

1. Os dados hidrometeorológicos são adequados para descrever as condições do local de estudo? Sim, pois existem registros de um período de 20 anos (precipitação), o que corrobora os dados necessários para o balanço hídrico.
2. O fluxo pode ser caracterizado em uma, duas ou três dimensões? Por se tratar de um aquífero livre, de grande extensão, optou-se pela construção de um modelo bidimensional. Apesar da grande concentração de poços, consideraram-se válidas as hipóteses de Dupuit (Dupuit, 1863). Dessa forma, pode-se reduzir o esforço computacional e viabilizar a calibração do modelo no prazo disponível.
3. O sistema aquífero é constituído por quantos aquíferos? O fluxo vertical existente entre eles é considerável? O aquífero Bauru foi considerado um pacote único, pois não se tem com precisão os níveis de cada Formação que compõe o Grupo e não se considerou a percolação profunda pelas possíveis fissuras no basalto subjacente.
4. A recarga é proveniente da precipitação ou do escoamento de rios, drenos, lagos ou reservatórios que interagem com o aquífero? A precipitação é a principal fonte de recarga através da infiltração em zonas não impermeabilizadas.
5. A água subterrânea deixa o sistema pelo escoamento para um rio ou lago, pelo fluxo para um dreno ou pela extração da água por poços? Os rios e a exploração de água pelos poços drenam em parte o manancial subterrâneo. A malha fluvial tem comportamento efluente e influente. A água drenada do aquífero em regiões rurais é transportada pelo sistema fluvial, abastecendo o aquífero nas áreas centrais, através da infiltração no leito de rios e lagos.
6. As características hidrogeológicas e geológicas do aquífero variam espacialmente ou permanecem relativamente uniformes em toda a área de estudo? Foram consideradas variações espaciais da condutividade hidráulica e da recarga, em razão das características geológicas e geomorfológicas da área de estudo.
7. As condições de contorno foram bem definidas, estão dentro do perímetro do domínio do modelo e de acordo com a base hidrogeológica? As condições de contorno foram

definidas com base na malha fluvial, presente na área de estudo e por analogia com a área de drenagem da bacia hidrográfica.

8. As condições de fluxo variam ou não com o tempo? O fluxo foi considerado permanente.

Após a caracterização da área de estudo, o desenvolvimento do modelo conceitual requer a escolha de um programa computacional. O modelo selecionado deve ser capaz de simular as condições encontradas no local. No presente trabalho foi utilizado um programa baseado no Método dos Elementos Finitos (SICK100), em razão da versatilidade deste e de sua aplicabilidade em situações complexas (SCHMID et al., 1992).

3.4.1 Determinação das fronteiras

Definido o objetivo do modelo, isto é, a avaliar o fluxo da água subterrânea na área urbana da cidade de São José do Rio Preto, e de posse dos mapas planialtimétricos da região, pode-se arbitrar a fronteira do domínio a ser modelado. Como primeiro passo, para a tomada de decisão, foram verificadas as possíveis evidências físicas que interagissem com o fluxo da água subterrânea. Assim, os córregos que cercam a área urbana também foram considerados como fronteiras, assim como os divisores topográficos entre eles. Esses elementos geográficos são fáceis de identificar espacialmente e permitem definir condições de contorno consistentes.

Os limites do modelo foram escolhidos de forma a considerar todos os elementos físicos e geológicos que possam interferir no fluxo de águas subterrâneas.

Outro ponto a ser observado é que a área de interesse principal (neste caso, a zona urbana central da cidade de São José do Rio Preto) está localizada suficientemente distante das fronteiras, de forma a minimizar o impacto de erros na definição das condições de contorno.

3.4.2 Determinação das condições de contorno

Já definida a fronteira estabelecem-se as condições de contorno, as quais reproduzem a interação do domínio (região) a ser modelado com o meio que o circunda. As condições de contorno permitem (viabilizam) a determinação de uma única solução para a formulação matemática proposta. Portanto, são de fundamental importância para a modelagem, uma vez que acarretam graves erros na solução do problema, conduzindo, em alguns casos, a uma solução desprovida de significado físico prático.

Partindo do pressuposto de contorno físico, consideraram-se todos os cursos d'água superficiais existentes na fronteira como tendo uma conexão direta com o aquífero Bauru e, conseqüentemente, uma carga hidráulica específica conhecida. Foram tomados os valores da cota topográfica de todos os córregos fronteiros em vários pontos ao longo do contorno do domínio. Neste caso, a condição do ponto de vista matemático foi a condição de Dirichlet, com carga conhecida.

Visto que os cursos d'água superficiais não fecham totalmente o contorno do domínio, os divisores topográficos foram utilizados como contorno e considerados como linhas de fluxo nulo. Nessa aproximação supõe-se que os divisores de água subterrânea acompanham os divisores de águas superficiais. Tal condição de fluxo especificado impõe uma condição de Neuman.

Vale salientar que a opção por contornos físicos para representar as condições de contorno é recomendada por CABRAL & DEMÉTRIO (2000), que também salientam a necessidade de conhecer ao menos uma das cargas hidráulicas no contorno, a fim de que o sistema de equações resultante da aproximação numérica das equações governantes não seja matematicamente indeterminado.

3.4.3 Geração da malha

A escolha da malha é fundamental para uma boa solução numérica de um problema de fluxo, como o de São José do Rio Preto. Deve-se ter em mente que o problema de geração da malha tem de ser abordado considerando a fronteira da região definida para o estudo e nas características físicas internas do problema.

A construção do modelo, utilizando os recursos do pacote SICK100, consistiu basicamente em 3 etapas: definição da estrutura hidrogeológica, geração da malha e atribuição de parâmetros físicos.

A definição da estrutura hidrogeológica consiste na indicação dos limites do modelo, dos principais cursos e acumulações de águas superficiais (rios e lagos), dos pontos de captação (poços) e dos limites geológicos eventualmente conhecidos. Esses elementos estruturais são representados por pontos com coordenadas georreferenciadas, estabelecendo os principais contornos do modelo.

Para geração da malha, o programa dispõe de algoritmos específicos. Inicialmente, são gerados nós sobre os pontos estruturais especificados previamente. Na etapa seguinte, são gerados nós internos ao modelo, paralelos aos nós estruturais. Essa técnica facilita a posterior geração de elementos. Finalmente, é gerada uma nuvem de nós regularmente espaçados nas áreas interiores do modelo, com distância especificada pelo usuário. Para o

presente modelo, a distância máxima entre os nós foi de 300 m. Com a finalidade de reproduzir os intensos gradientes que ocorrem nas proximidades dos poços, foi especificado para essas situações um refinamento de malha (espaçamento exponencial entre nós). A partir do poço, a distância radial da primeira série de nós foi de 40 m, crescendo até 320 m. Em razão da proximidade entre os poços no centro da cidade, alguns nós gerados exponencialmente encontram-se muito próximos. Nessas situações foi realizada uma correção manual. Os nós são, então, automaticamente conectados, gerando uma malha não-estruturada de elementos finitos. Segundo FORTUNA (2000), esse tipo de malha é o mais aconselhável na ausência de regularidade na disposição dos pontos e em situações que apresentem domínios com geometrias complexas. Essa classe de malhas é também não uniforme, o que facilitou seu ajuste ao domínio da região de estudo. Dessa forma, gerou-se uma malha com 17433 nós e 27970 elementos, como apresentado na Figura 21. Um detalhe da zona de maior concentração de poços entre as coordenadas (664000,7690000) e (668000,7696000) é apresentado na Figura 22.

Os parâmetros físicos foram atribuídos ao modelo utilizando os recursos do pré-processador. Esses parâmetros podem ser atribuídos pontualmente (por exemplo, vazão de poços), linearmente (carga hidráulica ao longo de rios) ou espacialmente (zonas de condutividade hidráulica ou taxa de recarga conhecida).

3.4.4 Determinação dos parâmetros geométricos

Neste item foram avaliadas as cotas de topo e de base do aquífero Bauru na região de estudo, de acordo com dados fornecidos pelas firmas perfuradoras de poços ao DAEE e de perfis construtivos divulgados pelo próprio DAEE no relatório ZERO da Bacia do Turvo/Grande.

Tendo por base os dados coletados, foi gerada, utilizando a técnica de krigagem, uma malha de isovalores da base do aquífero Bauru, para que se pudesse definir o limite inferior do modelo a ser construído. Esse mapa de base permite, também, estimar a espessura da formação em todo o domínio estudado por meio da superposição com o mapa topológico.

3.4.5 Parâmetros de entrada

Os primeiros dados de entrada inseridos foram as cargas hidráulicas de todos os cursos d'água e barragens localizados na fronteira e no domínio da região de estudo. Tais valores foram obtidos a partir do mapa topográfico.

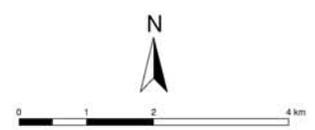
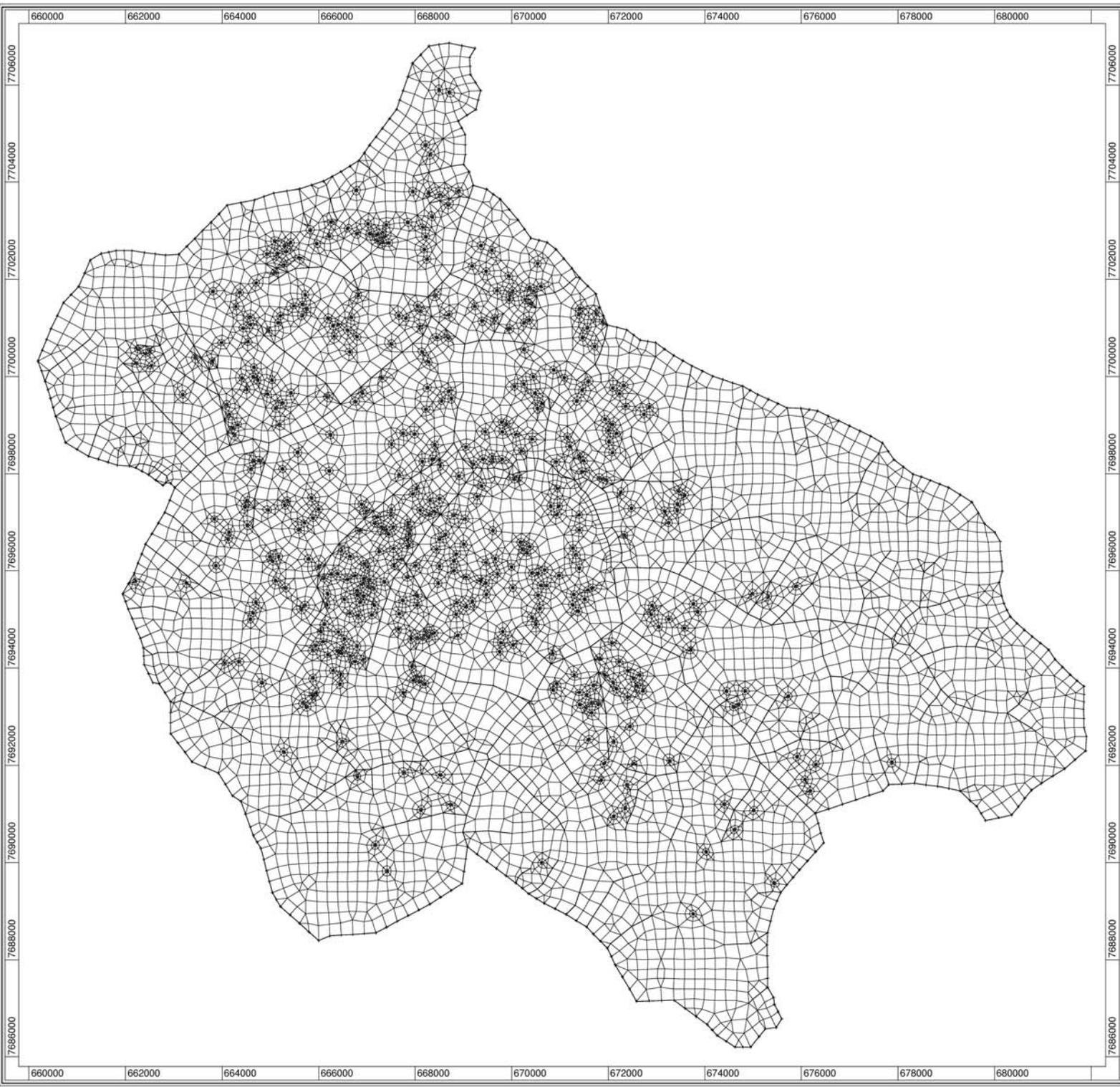


FIGURA 21 - Malha gerada pelo SICK100.

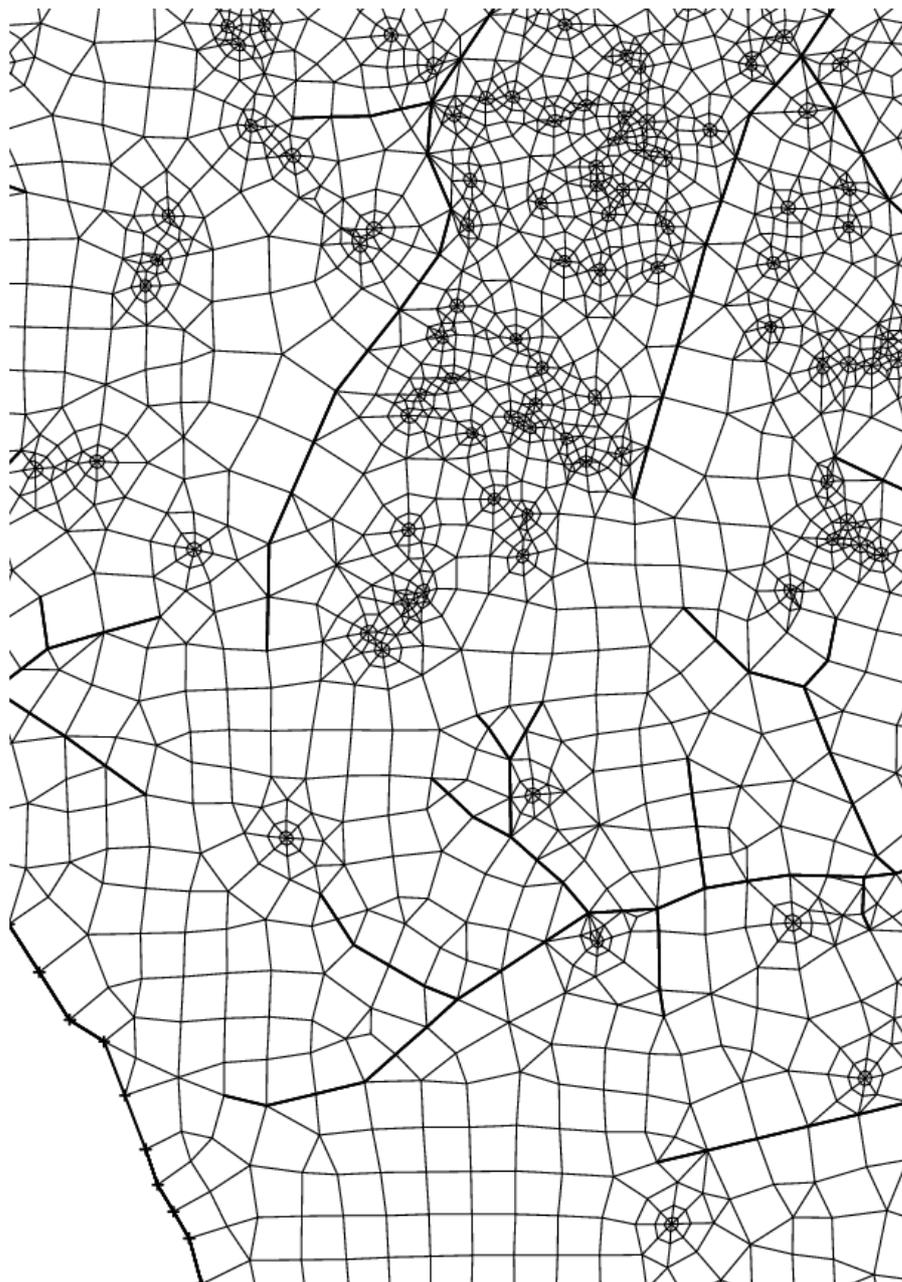


FIGURA 22 – Detalhe da malha na região central do modelo.

Em seguida, foram incluídos os poços relacionados nos órgãos responsáveis (SeMAE e DAEE); vale salientar que foram considerados apenas os poços catalogados e que apresentavam valores de vazão, pois em muitos casos estão disponíveis somente os valores das coordenadas dos poços. Para as regiões mais altas da área, foi considerado fluxo nulo, sendo considerado o divisor topográfico das bacias.

Vários autores, como PORTO (1992) e RIGHETTO (1998) salientam a importância de verificar as características do tipo de solo, com atenção voltada principalmente para o grupo hidrológico do solo, verificando o teor de argila deste. Outros fatores relevantes são o tipo de uso e tratamento dado ao solo e a declividade.

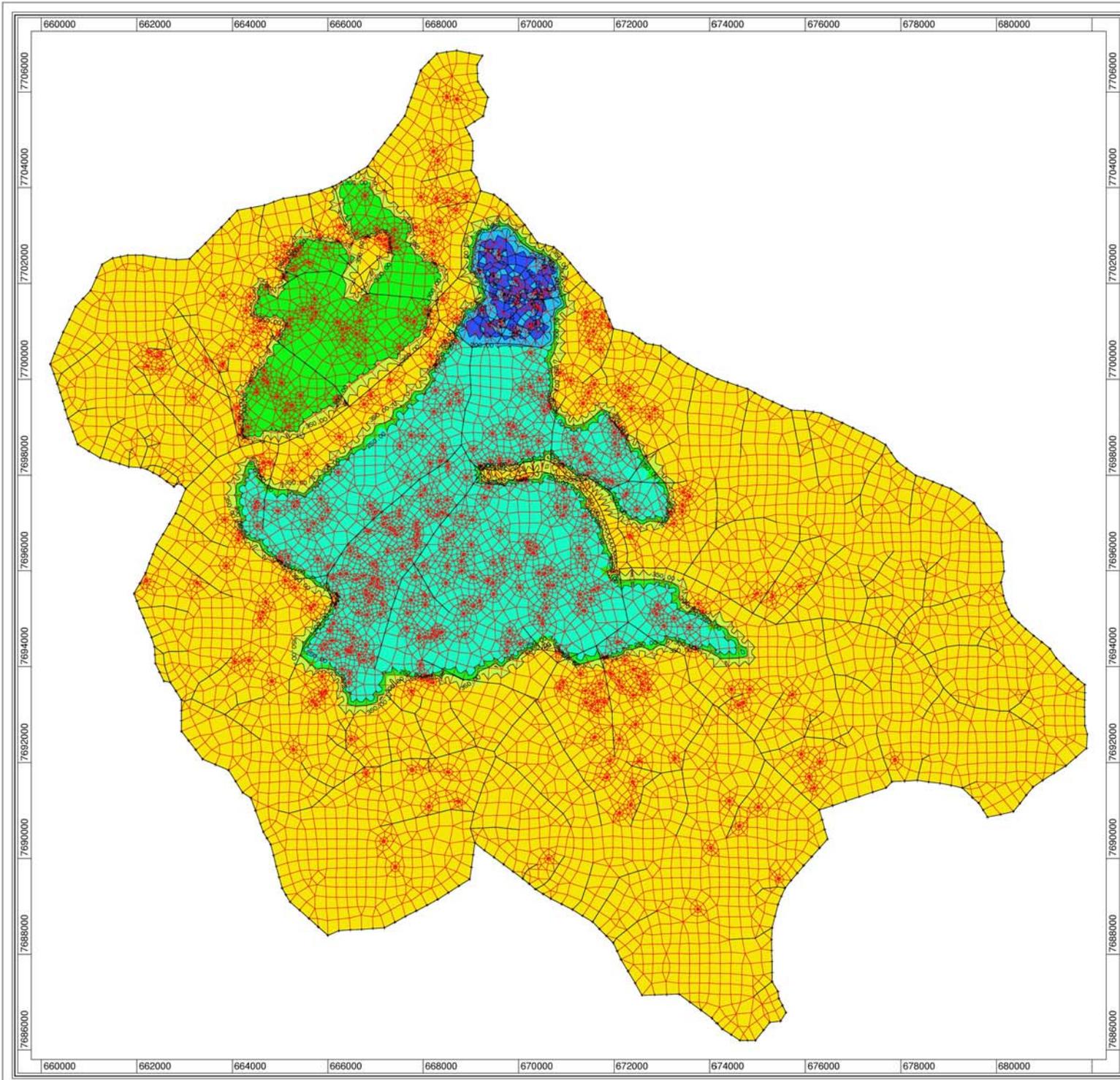
Neste aspecto a interferência da urbanização é crucial, pois quanto mais adensada a população, maior a impermeabilização e, conseqüentemente, ocorre redução da recarga do aquífero, principalmente se este for livre, como o aquífero Bauru.

A declividade acentuada aumenta a velocidade de fluxo, diminuindo, assim, a taxa de infiltração do solo, tendo maior influência em solos argilosos.

Considerando os aspectos já citados, principalmente a taxa de ocupação urbana, foram analisadas as possíveis diferenças existentes na área de estudo no que diz respeito à recarga do aquífero, sendo definidas quatro sub-regiões. A maior região é a área que circunda a parte urbanizada, com ocupação de solo baseada em pastagens e plantações que absorvem a água de chuva de maneira mais efetiva. Por essa razão, o coeficiente de recarga para a água de chuva foi de 468 mm/ano.

A área urbana foi subdividida em 3 setores: centro da cidade, periferia e zona alta (Figura 23). A área central da cidade foi considerada uma região bastante impermeabilizada, com solo compactado e relevo suave. A combinação desses fatores levou à definição de uma taxa de recarga de 300 mm/ano (23% da precipitação média anual de 1300 mm). Já a periferia, por apresentar menor densidade demográfica e grau de impermeabilização do solo menos intenso, teve taxa de recarga estimada em 364 mm/ano (28% da precipitação total). A zona mais alta da cidade apresenta declividade acentuada na região mais densamente povoada e impermeabilizada. Assim, para o último setor, considerou-se que 195 mm/ano (15% da chuva anual) recarrega o aquífero.

A definição da condutividade hidráulica consistiu no maior problema na construção do modelo. Por se tratar da apresentação de um ferramental de gerenciamento, não se tinha a ambição de responder a todas as perguntas relativas ao funcionamento real do Aquífero Bauru em São José do Rio Preto. A simplificação mais importante consiste no tratamento do sistema em regime permanente.



LEGENDA
Recarga (mm/año)

50.00 - 100.00
100.00 - 150.00
150.00 - 200.00
250.00 - 300.00
350.00 - 400.00

—1:8—
—

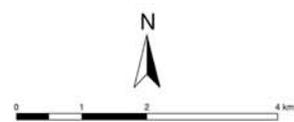


FIGURA 23 -Taxis de recarga.

Efetivamente, é de conhecimento geral que o aquífero sofre rebaixamento contínuo de níveis estáticos e dinâmicos, em razão da exploração excessiva. Essa característica é eminentemente transiente. No entanto, o volume e a qualidades dos dados disponíveis não permitiram a construção do modelo transiente calibrável, que reproduzisse de maneira correta o rebaixamento observado anualmente. Dessa forma, optou-se pela construção de um modelo que funcionasse em regime permanente, indicando o comportamento geral do sistema e as direções principais de fluxo. Essa simplificação provoca discrepâncias entre os valores de condutividade hidráulica reais (observados em testes de bombeamento) e os valores utilizados no modelo. Para que o sistema atinja a convergência numérica com as taxas de recarga e as condições de contorno especificadas, é necessário que a condutividade hidráulica adotada seja maior que a condutividade efetiva da região. Caso contrário, em regime permanente, a simulação numérica apresentaria zonas com espessura nula ou próxima a zero, notadamente nas regiões centrais (mais estressadas hidráulicamente). Esse resultado indica a situação real a que deve chegar o Aquífero Bauru em São José do Rio Preto, caso não sejam adotadas medidas de proteção e recuperação dos níveis estáticos. Para um modelo transiente, que consiga avaliar o rebaixamento anual, são necessários mais dados e levantamentos de campo voltados especificamente para a construção do modelo. No entanto, essas atividades não constituem o escopo do trabalho.

A segunda fonte de discrepância é dada pelo fato de que os dados de transmissividade disponíveis foram obtidos em testes de bombeamento realizados com poços parcialmente penetrantes. Os valores obtidos desta forma são menores que os reais, uma vez que há componentes de fluxo vertical que impedem que a espessura saturada participe do fluxo. Em consequência, o rebaixamento observado nos poços é maior do que o que seria em um poço totalmente penetrante. Na mesma linha de raciocínio, as camadas mais profundas do Aquífero Bauru apresentam partículas de maior diâmetro, consistindo nas camadas mais permeáveis. Essas camadas não contribuem diretamente no teste de bombeamento, resultando em transmissividades menores que as condições reais do aquífero.

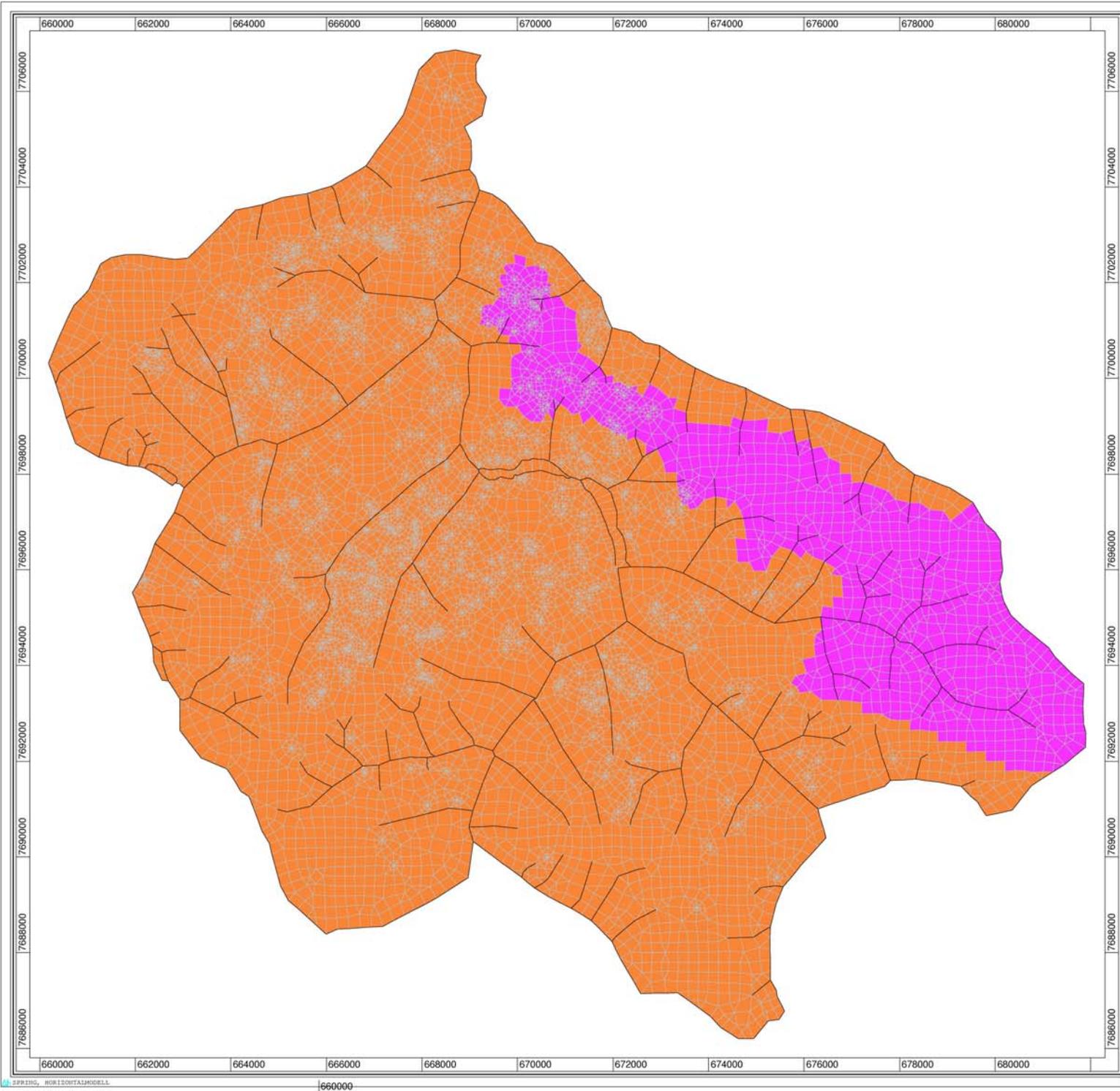
Tendo em vista essas considerações, adotou-se para a maior parte do modelo uma condutividade hidráulica de 13×10^{-6} m/s, apesar de serem conhecidos valores médios de testes de bombeamento da ordem de 3×10^{-6} m/s. Em termos de transmissividade hidráulica, o valor adotado equivale a aproximadamente 110 m²/d, encontrando-se, portanto, um valor médio para as transmissividades de 20 m²/d a 220 m²/d, normalmente citadas para o Aquífero Bauru (BARCHA, 1998).

A Figura 24 apresenta a distribuição da condutividade hidráulica na região de estudo. Neste caso, ocorre uma diferença de valores e de ordem de grandeza entre duas regiões

apontadas no presente trabalho. A primeira é a formação Rio do Peixe, segundo FERNANDES (1998), presente na região central, como mostra a Figura 12 (mapa geológico), e corresponde às unidades litoestratigráficas Ka₁ a Ka₄ e parte da Ka₅ da Formação Adamantina. A condutividade hidráulica estabelecida para a formação Rio do Peixe foi de 13×10^{-6} m/s. A segunda formação que aparece superficialmente é a Fm. São José do Rio Preto, que circunda a primeira formação citada, com condutividade média de $2,5 \times 10^{-6}$ m/s. de acordo com o mapa do DAEE, apresenta-se externamente à região de São José do Rio Preto, margeando pelo lado oriental os limites da área de estudo. No âmbito deste trabalho, com base em resultados de testes de bombeamento que indicam transmissividade da ordem de 15-20 m²/dia na zona mais alta da cidade, optou-se pela extensão dessa formação até a confluência do Rio Preto com o Córrego da Felicidade, de acordo com as Figuras 19 e 24.

Dados de vazão de todos os poços catalogados foram introduzidos no modelo com o objetivo de avaliar o comportamento deste durante a retirada de 3000 m³/h do Aquífero Bauru. De acordo com BARCHA (1988), há aproximadamente 3500 poços não catalogados, que produzem em média 2500 m³/h. Por outro lado, estimativas do SeMAE (2000) indicam que 40% do volume de água disponibilizado diariamente na rede de distribuição é perdido por vazamentos. Essa vazão perdida corresponde a aproximadamente 2500 m³/h. Neste trabalho considerou-se que esses dois componentes (perdas e ganhos) estão em equilíbrio.

As represas do centro da cidade (Figura 25) foram construídas como bacias de acumulação e captação para o abastecimento público. A primeira delas, localizada a jusante do sistema de acumulação (Figura 25b), data da década de 60 e a mais recente, localizada a montante (Figura 25c), foi construída nos anos 80. A foto aérea de alta resolução, apresentada na Figura 26, comprova o alto grau de assoreamento da represa mais antiga.



LEGENDA
Taxas de condutividade (m/s)
2,5 E-6
1,3 E-5



FIGURA 24 - Condutividades inferidas ao modelo.

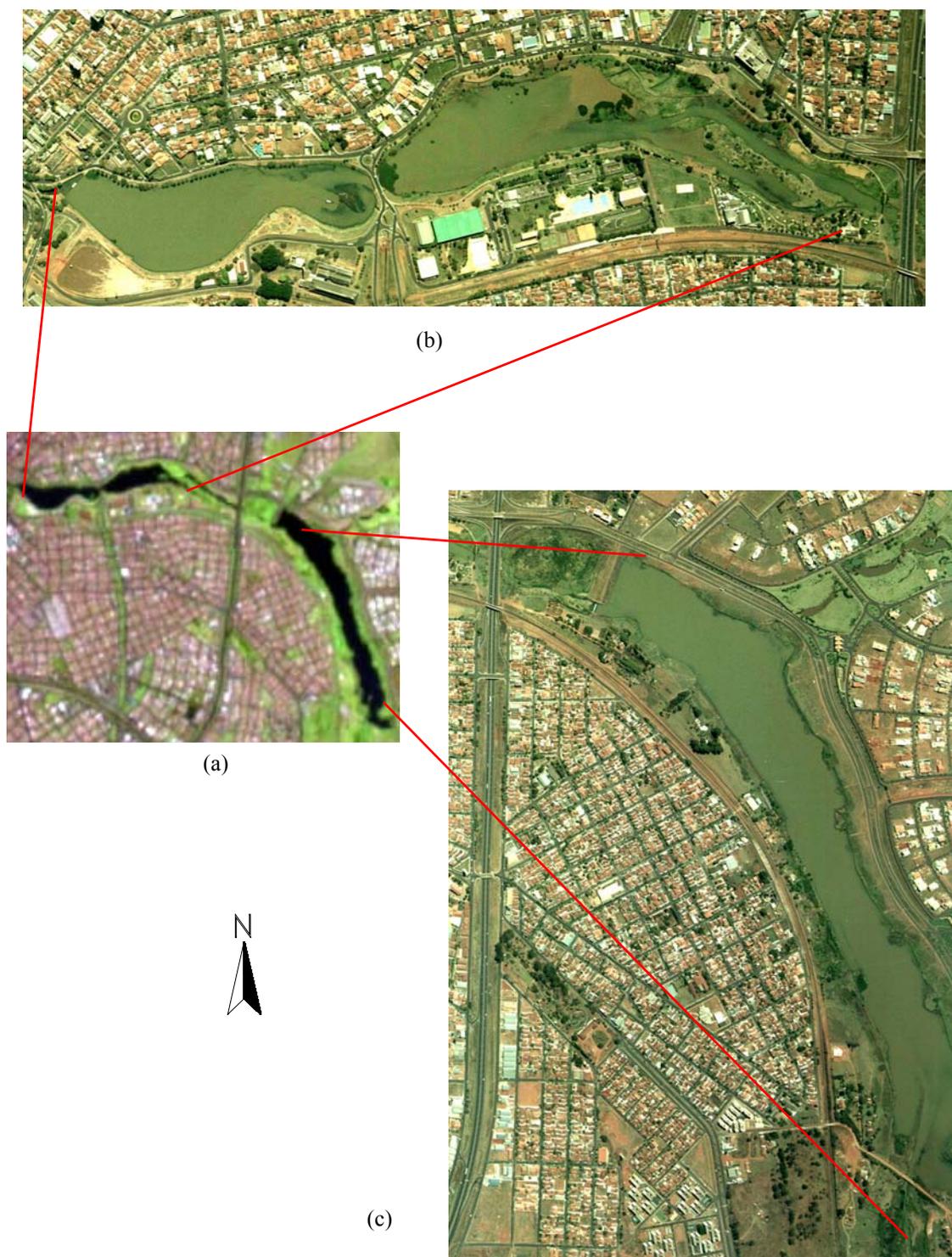


FIGURA 25 – (a) Foto de satélite das duas represas; (b) foto aérea mostrando represa assoreada (anos 60); (c) foto aérea mostrando represa nova (anos 80). Fonte: Pref. Municipal de São José do Rio Preto. (sem escala)



FIGURA 26 – Foto aérea mostrando detalhe do assoreamento ocorrido na represa. Fonte: Prefeitura de São José do Rio Preto.

O assoreamento mostrado nas imagens suscitou a hipótese de colmatação do leito do lago, em decorrência da compactação do sedimento. A ação prolongada do peso da água e a deposição de sedimentos finos provocam minimização de condutividade hidráulica do leito do lago, como citam CARVALHO (1994) e ANDERSON & WOESSNER (1992). Assim, o reservatório mais antigo foi considerado sem conexão hidráulica direta com o aquífero. Essa condição impede a infiltração e recarga do aquífero nessa área.

Para a represa mais nova considerou-se conexão hidráulica completa entre lago e aquífero. Conseqüentemente, o lago deve atuar como uma recarga artificial do aquífero. Essa condição deve ser verificada, por meio de um balanço de massa, levando em consideração as vazões drenadas nas cabeceiras dos rios que alimentam o lago.

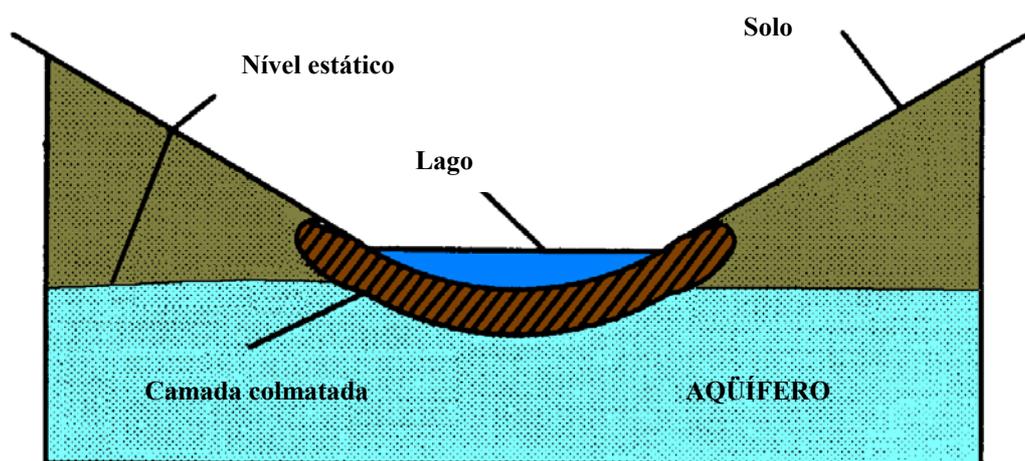


FIGURA 27 – Esquema da hipótese sobre a colmatagem do leito do lago. Fonte: Modificado de ANDERSON & WOESSNER (1992).

3.5 Balanço hídrico

O balanço hídrico para determinada bacia pode ser dado pela relação

$$P - R - G - E = \Delta s,$$

em que

P = precipitação;

R = escoamento superficial;

G = escoamento subterrâneo;

E = evapotranspiração; e

Δs = armazenamento.

Para o presente modelo, foi considerada a precipitação média sobre a área de estudo da ordem de 1300 mm/ano, dado este corroborado pelos valores médios de chuva na região, de 1972 a 2000, levantados no SIGRH e na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI, Escritório de Desenvolvimento Rural de São José do Rio Preto – EDR/SJRP, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Assim, como a extensão da área é de aproximadamente 227,8 km², o volume médio precipitado estimado foi de 296×10^6 m³/a.

De acordo com os dados de vazão do posto fluviométrico, localizado na bacia Rio Preto, estimou-se o escoamento médio de base da área de estudo em 3,9 m³/s ou, aproximadamente, 123×10^6 m³/a. Para chegar ao valor de 3,9 m³/s foi considerada uma vazão média anual de 8 m³/s para o período de medição existente no posto fluviométrico, que tem uma área de drenagem de 576 km². Para a área de estudo, considerou-se a vazão proporcional à área de influência do modelo (227,8 km²).

O escoamento subterrâneo contempla, normalmente, as contribuições subsuperficiais provenientes de aquíferos adjacentes. Neste estudo, o modelo foi delimitado acompanhando os divisores de águas subterrâneas, não recebendo, portanto, contribuições laterais. No entanto, o sistema de abastecimento de São José do Rio Preto é baseado, em parte, na captação de poços tubulares localizados no Aquífero Botucatu, subjacente à Formação Serra Geral, considerada, para efeitos deste modelo, impermeável. De acordo com o SeMAE, os poços de captação do Aquífero Botucatu exploram uma vazão média de 2245 m³/h. Este valor anualizado corresponde a 20×10^6 m³/a. O volume de água adentra o sistema, através da rede de distribuição de abastecimento urbano, sendo posteriormente drenado para fora da bacia pelo sistema de canais pluviais.

A evapotranspiração real relatada para a região de estudo pelo DAEE (1976) varia de 500 a 1000 mm/a. Para trabalhar a favor da segurança, o valor considerado para o balanço

hídrico foi o mais alto. Assim, garante-se que, se o balanço for positivo, haverá sempre a garantia de vazão no curso superficial (Rio Preto). Considerando-se a área de estudo, a evapotranspiração corresponde a uma perda de $228 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$.

Substituindo esses valores na equação do balanço hídrico, obtém-se

$$\Delta s = 296 \times 10^6 - 123 \times 10^6 + 20 \times 10^6 - 228 \times 10^6$$

$$\Delta s = -35 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{a}.$$

Esse valor absoluto representa a deficiência hídrica do sistema de abastecimento de São José do Rio Preto. Dividindo a deficiência pela área de influência do modelo, obtém-se uma deficiência anual de aproximadamente 0,15 m/a. Essa estimativa pode ser vista como a taxa de rebaixamento anual prevista para o Aquífero Bauru na região de São José do Rio Preto. Considerando as espessuras da zona saturada disponíveis atualmente, pode-se prever que, sem medidas de proteção que preservem as reservas permanentes, as gerações futuras serão confrontadas com sérios problemas para a captação de água potável.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do modelo numérico construído com os dados representativos do sistema aquífero, foram obtidos resultados relativos ao potencial hidráulico do aquífero, aos níveis dinâmicos, à espessura da zona saturada e às velocidades.

Foram compostos, ainda, dois cenários, com hipóteses relacionadas ao comportamento hidráulico do modelo, avaliados a fim de tentar vislumbrar como o aquífero reagiria em situação de *stress*.

Os resultados obtidos para cada um dos parâmetros estudados são descritos detalhadamente nos itens a seguir.

4.1 Ajuste do modelo base

O modelo base foi ajustado por tentativas, a fim de adequar as entradas do modelo aos possíveis resultados esperados, uma vez que já se tinha um conhecimento prévio da distribuição de cargas hidráulicas na região de estudo. Nesse processo buscou-se calibrar o modelo de forma determinística, fundamentando as decisões em critérios de plausibilidade hidrogeológica.

4.1.1 Cargas hidráulicas

O mapa de carga hidráulica gerado pelo modelo (Figura 28) evidenciou a drenagem de água, do aquífero para os rios, nas regiões mais altas da área estudada, e a recarga nas regiões centrais da cidade de São José do Rio Preto. Esse resultado comprova a superexploração do Aquífero Bauru na região central do município.

Sob condições normais de uso, a água disponível para exploração em poços de água subterrânea infiltra no subsolo e percola subsuperficialmente até o filtro dos poços. Nesse processo, em razão do longo tempo de permanência no solo, a água passa por um processo de purificação. A situação de São José do Rio Preto indica que o sistema superficial (rios e lagos) é o principal responsável pelo transporte do volume de água necessário na região

central da cidade. Em conseqüência, o tempo de permanência da água no subsolo é muito mais curto, não permitindo um processo completo de purificação.

A qualidade final da água bombeada não é mais afetada, em razão dos processos de diluição, tendo em vista as perdas que ocorrem na rede de distribuição oficial.

A carga obtida numericamente variou de 560 m, nas cabeceiras, a 410 m, no centro da cidade, onde a retirada de água subterrânea é intensa, em função da alta concentração de poços. A proximidade dos poços resulta em fenômeno de interferência de cones de rebaixamento. Como conseqüência, a energia essencial para a elevação da água é desnecessariamente alta.

A região denominada “zona alta” da área urbana também apresentou cargas próximas a 410 m. Neste caso, a carga hidráulica reduzida está relacionada não apenas à demanda, mas também à condutividade hidráulica assumida para a região, que é de $2,5 \times 10^{-6}$ m/s. A baixa taxa de recarga também contribuiu para isso.

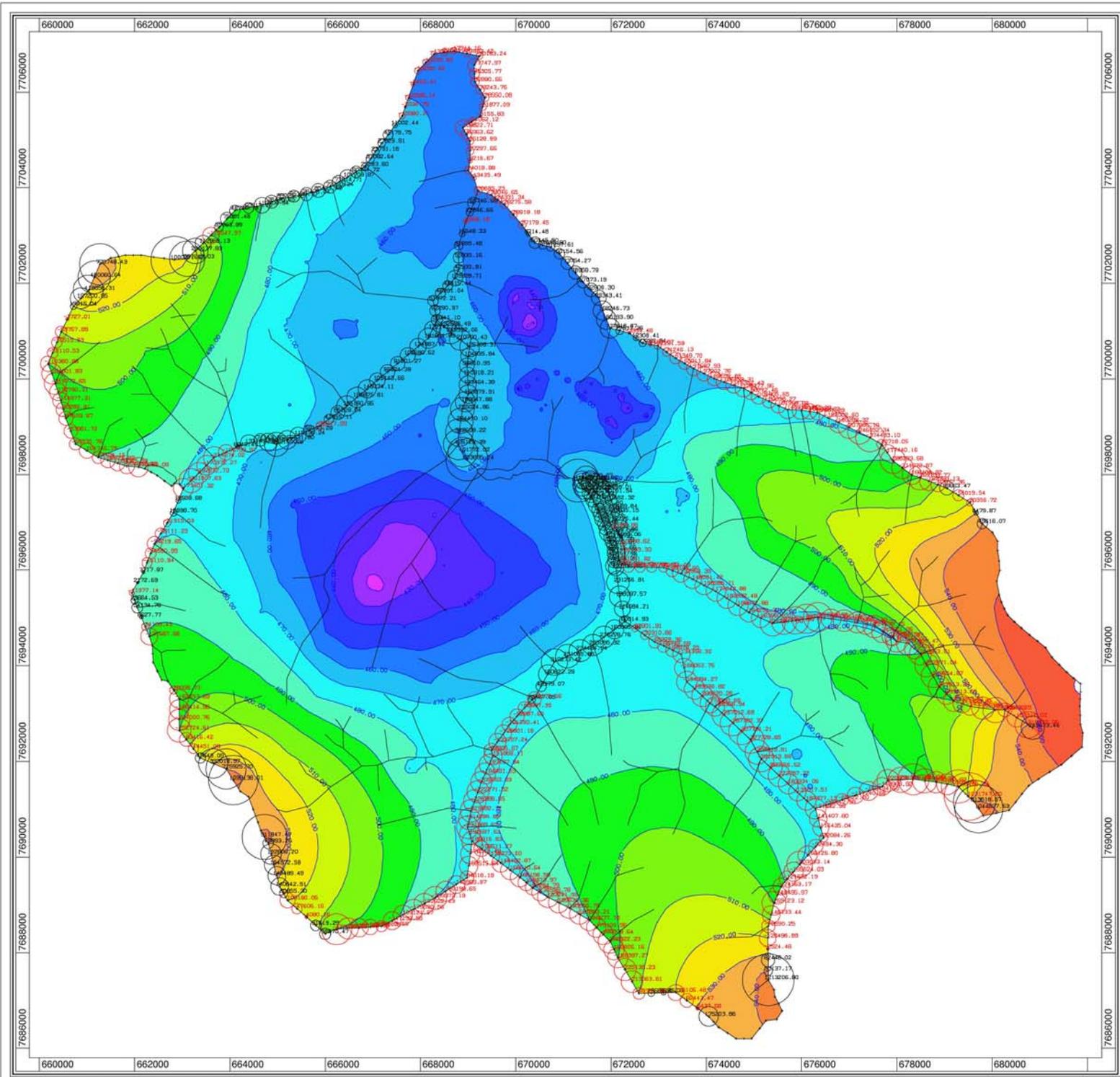
Foi detectada tendência de aumento de carga nas regiões sudeste, sul, sudoeste e noroeste da área de estudo, acompanhando a topografia da região. Assim, a área estudada funciona como um acumulador, havendo no centro desta uma retirada substancial que interfere na reserva ativa do Aquífero Bauru.

Uma vez que o crescimento da cidade, hoje, parece estar se direcionando para a região sul, pressupõe-se que, se houver controle do excesso de impermeabilização e racionalização da retirada de água, não deverá haver problemas com o suprimento de água nos novos loteamentos que estão surgindo na região.

Os menores valores apresentados para o potencial hidráulico calculado estão na região situada entre os córregos Borá e Canela, faixa compreendida entre as avenidas Alberto Andaló e Bady Bassit. Neste caso, tais valores ocorreram devido à exploração excessiva da água subterrânea. Os dois córregos que atravessam a zona central da cidade, de acordo com o SeMAE, encontram-se canalizados e impermeabilizados em praticamente toda sua extensão. Essa situação não permite a recarga do aquífero através do leito dos rios.

Em função da direção do fluxo, de sul-sudeste para noroeste, a água captada nas regiões que apresentam maior coeficiente de recarga não chega integralmente à zona central, de maior demanda, pois é capturada por poços existentes a montante da mesma.

A partir do exposto, torna-se evidente que, pela quantidade de poços existentes na região central e pelas condições hidrogeológicas presentes, não se deveria perfurar nenhum outro poço na zona com potencial variando de 470 m a 410 m, pois isso implicaria comprometimento dos poços existentes em termos de produção e aumento do consumo de energia, sendo necessário redimensionamento das bombas existentes.



LEGENDA

Potencial (m)

- 410.00 - 420.00
- 420.00 - 430.00
- 430.00 - 440.00
- 440.00 - 450.00
- 450.00 - 460.00
- 460.00 - 470.00
- 470.00 - 480.00
- 480.00 - 490.00
- 490.00 - 500.00
- 500.00 - 510.00
- 510.00 - 520.00
- 520.00 - 530.00
- 530.00 - 540.00
- 540.00 - 550.00
- 550.00 - 560.00

(pos / neg) Descarga / recarga dos rios (m³/ano).

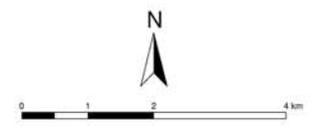
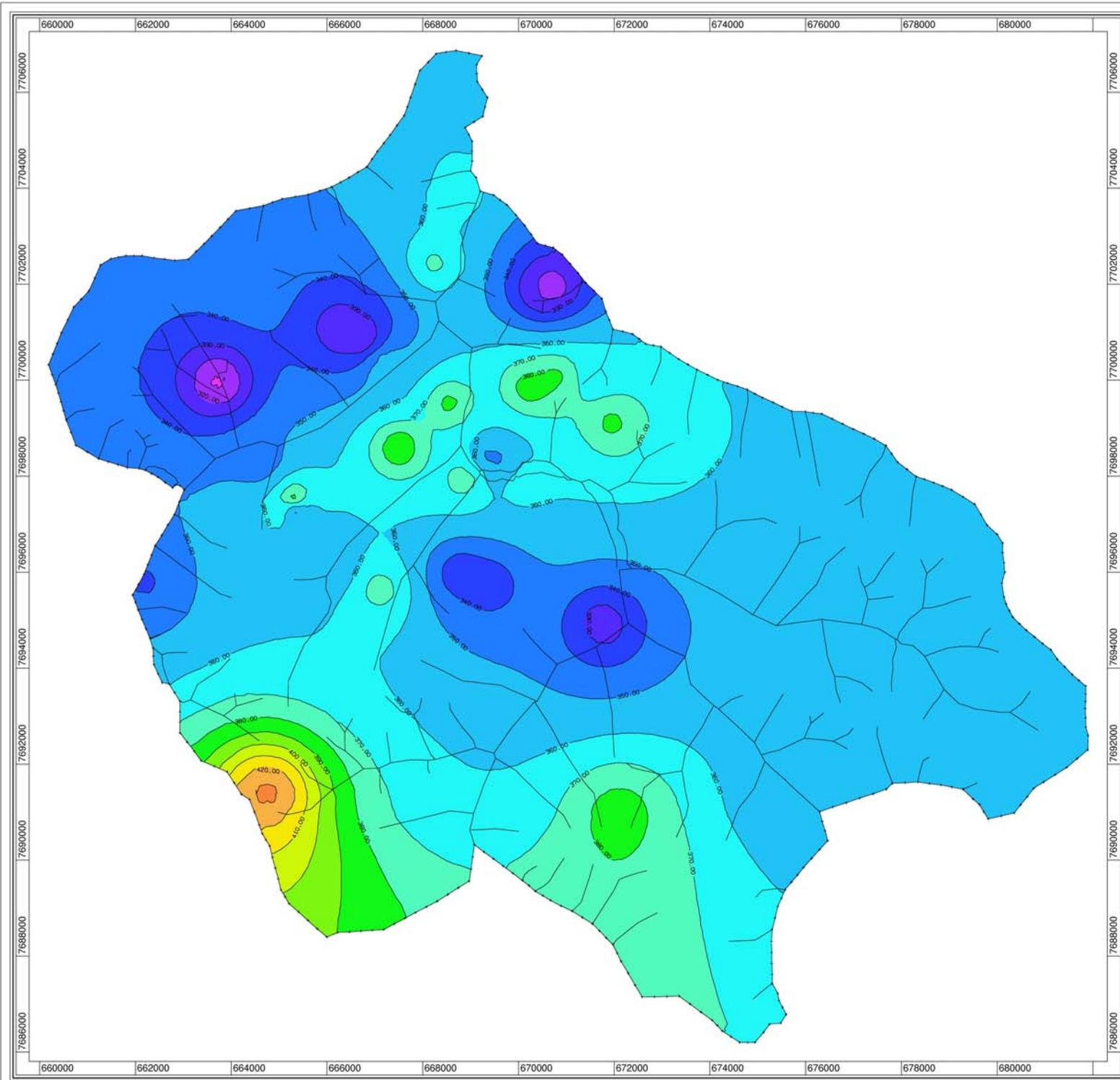


FIGURA 28 - Mapa de isolinhas do potencial de carga subsuperficial.

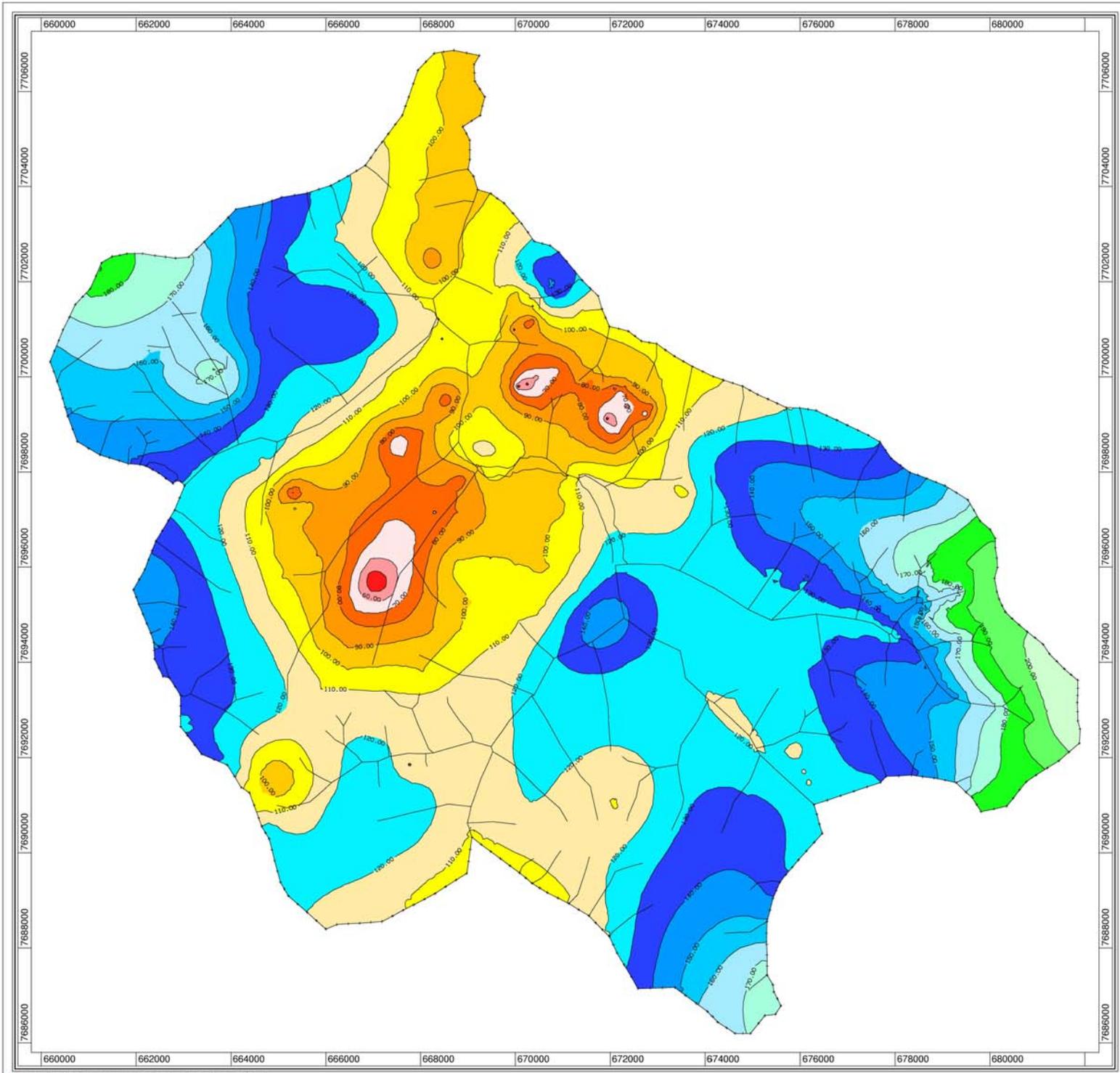


LEGENDA
Profundidade (m)

300.00 - 310.00
310.00 - 320.00
320.00 - 330.00
330.00 - 340.00
340.00 - 350.00
350.00 - 360.00
360.00 - 370.00
370.00 - 380.00
380.00 - 390.00
390.00 - 400.00
400.00 - 410.00
410.00 - 420.00
420.00 - 430.00
430.00 - 440.00



FIGURA 29 - mapa de isovalores do topo da Fm. Serra Geral.



LEGENDA

Espessura (m)

40.00 - 50.00
50.00 - 60.00
60.00 - 70.00
70.00 - 80.00
80.00 - 90.00
90.00 - 100.00
100.00 - 110.00
110.00 - 120.00
120.00 - 130.00
130.00 - 140.00
140.00 - 150.00
150.00 - 160.00
160.00 - 170.00
170.00 - 180.00
180.00 - 190.00
190.00 - 200.00
200.00 - 210.00

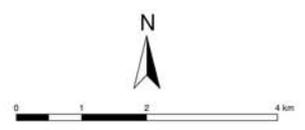


FIGURA 30 - Mapa de isovalores de espessura da zona saturada.

Já nas regiões de maior concentração populacional e que apresentam, conseqüentemente, maior número de poços, o comprometimento da recarga transitória e da recarga ativa é notado, uma vez que os estudos comprovaram uma queda significativa dos níveis estáticos quando comparados dados da década de 70 com dados da década de 90. Na Figura 31 são apresentados mapas de isovalores de níveis estáticos gerados a partir de dados de poços perfurados na década de 70.

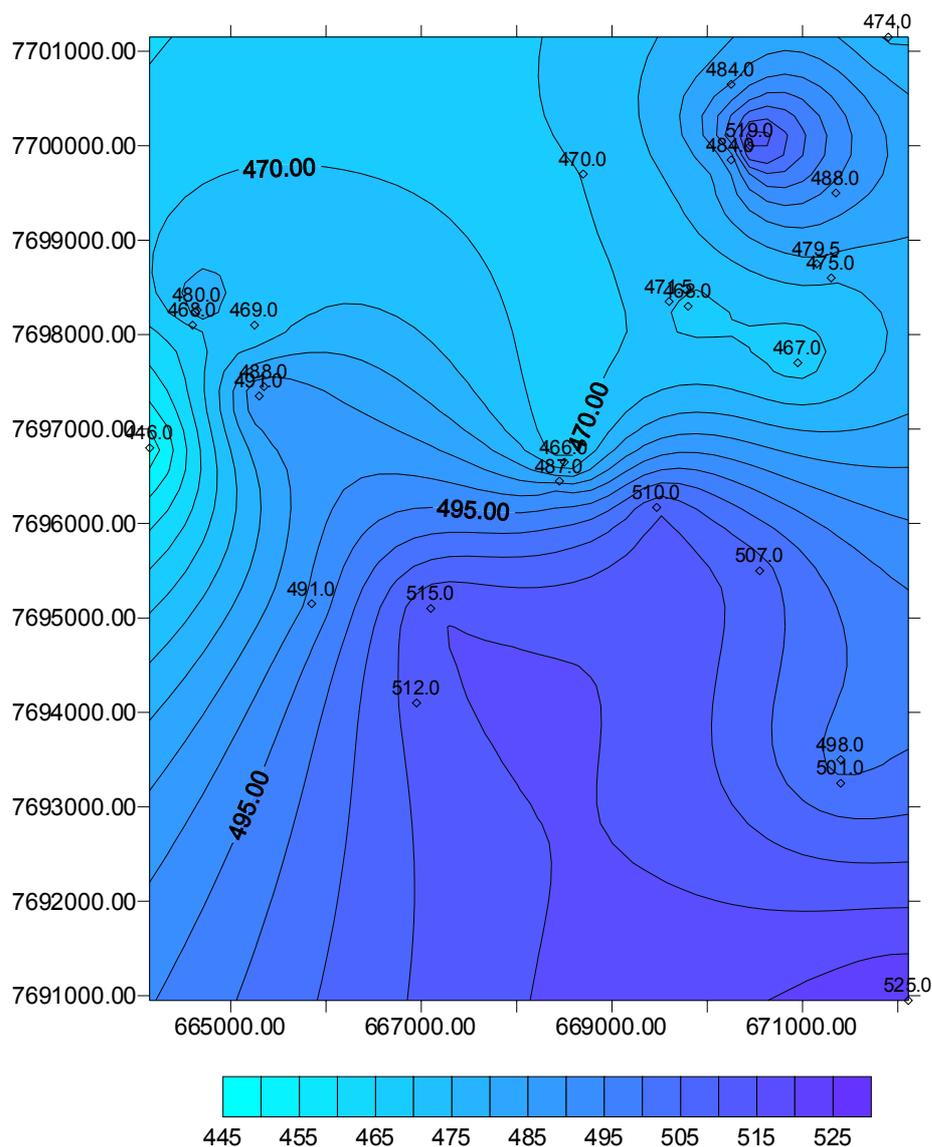


Figura 31 - Níveis estáticos estimados para a década de 70.

Na Figura 32 foram utilizados dados de poços mais recentes (década de 90). Esses mapas foram gerados por meio de krigagem simples, tendo por base os dados de níveis

estáticos dos poços catalogados no DAEE e disponíveis no Relatório Zero da Bacia do Turvo/Grande. O reflexo se dá, principalmente, em alguns poços, que eram jorrantes nos anos 70 e hoje apresentam nível estático a mais de 10 m de profundidade. Em média, pode ser visualizado, por meio da comparação dessas figuras, um rebaixamento de 20 m nos níveis estáticos. Esse rebaixamento indica um déficit hídrico, provocado pela excessiva exploração do aquífero.

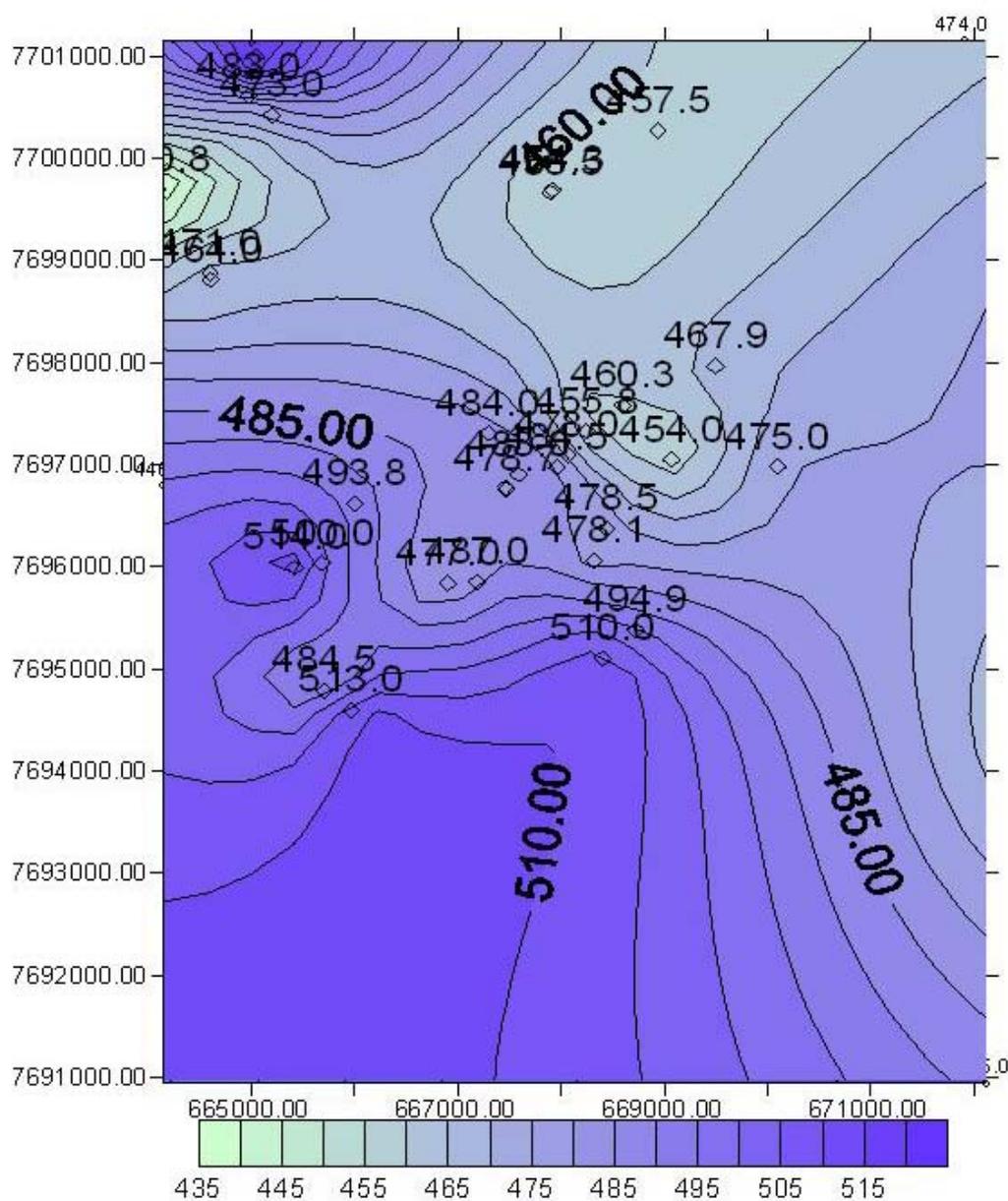


FIGURA 32 - Níveis estáticos gerados por krigagem para a década de 90.

4.1.3 Estimativa do nível dinâmico

Os níveis dinâmicos calculados para a região de São José do Rio Preto atingiram 130m de profundidade, conforme apresentado na Figura 33. Em razão do excesso de poços e da interferência dos cones de depressão, há elevada proximidade entre as curvas de isovalores na região central e no conjunto de poços localizado na zona alta da cidade.

Os valores negativos encontrados são reflexo da baixa densidade de informações sobre os níveis, nas regiões mais distantes do centro, em direção ao sudeste.

Para um bom desempenho do presente modelo, seria necessário obter dados de campo, com testes de bombeamento de todos os poços catalogados; prática que não é comumente adotada por empresas perfuradoras, por onerar a construção de poços contratados.

Com base nesse mapa, pode-se estimar a profundidade de perfuração necessária para atingir o nível estático em novos poços. Evidentemente, deve-se evitar essas regiões com nível dinâmico muito profundo, pois além de indicarem superexploração, os custos de elevação de água serão proibitivos.

4.1.4 Velocidade

A velocidade média do Aquífero Bauru na região de estudo foi estimada pelo modelo como sendo de 96,32 m/ano, considerando as condições de contorno físico do domínio e toda a complexidade existente em razão das contribuições internas de córregos e da quantidade elevada de poços de bombeamento na região. O gráfico com os vetores de velocidade é apresentado na Figura 34.

A distribuição de velocidades é homogênea. Nas proximidades dos poços pode-se observar velocidades mais elevadas.

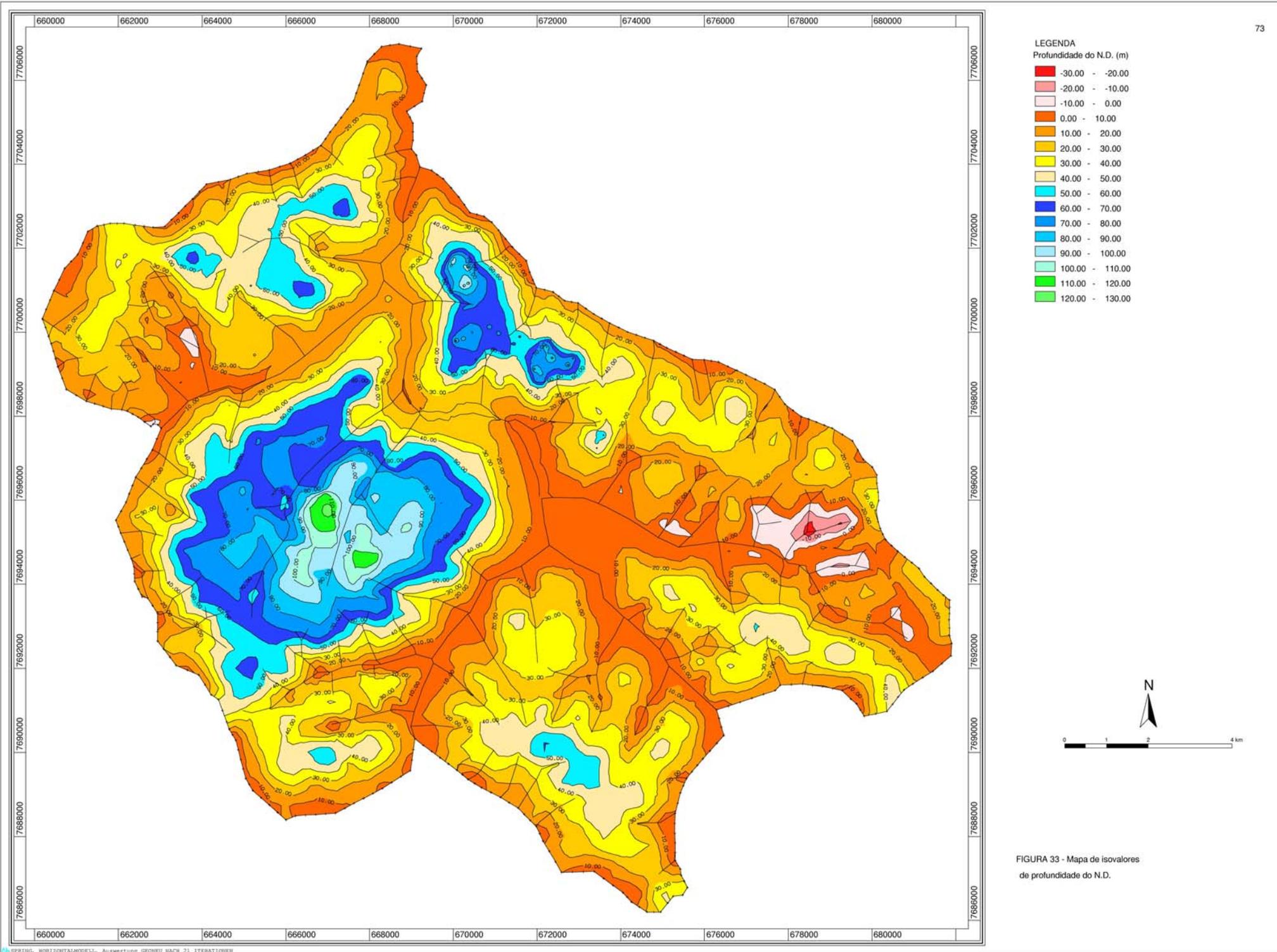
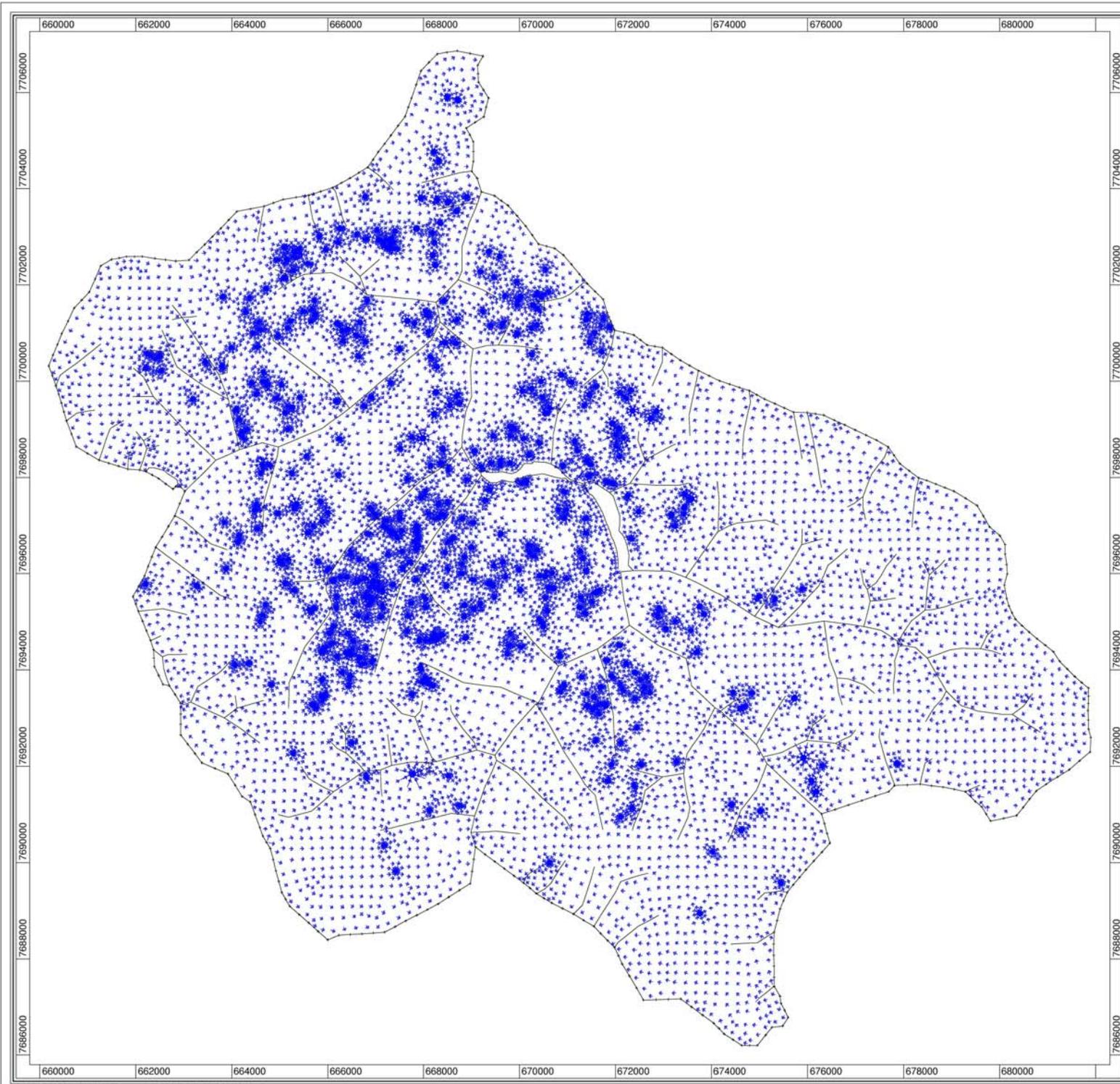


FIGURA 33 - Mapa de isovalores de profundidade do N.D.



LEGENDA
→ Vektor velocidade



FIGURA 34 - Mapa de vetores de velocidade de escoamento.

4.2 Análise de cenários

Admitindo que o modelo base reproduz razoavelmente a situação hidrogeológica atual em São José do Rio Preto, pode-se desenvolver cenários de comportamento futuro, em função de mudanças climáticas ou evolução urbana no município.

Nesse sentido, foram verificadas duas hipóteses em relação ao comportamento hidráulico do modelo. Foram inseridos no sistema fatores de *stress*, ou seja, novas conjunturas que podem afetar a resposta do ferramental desenvolvido para a análise do Aquífero Bauru.

A escolha dos cenários procurou levar em conta as diretrizes de crescimento da cidade de São José do Rio Preto, estipuladas pelos órgãos competentes. A análise dos dados hidrológicos da região de estudo, principalmente no que tange à recarga pela infiltração do volume precipitado, indica a necessidade de redução dos valores de taxa de infiltração, uma vez que os dados de chuva analisados apresentam valores muito abaixo da média para a região, como 966 mm no ano de 1954, segundo ARID et al. (1970). Este valor equivale a 74% da média precipitada anualmente na região.

4.2.1 Ampliação da área urbanizada

No primeiro diagnóstico efetuado no presente trabalho, foram inseridas duas novas aglomerações urbanas, a primeira localizada na região noroeste, entre o Córrego da Piedade e o Córrego São Pedro, e a segunda, na região sul, entre o Rio Preto e o Córrego dos Macacos. Essas áreas podem ser visualizadas na Figura 35, que apresenta as taxas de recarga correspondentes. Para as novas áreas, optou-se pela utilização de uma taxa de recarga de 65 mm/a, refletindo uma possível urbanização altamente densa e grande impermeabilização da área. Esse valor foi escolhido de forma a avaliar um cenário desfavorável do ponto de vista hídrico, representado por uma situação extrema de impermeabilização.

As mudanças de potencial hidráulico ocasionadas na área de estudo, apresentadas na Figura 36, não ocorreram de forma muito intensa onde já havia grande quantidade de poços produtores (centro da cidade). No entanto, nas áreas diretamente subjacentes, onde houve a retirada da contribuição de recarga, foi observada redução de 10 m no nível dinâmico. Essa redução é representada pelo deslocamento da isolinha de potencial de 480 m para a posição em que se encontrava anteriormente a isolinha de 490 m. Comportamento análogo pode ser observado para as linhas de isovalores de 490 m e 500 m.

Isso ocorreu mais acentuadamente na área sul, com inversão de parte da interação do Rio Preto com o aquífero, passando de efluente para influente, e com o aumento do trecho influente do Córrego dos Macacos. Isto poderia ocasionar uma diminuição do fluxo da água superficial de ambos os cursos d'água para a reserva existente na lagoa a jusante, com possível comprometimento do abastecimento público.

Analisando-se o mapa de espessuras da zona saturada (Figura 37), verifica-se que a inclusão de nova área urbana na região sul causou redução de 10 m a 20 m em toda a área a montante da região. A instituição de nova área a noroeste, por sua vez, levou a uma diminuição menos abrangente da espessura da zona saturada, o que poderia, entretanto, ter reflexos sobre os poços mais próximos a esta nova área.

Diante do exposto, constatou-se que, para os dados coletados e inferidos no presente trabalho, não haveria mudanças substanciais de comportamento hidráulico em relação à atual situação observada em São José do Rio Preto, no que tange às direções de fluxo no sistema. No sistema modelado com esse cenário houve modificação no nível dinâmico, principalmente onde as novas áreas urbanas foram inseridas, com queda média de 10 m em cada uma das regiões estudadas.

Em relação à água superficial, entretanto, haveria redução do fluxo de base do Rio Preto antes da chegada à primeira represa que abastece a população da cidade.

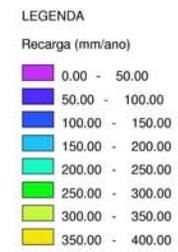
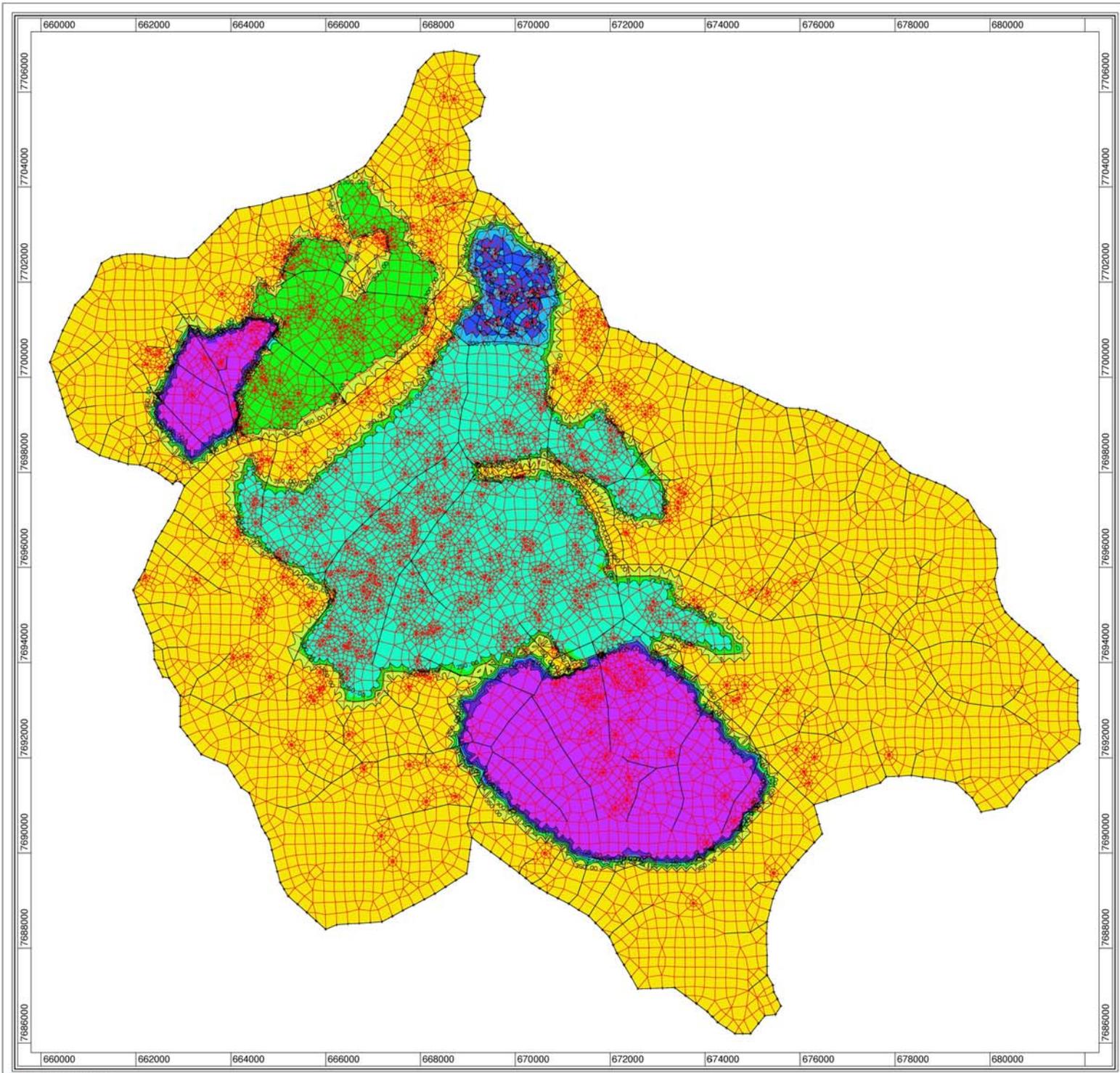
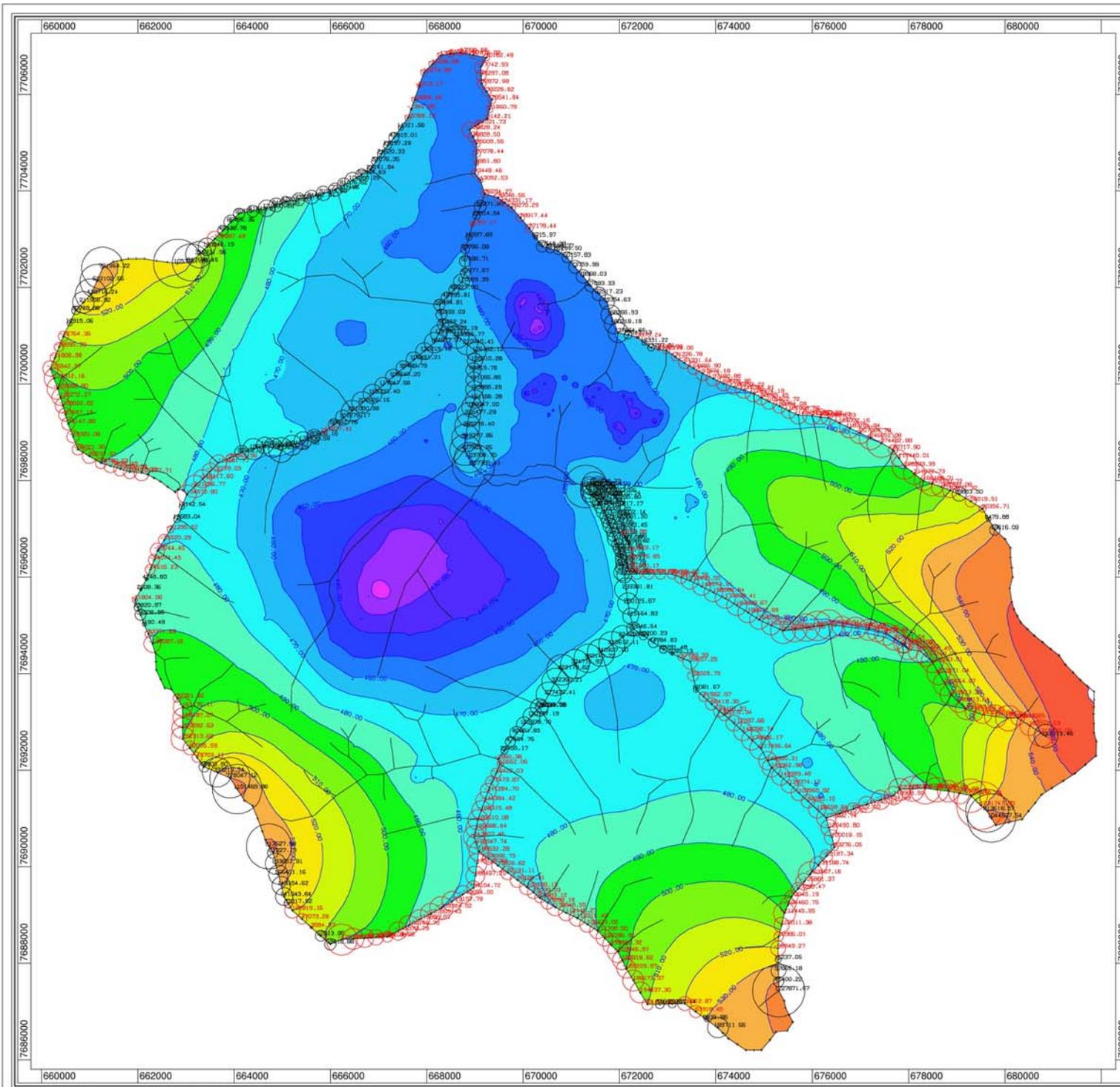


FIGURA 35 - Mapa de taxas de recarga para o crescimento da periferia.



LEGENDA

Potencial (m)

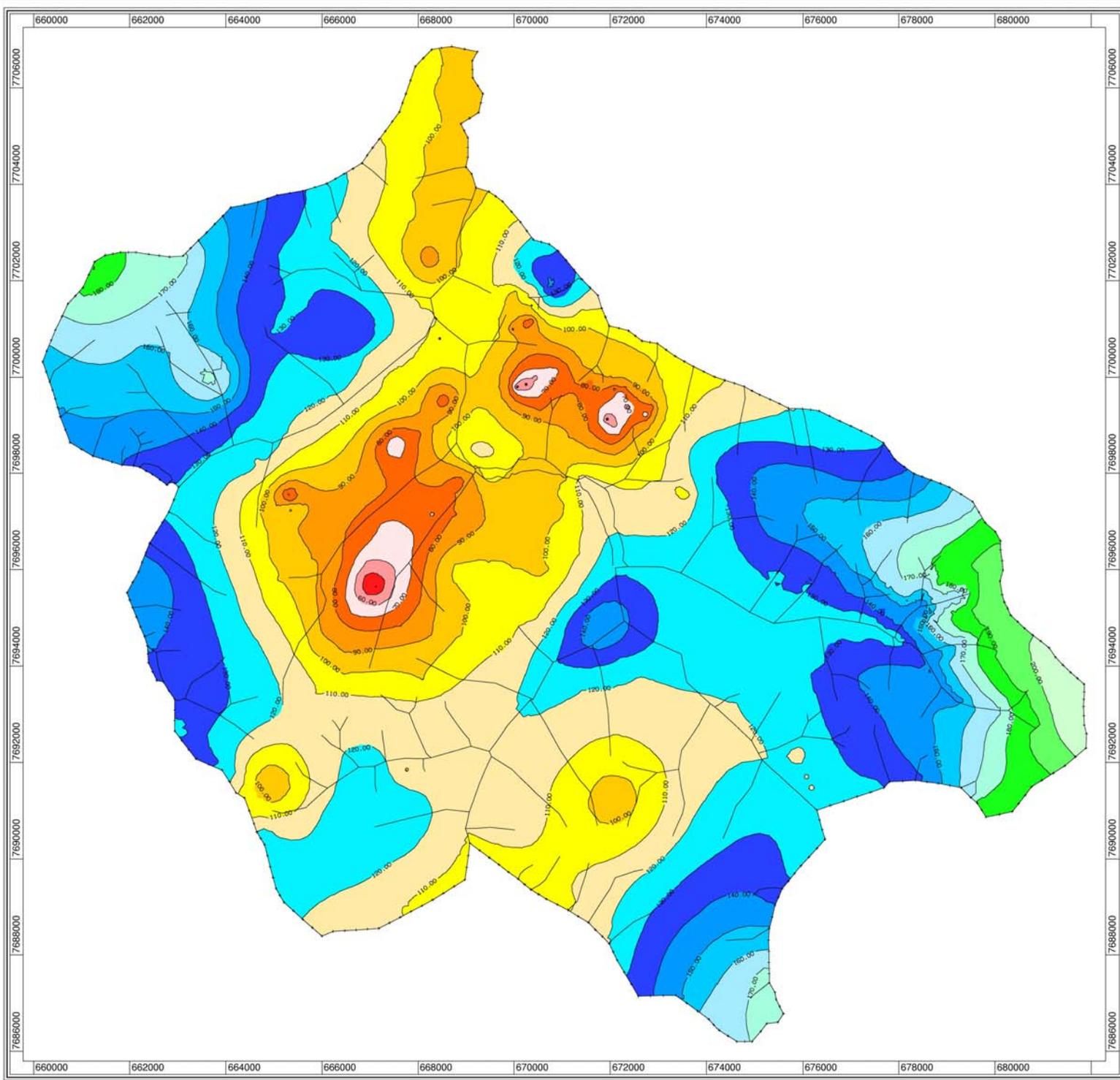
- 410.00 - 420.00
- 420.00 - 430.00
- 430.00 - 440.00
- 440.00 - 450.00
- 450.00 - 460.00
- 460.00 - 470.00
- 470.00 - 480.00
- 480.00 - 490.00
- 490.00 - 500.00
- 500.00 - 510.00
- 510.00 - 520.00
- 520.00 - 530.00
- 530.00 - 540.00
- 540.00 - 550.00
- 550.00 - 560.00

(pos / neg) Descarga / recarga dos rios (m3/ano)



FIGURA 36 - Mapa de isolinhas do potencial

para a zona urbanizada expandida.



LEGENDA
Espessura (m)

40.00 - 50.00
50.00 - 60.00
60.00 - 70.00
70.00 - 80.00
80.00 - 90.00
90.00 - 100.00
100.00 - 110.00
110.00 - 120.00
120.00 - 130.00
130.00 - 140.00
140.00 - 150.00
150.00 - 160.00
160.00 - 170.00
170.00 - 180.00
180.00 - 190.00
190.00 - 200.00
200.00 - 210.00

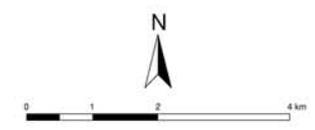


FIGURA 37 - Mapa de isovalores de espessura da zona saturada (crescimento da zona urbanizada).

4.2.2 Redução de precipitação

Um segundo cenário foi criado para verificar a influência da redução da precipitação sobre o comportamento do aquífero. Na Figura 38 podem ser visualizadas as taxas de infiltração adotadas nesse modelo.

Foi considerada redução de apenas 10% do volume total precipitado, com diminuição das taxas de recarga em todas as áreas da região de estudo. Mesmo havendo dados com valores de precipitação 30% menores que a média anual estimada, tal simulação não foi possível, pois caso fosse reduzida a recarga nesse percentual, em regime permanente de escoamento, o aquífero sofreria uma redução expressiva da espessura saturada, conduzindo à sua depleção completa em algumas regiões centrais. Numericamente, isso se traduz em problemas de convergência no cálculo iterativo da espessura saturada (modelo não-linear de Dupuit). Nesse caso, a simulação seria possível apenas em regime transiente. Essa alternativa não foi avaliada, uma vez que o modelo apresenta ainda deficiências que somente poderão ser eliminadas por meio de levantamentos específicos de campo.

Para o cenário estudado, o comportamento do potencial hidráulico do aquífero sofreu grandes modificações, tendo a área central apresentado valores de carga hidráulica inferiores a 410 m (Figura 39). Observou-se também, para a parte alta da cidade, redução para níveis abaixo do inferido quando utilizado o valor total da precipitação. Mesmo o potencial hidráulico da região sudeste, anteriormente mais abrangente, foi reduzido. Mudanças menos significativas ocorreram nas regiões sul e sudoeste, porém o mais grave problema ocorreu na zona central da cidade.

O reflexo sobre a espessura da zona saturada (Figura 40) também foi mais forte na área central da cidade, passando de 50 m para níveis abaixo de 40 m, mostrando que o controle da quantidade de poços é um fator decisivo para manter o equilíbrio do sistema. No geral, a espessura da zona saturada diminuiu 10 m em toda a região de estudo e 20 m na região central.

Os reflexos da diminuição de potencial hidráulico e espessura da zona saturada poderão ser vistos no futuro. Tendo sido consumida toda a recarga transitória (explotável) e grande parte da reserva ativa, a reserva permanente será comprometida, uma vez que os poços precisarão ser perfurados numa profundidade cada vez maior para atender às demandas da população e de outros usos consuntivos.

Em relação à profundidade do nível dinâmico (Figura 41), a queda ocorreu mais acentuadamente na área central, passando de um nível máximo de 110 m para valores acima de 120 m. O decaimento dos níveis d'água, principalmente na área central, poderá levar a região mais densamente povoada da cidade de São José do Rio Preto a um colapso.

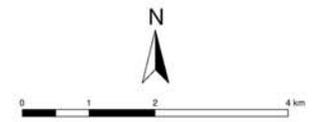
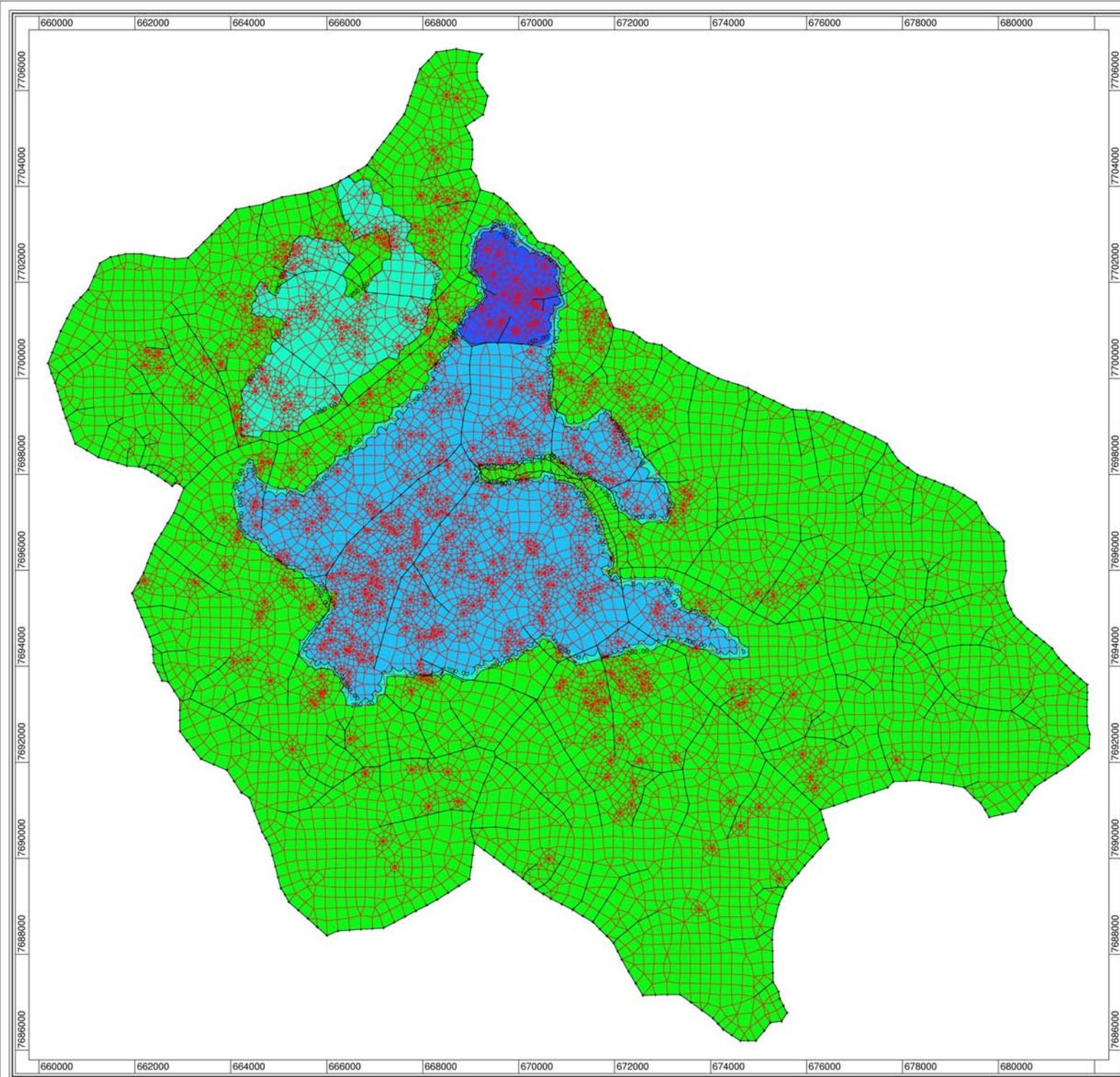
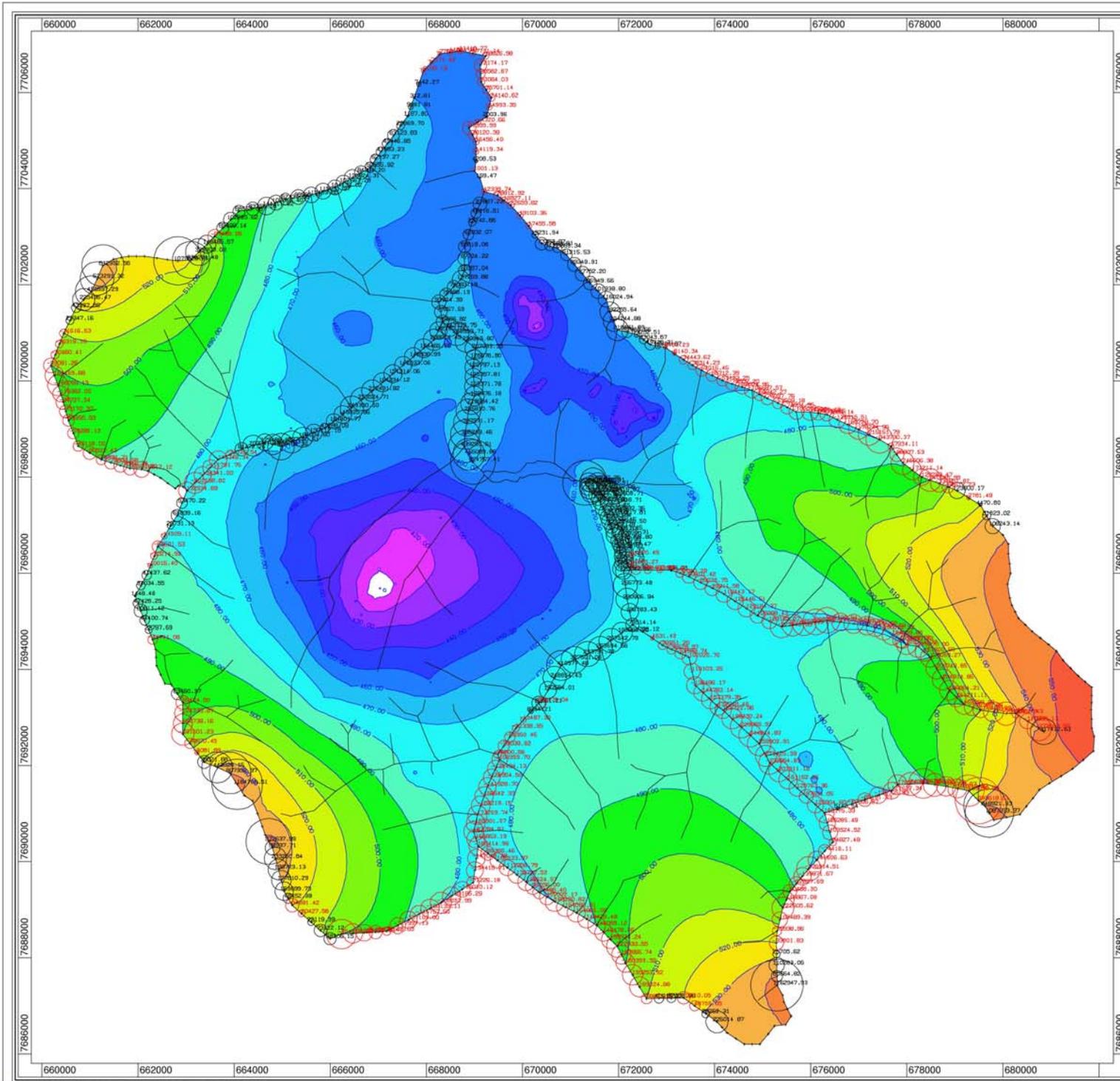


FIGURA 38 - Mapa das taxas de recarga (chuva reduzida).



LEGENDA

Potencial (m)

- 410.00 - 420.00
- 420.00 - 430.00
- 430.00 - 440.00
- 440.00 - 450.00
- 450.00 - 460.00
- 460.00 - 470.00
- 470.00 - 480.00
- 480.00 - 490.00
- 490.00 - 500.00
- 500.00 - 510.00
- 510.00 - 520.00
- 520.00 - 530.00
- 530.00 - 540.00
- 540.00 - 550.00
- 550.00 - 560.00

(pos / neg) Descarga / recarga dos rios (m3/ano).



FIGURA 39 - Mapa de isolinhas do potencial de carga subsuperficial. (chuva reduzida).

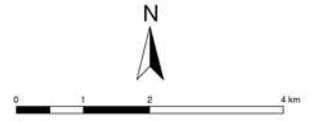
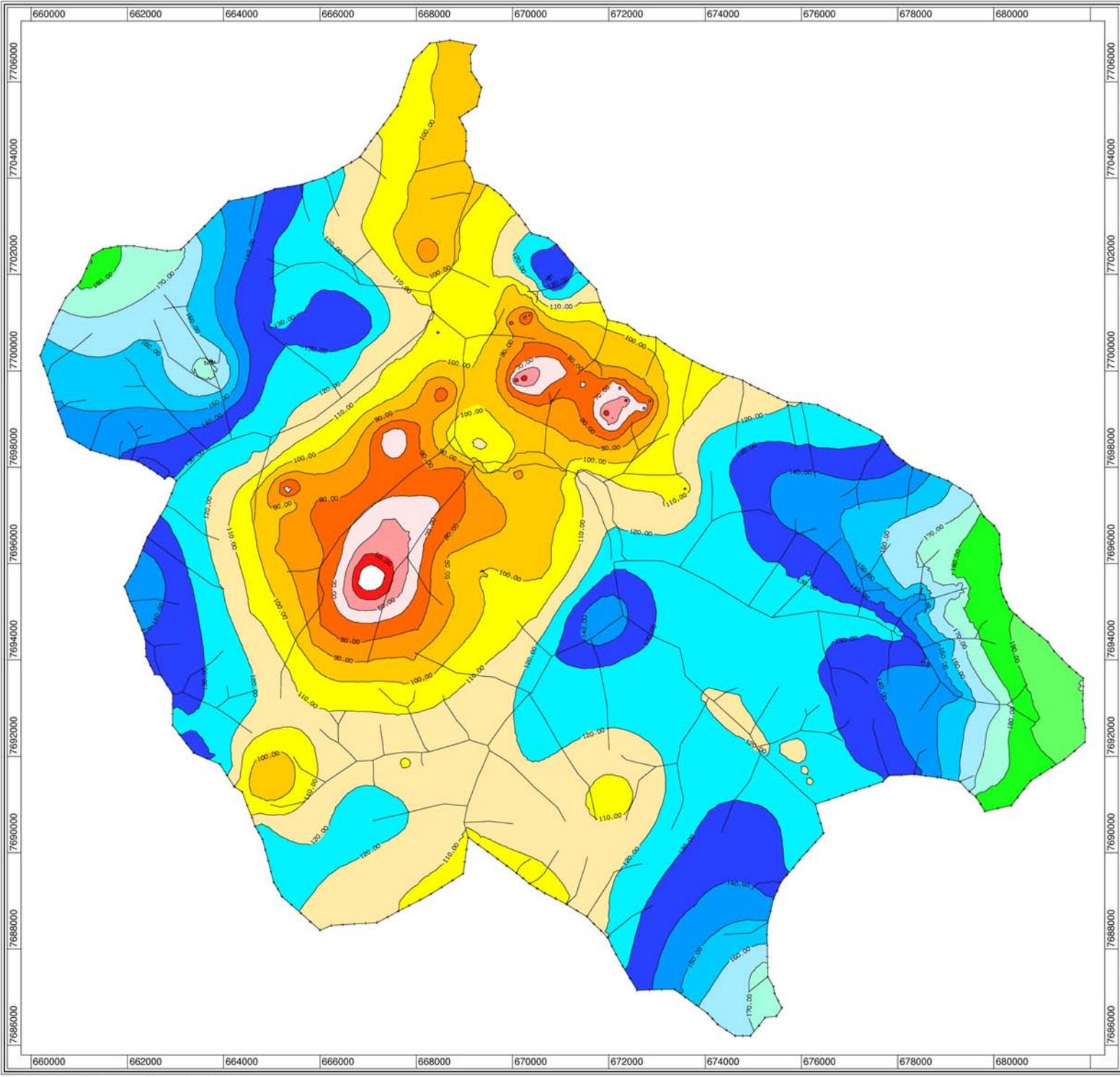


FIGURA 40 - Mapa de espessura da zona saturada (chuva reduzida).

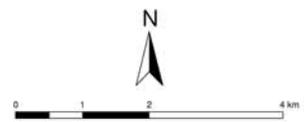
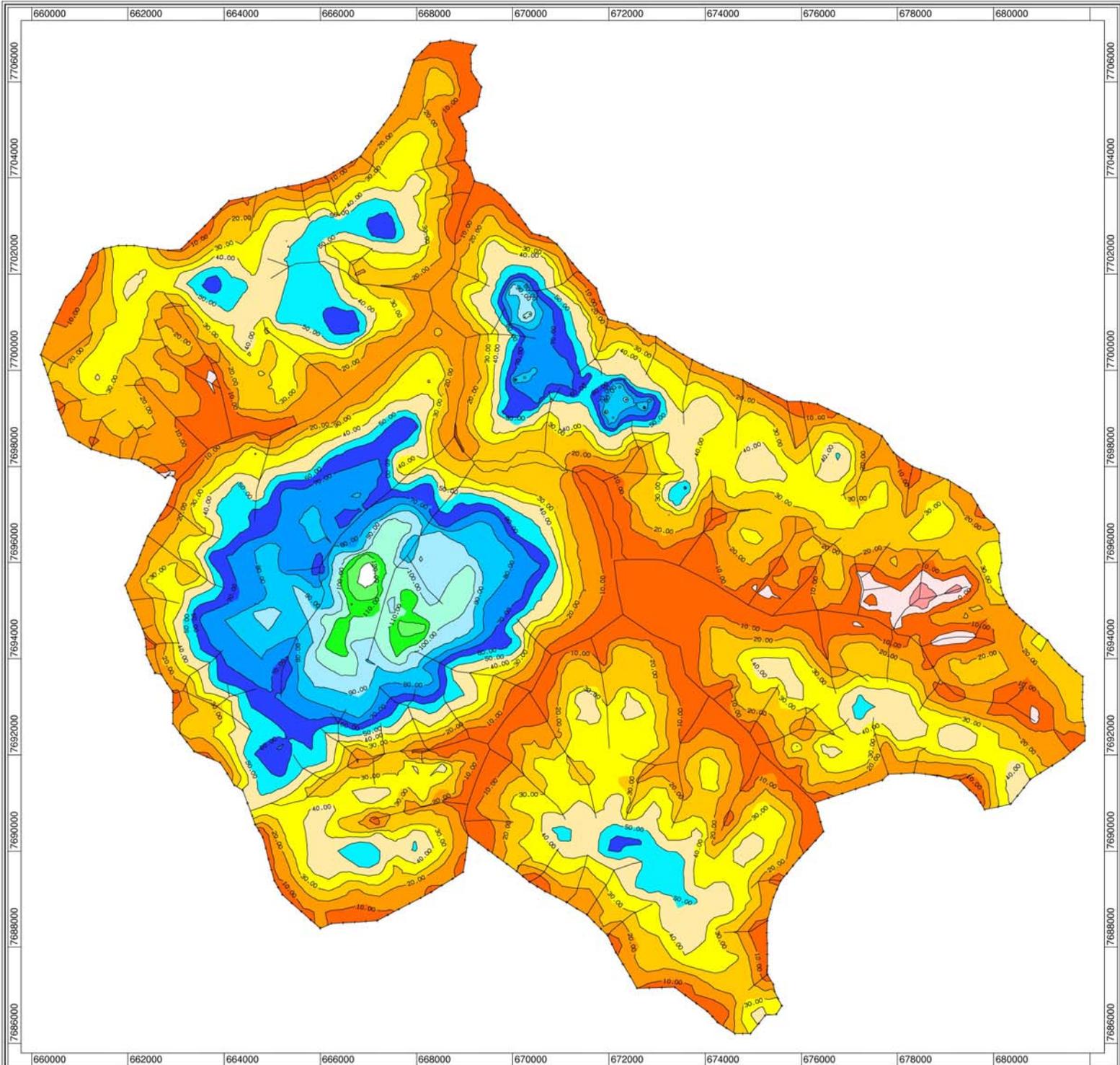


FIGURA 41 - Mapa de isovalores de profundidade do N.D. (chuva reduzida).

5. Conclusões e recomendações

A crescente utilização de mananciais subterrâneos para o abastecimento público torna a modelação numérica do fluxo de água subterrânea uma ferramenta imprescindível na tomada de decisões relativas ao gerenciamento desse recurso hídrico. Nesse contexto, o meio acadêmico representa o ambiente ideal para o desenvolvimento e avaliação de ferramentas e metodologias adequadas ao gerenciamento de águas subterrâneas, sob a ótica específica de problemas com características nacionais.

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia de gerenciamento, visando a sua possível sistematização e utilização pelos órgãos gestores dos recursos hídricos subterrâneos. O ferramental desenvolvido enfocou a descrição, a catalogação e a extrapolação dos dados necessários à representação de todas as características físicas e hidrogeológicas da área de estudo, visando à definição de um modelo conceitual de fluxo. Posteriormente foi sistematizada a disponibilização em formato adequado à sua utilização no ambiente de trabalho do pacote SICK100, desenvolvido na Faculdade de Engenharia Civil da *Ruhr-Universität Bochum*. Esse pacote computacional, baseado no Método de Elementos Finitos, permite a construção de modelos de fluxo de alta complexidade, sendo executado sob plataforma LINUX.

A área urbana da cidade de São José do Rio Preto, abastecida principalmente por poços tubulares que captam água do Aquífero Bauru, foi selecionada para a aplicação prática da metodologia desenvolvida. A região tem mais de 400 poços produtores cadastrados e 3500 poços clandestinos, que retiram aproximadamente 5000 m³/h do aquífero livre. Com base nessas informações e dados climáticos regionais, foi construído um modelo numérico, que permitiu simular toda a complexidade hidrogeológica da região. Foram feitos também prognósticos para dois cenários distintos: um com diminuição da precipitação e outro com o aumento da área urbanizada e conseqüente impermeabilização. Os reflexos dessas duas hipóteses na dinâmica atual foram avaliados, sendo possível notar um colapso do sistema de captação, na região central da cidade, caso um dos prognósticos venha a ocorrer.

O modelo proposto, com base em dados cadastrados, sem envolver ensaios de campo, mostrou-se exequível para as simulações propostas e servirá como ferramenta para futuras avaliações do comportamento e do gerenciamento do Aquífero Bauru. Havia necessidade da construção de um modelo para a região, um vez que, desde o início da década de 90, vêm sendo feitas alertas quanto à diminuição do nível estático dos poços na região, em razão do uso descontrolado do manancial subterrâneo. A proposição de um modelo de gerenciamento para o Aquífero Bauru, capaz de reproduzir sua complexidade e

suas peculiaridades dentro do sistema hidrogeológico, pode ser considerado um avanço no campo da modelação regional.

A sistematização efetuada para a confecção do modelo, com a busca e a avaliação de todos os dados relacionados à região de estudo e ao aquífero a ela pertencente darão aos órgãos gestores condições de direcionar um uso mais sustentável do Aquífero Bauru na região urbana de São José do Rio Preto.

As visualizações do comportamento do modelo quanto à carga hidráulica, os níveis dinâmicos e a espessura da zona saturada aparecem como parte da contribuição do presente trabalho ao setor de gestão da água subterrânea, para que se possa inferir a respeito do comportamento hidráulico do modelo desenvolvido. O ferramental desenvolvido demonstrou ser útil ao gerenciamento de recursos hídricos, tendo incrementado o conhecimento das condições do fluxo na região.

O balanço hídrico realizado para a bacia considerada indica uma deficiência hídrica considerável no sistema de abastecimento. Essa constatação corrobora e justifica o rebaixamento de níveis estáticos e dinâmicos observados no Aquífero Bauru, conforme relatado no Plano Estadual de Recursos Hídricos (1990).

Vale salientar que o modelo criado é uma ferramenta que deve ser continuamente reciclada, no que tange aos dados de entrada e às características hidrogeológicas da região, de forma a desenvolver previsões cada vez mais acuradas e realistas. O monitoramento do aquífero, principalmente das cargas hidráulicas, é crucial para que se possa ajustar o modelo de maneira eficaz às constantes mudanças das condições hídricas do sistema.

A partir de dados atualizados, pode-se em trabalhos futuros, estudar o comportamento do aquífero em regime transiente. Para esse fim, recomenda-se a realização de testes de bombeamento em pontos específicos da área de estudo, cobrindo de maneira representativa as possíveis diferentes formações presentes em São José do Rio Preto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTSON, P.E.; HENNINGTON, G.W. (1996). Groundwater analysis using a Geographic Information System following finite-difference and –element techniques, *Engineering Geology*, 42, p. 167-173.
- ANDERSON; WOESSNER (1992). *Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport*. Academic Press, Inc. 383 p.
- ARID, F.M.; CASTRO, P.R.M., BARCHA, S.F. (1970). Estudos hidrogeológicos no município de São José do Rio Preto, SP. *Bol. Soc. Bras. Geol.*, v. 19, n. 1, p. 43-69.
- BARCHA, S.F. (1980). *Aspectos geológicos e províncias hidrogeológicas da Formação Baru na região norte-ocidental do Estado de São Paulo*. São José do Rio Preto. 209p. Tese (Livre Docência – Área de Geociências) – Departamento de Geociências, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto, Unesp.
- BARCHA, S.F. (1985). Condicionamento geológico da água subterrânea em São José do Rio Preto, SP. *Geociências*, v. 4, p. 57-68.
- BARCHA, S.F. (1997). Urbanização e impacto sobre aquíferos, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 12. 1997. *Anais*. Vitória, vol. 3, p. 683-687.
- BARCHA, S.F. (1998). Água e abastecimento urbano em São José do Rio Preto, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 10. 1998. *Anais*. São Paulo, ABAS, CD-ROM.
- BEAR, J. (1979). *Hydraulics of groundwater*. New York, McGraw-Hill Book Co.

- BEAR, J.; VERRUIJT, A. (1994). *Modeling groundwater flow and pollution*. Dordrecht. D. Reidel Publishing Company.
- BRODIE, R.S. (1999). Integrating GIS and RDBMS technologies during construction of a regional groundwater model. *Environmental Modelling & Software*, v. 14, p. 119-128.
- CABRAL, J.J.S.; SANTOS, S.M.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; DEMETRIO, J.G.A.; CIRILO, J.A.; FILHO, J.M.; SANTOS, A.C.; MONTENEGRO, A.A.A. (1999). Ferramentas para o gerenciamento integrado dos aquíferos da região metropolitana de Recife. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13. Belo Horizonte, 1999. *Anais*. Belo Horizonte, ABRH. CD-ROM.
- CARRERA, J. (1988). State of the art of the inverse problem applied to the flow and solute transport equations. In: CUSTODIO, E; GURGUI, A.; LOBO FERREIRA, J.P. Groundwater, flow and quality modeling. NATO ASI Series, Series c, v. 224, p. 549-583.
- CARRERA, J.; NEUMAN, S.P. (1986). Estimation of aquifer parameters under transient and steady state conditions: 1. Maximum likelihood method incorporating prior information. *Water Resources Research*, v. 22, n. 2, p. 199-210, February.
- CERTES, A.; MARSILY, G. de. (1991). Application of the pilot point method to identification of aquifer transmissivities. *Advances in Water Resources*, v. 14, n. 5, p. 284-300.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB (1997a). *Uso das águas subterrâneas para o abastecimento público no Estado de São Paulo*. São Paulo, 48p.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. (1997b). *Relatório de qualidade das águas subterrâneas do Estado de São Paulo – 1997*. São Paulo, 106p. (Série Relatórios)
- CLEARY, R. (1989). Águas subterrâneas. In: RAMOS, F. et al. *Engenharia hidrológica*. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 2. 1^a. ed. Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, Cap. 5. p. 293-404.

- CLIFTON, P.M.; NEUMAN, S.P. (1982). Effects of kriging and inverse modeling on conditional simulation of Avra Valley aquifer in southern Arizona. *Water Resources Research*, v. 18, n. 4, p. 1215-1234, August.
- COOLEY, R.L. (1977). A method of estimating parameters and assessing reliability for models of steady state groundwater flow 1. Theory and numerical properties. *Water Resources Research*, v. 13, n. 2, p. 318-324, April.
- COOLEY, R.L. (1982). Incorporation of prior information on parameters into nonlinear regression groundwater flow models 1. Theory. *Water Resources Research*, v. 18, n. 4, p. 965-976, August.
- COOLEY, R.L.; KONIKOW, L.F.; NAFF, R.L. (1986). Nonlinear regression groundwater flow modeling of deep regional aquifer system. *Water Resources Research*, v. 22, n. 13, p. 1759-1778, December.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. (1976). *Estudo das águas subterrâneas. Regiões administrativas 7, 8 e 9* (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba). São Paulo, 3 vol.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE (1999). Água subterrânea: uma riqueza de São Paulo. *Revista águas e energia*, p. 75-80. Abril 1999.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE (2000). *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos*. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Obras, Governo do Estado de São Paulo. CD-ROM.
- DELHOME, J.P. (1978). Kriging in the hydrosociences. *Advances in Water Resources*, v. 1, n. 5, p. 251-266.
- DOHERTY, J. (1994). PEST – Model Independent Parameter Estimation, Watermark Numerical Computing. First Version.
- DRISCOLL, F. G. (1986). *Groundwater and wells*. Johnson Screens, 1089p.

- ENGEL, B.A.; NAVULUR, K.C.S. (1999). The role of geographical information systems in groundwater engineering. In: DELLEUR, J.W. (ed.). *The handbook of groundwater engineering*. CRC Press, Cap. 21, p. 21/1 – 20/40.
- FEITOSA, F.A.C; MANUEL FILHO, J. (2000). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Recife, CPRM, 392p.
- FERNANDES, L.A. (1998). *Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)*. São Paulo, 215p. Tese (Doutorado) - Programa de pós-graduação em Geologia Sedimentar, Instituto de Geociências, USP, São Paulo.
- FORTUNA, A. O. (2000). *Técnicas computacionais para dinâmica dos fluidos: conceitos básicos e aplicações*. EDUSP, São Paulo. 426p.
- GELHAR, L.W. (1993). *Stochastic subsurface hydrology*. New Jersey, Prentice Hall, Cap. 6, p. 341-347. Geostatistical approach to the inverse problem.
- GOGU, R.C.; CARABIAN G.; HALLET, V. (2001). GIS – based hydrogeological databases and groundwater modeling. *Hydrogeology Journal*, v. 9, p. 555-569.
- HANTUSH, M.S. (1964). Hydraulics of well. In: CHOW, V.T. (ed.). *Advances in hydroscience*. New York, Academic Press, p. 281-432.
- HARBAUGH, A.W.; McDONALD, M.G. (1996). *User's documentation for MODFLOW-96*, an update to the U.S. Geological Survey modular finite-difference ground-water flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 96-485.
- HAITJEMA, H.M. (1995). *Analytic element modeling of groundwater flow*. London/ San Diego, Academic Press.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. (1981a). *Mapa Geológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:500.000. São Paulo. 2v. (IPT. Monografias, 6. Publicação, 1 184).

- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT. (1981b). *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo*. Escala 1:1.000.000. São Paulo. 2v. (IPT. Monografias, 5. Publicação, 1 183).
- ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.N. (1989). *Applied geostatistics*. New York, Oxford University, 561p.
- KITANIDIS, P.K. (1999). Geostatistics: interpolation and inverse problems. In: DELLEUR, J.W. (ed.). *The handbook of groundwater engineering*. CRC Press, Cap. 12.
- KOHNKE, M.W. (2001). Análise da sensibilidade no modelamento de fluxo e transporte de águas subterâneas. *Boletim Informativo da Associação Brasileira de Água Subterrânea*. n. 116. p. 17. Julho.
- KONIKOW, L.F.; REILLY T.E. (1999). Groundwater Modeling. In: DELLEUR, J.W. (ed.) *The handbook of groundwater engineering*. CRC Press, Cap. 20, p. 20/1-20/40.
- KRESIC, N. (1997). *Quantitative solutions in hydrogeology and groundwater modeling*. Boca Raton, Florida, CRC Press.
- LANDIM, P.M.B. (1998). *Análise estatística de dados geológicos*. São Paulo, Fundação Editora da UNESP.
- LARABI, A., De SMEDT, F. (1997). Numerical solution of 3D groundwater flow involving free boundaries by a fixed finite element method. *Journal of Hydrology*, v. 201, p. 161-182.
- LAZARIM, H.A.; LOUREIRO, C.O. (2000). Modelagem hidrogeológica computacional do sistema de fluxo de águas subterâneas no bairro Jardim Canadá - Quadrilátero Ferrífero, Nova Lima, MG. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. 1., Fortaleza, 2000. *Anais*. Fortaleza, ABAS. CD-ROM.
- LEAP, D.I. (1999). Geological occurrence of groundwater. In: DELLEUR, J.W. (ed.). *The handbook of groundwater engineering*. CRC Press. Cap. 1. p. 1/1-1/52.

- LIMA, A.A. (2000). Estudo do lençol freático e avaliação hidrogeológica do aquífero Bauru na área urbana do município de São José do Rio Preto - SP. Trabalho de graduação. Instituto de Geociências e Ciências Exatas. UNESP - Rio Claro. 63p.
- MARSILY, G. de. (1986). *Quantitative hydrogeology*. San Diego, Academic Press
- MATSUZAKI, S.S. (1998). *Aplicação de modelo computacional de escoamento de água subterrânea no lixão de São Carlos*. São Carlos. 113p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- McDONALD, M.C.; HARBAUGH, A.W. (1988). *A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model*: U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 6, chap. A1.
- MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. (2001). *Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação*. Coleção geoprocessamento, v.1, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, RS.
- MENDONÇA et al. (1999). Simulação do cone de rebaixamento do poço 4-BO-01-PE na Chapada do Araripe utilizando o MODFLOW. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 13., Belo Horizonte, 1999. *Anais*. Belo Horizonte, ABRH. CD-ROM.
- MENDONÇA et al. (2001). Modelagem matemática dos aquíferos da Chapada do Araripe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., Aracaju, 1999. *Anais*. Aracaju, ABRH. CD-ROM.
- MICHIGAN (2002). Reports of Department of Environmental Quality. State of Michigan-USA. <http://www.deq.state.mi.us/erd/gwater>.
- NEUMAN, S.P.; YAKOWITZ, S. (1979). A statistical approach to the inverse problem of aquifer hydrology 1. Theory. *Water Resources Research*, v. 15, n. 4, p. 845 -860, August.

- NOBRE, M.M.M.; NOBRE, R.C.M. (2001). Caracterização hidrogeológica para o uso racional e proteção dos mananciais subterrâneos em Maceió, AL. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 6, n. 5, p. 7-20, Jan/Mar.
- OLSTHOORN, T.N. (1999). A comparative review of analytic and finite difference models used at the Amsterdam Water Supply. *Journal of Hydrology*, v. 226, p. 139-143.
- POLLOCK, D.W. (1994). *User's guide for MODPATH/MODPATH-PLOT, version 3: a particle tracking post-processing package for MODFLOW*, the U.S. Geological Survey finite-difference groundwater flow model: U.S. Geological Survey Open-File Report 94-464, 234 p.
- RAYNE, T.W.; BRADBURY, K.R.; MULDOON, M.A. (2001). Delineation of capture zones for municipal wells in fractured dolomite, Sturgeon Bay, Wisconsin, USA. *Hydrogeology Journal*, v. 9, p. 432-450.
- REBOUÇAS, A.C. (1999). Águas Subterrâneas. In: *Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras Editora, São Paulo. Cap. 4, p117-151.
- SCHMID, G.; OBERMANN, P.; BRAESS, D. et al. (1992), SICK100 Berechnung von stationären und instationären Grundwasserströmungen und Stofftransport. Programmbeschreibung. Arbeitsgruppe Grundwassermodellierung, Ruhr-Universität Bochum, Germany.
- SUN, N.Z. (1994). *Inverse problems in groundwater modeling*. Norwell, MA. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.
- USGS (1997). *Modeling groundwater flow with MODFLOW and related programs*. U. S. Geological Survey. USGS Fact Sheet. FS 121-97.
- VAN DER HEIJE, P. et al. (1985). *Groundwater management: the use of numerical models*. American Geophysical Union. Washington, DC. 2nd. ed. (Water Resources Monograph 5)
- VIEIRA, L.S. (1988). *Manual da ciência do solo, com ênfase aos solos tropicais*. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 464p.

- VISSMAN, W.; LEWIS, G.L. (1996). *Introduction to hydrology*. 4. ed., 759p. Harper Collins, New York.,
- VIVES, L.; CAMPOS, H.; CANDELA, L.; GUARRACINO, L. (2000). Premodelo de flujo del Acuífero Guarani, In: JOINT WORLD CONGRESS ON GROUNDWATER, 1., Fortaleza, CE, CD-ROM.
- YEH, W.W-G. (1986). Review of parameter identification procedures in groundwater hydrology: the inverse problem. *Water Resources Research*, v. 22, n. 2, p. 95-108, February.
- YEH, W.W-G. (1975). Aquifer parameter identification. *Journal of the Hydraulics Division*, v. 9. p. 1 197-209, Sept.
- WANG, H.F.; ANDERSON, M.P. (1982). *Introduction to groundwater modeling: finite difference and element methods*. San Diego, Academic Press.
- WINSTON, R.B. (1999). MODFLOW – related freeware and shareware resources on the internet. *Computers & Geosciences*, v. 25, p. 377-382.
- ZIMMERMAN, D.A. et al. (1998). A comparison of seven geostatistically based inverse approaches to estimate transmissivities for modeling advective transport by groundwater flow. *Water Resources Research*, v.34, n.6, p. 1373-1413, June.

ANEXOS

ANEXO 1 – Dados de temperatura da região de estudo

ANEXO 1 – Temperatura – São José do Rio Preto, Médias de 1996 a 2000. Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral – CATI. Escritório de Desenvolvimento Rural de São José do Rio Preto – EDR – SJRP.

MÊS	1 9 9 6			1 9 9 7			1 9 9 8			1 9 9 9			2 0 0 0			M É D I A		
	MÁX	MÍN	MÉD	MÁX	MÍN	MÉD												
JAN	32,87	22,35	27,61	31,60	22,00	26,80	35,68	22,42	31,60	33,62	21,84	27,73	33,22	21,42	27,35	33,39	22,01	27,70
FEV	33,38	22,75	28,06	33,71	23,21	28,46	35,00	22,50	28,75	34,29	21,57	27,93	32,59	21,38	26,99	33,79	22,28	28,03
MAR	32,70	21,83	27,30	33,87	20,65	27,26	34,00	22,16	28,08	33,87	21,55	27,71	31,96	20,96	26,46	33,28	21,43	27,36
ABR	31,90	20,23	26,06	30,93	19,03	24,98	32,43	19,96	26,19	32,63	18,17	25,40	32,27	18,70	25,48	32,08	19,21	25,62
MAI	28,58	16,64	22,61	27,67	16,45	22,06	27,45	21,33	15,22	28,94	14,45	21,70	22,65	15,06	21,85	28,25	16,78	20,68
JUN	26,46	13,53	19,99	25,17	13,13	19,15	26,06	14,04	20,50	28,27	13,20	20,74	28,43	14,87	21,65	26,87	13,75	20,40
JUL	27,64	12,35	19,99	28,70	14,29	21,50	30,13	13,48	21,86	30,42	16,10	23,26	26,32	10,87	18,59	28,64	13,41	21,03
AGO	31,96	16,38	24,17	30,71	14,80	22,75	29,54	16,83	23,19	32,13	15,06	23,60	30,61	15,71	23,16	30,99	15,75	23,37
SET	31,10	18,13	24,61	34,84	19,00	26,92	32,17	18,30	25,34	33,03	17,97	25,50	30,87	17,83	24,35	32,40	18,24	25,33
OUT	32,51	20,37	26,44	34,58	20,30	27,44	32,92	19,39	25,96	34,55	19,13	26,84	37,10	21,35	29,23	34,33	20,10	27,18
NOV	31,16	20,90	26,03	34,20	22,10	28,15	34,27	19,57	26,92	33,50	18,73	26,12	32,90	20,67	26,78	33,20	20,39	26,80
DEZ	33,00	21,96	27,48	34,83	22,20	28,33	33,00	21,42	27,21	33,94	21,00	27,47	33,19	21,19	27,19	33,59	21,55	27,55

ANEXO 2 – Dados de pluviometria para a região de estudo

Município	Prefixo	Nome	Altitude	Latitude	Longitude	Bacia
São José do Rio Preto	B6-020	São José do Rio Preto	470 m	20°48'	49°23'	Preto

Obs: valores com * representam dados não consistidos e células com --- representam valores inexistentes

CHUVA MENSAL (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1941	249,2*	100,2*	121,6*	82,1*	0,0*	0,0*	57,1*	3,0*	155,8*	55,4*	181,0*	130,7*
1942	172,4*	307,1*	123,4*	204,0*	59,0*	0,0*	0,0*	0,0*	76,0*	22,6*	260,2*	181,0*
1943	248,9*	295,4*	191,1*	29,0*	22,0*	30,0*	0,0*	0,0*	44,0*	253,2*	149,1*	57,0*
1944	144,0*	109,0*	74,0*	53,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	121,4*	198,6*	31,0*
1945	85,5*	192,8*	5,0*	6,0*	0,0*	0,0*	30,6*	0,0*	8,4*	129,6*	144,2*	73,3*
1946	190,5*	29,8*	---	3,0*	0,0*	4,2*	54,0*	0,0*	6,4*	167,1*	202,5*	212,3*
1947	419,7*	207,6*	168,1*	0,0*	64,0*	0,0*	0,0*	66,8*	98,0*	263,5*	130,5*	217,8*
1948	220,2*	230,8*	---	25,3*	19,5*	0,0*	9,0*	26,0*	8,0*	86,4*	129,8*	142,1*
1949	287,3*	190,0*	36,2*	40,8*	55,7*	0,0*	0,0*	0,0*	9,8*	95,2*	38,2*	485,3*
1950	245,4*	155,0*	156,7*	20,1*	0,0*	5,3*	0,0*	0,0*	0,0*	140,4*	381,8*	148,4*
1951	537,3*	107,1*	191,0*	58,1*	26,4*	11,3*	0,0*	8,0*	0,0*	120,6*	239,8*	128,0*
1952	152,0*	167,0*	184,3*	11,0*	0,0*	94,0*	0,0*	0,0*	10,0*	182,0*	66,5*	201,0*
1953	105,5*	86,0*	129,7*	28,0*	5,5*	9,5*	32,0*	5,5*	31,5*	1,5*	76,0*	20,6*
1954	140,3*	77,7*	94,3*	63,0*	373,3*	2,9*	0,0*	0,0*	91,6*	136,9*	107,7*	85,0*
1955	62,1*	48,9*	64,7*	23,0*	4,6*	81,3*	0,0*	37,4*	0,0*	49,8*	52,2*	---
1956	78,3*	152,1*	38,8*	125,4*	169,7*	101,0*	24,6*	7,5*	14,7*	6,0*	0,0*	21,2*
1957	31,2*	34,7*	14,6*	27,0*	2,0*	2,0*	111,4*	98,3*	63,6*	79,8*	132,4*	---
1958	---	121,7*	102,1*	59,6*	143,8*	77,0*	1,4*	1,2*	12,5*	108,6*	111,4*	72,1*
1959	444,9*	81,9*	157,0*	83,0*	7,2*	17,0*	0,0*	5,9*	31,0*	248,7*	142,5*	104,6*
1960	126,3*	317,0*	114,5*	45,7*	52,9*	67,9*	0,0*	21,6*	4,5*	134,1*	175,5*	123,5*
1961	297,4*	417,3*	108,1*	115,7*	25,8*	0,0*	0,0*	14,3*	2,4*	36,2*	115,8*	296,9*
1962	226,9*	144,5*	170,4*	6,4*	18,6*	93,2*	2,3*	3,1*	187,0*	58,7*	29,7*	266,0*
1963	207,8*	151,4*	65,4*	31,5*	0,0*	0,0*	---	---	---	---	---	83,1*
1964	246,9*	392,1*	172,4*	---	107,6*	25,7*	14,7*	3,5*	90,6*	---	---	---
1965	200,5*	188,9*	146,5*	16,0*	20,7*	21,8*	94,1*	4,7*	65,2*	81,3*	125,8*	240,1*
1966	164,6*	133,2*	172,4*	24,4*	73,8*	0,0*	0,0*	36,5*	37,2*	97,9*	113,7*	225,0*
1967	180,6*	213,9*	---	8,7*	3,9*	44,6*	0,2*	0,0*	37,2*	100,9*	156,8*	176,8*
1968	158,3*	88,2*	76,7*	24,0*	4,3*	0,0*	2,4*	20,9*	18,1*	95,2*	68,1*	148,9*
1969	110,9*	155,2*	52,0*	48,3*	7,9*	23,9*	9,7*	2,4*	38,7*	155,8*	169,3*	115,0*
1970	260,4	269,1	65,2	23,6	19,1	61,7	26,0	22,3	51,0	141,3	42,4	108,8
1971	69,9	87,8	177,1	39,3	119,9	99,7	51,0	0,0	99,0	108,1	83,2	281,6
1972	284,5	337,0	106,6	33,7	104,5	0,0	79,8	44,7	65,9	205,7	128,6	117,4
1973	181,2	126,0	131,2	59,8	49,0	1,9	17,6	2,6	24,4	126,9	94,3	302,2
1974	376,3	148,1	279,2	93,6	21,9	46,3	0,0	2,9	31,5	138,7	72,7	288,2
1975	135,4	202,9	27,4	51,8	3,1	0,0	23,3	0,0	46,2	116,3	265,1	197,2
1976	315,3	291,7	264,8	89,6	125,6	22,1	37,1	137,2	98,9	126,7	194,5	271,8
1977	225,0	51,7	101,1	125,1	16,5	22,7	0,8	2,5	103,8	58,1	301,0	265,6
1978	358,2	106,4	212,5	2,1	138,5	17,7	72,4	0,0	47,0	75,0	143,0	403,8
1979	174,4	192,9	112,6	126,6	59,9	0,0	26,4	31,3	128,1	96,3	157,6	322,9
1980	391,1	187,8	64,5	64,8	8,4	37,5	0,0	3,2	73,3	101,3	139,7	293,2
1981	253,9	84,0	97,4	24,8	7,4	88,9	0,0	0,9	4,2	157,1	88,7	190,5

CHUVA MENSAL (mm)												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1982	166,0	304,5	373,5	28,4	---	17,6	7,2	---	23,0	159,5	88,0	225,1
1983	514,6	239,6	350,6	189,0	138,2	26,2	---	0,0	192,4	148,5	105,2	334,9
1984	129,9	53,1	197,9	197,5	46,8	0,0	0,8	72,3	84,9	57,4	108,6	210,9
1985	277,8	78,7	140,4	230,0	30,7	9,9	14,7	12,3	20,2	23,8	171,4	126,4
1986	188,3	215,4	260,7	53,9	90,8	1,0	29,9	100,1	8,0	82,3	92,4	275,5
1987	246,3	139,6	77,7	88,6	59,0	2,7	---	7,1	115,8	114,1	271,7	138,3
1988	259,2	---	183,7	114,1	41,9	4,4	0,0	---	0,5	182,7	---	231,5
1989	302,3	---	169,8	---	5,5	---	---	---	---	54,5	---	---
1990	---	---	359,6	95,2	---	---	---	---	---	---	---	---
1991	409,4	---	---	---	---	9,9	---	---	---	---	152,0	225,4
1992	193,0*	---	192,9*	102,2*	81,3*	0,0*	20,1*	15,2*	80,3*	---	106,9*	120,1*
1993	164,9*	167,1*	103,9*	141,2*	28,7*	59,9*	1,3*	32,2*	58,5*	41,5*	98,9*	240,1*
1994	490,5*	194,7*	74,1*	110,2*	17,7*	15,9*	18,7*	0,0*	1,0*	99,4*	108,6*	276,1*
1995	175,2*	513,7*	189,6*	113,6*	28,2*	25,6*	14,8*	0,1*	26,9*	78,0*	162,3*	287,3*
1996	213,3*	151,8*	152,7*	100,4*	106,7*	20,9*	0,3*	3,7*	90,9*	69,3*	236,2*	160,3*
1997	457,6*	109,2*	104,5*	94,0*	50,8*	165,3*	10,1*	0,0*	33,3*	54,6*	342,7*	227,6*
1998	193,1*	172,9*	338,7*	64,3*	95,1*	2,1*	0,0*	93,2*	44,1*	218,9*	101,9*	373,6*
1999	303,8*	381,3*	236,3*	52,7*	37,0*	38,4*	7,5*	0,0*	55,7*	51,2*	72,8*	168,4*
2000	273,5*	285,3*	228,8*	0,6*	1,7*	0,0*	37,5*	---	---	---	---	---

ANEXO 3 – Dados referentes aos poços registrados no
DAEE – Araraquara

Coordenadas e cotas dos poços cadastrados no DAEE-Araraquara

Poço N°	Identificação	Endereço	Coordenadas UTM		Novas Cotas Terreno(m)	Nível Estático(m)	Nível Dinâmico(m)	Cota N.D.(m)	Cota N.E.(m)	Data Construção
			E-W (m)	N-S (m)						
1	Pref. Mun. - PM	????	664650,0	7701450,0	?	?	?	?		?
2	Condominio Edificio Van Gogh	Rua Rubião Junior, 2714	668110,0	7697855,0	487	12,00	36,00	451	475	?
3	Carrefour Rio Preto	Av. Tancredo Neves, 900	671750,0	7694930,0	480	43,53	68,74	411	436	?
4	Sóquimica Loratórios Ltda.	Rua Jaguaré, 95 ou 55	670250,0	7701930,0	510	27,00	42,00	468	483	?
5	HABBIB'S	Av. Alberto Andaló, 3554	668450,0	7697200,0	488	26,05	38,00	450	462	29.08.98
6	Pref.Mun. - Jardim Seyon	R. Jordão da Silva c/ Neusa A.C. Garcia	669960,0	7701690,0	512	?	?	?	?	?
7	Pref.Mun.-Pq. Jaguaré	Entre Av. Jaguaré e Danilo Galeazzi	670050,0	7701720,0	514	58,76	89,00	425	455	?
8	Pref.Mun. - Vila Imperial	R Gal.Glicério, 3947	667670,0	7696970,0	520	?	?	?	?	?
9	Pref.Mun.-Conj. Habit. SJRP-G	Rua 2 c/ Av. A	668500,0	7703900,0	490	?	?	?	?	16.06.98
10	Pref.Mun.-Conj. Habit. SJRP-G	Rua 8 c/ Rua 15	668700,0	7703850,0	478	34,25	103,75	374	444	17.07.98
11	SES -SENAT	Av. Linhão s/ nº	668325,0	7700550,0	484	12,45	36,43	448	472	13.03.99
12	Antonio Claudio Fachin	R. Antônio F. Bilar, 150	665550,0	7696750,0	527	18,25	26,00	501	509	02.12.98
13	Nunes Ferreira & Cia. Ltda. Posto Petrobrás- CEDRAL	Rod. Washington Luís km 422-670m	678950,0	7685300,0	545	32,00	58,50	487	513	28.05.99
14	Cond. Edificio Palazzo Angelino Bassan	Rua Saldanho Marinho, 3332	668400,0	7697300,0	496	22,10	64,10	432	474	?
15	Pref.Mun. - Creche Mun. Jd. Sto Antonio	R.Proj. 44, esq. R. Proj.17	666500,0	7703100,0	516	20,00	48,00	468	496	?
16	Jaime Nicola Cornachioni	R. José Chain Elias, 271	668900,0	7696250,0	480	19,00	31,00	449	461	?
17	Fernando Antonio Jorge	R. Antônio Pinheiro, 455	667870,0	7695450,0	528	12,30	25,05	503	516	?
18	Cond Recanto Real	Av. Juscelino Kubtschek+C71, 1220	665000,0	7696100,0	539	25,00	75,00	464	514	22.03.99
19	Residencial Damha I	Rod. SJRP - Eng. Schimidt, km 1.5	672890,0	7697330,0	?	34,11	115,40	?	?	24.05.99
20	Residencial Jardins	Rod. SJRP - Eng. Schimidt, km 2.0	672900,0	7697210,0	?	30,97	112,25	?	?	24.05.99
21	Maria Neudes Bonalume Viana	Estrada Mun. Eng. Schimidt, km 2.5	674520,0	7695480,0	486	8,50	?	?	478	?
22	Pronadar - Escola de Natação S/C Ltda.	R. Paulo Roberto Resende, 351	665250,0	7696150,0	522	22,00	54,00	468	500	17.06.99
23	Nilza Helena Silva Montoro	R. Antônio Evaristo Cabrera, 630	665250,0	7695800,0	?	13,00	27,00	?	?	?
24	Damha Urbanizadora e Constutora Ltda.	Rod. Estadual SP 425, km 1.5	671930,0	7699130,0	521,5	44,58	105,71	416	477	28.07.99
25	Condominio Edificio Strauss	R. Agostinho Silva Ganança, s/ nº	666950,0	7696250,0	516	16,00	32,00	484	500	?
26	Adelino Lopes de Souza	R. 02, nº 653	664460,0	7702140,0	541	10,00	15,00	526	531	?
27	Pref.Mun. -/Jd das Vivendas	Pça Francisco Fernando Alonso	666740,0	7694130,0	550	68,00	172,00	378	482	?
28	Condominio Edificio Paloma	R. Martinho Gonçalves, 2785	667670,0	7697490,0	480	24,20	39,40	441	456	13.08.99
29	EMER - Emp. Mun. Estação Rodoviária	Praça Paul Harris, s/ nº	668850,0	7698150,0	479	11,13	31,95	447	468	26.07.99
30	Cond. Quinta da Boa Vista	R. Luiz Antônio da Silveira, 786	668650,0	7698750,0	?	?	?	?	?	?
31	Da Granja Agroindustrial Ltda.	R. João Mesquita, 767	667390,0	7700000,0	478	28,60	97,72	380	449	?
32	Da Granja Agroindustrial Ltda.	R. João Mesquita, 767	667360,0	7699950,0	478,5	24,20	58,30	420	454	01.05.99
33	Da Granja Agroindustrial Ltda.	R. João Mesquita, 767	667340,0	7699920,0	479	23,50	61,10	418	456	25.04.99
34	Cond. Edificio Paraty	R. Luiz Vaz de Camões, 2500	667050,0	7697050,0	500	17,00	37,89	462	483	27.07.98
35	Belmiro Castilho	R. Dom José Joaquim Gonçalves, 794	665200,0	7701170,0	?	?	?	?	?	?
36	Condominio Ed. São Marino	R. Cel. Spinola de Castro, 4841	666770,0	7697470,0	506	22,00	44,22	462	484	07.10.98
37	Euclides Leonardi	Estância Parque Azul, s/ nº	670090,0	7690510,0	540	34,00	50,00	490	506	?

Coordenadas e cotas dos poços cadastrados no DAEE-Araraquara

Poço N°	Identificação	Endereço	Coordenadas UTM		Novas Cotas Terreno(m)	Nível Estático(m)	Nível Dinâmico(m)	Cota N.D.(m)	Cota N.E.(m)	Data Construção
			E-W (m)	N-S (m)						
38	Condominio Edificio Sant'Ana	R. Imperial, 66	667780,0	7697730,0	480	10,00	23,59	456	470	?
39	A Riopretana - Cond. Monte Castelo	R. Enjoras Vampre, quadra E	666670,0	7695960,0	520	33,00	45,00	475	487	14.07.99
40	José Theophilo Fleury Neto - MIRASSOL	ProL. Av. Marginal Fepasa, s/ n°	656900,0	7696550,0	556	55,00	121,15	435	501	?
41	Carlos Roberto Guerzi	Chácara	670800,0	7686150,0	560	?	?	?	?	?
42	Prof.Mun. - UBS - Jd Santo Antonio	R. Ida Daglia Vime Polachini, 580	666550,0	7703100,0	516	22,00	41,00	475	494	?
43	A Riopretana - Parque Res. Cambuí	R. Odilon Amadeu, s/ n°	672280,0	7694370,0	490	33,00	50,00	440	457	10.10.99
44	Condominio Edificio Suiça	R. Suécia c/ R. Projetada	666940,0	7696900,0	495	16,30	26,56	468	479	13.12.99
45	Francisco de Oliveira	Fazenda Talhados	675300,0	7704250,0	530	13,00	32,00	498	517	?
46	João Roberto Fuzari	Est. Vic. SJRP/ Eng. Schimidt	674920,0	7695850,0	500	18,00	29,00	471	482	?
47	Curso Oswaldo Cruz S/C Ltda.-COC-Rio Preto	R. Benjamin Constant, 3463	668000,0	7697750,0	480	19,70	42,20	438	460	23.03.00
48	Paulo César Bonfim	R. 1, quadra B, n° 96	664579,0	7702500,0	532	35,00	45,00	487	497	04.08.99
49	Associação de Pais e Mestres Prof. Riscieri Berto	R. Mário Valadão Furquim, 931	664650,0	7701300,0	539	8,40	25,70	513	531	20.04.00
50	Edificio Antonio Antunes	R. Prudente de Moraes, 3299	669010,0	7697830,0	480	18,00	28,00	452	462	?
51	Auto Posto Escala I Ltda.	Av. Ernani P. Domingues, 1810	667100,0	7700070,0	480	8,00	30,00	450	472	?
52	Concreband - Engenharia de Concreto Ltda.	Av. Percy Gandini, 1985	672770,0	7693130,0	508	10,00	30,00	478	498	?
53	Victor Miguel Bastos Andrade e Outros	R. Toríbio Arroyo Valério, Q- 02, 1000	668420,0	7695750,0	522	16,00	38,00	484	506	?
54	Mini Mercado Jd Congonhas Ltda. - Alvaro Mendes	Av. João Bernardino S. Ribeiro,1000	666290,0	7698520,0	?	19,50	36,00	?	?	?
55	Lavanderia Delave Ltda.	Av. Fortunato E. Vetorazzo, 1350	664900,0	7699920,0	513	10,00	34,00	479	503	?
56	Ginez Angelo Gasques	R. Sinsei Toma, 336	665100,0	7699050,0	495	15,00	30,00	465	480	?
57	Tarraf Construtora Ltda.	R. Jamil B. Cury, c/ R. Aniz Buchala	665270,0	7694850,0	504	19,50	48,06	456	485	15.05.00
58	Aniloel Melchiori	R. Alberto Naffah, 121	670510,0	7696770,0	520	28,00	?	?	492	?
59	Ecco - Teraoka Engenharia Ltda.	R. Demétrio Elias Madi, 534	667820,0	7695180,0	530	20,00	41,85	488	510	25.04.00
60	Condominio Edificio San Martin	R. Cel. Spinola de Castro, 4061	667680,0	7699725,0	513	18,00	28,00	485	495	?
61	Ass. de Pais e Mestres-EMEF-Prof. Ezequiel Ramos	Praça Carlos Gomes, 938	668040,0	7698100,0	480	15,00	30,00	450	465	?
62	Gerson Luiz Osório Vilela	R. Joaquim Fernandes Diniz, 100	664970,0	7695690,0	530	10,00	30,00	500	520	?
63	Marlucy Miyeko Habasaki	R. Alberto Naffah, 80	670490,0	7696760,0	520	15,00	35,00	485	505	?
64	Braile Biomédica Ind., Com. e Representações S/A	Av. Juscelino Kubitschek, 3101	665520,0	7694650,0	530	17,00	36,00	494	513	27.05.00
65	Amélia Shizuko Morita Kawano	Travessa dos Guaranis,56	668020,0	7696750,0	487	10,00	30,00	457	477	?
66	Cem Empreendimentos Imobiliários Ltda.	Lot. Alto das Andorinhas	667390,0	7702600,0	520	41,00	111,29	409	479	08.02.99
67	Carlos de Marqui e outros	Rua 14 com Rua 11	663750,0	7699950,0	500	69,21	101,24	399	431	08.11.99
68	Maria Rosa Tasinafo	Rua Proj. 2 - Quadra G-Lote 7	673810,0	7694000,0	490	20,00	36,00	454	470	?
69	Consórcio Urbaniz. Vetorasso	Lot. Nato Vetorasso	662280,0	7700480,0	542	43,60	108,32	434	498	27.06.00
70	Spaipa S/A Ind. Bras. Bebidas	Rua Francisco Curi,65	665300,0	7697350,0	520	76,00	108,00	412	444	?
71	Spaipa S/A Ind. Bras. Bebidas	Rua Francisco Curi,65	665400,0	7697350,0	520	79,00	119,00	401	441	?
72	Condominio Edificio Itajai	R. Cel. Spinola de Castro,4568	667400,0	7697120,0	504	19,50	41,35	463	485	08.09.98
73	Cond. Moraes do Sul	R. Paulo Vidali, 245	667770,0	7694980,0	540	?	?	?	?	?
74	Zaia Tarraf Empreendimentos Imob. Ltda.	Lot. Parque Juriti	668250,0	7702420,0	500	41,30	115,64	384	459	29.06.00
75	Rodobens Adm. e Promo. Ltda.(Cond Green Palm)	BR153 e Av. Anísio Haddad	666440,0	7693670,0	?	?	?	?	?	01.02.01

Coordenadas e cotas dos poços cadastrados no DAEE-Araraquara

Poço N°	Identificação	Endereço	Coordenadas UTM		Novas Cotas Terreno(m)	Nível Estático(m)	Nível Dinâmico(m)	Cota N.D.(m)	Cota N.E.(m)	Data Construção
			E-W (m)	N-S (m)						
76	MARMOART- Marmores e Granitos São Jorge Ltda.	Av. Lineu de Alcântara Gil, 245	671100,0	7697560,0	490	28,00	?	?	462	?
77	Ana Maria Lombardi (Cond. Bela Vista III)	R. Nove, 208	675310,0	7695470,0	530	15,00	35,00	495	515	?
78	Lourival Jesus de Carvalho	Rua 7, 148	671660,0	7693290,0	500	20,00	35,00	465	480	?
79	Pref.Mun. SJRP - Residencial Santa Ana	Marginal ao Corrêgo da Felicidade	669850,0	7704300,0	490	31,50	77,00	413	459	19.12.00
80	Toulouse Construtora (Residencial Rio das Flores) POÇO 3	Quadra C lotes 01 e 02	664230,0	7699030,0	487	23,00	41,00	446	464	11.07.00
81	Toulouse Construtora (Residencial Rio das Flores) POÇO 4	Quadra C lotes 01 e 02	664226,0	7699099,0	489	18,00	43,76	445	471	12.06.00
82	Aparecida Carreira Okubara	Rua 1, Quadra B, Lote 08	674960,0	7691100,0	504	20,00	32,00	472	484	?
83	Farraf Construtora Ltda.(Conj. Hab. Villa Borghesi) Poço	Prolong. Av Fortunato E. Vettorazzo	664580,0	7700900,0	532	49,00	96,90	435	483	25.05.98
84	Farraf Construtora Ltda.(Conj. Hab. Villa Borghesi) Poço 2	Prolong. Av Fortunato E. Vettorazzo	664790,0	7700710,0	520	47,00	85,00	435	473	27.05.99
85	Buck Engª e Comércio - Cond. Edificio Sol	Rua José Urias Forte, 244	666400,0	7695940,0	525	48,00	58,12	467	477	20.10.00
86	Valter Aparecido Parisi	Rua Proj. 2 - Quadra G - Lote 32	674850,0	7691850,0	520	6,00	12,00	508	514	?
87	ACCOR - Adm. de Hotéis Econômicos no Brasil S/A	Av. Artur Nonato, 4193	667850,0	7696500,0	496	17,55	43,47	453	478	02.03.01
88	Paulo de Jesus Barbosa (Sítio 22 de abril)	Est. Munc. Vila Azul/ Engº Schimidt	670690,0	7686540,0	565	28,00	47,00	518	537	?
89	Cond. Edif. Residencial Porto Príncipe	R. Cel. Spinola de Castro, 4235	667500,0	7697250,0	503	25,00	50,00	453	478	23.09.99
90	Francisco Frederico de Luca	VERIFICAR	666850,0	7697620,0	528		?	?	528	?
91	Residencial Damha	Av. Nadma Damha, km 1.5	672480,0	7697280,0	498,35	22,20	89,77	409	476	20.12.99
92	Atacadão Dist. Com. E Indústria Ltda.	Rua Machado de Assis, 279	669420,0	7697130,0	502	27,00	42,40	460	475	28.05.01
93	Calio & Rossi Engª. Comércio Ltda.	Rua Don Afonso Henrique, 901	668120,0	7695470,0	520	25,10	36,95	483	495	20.10.99
94	Okada & Ribeiro Ltda.	Av. Juscelino Kubtschek, 1476	665640,0	7695210,0	524	36,00	45,00	479	488	?
95	Escola Infantil Arte Manha	R. Gilberto Lopes da Silva, 1940	667460,0	7695480,0	?	18,00	45,00	?	?	?
96	APM. da Esc. 1 Grau Profª.Zulmira da Silva Salles	Rua Olavo Guimarães Corrêa	669350,0	7695550,0	554	15,00	30,00	524	539	?
97	Cond. Edif. Residencial Humaitá	R. Cel. Spinola de Castro, 4235	668030,0	7697590,0	498	?	?	?	?	
98	GEPÉ - Empreendimento de Hotelaria Ltda.	Av. José Munia, 5200	667740,0	7696170,0	492	13,92	32,76	459	478	23.02.00
99	Lucia Carolina P. Pandin (Chac. Bela Vista) MIRASSOL	Rua Proj. A - Quadra A - Lote 24	658480,0	7696810,0	560	30,00	?	?	530	?
100	Flavina Lavanderia Ltda.	Av. Floriano André Cabrera,1427	669810,0	7694750,0	520	33,00	49,00	471	487	?

ANEXO 4 – Dados referentes aos poços registrados no
SeMAE – São José do Rio Preto

Nº	Nº	Quad.	Coordenadas UTM		Bauru	Endereço	Bairro/local	Instalação	m	m	m
UND	Poços		E-W (m)	N-S (m)	Botucatu	Cadastro dos poços NOVO DAE em São José do Rio Preto (BAUF	Data de	Profund	NE	ND	
1	DAE-119	21	663182.40	7699616.00	ATIVO	Rua projetada nº 4	Antonieta				
2	DAE-120	21	664032.57	7699412.95	ATIVO	Entre as Ruas Proj. 07 e Proj. A	Antonieta				
3	DAE-60	50	665879.49	7694364.39	ATIVO	Rua Rio Paranapanema em frente ao nº400 x c	Aclimação	23/3/2001	54		
4	DAE-61	51	666198.73	7694278.91	ATIVO	Rua Rio Paranapanema x rua Anísio Haddad G	Aclimação	12/8/1996	99		
5	DAE-04	19	670869.99	7700141.39	ATIVO	Av. N. Sra. da Paz x rua Beny Roqueti (reserv./t	Alto Alegre	13/2/1995			
6	DAE-62	34	665880.15	7697085.86	ATIVO	Rua José M. Casaca x rua Alemanha, próximo a	Alto Rio Preto	31/5/1996	169	53	78
7	DAE-63	40	665704.95	7696999.99	ATIVO	Av. Jesus Vila Nova Vidal x rua José Anísio loge	Alto Rio Preto	6/10/1998	183	55	87
8	DAE-64	40	665584.55	7696848.43	ATIVO	Rua José Anísio logo x rua Felipe Gataz, próxim	Maria Cândida	10/12/1996	108		
9	DAE-99A	22	664408.00	7699973.00	ATIVO	r. Carolina S. Coelho esq. Com Av. Eribelto Mar	Anna Angelica	15/7/2000	151,3	33,7	64,75
10	DAE-97	16	664659.58	7700191.11	ATIVO	Rua Rogério Cevizzi x rua Benedito T. de Olivei	Belo Horizonte (CECAP)	5/8/1997			
11	DAE-98	22	664643.80	7699997.11	ATIVO	Av. Fortunato Vettorazzo x av. Eribelto M. Reino	Belo Horizonte (CECAP)	24/11/2000	92		
12	DAE-99	22	664749.64	7699932.31	ATIVO	Av. B x av. Fortunato Vettorazzo, em frente à rua	Belo Horizonte (CECAP)	23/10/1998			
13	DAE-02	29	667508.93	7698608.72	ATIVO	Rua Marechal Deodoro x rua Campos Salles	Boa Vista	16/3/1999	72		
14	DAE-95	14	670364.35	7701167.32	ATIVO	Rua Antônio Munia x rua José Rambaielo	Bosque	14/11/1990			
15	DAE-39	43	671265.72	7696471.80	ATIVO	Rua Francisco Sizenando, nº 276 (mercearia/a	CAIC	19/1/2000	120		
16	DAE-40	43			ATIVO	Rua Benedito Duarte, em frente a nº 241, entre	CAIC	21/7/1993			
17	DAE-41	43	671325.69	7696337.01	ATIVO	Rua Proj nº10 (entre os lotes 9 e 10)	CAIC	21/6/2000	138		
18	DAE-187	55			ATIVO	Rua Odilon Amadeu esq. Com prolongamento d	Cambui				
19	DAE-81	14	670278.22	7701579.61	ATIVO	Rua Bechara Hage x rua Antonio Sbioge	Castelinho do Bosque	22/8/2000			
20	DAE-82	14	670440.57	7701728.21	ATIVO	Rua Bechara Hage x rua L. J. Nascimento	Castelinho do Bosque	22/8/2000	96		
21	DAE-83	14	670602.43	7701857.75	ATIVO	Rua Bechara Hage, em frente ao nº 1140 x rua	Castelinho do Bosque	22/8/2000			
22	DAE-123	03	668355.81	7703285.89	ATIVO	Rua proj. 05 esquina com a Rua proj. 04	Centenário da Emancipação	13/4/1999	132	50,5	86
23	DAE-01	30	669190.96	7698210.88	ATIVO	Rua São Paulo x Av. Philadelpho G. Neto (BEE	Centro (ETA)	8/12/1998	78		
24	DAE-160	A			STAND BY	Rua projetada D x Rua Proj. 30	Cidadania				
25	DAE-159	E			ATIVO	Rua proj. nº-09 esquina com a Rua proj. nº-31	Cidadania				
26	DAE-150	34	664473.74	7697317.14	ATIVO	Cidade das Crianças, cerca de 100m da entrad,	Cidade da Crianças	27/7/1999	120		
27	DAE-149	34	664504.87	7697449.06	ATIVO	Cidade das Crianças, em frente à av. Daniel A.	Cidade das Crianças	1/7/1997	166	54	85
28	DAE-158	52			ATIVO	Rua Prof. Narinha N. Verdenaski esquina com	Cidade Jardim	30/10/2000	150	47	110
29	DAE-42	52	669771.84	7694518.20	ATIVO	Rua Sívio Colombo x rua 29 x rua 13, próximo a	Cidade Jardim	21/8/1998	165	65	96
30	DAE-43	53	670027.19	7694478.36	ATIVO	Rua Rajide Jamal x rua Sívio Colombo, em frer	Cidade Jardim	21/8/1998	126	45	58
31	DAE-44	52	669749.72	7694336.36	ATIVO	Canteiro interno da av. 1 (sob linhaço CPFL) x ru	Cidade Jardim	29/5/2001	163	49	107
32	DAE-84	08	669465.53	7702167.34	ATIVO	Rua Jaguaré s/n após 758	Clementina	25/10/2000	84		
33	DAE-94	04	670622.91	7703316.14	ATIVO	Rua Antonio Buzzini x rua E	Conj. Res. São J Rio Preto I	26/2/1997	72		
34	DAE-93	04	670676.40	7703585.95	ATIVO	Rua 1 x rua 7 (reservatório)	Conj. Res. São J. Rio Preto I	10/11/2000	102		
35	DAE-96	17	667496.71	7700667.68	ATIVO	Av. Mirassolândia, entre as ruas Santa Paula e	Costa do Sol	11/11/1999	96		
36	DAE-36	48	671265.15	7695301.89	ATIVO	Rua Proj. A, entre as ruas José Rossi e José Jo	Cristo Rei	14/9/1998	102		

Nº	Nº	Quad.	Coordenadas UTM		Bauru	Endereço	Bairro/local	Instalação	m	m	m
UND	Poços		E-W (m)	N-S (m)	Botucatu	Cadastro dos poços NOVO DAE em São José do Rio Preto (BAUF	Data de	Profund	NE	ND	
37	DAE-37	48	671275.92	7695512.58	ATIVO	R. José Cury, próx. à r. Projetada A, em frente à	Cristo Rei	22/10/1998	108		
38	DAE-38	48	671380.53	7695174.10	ATIVO	Rua Projetada B, entre as ruas José Rossi e Jo	Cristo Rei	19/12/2000	102		
39	DAE-203	48	671514.00	7695426.00	PERFURAND	Rua Projetada A x Rua José ° Filho (NOVO)	Cristo Rei				
40	DAE-201				ATIVO	CTR 055 São Manoel S/N ao lado do Praia Clu	Ch.de Recreio Felicidade				
41	DAE-89	26	672087.17	7699760.91	ATIVO	Rua Ataliba Caldas (em frente ao nº 150) x rua	Deocleciano	25/8/2000	120	51	112
42	DAE-92C	26			ATIVO	Rua João José Lucania Fernandes nº59	Deocleciano	17/5/1997	124	37	51
43	DAE-90	26	672318.98	7699812.54	ATIVO	Rua Saad Madrum x Av B em frete ao nº14 (M	Deocleciano	4/3/1996	120	36	86
44	DAE-05	42	669613.07	7696827.75	ATIVO	Av. América, entre as ruas da Imprensa e Padre	Diniz	26/3/2001			
45	DAE-198	07	667211.00	7702790.00	ATIVO	Rua proj. 10 esq. Com Rua Manoel Del' Arco (A	Dist. Adail Vettorazzo	2/8/2000	167	35,1	79,45
46	DAE-204				STAND BY	Rua projetada 06 x com Av. projetada nº08 (áre	Dist. Ulysses Guimarães	23/4/2001	120	58,37	128,77
47	DAE-16	17	666787.71	7700823.18	ATIVO	Rua Jales (Estadio Municipal Eldorado / Centro	Eldorado	2/3/2000	21		
48	DAE-17	17	666319.99	7700826.11	ATIVO	Praça cercada, entre as ruas Estrela d'Oeste e	Eldorado	10/5/1996	147	59	86
49	DAE-18	12	666195.40	7701202.33	ATIVO	R. Três Lagoas, entre os nºs 3741/3761, entre a	Eldorado	1/5/2001	170	69	114
50	DAE-19	12	666401.88	7701078.64	ATIVO	Rua Jales, entre as ruas Indiaporã e Antonio Ma	Eldorado	15/12/1997	162	80	94
51	DAE-20	12	666673.02	7701217.54	ATIVO	Praça e ponto de ônibus, entre av. Mirassolândi	Eldorado	2/5/1996	156	44	105
52	DAE-87	08	669363.16	7702689.66	ATIVO	Rua 25 de Janeiro x rua Hormínio de Oliveira	Elmaz	DISPONIVEL			
53	DAE-88	08	669583.51	7702602.15	ATIVO	Rua Antonio G. Lourenço, em frente ao nº 1436	Elmaz	21/7/1992			
54	DAE-48	65			ATIVO	Rodovia Engenheiro Schmidt	Schmidt	18/4/1996	78		
55	DAE-49	65	676080.02	7691707.10	ATIVO	Rua Coutinho Cavalcante (junto a caixa)	Schmidt	21/4/1999	120		
56	DAE-128	16	664431.57	7700992.24	ATIVO	Rua Arquimedes esquina com Av. Beolchi	ETEMP	10/11/2000	120		
57	DAE-165	04	671100.00	7704060.00	ATIVO	Rua Projetada nº-01 esquina com a Rua Pro	Felicidade	16/6/2000	90	38	84
58	DAE-100	13	669236.52	7701448.85	ATIVO	Rua Projetada-03 x Av. Antonio Marques dos S	Flores I				
59	DAE-101	13	669697.98	7701770.89	ATIVO	Rua Maria A Santana x Cesar Pupim	Flores II	15/4/1994			
60	DAE-144	15	663445.03	7700398.67	ATIVO	Rua Sebastião Ortega Egea SN	Gabriela		120		
61	DAE-127	16			DESATIVADO	Rua Prof. Jaime Moore S/N esquina com a Rua	Gisete	11/9/1999	120	36	110
62	DAE-202	16	664543.71	7700775.71	ATIVO	Rua Prof. Jaime Moore S/N esquina com a Rua	Gisete				
63	DAE-45	52	668230.79	7694739.21	ATIVO	Rua 15 x Rua Abraão Thomé (praça ao lado do	Higienópolis	29/8/1995	126		
64	DAE-46	52	668040.35	7694618.70	ATIVO	Rua Luiz Spindola Castro (trecho sem asfalto),	Higienópolis	12/4/2001	126		
65	DAE-47	52	668154.62	7694611.81	ATIVO	Rua Feres Kfourri x rua 15	Higienópolis	12/2/2001	160	62	94
66	DAE-102	14	670027.31	7701758.19	ATIVO	Rua Jaguaré x av. Danilo Galeazzi (fabrica de	Jaguaré	8/10/1995	108	59	100
67	DAE-78	56	666466.98	7693877.47	ATIVO	Rua Carlos R. de Oliveira Junto ao reservatório	Jd. Vivendas	23/10/2000	174	68	172
68	DAE-186	06			ATIVO	Rua proj. 06 área institucional -02 (em frente ao	Jardim Colorado				
69	DAE-26	14	670369.53	7701838.26	ATIVO	Rua Sebastião Borges x rua José Leite Anabon	João Paulo II	17/8/1998	144		
70	DAE-29	14	670380.86	7701503.27	ATIVO	Rua Frederico de Freitas x rua Alberto Batistela	João Paulo II	8/2/2001			
71	DAE-53	37	670982.52	7697331.45	ATIVO	Marginal/BR-153, em frente ao nº 4546, entre as	Judas Tadeu	18/6/1996	142	30	50
72	DAE-54	37	670929.85	7697156.21	ATIVO	Rua Casa Blanca x rua José Bonifácio, em frent	Judas Tadeu	4/10/1997	135	29	69

Nº	Nº	Quad.	Coordenadas UTM		Bauru	Endereço	Bairro/local	Instalação	m	m	m
UND	Poços		E-W (m)	N-S (m)	Botucatu	Cadastro dos poços NOVO DAE em São José do Rio Preto (BAUF	Data de	Profund	NE	ND	
73	DAE-109	28	664326.90	7699000.47	ATIVO	Rua Jamil Kfoury x rua José Ribeiro	Macedo Teles I				
74	DAE-110	28			ATIVO	Rua Santa Paula esq com Rua José Ribeiro	Macedo Teles I	20/4/1999	66		
75	DAE-03	24	669892.53	7699013.94	ATIVO	Rua São Paulo x rua Visconde de Porto Seguro	Maceno	1/2/1999	90		
76	DAE-85	07	667328.12	7702869.77	ATIVO	Rua Wagner C. Pereira, junto à caixa d'água	Manoel del Arco	15/11/1995	160	60	
77	DAE-86	07	667326.85	7702755.28	ATIVO	Rua Wagner C.Pereira x rua Manoel del Arco, a	Manoel del Arco	28/11/2000	160		
78	DAE-67	48	670541.06	7695949.33	ATIVO	R. Theotonio Monteiro de Barros F ^o . x av. Gov. A	Mansur Daud				
79	DAE-68	43	670684.59	7696019.11	ATIVO	Av. Aniloel Nazareth (Marginal), em frente à ag.	Mansur Daud				
80	DAE-103	40	664990.54	7696292.28	ATIVO	Rua 17, nos fundos da Concretex	Maracanã	17/7/2000	120		
81	DAE-157	40			ATIVO	Av. da Luz esquina com Rua Paulo Menezeli	Maracanã	24/2/2000	140	67	
82	DAE-156	35			ATIVO	Av. Jesus Vila Nova Vilanova Vidal x com Rua	Maria Candida	3/5/2000	145	66,5	
83	DAE-104	06	665423.18	7702761.54	ATIVO	Rua Alexandre Magnum x rua Almirante Taman	Maria Lúcia	20/6/1994			
84	DAE-105	06	665296.42	7702686.73	ATIVO	Rua Padre Manoel Bernardes seq com Alexar	Maria Lúcia	9/12/1996	120		
85	DAE-106	06	665324.00	7702568.03	ATIVO	Rua Manoel Bernardes, em frente ao nº 1180 x	Maria Lúcia	4/8/2000	140		
86	DAE-107	06	665590.51	7702451.77	ATIVO	Rua Almirante Tamandaré x rua 19 de Março	Maria Lúcia	20/12/1997	120		
87	DAE-108	06	665258.10	7702261.54	ATIVO	Rua 19 de Março, entre as ruas 510 e 511	Maria Lúcia	14/3/1997			
88	DAE-69	46	666819.33	7695083.66	ATIVO	Rua Raul Silva x rua Lino Braile	Morumbi	23/9/2000	108		
89	DAE-111	12	667807.70	7701203.27	ATIVO	Rua Paschoal Decrescenzo x rua 3, próximo a u	Paraiso	20/12/1989			
90	DAE-73	26	671934.69	7699127.28	ATIVO	Marginal a Rod. Assis Chateaubriand	Parque São Miguel				
91	DAE-70	46	66188.10	7695528.55	ATIVO	Rua Joaquim Pires, nº 766, em frente ao Rio Pr	Pinheiros	12/8/1997	54		
92	DAE-112	02	667846.99	7703174.32	ATIVO	Rua Evaristo Cabral esquina c/ Rua Oscar F. Pa	Planalto	18/2/1995			
93	DAE-15	41	667447.83	7696754.61	ATIVO	Praça Aldo Tonelli, entre as ruas Bernardino de	Redentora	20/9/1999	102		
94	DAE-131	08	668225.83	7702877.98	ATIVO	Av. Domingos Falavina esquina c/ Av. proj. 02	Renascer	4/5/2000	52		
95	DAE-133	23	666181.32	7699658.48	ATIVO	Rua Maria de Almeida Caputti esquina c/ Rua N	Renata Tarraf	3/12/1998	84		
96	DAE-66	43			ATIVO	Rua Monteiro Lobato com Rua Adelarado Cesa	Romano Calil	1/12/2000	147	146	
97	DAE-65	48	670981.33	7695910.62	ATIVO	Rua Monteiro Lobato, a cerca de 200 m da rua J	Romano Calil	30/3/2001	66		
98	DAE-91	26	672230.63	7699648.53	ATIVO	ao lado do "reservatório" (UBS - Unidade Básica	S. Deocleciano	6/11/2000	99		
99	DAE-30	02	667023.03	7703142.28	ATIVO	Rua 31 x rua 55, em frente ao nº 170	Santo Antonio				
100	DAE-31	02	667397.74	7703124.88	ATIVO	Rua 55 x rua 24, em frente a um ginásio de esp	Santo Antonio	13/8/1998	120		
101	DAE-32	07	666792.97	7702951.70	ATIVO	Praça, entre as ruas 21, 52 e 53 (a casa de forç	Santo Antonio	18/3/1998	120		
102	DAE-33	07	667050.24	7702942.00	ATIVO	Rua 50, em frente ao nº 362 (a casa de força de	Santo Antonio	12/8/1998	120		
103	DAE-34	07	667210.44	7702922.59	ATIVO	Rua 50, em frente ao nº 212, entre as ruas 26 e	Santo Antonio	18/12/2000	148	50	
104	DAE-35	07	667328.72	7702963.40	ATIVO	Rua 25, em frente ao nº 101, no mesmo terreno do poço /reservatóric	Santo Antonio	28/3/2001	120		
105	DAE-92A	20			ATIVO	São Deocleciano III (Rua Brassolat entre as Ru	São Deocleciano III		114	80	
106	DAE-92B	20			ATIVO	São Deocleciano III (Rua "C" s/n x João Canizz	São Deocleciano III		108	101,1	
107	DAE-51	57	668032.63	7693836.17	ATIVO	Rua Gianino Kaiser, nº 990 (praça com campo e	São Francisco	10/10/1994	108		

Nº	Nº	Quad.	Coordenadas UTM		Bauru	Endereço	Bairro/local	Instalação	m	m	m
UND	Poços		E-W (m)	N-S (m)	Botucatu	Cadastro dos poços NOVO DAE em São José do Rio Preto (BAUF	Data de	Profund	NE	ND	
108	DAE-52	57	667961.30	7693746.34	ATIVO	Rua Gianino Kaiser, nº 1080 x Rua Valdir de C	São Francisco	22/11/2000	96		
109	DAE-135	03	668521.90	7703696.54	ATIVO	Rua Proj nº2 esquina com Av. A	São José do Rio Preto F/G	24/9/1998	114	36,3	110,3
110	DAE-136	03	668688.17	7703606.82	ATIVO	Rua Proj nº8 esquina com a Rua Proj. 15	São José do Rio Preto F/G	1/8/2000	108	34,3	96,6
111	DAE-196	03	668526.00	7703700.00	ATIVO	Área Institucional entre as Ruas Heitor de Souza	São José do Rio Preto F/G	3/9/2000	110	22,6	58,95
112	DAE-139	46	666523.72	7695415.21	ATIVO	Av. Anísio Haddad, atrás do rest. Chopim, em fre	São Manoel	10/8/1995	126		
113	DAE-140	51	666116.80	7694908.50	ATIVO	Rua Rio Juquiá, entre as ruas Rio Solimões e R	Aclimação	9/6/1998	120		
114	DAE-141	46	666934.24	7695843.81	ATIVO	Rua Antonio de Godoi x rua Joaquim Barbeiro	São Manoel	1/10/1996	114		
115	DAE-142	46	667031.41	7695680.28	ATIVO	Rua Sinésio de Melo x com Rua Raul Silva, der	São Manoel	14/2/1995	120		
116	DAE-138	46	666799.94	7695498.42	ATIVO	Av. Francisco C. Oliveira x rua Antonio de God	São Manoel/Ch. Municipal	19/1/1999	120	59	89
117	DAE-71	48	670583.00	7695226.00	ATIVO	Rua Dr. João Tajara da Silva / quadra 04 esqu	São Marcos	12/2/2001	142	44,58	105,71
118	DAE-72	53	669749.72	7694336.36	ATIVO	Rua Adélia Munis esquina com Av. Paulo de Oli	São Marcos				
119	DAE-50	65			ATIVO	Rua José Ensina, s/nº	Schmidt	17/11/1997	108		
120	DAE-115	13	669962.50	7701679.49	ATIVO	Av. Jaguaré, entre as ruas Neusa A. de C. Garc	Seyon	23/8/2000	114		
121	DAE-116	13	669943.33	7701579.76	ATIVO	Praça, entre as ruas Jordão Marques da Silva, M	Seyon	12/12/1997	120		
122	DAE-134	08	668196.95	7702614.56	ATIVO	Av. Falavina, na saída para Mirassolândia, próx	Simões	15/2/2001			
123	DAE-118	11	664284.96	7701442.26	ATIVO	Rua 1º de Março (parte sem pavimentação, ao	Solo Sagrado II	8/9/1995			
124	DAE-21	11	665725.18	7701678.39	ATIVO	Rua Maria E. Ferreira x Rua José Bossa	Solo Sagrado	12/9/1989			
125	DAE-22	11	665754.05	7701397.10	ATIVO	Rua Manoel C. Branco x rua D. José I. Golçalves	Solo Sagrado	13/12/2000	120		
126	DAE-23	11	665660.00	7701488.73	ATIVO	Rua Manoel C. Branco, ao lado do reservatório	Solo Sagrado	7/12/2000	132	70	
127	DAE-24	11	665482.84	7701453.65	ATIVO	Rua Maria E. Ferreira x rua Beatriz Conceição	Solo Sagrado	10/5/2001			
128	DAE-25	11	665667.63	7701253.07	ATIVO	Rua D. José I. Gonçalves x rua Beatriz Conceiç	Solo Sagrado	21/2/2000	120		
129	DAE-80	11	664700.76	7701924.69	ATIVO	Av.S.J.Rio Preto x rua Padre Santo Marini	Solo Sagrado	22/2/2000	78		
130	DAE-117	11	664370.52	7701738.21	ATIVO	Rua 10 de Abril x Rua Projetada nove (junto a c	Solo Sagrado II	26/10/2000	126		
131	DAE-113	18	670013.76	7700943.61	ATIVO	Rua Miguel Scarpeli, s/n em fr. Ao nº 170	Sta. Rosa I				
132	DAE-114	14	670252.40	7701106.63	ATIVO	Rua José Rombaiolo esq com Rua M. Tambu	Sta. Rosa II	23/8/1994			
133	DAE-137	T	67737.72	7709178.33	ATIVO	Rua Capitão Delmiro x rua Ezequiel Pinto	Talhados	10/2/2000	54		
134	DAE-74	52	668883.36	7694670.19	ATIVO	Av. Getúlio Vargas, próximo à rua Maria Cury e	Tangará	5/12/2000	120		
135	DAE-75	45	664635.81	7695085.35	ATIVO	Rua Joaquim Fernandes Diniz x rua Vicente de	Tarraf - II	18/8/1998	120		
136	DAE-76	50	664586.54	7695007.91	ATIVO	Rua Joaquim F. Diniz, próximo à rua Vicente de	Tarraf - II	24/8/1998	96		
137	DAE-56	59	672513.36	7693796.96	ATIVO	Rua Maria C. Volpe, entre rua Maria Molinari x r	Toninho	3/8/2000	109	54	75
138	DAE-57	59	672649.61	7693863.77	ATIVO	Rua Maria C. Volpe (ex-rua 2), entre as ruas Oli	Toninho	20/8/1999	120		
139	DAE-58	59	672604.93	7693627.72	ATIVO	Rua Antonio Lopes (ex-rua 5) x rua Maria C. Vol	Toninho	16/4/1996	114		
140	DAE-06	47	669358.58	7695788.31	ATIVO	R. Centenário, em frente ao nº1514, entre as ru	Urano	26/8/1996			
141	DAE-07	47	669459.57	7695750.53	ATIVO	Av. Potirendaba x av. Vivendas x rua Padre A. V	Urano				
142	DAE-08	47	669715.15	7695935.93	ATIVO	Av. Vivendas x av. São Vítor	Urano				

Nº	Nº	Quad.	Coordenadas UTM		Bauru	Endereço	Bairro/local	Instalação	m	m	m
UND	Poços		E-W (m)	N-S (m)	Botucatu	Cadastro dos poços NOVO DAE em São José do Rio Preto (BAUF	Data de	Profund	NE	ND	
143	DAE-09	47	669469	7695512.46	ATIVO	Av. Potirendaba x Rua Felipe Abrão Maluf, em	Urano				
144	DAE-10	42	669997.14	7696080.44	ATIVO	Av. Vivendas x rua Francisco Alves x av. Murch	Urano	24/8/2000	120		
145	DAE-11	47	669185.97	7695370.71	ATIVO	Rua Olavo Correia x rua Luís Figueiredo (praça)	Urano				
146	DAE-12	47	669058.48	7695265.99	ATIVO	Av. Olavo Guimarães Correia, em frente ao nº 5	Urano				
147	DAE-13	47	668845.81	7695108.07	ATIVO	Rua Argemiro Goulart x rua Olavo G. Correia	Urano	3/5/2000	120		
148	DAE-14	47	668862.04	7695352.59	ATIVO	Rua José C. Freitas x rua Terríbio Arroio Valério	Urano	30/3/2001	102		
149	DAE-200	57	668206.00	7693671.00	ATIVO	Rua José Dell Campo esq. Com R. Ruinther Me	Viena	11/8/2000	199	77,33	90,8
150	DAE-59	57	668094.36	7693723.84	ATIVO	R. Waldir de Carvalho, nº155, próx. à R Gianin	Viena	5/4/2001			
151	DAE-55	54	672220.91	7694139.53	I	Rua Odilon Amadeu, próx. à rua Maria C. Volpe	Vila Toninho	28/2/2001	120		
152	DAE-58A	59	672718.00	7693532.00	ATIVO	Rua Maria Ceron Volpe, quadra - 20 (parte do l	Vila Toninho	17/8/2000	154	20,5	53,2
153	DAE-199	51	666748.77	7694138.55	ATIVO	Praça Francisco Fernando Alonso SN	Vivendas	21/5/2001	174		
154	DAE-77	51	666482.02	7694303.30	ATIVO	Av. Benedito Rua Lisboa, em frente ao nº 2650,	Vivendas	28/11/1995	120	108	51
155	DAE-79	32	671998.25	7698892.95	ATIVO	Av. Marginal, ao lado da Viação Motta	Yolanda	27/10/2000	114	38	
156	DAE-79A	32	672045.00	7692507.00	ATIVO	R. Ferez Sahadi esq. Com Laurentino Arroyo .	Yolanda	30/6/2000	143	38,6	79,76
157	DAE-207				ATIVO	Estrada nº 03, nº52 - CAIXA D'ÁGUA Terras de	Terras de São José				
158	DAE-205	15			ATIVO	Rua Nelson Matta nº776 quadra 13	Aroeiras I	22/3/1999	126	44,95	95,81
159	DAE-179				ATIVO	Rua Jaime dos Santos Pereira, S/N (Rua projet	Resid. Nato Vetorazzo				
160	DAE-182				ATIVO	Rua Guido Chinello, S/N (quadra 42)	Resid. Nato Vetorazzo				
161	DAE-206				ATIVO	Rua angélica Colina Paes de Almeida, 400	Parque das Aroeiras				
162	DAE-143	60	665654.14	7692798.68	ATIVO	Rua Janete Zerati Galeazzi s/n	Jd. Moisés Haddad				
Nº						Cadastro dos poços da Prefeitura Municipal de São José do Rio Preto			Bomba	m	m
UND	Poços	Quad.			Bauru	Endereço	UND. Consum.	Bairro/local		NE	ND
1	PM-151	25			ATIVO	EEPSG Professora Lydia San Felice, rua Luciano Liso, entre as ruas Jequitiba e Atia		Bela Vista			
2	PM-145	14			ATIVO	Bosque Municipal, rua José Ieguer, entre as ruas Agenor S.Reis e Etelvino Ramos		Bosque Municipal	EBARA 8 HP	24	
3	PM-152	24			ATIVO	Centro Social Boa Vista (piscina e bebedouro) - rua Ipiranga x av. Brasil, próx. à		Centro Social Boa Vista			
4	PM-27	14	670497.30	701856.58	DESLIGADO	Rua Sebastião Borges, em frente ao nº 141		João Paulo II	LEÃO 10 HP		
5	PM-28	14	670668.94	701916.08	DESLIGADO	Rua Bechara Hage x rua Nelcides Ramachi		João Paulo II	EBARA 15 HP		
6	PM-66	36			ATIVO	Rua Antonio de Godoi	28345134	Mercadão			
7	PM-160	A			STAND BY	Rua projetada D x Rua Proj. 30		Parque Cidadania			
8	PM-153	24			ATIVO	Igreja Sta. Terezinha, na rua Osvaldo Aranha, entre rua Consolação x rua Vitor Brito		Santa Terezinha			

ANEXO 5 – Dados referentes aos poços registrados no
DAEE – BTG

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota do te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico	
Nº	DAEE				Const	E-W	N-S		(m)	(m3/h)	(m)	(m)		
1	789	Cerâmica São José	Privado	Maurício Trigo Cia.	Doméstico	1971	670.110	7.699.950	515	100	*	*	*	0-100 Bauru
2	790	Praça São Sebastião, B. Talhado	Público	Prefeitura Municipal	Público	1969	677.750	7.709.150	519	110	12	*	*	0-110 Bauru
3	791	Barreiro	Privado	Santo Vironi	Doméstico	1972	666.700	7.706.820	510	101	10	*	*	0-101 Bauru
4	792	Chácara Madalena	Privado	Valdemar M. Rodrigues	Doméstico	1974	667.800	7.708.070	510	108	13	*	*	Sem descrição
5	793	Chácara	Privado	Siriaco I. Brunchi	Doméstico	*	668.000	7.708.350	510	*	4	*	*	Sem descrição
6	794	Estância São Judas Tadeu	Privado	William Ralid	Doméstico	*	673.350	7.710.120	455	*	9	*	*	Sem descrição
7	795	Fazenda Santa Isabel	Privado	Alceu C. Machado	Doméstico	*	671.600	7.709.100	485	62	9	*	*	0-62 Bauru
8	796	Sítio São Jorge	Privado	Sílvio Macedo	Doméstico	*	672.250	7.708.520	505	*	12	*	*	Sem descrição
9	797	Sítio São Miguel	Privado	Miguel Kfourí	Doméstico	1969	672.850	7.708.470	510	*	*	*	*	Sem descrição
10	798	Fazenda Santa Herminia	Privado	Façal Romano Callil	Doméstico	1974	673.650	7.706.120	545	102	6	*	*	0-102 Bauru
11	799	Auto Posto 52	Privado	Auto Posto 52 Ltda.	Doméstico	1970	673.150	7.707.070	530	120	5	*	*	0-120 Bauru
12	800	Chácara Pandin	Privado	João Lopes Pandin	Doméstico	*	672.150	7.705.650	530	110	6	*	*	0-110 Bauru
13	801	Sítio Alto Alegre	Privado	E. João Gossin	Doméstico	*	673.250	7.705.650	530	83	9	*	*	Sem descrição
14	802	Rodovia São José do Rio Preto	Privado	Antônio Pimenta	Doméstico	*	674.470	7.705.870	560	*	5	*	*	Sem descrição
15	803	Av. Duque de Caxias, 395	Privado	Wisnan Gabriel	Doméstico	1975	669.600	7.698.250	470	80	13	*	*	0-80 Bauru
16	804	Av. Duque de Caxias, 597	Privado	Dr. Orestes R. dos Santos	Doméstico	1975	669.800	7.698.300	470	117	13	2	*	0-116,9 Bauru; 116,9-117 Basalto
17	805	Rua do Trevo	Privado	Dr. Ítalo Buzzolo	Doméstico	1975	669.600	7.698.350	480	118	20	8,5	54	0-118 Bauru
18	806	Av. das Hortências	Privado	José P. Constantin	Doméstico	1974	669.800	7.698.350	480	80	14	*	*	0-80 Bauru
19	807	Rua dos Lírios, Av das Hortências	Privado	Guilherme de La Cruz Cord	Doméstico	1975	669.950	7.698.450	480	117	*	*	*	0-117 Bauru
20	808	Av. Marginal, 5020	Privado	Cirasa (Agência Nova)	Industrial	1973	668.500	7.696.650	490	102	12	24	30	0-102 Bauru
21	809	Av. Duque de Caxias - Centro Esportivo	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	670.050	7.697.950	470	114	25	*	*	0-102 Bauru; 102-114 Basalto
22	810	Rua São Paulo / Duque de Caxias	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	669.400	7.698.300	470	150	30	*	*	0-140 Bauru; 140-150 Basalto
23	811	Prolongamneto da Av. 1 / Rua José Degu	Público	Prefeitura Municipal	Público	1973	671.400	7.701.400	482	*	30	*	*	Sem descrição
24	812	Jardim Eldorado	Público	Prefeitura Municipal	Público	1975	666.300	7.701.050	518	209,2	80	*	*	0-199,8 Bauru; 199,8-209,2 Basalto
25	813	Jardim Eldorado	Público	Prefeitura Municipal	Público	1972	666.800	7.700.850	510	192	36	*	*	0-191,9 Bauru; 191,9-192 Basalto
26	814	Chácara Tranqüilidade	Privado	Maria A.Vieira	Doméstico	1972	668.100	7.701.350	470	60	5	*	*	0-60 Bauru
27	815	São José do Rio Preto	Privado	Olga de Oliveira	Doméstico	*	668.360	7.702.200	485	80	*	*	*	0-80 Bauru
28	816	Eng. Schmidt, Rua Dr. Coutinho, 447	Público	Prefeitura Municipal	Público	1973	676.150	7.691.550	510	115	60	*	*	0-115 Bauru
29	817	Rua Francisca Curti	Privado	Refrigerantes Rio Preto	Doméstico	1972	665.350	7.697.450	519	170	49	31	66	0-114 Bauru; 114-170 Basalto
30	818	Boa Vista	Público	Prefeitura Municipal	Público	1971	667.500	7.698.600	530	145	45	*	*	0-17 Bauru; 137-145 Basalto
31	819	Distrito Industrial, Av. Principal - quadra 6	Privado	Mattos Cia.	Industrial	1971	665.300	7.697.350	525	108	27	34	37	0-108 Bauru
32	820	Distrito Industrial	Privado	Sedas Shoee Batac	Industrial	1974	664.650	7.698.260	503	160	79	23	91	0-159,9 Bauru; 159,9-160 Basalto
33	821	Distrito Industrial	Privado	Companhia Saad do Brasil	Industrial	1972	664.600	7.698.100	485	103	12	17	27,19	0-103 Bauru
34	822	Distrito Industrial	Privado	Sanbra	Industrial	1970	665.250	7.698.100	485	102	10	16	24	0-102 Bauru
35	823	Via Washington Luís, Km 442	Público	Instituto Penal Agrícola	Público	1966	663.350	7.695.850	505	120	12	*	*	0-120 Bauru
36	824	Via Washington Luís, Km 442	Privado	Instituto Penal Agrícola	Doméstico	1960	662.200	7.695.800	475	136	20	*	*	0-135,9 Bauru; 135,9-136 Basalto
37	825	Via Washington Luís, Km 442	Público	CATI	Público	1972	664.150	7.696.800	478	101	14	32	36	0-101 Bauru
38	826	Rua Nossa Senhora da Paz, 525	Privado	Auto Posto Parati	Doméstico	1975	670.400	7.699.600	510	65	*	*	*	0-65 Bauru
39	827	Rua Nossa Senhora da Paz	Privado	Auto Posto Bosque	Doméstico	1973	671.350	7.700.850	510	70	*	*	*	0-70 Bauru
40	828	Via BR 153 - Km 59	Privado	Terraf. (Ver. SCANIA)	Doméstico	1969	671.700	7.700.750	490	150	*	*	*	Sem descrição
41	829	Via BR 153 - Km 59	Privado	D.N.E.R	Doméstico	1967	671.250	7.699.900	519	*	*	*	*	Sem descrição
42	830	Via BR 153 - Km 59	Privado	Lion	Doméstico	1967	671.600	7.700.100	519	157	*	*	*	0-156,9 Bauru; 156,9-157 Basalto
43	831	Chácara Maquina	Privado	Domingos Sofredini	Doméstico	1960	671.850	7.700.550	485	56	15	*	*	0-56 Bauru
44	832	Rua Benil Rofueti	Privado	Pedro José Carvalho	Doméstico	1965	670.650	7.700.050	520	90	*	*	*	0-90 Bauru
45	833	Av. Feliciano Salles, 1650	Privado	João Martins	Doméstico	1974	665.050	7.698.050	485	70	*	*	*	0-70 Bauru
46	834	Rua Cristóvão Colombo, 1374	Privado	Antenor Vieira da Silva	Irrigação	1975	670.250	7.699.850	514	125	14	30	*	0-124,9 Bauru, 124,9-125 Basalto
47	835	Rua 15, Número 10	Privado	Celso Volpe	Doméstico	1972	670.450	7.700.000	519	112	12	Jorrante	*	0-112 Bauru
48	836	Rua Nossa Senhora da Paz	Privado	Lemar Ltda.	Industrial	1974	670.250	7.700.650	510	81	6	26	40	0-18 ?; 18-81 Bauru
49	837	Rua Nossa Senhora da Paz, 298	Privado	Geodisel	Doméstico	1975	670.250	7.700.660	510	98	5	*	*	0-48 ?; 48-98 Bauru
50	838	Via BR 153 - Km 58	Privado	Sebo Sol Ltda.	Industrial	1972	671.750	7.701.300	480	86	20	*	*	Sem descrição
51	839	Chácara São José	Privado	Dr. João T. da Silva	Doméstico	1973	671.900	7.701.150	480	102	12	6	15	0-102 Bauru
52	840	Av. Romeu Strarr	Privado	Refrigerantes Pia	Industrial	1964	668.350	7.696.500	*	*	*	*	*	Sem descrição
53	841	Rodovia São Joaquim da Barra	Privado	Rede Globo	Doméstico	1972	672.000	7.698.950	522	90	6	*	*	0-90 Bauru
54	842	Indústria de Compressores PEG	Privado	Paulo Edair Gazola	Industrial	1975	671.350	7.699.500	519	75	4	31	48	0-75 Bauru
55	843	Via SP 425 - km 1	Privado	Pavimentadora Riqueza	Doméstico	1969	672.100	7.699.150	522	110	*	*	*	0-110 Bauru
56	844	Av. Dr. Fernando Costa (Trevo)	Privado	Posto Brasília	Doméstico	1951	671.150	7.698.750	502	60	10	22,5	37	0-60 Bauru
57	845	Rua Fernando Pierre	Privado	Transportadora H Ltda.	Doméstico	1973	671.300	7.698.600	500	105	12	25	35	0-105 Bauru

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota do te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico	
Nº	DAEE				Const	E-W	N-S	(m)	(m)	(m ³ /h)	(m)	(m)		
58	846	Via SP 425 - km 143	Privado	Bebidat Dunorte	Industrial	1973	671.600	7.698.800	498	88	*	*	*	0-88 Bauru
59	847	Via SP 425 - Km 183	Privado	Jaime Vindes B. Puno	Doméstico	1973	673.450	7.699.200	499	85	*	*	*	0-85 Bauru
60	848	Granja Felicidade	Privado	Walter Damiani	Doméstico	1975	675.200	7.699.100	465	80	*	*	*	0-79,9 Bauru; 79.90-80 Basalto
61	849	Fazenda Titio	Privado	Liberato Cezário Castro	Doméstico	1975	675.150	7.699.600	470	68	*	*	*	0-68 Bauru
62	850	Sítio Monte Alto	Privado	Hermes Negrelli	Doméstico	*	679.400	7.699.600	570	100	*	*	*	0-100 Bauru
63	851	Chácara Rancho Regina	Privado	Domingos Monia	Doméstico	1972	665.750	7.693.200	570	90	6	*	*	0-90 Bauru
64	852	Estância Paraíso	Privado	Aldemar Micale	Doméstico	1972	665.850	7.693.350	570	100	*	*	*	0-100 Bauru
65	853	Av. Faria Lima (Chácara Primavera)	Privado	Dr. Alin Atikes	Doméstico	1968	666.250	7.693.750	575	100	*	*	*	0-100 Bauru
66	854	Av. Faria Lima (Chácara Jolina)	Privado	Dr. Jorge Zaid	Doméstico	1969	666.300	7.693.950	575	106	12	*	*	0-106 Bauru
67	855	Av. Faria Lima (Fazenda Santa Helena)	Privado	Dr. P. César Custi	Doméstico	1971	665.650	7.694.300	550	72	*	*	*	0-72 Bauru
68	856	Fazenda Santa Helena (BR 153)	Privado	Francisco Fernandes	Doméstico	1955	666.650	7.694.250	575	100	6	*	*	0-100 Bauru
69	857	Av. Faria Lima	Público	Presídio de menores	Público	1972	665.850	7.695.150	515	90	*	24	28	0-90 Bauru
70	858	Av. Faria Lima	Público	Lar do menor	Público	1961	666.100	7.694.800	540	48	*	*	*	Sem descrição
71	859	Av. Faria Lima	Público	Rio Preto Esporte Club	Público	1964	666.100	7.695.350	520	124	10	*	*	0-124 Bauru
72	860	Rua Raul Silva	Privado	Bispado de Rio Pardo	Doméstico	1975	667.150	7.695.300	520	100	10	*	*	0-100 Bauru
73	861	Rua Raul Silva (Garagem municipal)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	667.100	7.695.650	525	150	40	*	*	0-149,9 Bauru; 149,9-150 Basalto
74	862	Rua Raul Silva - Clube Recreativo	Privado	Assistência odontológica R	Doméstico	1974	666.950	7.694.100	540	124	9	28	40	0-18 ?; 18-124 Bauru
75	863	Rua Raul (Chácara Minicipal)	Privado	Liga de combate a tubercul	Doméstico	1965	666.700	7.695.100	550	*	*	*	*	Sem descrição
76	864	Av. Faria Lima	Privado	Centro de Professorado	Doméstico	1971	666.550	7.695.150	545	139	*	*	*	0-139 Bauru
77	865	Rua Raul Silva	Privado	Faculdade de Odontologia	Doméstico	1974	667.100	7.695.100	535	102	11	20	42	0-102 Bauru
78	866	Av. Faria Lima, 5928	Privado	Auto Posto Universitário	Doméstico	1971	666.800	7.695.600	535	139	20	*	*	0-139 Bauru
79	867	Rua Raul Silva (Club Recreativo)	Privado	Sindicato dos Comerciais	Doméstico	1975	666.100	7.695.850	525	108	9	*	*	0-108 Bauru
80	868	Rua Raul Silva, 1863	Privado	APAE	Doméstico	1967	666.150	7.696.100	525	100	*	*	*	0-100 Bauru
81	869	Av. Faria Lima. 5622	Privado	Instituto de Neurologia	Doméstico	1974	666.750	7.695.900	525	100	8	33	*	0-100 Bauru
82	870	Av. Faria Lima	Público	Hospital de Base	Público	1951	666.950	7.696.150	520	120	18	*	*	0-120 Bauru
83	871	Rua Jair Mil Homens	Privado	Lourival Costa	Doméstico	1975	667.250	7.696.400	520	80	6	*	*	0-80 Bauru
84	872	Rua Francisco Cal, 78	Privado	Victor B. N. Cruz	Doméstico	1974	667.150	7.696.350	520	60	*	*	*	0-60 Bauru
85	873	Estância São José	Privado	C. Cocenza	Doméstico	1966	664.750	7.691.400	550	117	*	*	*	0-116,9 Bauru; 116,9-117 Basalto
86	874	Posto Cocenza	Privado	José Cocenza Neto	Doméstico	1974	664.900	7.691.350	550	113	*	*	*	0-113 Bauru
87	875	Rua Antônio de Godoy, 4944	Privado	Antônio Del Campo	Doméstico	1975	667.400	7.696.250	520	90	*	*	*	0-90 Bauru
88	876	Rua Raul Silva, s/n	Privado	Nilton Biaisi	Doméstico	1975	667.350	7.696.150	520	80	*	*	*	0-80 Bauru
89	877	Rua Antônio de Godoy	Privado	Minerva Jales	Doméstico	1973	667.200	7.696.150	525	*	*	*	*	Sem descrição
90	878	Rua Raul Silva, 333	Privado	Dr. José Garcia Filho	Doméstico	1975	667.850	7.696.650	500	80	12	*	*	0-80 Bauru
91	879	Av Faria Lima, 4948	Privado	Posto Rio Preto	Doméstico	1950	667.150	7.696.550	510	100	*	*	*	0-100 Bauru
92	880	Rua Ondina, 700	Privado	Sevom	Doméstico	1960	666.350	7.696.600	510	80	*	*	*	Sem descrição
93	881	Rua Luiz de Camões, 3150	Público	Hosp. Beneficência Portug	Público	1966	667.550	7.696.700	505	132	*	*	*	0-132 Bauru
94	882	Rua Bernardino de Campos	Privado	João Bassit	Doméstico	1975	668.100	7.697.250	500	117	12	*	*	0-117 Bauru
95	883	Rua Capião José Marta, 1380	Privado	Pandini Cia.	Industrial	1973	669.200	7.695.450	540	110	*	*	*	0-110 Bauru
96	884	Av. Romeu Shazzi, 117	Privado	Circular Santa Luzia	Doméstico	1973	668.450	7.696.450	505	102	10	18	30	0-102 Bauru
97	885	Rua Santa Maria, 875	Privado	Souza Cia Ltda.	Doméstico	1971	668.550	7.699.500	505	120	60	*	*	0-119,9 Bauru; 119,9-120 Basalto
98	886	Av. Alberto Andalo	Privado	Rio Preto Automóvel Club	Doméstico	1947	668.900	7.697.950	485	104	18	*	*	0-103,9 Bauru; 103,9-104 Basalto
99	887	Rod. SP 310 (Club Campo)	Privado	Rio Preto Automóvel Club	Doméstico	1974	672.110	7.690.950	540	120	12	15	*	0-120 Bauru
100	888	Rua José Bonifácio, s/n	Privado	Comunidade São Judas Ta	Doméstico	1965	670.850	7.697.050	510	100	*	*	*	0-100 Bauru
101	889	Rua machado de Assis, 201	Privado	América de Rio Preto	Doméstico	1974	669.400	7.697.150	510	120	*	*	*	0-120 Bauru
102	890	Rua João Mesquita, 2831	Privado	Palestra Esporte Club	Doméstico	1974	668.850	7.696.350	490	102	22	*	*	0-102 Bauru
103	891	Rua Pedro Amaral, 3438	Privado	Expresso Itamarati	Doméstico	*	668.800	7.696.000	485	154	10	*	*	0-153,9 Bauru; 153,9-154 Basalto
104	892	Av. Duque de Caxias, 3756	Privado	Assoc.dos Func.Público M	Doméstico	1972	669.550	7.697.950	485	127	*	*	*	0-127 Bauru
105	893	Rua Capitão Faustino de Almeida, s/n	Privado	Frigorífico Bordon	Industrial	1960	667.550	7.700.050	460	90	*	*	*	0-90 Bauru
106	894	Rua Capitão Faustino de Almeida, s/n	Privado	Frigorífico Bordon	Industrial	1970	667.650	7.700.150	466	80	*	*	*	0-80 Bauru
107	895	Rua Capitão Faustino de Almeida, s/n	Privado	Frigorífico Bordon	Industrial	1966	667.800	7.700.200	525	130	*	*	*	0-130 Bauru
108	896	Rua João Mesquita, 676	Privado	Fábrica de Salame Rio Pre	Industrial	1973	667.400	7.699.950	525	80	*	*	*	0-80 Bauru
109	897	Rua do Rosário	Privado	Frigorífico Santa Cruz	Industrial	1967	668.150	7.700.500	525	120	18	*	*	0-120 Bauru
110	898	Chácara Bonanza	Privado	Irene do Vale Martins	Doméstico	1975	667.650	7.700.700	505	*	*	*	*	Sem descrição
111	899	Rua do Rosário, 1000	Privado	Curume Falavilla	Industrial	1964	668.450	7.700.800	525	100	100	*	*	0-100 Bauru
112	900	Rua Oswaldo Cruz, 2905	Privado	César Filho	Doméstico	1974	666.650	7.696.300	535	116	13	*	*	Sem descrição
113	901	Av. Major Leoterro, s/n	Privado	Lott João Bassit	Doméstico	1965	671.400	7.696.850	500	100	12	*	*	0-100 Bauru
114	902	Rua Soraye - Jd. Soraia	Privado	Antenor Marchim	Doméstico	1967	671.400	7.697.150	500	80	7	*	*	0-80 Bauru

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota do te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico	
Nº	DAEE				Const	E-W	N-S	(m)	(m)	(m³/h)	(m)	(m)		
115	903	Rua 2, número 203	Privado	Miguel e Kalil	Doméstico	1957	671.200	7.696.450	510	107	*	*	*	0-107 Bauru
116	904	Rua dos Agostinianos	Privado	Colégio São José	Doméstico	1961	669.650	7.696.250	520	118	10	*	*	0-118 Bauru
117	905	Rua Barão de Cotegipe, 89	Privado	J. Alves Veríssimo	Doméstico	1966	669.300	7.697.800	480	118	*	*	*	0-118 Bauru
118	906	Praça Paul, 11	Privado	FEPASA	Doméstico	1945	669.000	7.698.000	480	*	*	*	*	Sem descrição
119	907	Av. Duque de Caxias,3428	Privado	Cia. Saad do Brasil	Doméstico	*	669.250	7.696.000	480	*	*	*	*	Sem descrição
120	908	Rua Rubião, 3609	Privado	Colégio Santo André	Doméstico	1951	668.650	7.697.100	495	76	*	*	*	0-76 Bauru
121	909	Rua Cândido Carreiro, 665	Público	Casa de Saúde N. S. das C	Público	1960	668.950	7.697.850	485	50	*	*	*	0-50 Bauru
122	910	Rua Bernardino de Campos, 3128	Privado	Hotel Metrópole	Doméstico	1975	668.300	7.697.450	500	96	6	*	*	0-96 Bauru
123	911	Rod. SP 310	Público	D.E.R	Público	1973	670.550	7.695.500	535	125	7	28	43	0-125 Bauru
124	912	Rod SP 310 Km 433	Privado	Irmãos Folchini	Doméstico	1972	672.170	7.693.570	512	99	7	*	*	0-99 Bauru
125	913	Rod. Washington Luiz, Km 433,5	Privado	W. Canhedo	Doméstico	1974	672.400	7.693.400	512	100	9	*	*	0-100 Bauru
126	914	Praça Herrich Nordatz	Privado	Rio Preto Motor	Doméstico	1965	669.470	7.696.170	525	120	15	15	*	0-125 Bauru
127	915	Rod. Washington Luiz, Km 433	Privado	Sergio Salvador e Cia Ltda	Doméstico	1974	672.800	7.693.500	495	83	*	*	*	0-83 Bauru
128	916	Chácara Santa Filomena (V. Toninho)	Privado	Raimundo C. P. Carvalho	Doméstico	1974	672.400	7.693.950	502	85	6	*	*	0-85 Bauru
129	917	Chácara Nossa Senhora da Paz-Rod SP 310	Privado	M. Loudes Benicazza	Doméstico	1971	672.650	7.693.750	503	90	*	*	*	0-90 Bauru
130	918	Rua 2	Privado	Centro Social Vila Toninho	Doméstico	1973	672.650	7.693.650	503	80	*	*	*	0-80 Bauru
131	919	Chácara das Orquídeas	Privado	Rafael e João Dias	Doméstico	1972	672.050	7.693.250	510	98	*	*	*	0-98 Bauru
132	920	Rua Coronel Spinola,5661	Privado	Soc. Méd. Cirurgiões de S.	Doméstico	1970	666.100	7.696.000	500	86	*	*	*	0-86 Bauru
133	921	Rua Jardim, 2073	Privado	José da Silva S.E	Doméstico	1965	668.150	7.696.550	495	*	*	*	*	Sem descrição
134	922	Rodovia Washington Luiz - Km 433	Privado	Indústria Prellinson	Industrial	1971	671.750	7.693.650	490	113	16	*	*	0-113 Bauru
135	923	Rodovia SP 310 - Km 435	Privado	Liquigas	Doméstico	1973	671.800	7.694.200	485	88	8	*	*	0-88 Bauru
136	924	Rodovia SP 310 - Km 433	Privado	Bem-Hur	Doméstico	1973	671.800	7.694.000	485	100	*	*	*	0-100 Bauru
137	925	Av. Bady Bassit, 4870	Privado	Clinica Imagem	Doméstico	1975	667.100	7.697.300	480	100	*	*	*	0-100 Bauru
138	926	Chácara São Judas Tadeu	Privado	Seba Nassif Ardams	Doméstico	1975	671.600	7.693.750	495	100	*	*	*	0-100 Bauru
139	927	Sítio São Miguel	Privado	Miguel Kfourí	Doméstico	1970	671.400	7.693.500	520	102	13	22	25	0-102 Bauru
140	928	Rua Antônio de Godoy	Privado	Ariovaldo de Castro	Doméstico	1974	671.400	7.693.250	522	80	4	21	24	0-80 Bauru
141	929	Chácara Xodó	Privado	Joaquim Estrela	Doméstico	1974	672.100	7.693.700	500	110	8	*	*	0-110 Bauru
142	930	Rodovia Sp 310 - Km 433	Privado	Severo Marchesoni	Doméstico	1974	671.650	7.694.250	480	120	*	*	*	0-120 Bauru
143	931	Rodovia SP 310 - Km 433	Privado	Ernesto Strazzi	Doméstico	1970	670.850	7.693.550	500	100	10	*	*	0-100 Bauru
144	932	Chácara Santa Isabel	Privado	Antônio Conte	Doméstico	1974	667.750	7.693.500	495	85	10	*	*	0-85 Bauru
145	933	Chácara Jockey Club	Privado	Wandir Gandolfi	Doméstico	1973	671.550	7.693.450	500	90	12	*	*	0-90 Bauru
146	934	Rua Marechal Deodoro, 1439	Privado	José Carlos	Doméstico	*	671.050	7.693.750	505	*	*	*	*	Sem descrição
147	935	Chácara Carmina	Privado	Rubens Palka	Doméstico	1971	671.850	7.693.850	480	105	10	*	*	0-105 Bauru
148	936	Chácara São Marcos	Privado	Joaquim Fernandes	Doméstico	1973	671.750	7.693.850	490	147	*	*	*	0-147 Bauru
149	937	Chácara Fábio Adriano	Privado	Dr. Miguel G. B. Lopes	Doméstico	1967	671.800	7.693.250	500	85	5	*	*	0-85 Bauru
150	938	Rua Santos Dumont, 382	Privado	Paulo Eclair Gazola	Doméstico	1975	669.550	7.697.450	500	88	*	*	*	0-88 Bauru
151	939	Rua Santos Dumont, 365	Privado	Fortunato Gazzole	Doméstico	1966	669.500	7.697.600	490	70	*	*	*	0-70 Bauru
152	940	Rua Jorge Tiririca, 3515	Privado	Sebastião Tavares	Doméstico	1973	668.800	7.697.500	490	105	*	*	*	0-105 Bauru
153	941	Rua Franco Carneiro, 266	Privado	Dr. Vicente F. Júlio	Doméstico	1970	668.700	7.697.500	480	60	*	*	*	0-60 Bauru
154	942	Fazenda Santo Isidoro, BR 153, Km 68	Privado	Sebastião e Pereira	Doméstico	1971	668.750	7.697.450	480	120	*	*	*	0-120 Bauru
155	943	Av. Alberto Andalo, 3220	Privado	Condomínio Edifício Rio Br	Doméstico	1974	668.500	7.696.100	485	103	18	*	*	0-103 Bauru
156	944	Rua XV, 3333	Privado	Condomínio Edifício Ana A	Doméstico	1975	668.300	7.697.150	485	118	55	*	*	0-118 Bauru
157	945	Rua Antônio de Godoy, 4473	Privado	Ariobaldo K. de Castro	Doméstico	1974	667.850	7.696.900	505	80	4	*	*	0-80 Bauru
158	946	Granja Santo Antônio	Privado	Antônio Fernandes	Doméstico	1969	672.450	7.692.800	525	80	6	*	*	0-80 Bauru
159	947	Estância Fazendinha	Privado	Benedito Vargas	Doméstico	*	672.100	7.691.700	535	150	5	*	*	0-150 Bauru
160	948	Av. Bady Bassit / Paqueta	Privado	Auto Posto Buzzini	Doméstico	1972	667.800	7.697.100	505	70	*	*	*	0-70 Bauru
161	949	Av. Bady Bassit	Privado	Auto Posto Homsi Ltda.	Doméstico	1975	667.550	7.696.900	510	60	10	*	*	0-60 Bauru
162	950	Av. Alberto Andalo, 4005	Privado	Antônio P. Carneiro - Lava	Doméstico	1971	667.400	7.696.850	510	80	15	*	*	0-80 Bauru
163	951	Rua Cristóvão Colombo, 2265	Privado	FFCL São J. R. Preto	Doméstico	1970	670.050	7.699.800	505	*	*	*	*	Sem descrição
164	952	BR 153 - Km 65	Público	CESL	Público	1969	669.450	7.694.500	535	150	*	*	*	0-150 Bauru
165	953	Fazenda São José - Rod. 425, Km 192	Privado	Jair Barbosa	Doméstico	1973	666.450	7.692.500	550	100	13	*	*	0-100 Bauru
166	954	Chácara Daud	Privado	Espólio Daud	Doméstico	1950	670.400	7.696.550	518	*	*	*	*	Sem descrição
167	955	Rodovia 153, Km 62,5	Privado	CAIC	Doméstico	1965	671.150	7.696.700	520	150	*	*	*	0-150 Bauru
168	956	Av. Nossa Senhora da Paz, 967	Privado	Pissolatti e Cia Ltda.	Doméstico	*	670.100	7.699.350	510	*	*	*	*	Sem descrição
169	957	Rua Presidente Kenedy	Privado	Oswaldo Del Machio	Doméstico	1974	670.950	7.697.700	480	81	7	13	19	0-81 Bauru
170	958	Rua Filho Preste	Privado	Wilson C. Filho	Industrial	1973	668.700	7.699.700	482	102	8	12	18	0-102 Bauru
171	959	Rua dos expedicionários	Privado	Roberto Ramos	Doméstico	1972	668.650	7.698.750	480	80	*	*	*	0-80 Bauru

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota do te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico
						Const	E-W						
172	960 Rua Sebastião, s/n	Não defin	João Ramos	Não definic	1976	668.250	7.699.250	500	*	*	*	*	Sem descrição
173	961 Chácara Ipê	Privado	Clovis Sabela	Doméstico	1973	671.400	7.696.050	500	105	12	*	*	0-105 Bauru
174	962 Rua Boa Vista	Não Defin	Mário Henrique Pereira	Não Defin	*	668.350	7.698.300	480	90	4	*	*	0-90 Bauru
175	963 Chácara Maia (Rodovia Washington Luiz)	Privado	José Alves Menezes	Doméstico	1971	664.050	7.694.100	545	100	10	*	*	0-100 Bauru
176	964 Chácara Boa Esperança	Privado	Mário T. Vieira	Doméstico	1972	665.250	7.694.150	540	*	*	*	*	Sem descrição
177	965 Rodovia Washington Luiz, Km 429	Privado	Auto Posto Texaco	Doméstico	1969	674.550	7.690.700	520	95	5	*	*	0-95 Bauru
178	966 Rodovia SP - 310, Km 445	Privado	Monte Líbano Clube	Doméstico	1969	662.200	7.697.500	504	70	20	*	33,74	0-70 Bauru
179	967 Chácara Penal, Rodovia BR-153, Km 69	Privado	Abel Silveira Mendes	Doméstico	1964	663.750	7.690.300	570	110	12	*	*	0-110 Bauru
180	968 Rua José Anísio Yoka / Rua Felipe Gataz (próximo ad	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.590	7.696.840	*	182,9	34	54,98	87,1	Sem descrição
181	969 Rua Rio Paranapanema/Rua Anísio H. Gabriel	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.200	7.694.270	*	*	20	*	*	Sem descrição
182	970 Rua Rio Paranapanema / Rua Nadir Kenan (próximo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.910	7.694.410	*	*	30	*	*	Sem descrição
183	971 Av. N. S. da Paz / Rua Beny Roqueti	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.880	7.700.100	*	*	9	40,7	*	Sem descrição
184	972 Av. Fortunato Vettorazzo / Av. Eribelto M. Reino	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.430	7.700.110	*	*	15	*	*	Sem descrição
185	973 Av. B/Fortunato Vettorazzo (em frente r. M.Q.J.Medeir	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.550	7.700.060	*	*	16	*	*	Sem descrição
186	974 Rua Rogério Cevizzi / Rua Benedito T. de Oliveira	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.460	7.700.320	*	*	24	*	*	Sem descrição
187	975 Av. Jesus Vila Nova Vidal / Rua José Anísio	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.700	7.696.990	*	*	20	*	*	Sem descrição
188	976 Rua Manoel C. Branco (ao lado do reservatório do ba	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	665.420	7.701.620	*	190	22	*	*	0-190 Bauru
189	977 Rua Manoel C. Branco / Rua D. José I. Golçalves	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	665.540	7.701.510	*	180	24	*	*	0-180 Bauru
190	978 Rua Maria E. Ferreira / Rua Beatriz Conceição	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.270	7.701.570	*	*	20	*	*	Sem descrição
191	979 Rua D. José I. Gonçalves / Rua Beatriz Conceição	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.470	7.701.370	*	*	16	*	*	Sem descrição
192	980 Rua 1 de Março (ao lado de pasto - próx. à r. 10 de A	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.060	7.701.560	*	*	15	*	*	Sem descrição
193	981 Rua Maria E. Ferreira / Rua José Bossa	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.540	7.701.800	*	*	18	*	*	Sem descrição
194	982 Av.S. J. Rio Preto / R. P. Santo Marini	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	664.470	7.702.010	*	120	28	36	65	Sem descrição
195	983 R.Joaquim F. Diniz / R. Vicente de Paula Barbosa	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.610	7.695.110	*	*	28	*	*	Sem descrição
196	984 Bosque Municipal, r. José leguer	Público	Prefeitura Municipal	Público	1973	671.390	7.701.280	*	*	22	21,5	*	Sem descrição
197	985 r. Joaquim F. Diniz (próx. à r. Vicente de Paula Barbo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.540	7.695.020	*	*	*	*	*	Sem descrição
198	986 R. Maria C. Volpe (entre r. Olinda Roma/Osv.Santos)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1980	672.510	7.693.840	*	109	25	54,37	75,13	Sem descrição
199	987 C.Comunitário - R. Maria C. Volpe	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	672.280	7.694.120	*	*	8	*	*	Sem descrição
200	988 R.Antonio Lopes/R. Maria C.Volpe	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	672.590	7.693.620	*	*	14	*	*	Sem descrição
201	989 Rua Centenário (em frente ao no 1514)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1975	669.350	7.695.810	*	*	18	*	*	Sem descrição
202	990 Rua José C. Freitas / Rua Terríbio Arroio Valério	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.870	7.695.330	*	*	24	*	*	Sem descrição
203	991 Rua Argemiro Goulart / Rua Olavo G. Correia	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.810	7.695.100	*	*	20	*	*	Sem descrição
204	992 Av. Vivendas / Rua Francisco Alves / Av. Murchid Hor	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	669.970	7.696.070	*	157	8	52	110	Sem descrição
205	993 Rua Benedito Duarte (em frente a no 241)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.330	7.696.340	*	*	10	*	*	Sem descrição
206	994 Av. Vivendas / Av. São Vitor	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	669.710	7.695.960	*	172	12	49	110	Sem descrição
207	995 Av. Potirendaba/Av. Vivendas/R. Padre A. Vieira	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	669.450	7.695.760	*	190	28	51	114	Sem descrição
208	996 Av. Potirendaba/R. Felipe A. Maluf (em frente a Shell)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.470	7.695.500	*	*	40	*	*	Sem descrição
209	997 Rua Olavo Correia / Rua Luís Figueiredo (praça)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.280	7.695.440	*	*	14	*	*	Sem descrição
210	998 Av. Olavo Guimarães Correia (em frente ao no 530)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	669.120	7.695.290	*	198	24	*	*	Sem descrição
211	999 R. Waldir de Carvalho,155 (praça dos IPT-85 e 86)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.120	7.693.730	*	*	24	18	66	Sem descrição
212	1000 R. Carlos R. de Oliveira (próx. a escola - COOPEC)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.480	7.693.930	*	*	*	*	*	Sem descrição
213	1001 Av. Benedito/R. Lisboa (em frente ao no 2650)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.490	7.694.320	*	*	*	*	*	Sem descrição
214	1002 Av. Marginal (ao lado da Viação Motta)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.990	7.698.890	*	*	*	26	114	Sem descrição
215	1003 R. Francisco Sizenando, 276	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.280	7.696.460	*	*	13	*	*	Sem descrição
216	1004 *	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.180	7.701.490	*	*	*	*	*	Sem descrição
217	1005 Rua Projetada 3	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.180	7.701.460	*	*	*	*	*	Sem descrição
218	1011 Rua Bechara Hage / Rua L. J. Nascimento	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.450	7.701.730	*	*	20	*	*	Sem descrição
219	1013 R.Manoel del Arco / Rua 25 / Rua 54	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	667.150	7.703.020	*	*	*	*	*	Sem descrição
220	1014 Av. Projetada B1/R. Joaquim R. dos Santos (Creche n	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.260	7.701.720	*	*	*	*	*	Sem descrição
221	1015 Rua 6 / Rua 39 (Escola Profissionalizante)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	666.780	7.703.840	*	100	7	32	75	0-100 Bauru
222	1016 Av. S.J.R.Preto/R. Alberto Targas (Esc. Profession.)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	666.600	7.703.050	*	100	12	28	45	0-100 Bauru
223	1017 Praça, entre as Ruas 21, 52 e 53	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	665.430	7.701.020	*	162	18	49	110	Sem descrição
224	1018 R. Odilon Amadeu (Centro Comunitário)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	672.210	7.694.240	*	*	*	*	*	Sem descrição
225	1019 Av. da Luz/R. Dionísio Cardoso (unidade escolar)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.270	7.696.210	*	*	*	7,9	*	Sem descrição
226	1020 R.Proj. A/R. José Rossi/R. José Cury/R. Proj. B	Público	Prefeitura Municipal	Público	1997	671.300	7.695.280	*	*	*	*	*	Sem descrição
227	1021 Rua Bechara Hage / Rua Antonio Sbioge	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.290	7.701.630	*	*	14	*	*	Sem descrição
228	1022 Posto de Saúde (Av. F.Vettorazzo x Mte Aprazível)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.120	7.699.560	*	*	*	18	*	Sem descrição

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota de te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico	
Nº	DAEE				Const	E-W	N-S		(m)	(m3/h)	(m)	(m)		
229	1023	Lar Beatriz Conceição	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.980	7.700.420	*	*	*	*	Sem descrição	
230	1024	Rua Nelson Freitas, 805	Privado	Condomínio Edifício Alabar	Doméstico	1996	665.110	7.699.350	*	100	10	34	46	Sem descrição
231	1025	Escola Laerte T. da Costa (Ruas Haiti x Bait Chalela)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	670.540	7.699.350	*	100	12	24	48	0-92 Bauru
232	1026	Rua Pedro Góes / Rua Guiomar A. Kalil	Privado	Condomínio Elite's Parh	Doméstico	*	665.590	7.698.220	*	*	*	*	*	Sem descrição
233	1027	Rua Santana Figliage Cecato, 450	Privado	Condomínio Village Itália II	Doméstico	1996	665.560	7.698.440	*	110	14	30	44	Sem descrição
234	1028	IBILCE - UNESP - Campus S.J.Rio Preto	Público	UNESP	Público	1997	670.750	7.700.800	*	150	*	48,84	*	Sem descrição
235	1029	Rua Tiradentes, 2640	Privado	Edifício Roberto M. Honsi	Doméstico	*	668.450	7.698.250	*	100	12	28	46	Sem descrição
236	1030	Rua Bechara Hage (em frente ao no 1140)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.610	7.701.860	*	*	20	*	*	Sem descrição
237	1031	Creche (entre as r. Fernando Pessoa e Fco. A. Andra	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	670.540	7.702.330	*	100	8	42	62	0-100 Bauru
238	1032	Rua Carmelino G. Condessa, 650	Privado	Condomínio Ulisses J. Cury	Doméstico	*	666.670	7.697.070	*	100	*	*	*	Sem descrição
239	1033	Rua Benjamin Constant, 4050	Privado	Condomínio Angra dos Reis	Doméstico	1996	667.580	7.697.380	*	100	*	30	44	Sem descrição
240	1034	EEPSG Maria G. Nora - Av. Antonio Pereira da Silva,	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	664.520	7.699.730	*	100	10	41	55	Sem descrição
241	1035	Rua Nelson Freitas, 365 (próximo à Rua Santa Paula)	Privado	Condomínio Residencial Pi	Doméstico	1996	665.180	7.699.010	*	80	11	18	36	Sem descrição
242	1036	Rodovia SP 425, km 1,5	Privado	Encalco Constr.Ltda.	Doméstico	1996	672.740	7.699.220	*	142	33	50	114	Sem descrição
243	1037	R. Lino Braille (entre as r. Ant. Godoi e Anísio Haddad	Privado	Rio Preto Shopping Center	Doméstico	1996	666.650	7.695.130	*	202	34	42	130	Sem descrição
244	1038	Rua Isidoro Pupim, 2100	Privado	Lécio Pneus (antigo Saad)	Doméstico	1972	664.770	7.698.270	*	103	12	17	27,19	Sem descrição
245	1039	Clube Monte Líbano (próximo à divisa com Mirassol)	Privado	Clube Monte Líbano	Doméstico	1969	661.850	7.697.550	*	110	6	37,1	38,42	0-110 Bauru
246	1040	Chácara Julião (a 2 km do Rio Preto Automóvel Clube	Privado	Marcos César Julião	Doméstico	*	672.400	7.691.090	*	150	5	37,27	47,85	Sem descrição
247	1041	Centro Social Boa Vista - Rua Ipiranga / Av. Brasil	Público	Prefeitura Municipal	Público	1975	668.750	7.699.550	*	*	15	16	*	Sem descrição
248	1042	Rio Preto Automóvel Clube	Privado	Rio Preto Automóvel Clube	Doméstico	1974	673.360	7.692.090	*	120	13	13,8	26	Sem descrição
249	1043	Rua Jorge Tibiriçá, 3515	Privado	Sebastião Tavares	Doméstico	1973	668.950	7.697.520	*	105	*	14,35	*	Sem descrição
250	1044	Rua Otávio Pinto Cesar, 1400	Público	DAEE	Público	1980	668.280	7.694.640	*	130	13	21,8	59,8	0-130 Bauru
251	1045	Rua Raul Silva/Rua Fco. das Chagas Oliveira	Privado	Assoc. Odontol./S.J.R.P.	Doméstico	*	666.890	7.695.490	*	124	9	12,35	40	Sem descrição
252	1046	Escola Cenobelina B. Seabra - Av. da Saudade	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.290	7.697.540	*	*	12	30	*	Sem descrição
253	1047	EEPSG Jamil Kahuan - Praça Valparaíso, s/n	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.810	7.697.330	*	100	10	30	*	Sem descrição
254	1048	EEPSG Professora Lydia San Felice - R. Luciano Lis	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.680	7.699.070	*	100	*	30	*	Sem descrição
255	1049	Instituto Penal Agrícola - IPA (futuro distrito industrial)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.490	7.696.320	*	*	*	*	*	Sem descrição
256	1050	Estacionamento do ginásio Antônio Natalone / SESI	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	670.140	7.697.970	*	114	20	1,2	*	0-114 Bauru
257	1051	Rua General Glicério, n. 3947	Público	Secretaria da Educação	Público	*	667.670	7.697.970	*	*	8	*	*	Sem descrição
258	1052	Jardim Antonieta	Público		Público	*	662.150	7.697.450	*	*	22	*	*	Sem descrição
259	1053	FG (2 vendas)	Público		Público	*	668.500	7.705.900	*	*	22	*	*	Sem descrição
260	1054	FG (2 vendas)	Público		Público	*	668.700	7.705.850	*	*	25	*	*	
261	1055	Cidade das Crianças (em frente à Av. Daniel A. Freita	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.520	7.697.470	*	164	15	53,76	100,4	0-114 Bauru; 114-160 Basalto
262	1056	Cidade das Crianças (cerca de 100m da entrada)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.510	7.697.310	*	*	15	*	*	Sem descrição
263	1057	Rua Sílvio Colombo (próximo à rodovia Marginal)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.810	7.694.530	*	166,1	15	54,34	85	Sem descrição
264	1058	Rua Rajide Jamal / Rua Sílvio Colombo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.060	7.694.500	*	126	13	45,1	57,59	Sem descrição
265	1059	Canteiro interno da Av. 1/R. Marinha (próx. ao SOS g	Público	Prefeitura Municipal	Público	1993	669.720	7.694.330	*	163	13	49	107	Sem descrição
266	1060	Rua 25 de Janeiro (ex-Rua Subh Jamal) / Av. Jaguar	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.180	7.702.280	*	*	14	*	*	Sem descrição
267	1061	Rua 1 / Rua 7	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.530	7.703.800	*	*	15	*	*	Sem descrição
268	1062	Rua Antonio Buzzini / Rua E	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.500	7.703.550	*	*	13	*	*	Sem descrição
269	1063	Av. Mirassolândia - R. Santa Paula/R. Sebastião Fiu	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.300	7.700.800	*	*	26	*	*	Sem descrição
270	1064	Rua Proj. A (entre as r. José Rossi e José J. Cury)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.260	7.695.300	*	*	25	*	*	Sem descrição
271	1065	Rua José Cury, próximo à Rua Projetada A	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.290	7.695.320	*	*	20	*	*	Sem descrição
272	1066	Rua Projetada B, entre as Ruas José Rossi e José Cu	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.370	7.695.170	*	*	25	*	*	Sem descrição
273	1067	Av. América (entre r. da Imprensa e Padre J. Bento)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.630	7.696.810	*	*	24	*	*	Sem descrição
274	1068	Rua Jales/R. Indiaporã/R. Antonio Marmo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.250	7.701.270	*	162,6	24	80	93,67	Sem descrição
275	1069	Secr. Mun. de Esportes - Av. Monte Aprazível / Rua J	Público	Prefeitura Municipal	Público	1972	666.600	7.700.950	*	192	32	*	*	0-192 Bauru
276	1070	Praça - Av. Mirassolândia/R. Pereira Barreto	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.480	7.701.340	*	156,2	30	44	105	Sem descrição
277	1071	Praça - R. Estrela D'Oeste/Santana do Parnaíba	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.120	7.700.950	*	147,1	32	58,68	85,76	Sem descrição
278	1072	Rua Três Lagoas - 3741/3761	Público	Prefeitura Municipal	Público	1992	666.130	7.701.190	*	170	24	69,2	114,4	Sem descrição
279	1073	Rua Antonio G. Lourenço (em frente ao no 1436)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	669.380	7.702.370	*	120,6	22	28	72	0-120 Bauru/ Adamantina; 120-120,6 Ba
280	1074	Rua 25 de Janeiro / Rua Hormínio de Oliveira	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.580	7.702.620	*	*	18	*	*	Sem descrição
281	1075	Av. Getúlio Vargas (próx. à escola João J. Sabino)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.870	7.694.670	*	*	18	*	*	Sem descrição
282	1076	Palácio das Águas, r. São Paulo/r. Filadelpho G. Neto	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	669.190	7.698.220	*	150	17	Jorrante	*	0-140 Bauru; 140-150 Basalto
283	1077	Garagem Municipal, R. Raul Silva, 2054	Público	Prefeitura Municipal	Público	1974	666.920	7.695.740	*	150	15	12,4	*	0-150 Bauru
284	1078	Rua Feres Kfourí / Rua 15	Público	Prefeitura Municipal	Público	1980	668.010	7.694.560	*	160	25	61,73	94,15	0-150 Bauru; 140-150 Basalto
285	1079	Rua Luiz Spindola Castro (próximo à Rua Feres Kfour	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	667.930	7.694.590	*	170	15	42	110	0-170 Bauru

Poço Nº	Endereço	Uso	Proprietário	Atividade	Ano	Coordenadas UTM		Cota do te	Prof.	Vazão	NE	ND	Perfil litoestratigráfico	
Nº	DAEE				Const	E-W	N-S		(m)	(m3/h)	(m)	(m)		
286	1080	Rua 15 / Rua Abraão Thomé (praça ao lado do DAEE)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	668.110	7.694.770	*	156	16	58	115	0-136 Adamantina; 136-156 Sto. Anastácio
287	1081	Rua Jaguaré / Av. Danilo Galeazzi	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.060	7.701.720	*	141,2	24	59	89	Sem descrição
288	1082	Rua Antônio Munia / Rua José Rambaielo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.360	7.701.140	*	*	25	*	*	Sem descrição
289	1083	Rua Sebastião Borges / Rua José L. Anabone	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	670.390	7.701.820	*	180	26	*	*	0-180 Bauru
290	1084	Rua Sebastião Borges (em frente ao n. 141)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	670.480	7.701.860	*	187,6	26	*	*	0-187,6 Bauru
291	1085	Rua Bechara Hage / Rua Nelcides Ramachi	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	670.690	7.701.940	*	189,7	*	*	*	0-189,7 Bauru
292	1086	Rua Frederico de Freitas / Rua Alberto Batistela	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.390	7.701.550	*	*	22	*	*	Sem descrição
293	1087	Rua Jamil Kfourri / Rua José Ribeiro	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	664.120	7.699.100	*	*	*	*	*	Sem descrição
294	1088	Rua São Paulo / Rua Visconde de Porto Seguro	Público	Prefeitura Municipal	Público	1975	669.880	7.698.990	*	180	25	*	*	Sem descrição
295	1089	Rua Wagner C. Pereira (junto à caixa d'água)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1988	667.130	7.702.980	*	180	17	*	*	Sem descrição
296	1090	Rua Wagner C. Pereira / Rua Manoel del Arco	Público	Prefeitura Municipal	Público	1992	667.160	7.702.830	*	164,2	*	65,49	95,88	Sem descrição
297	1091	R. Theotonio M. Barros Fo. / Av. Gov. Adhemar de Barros	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.570	7.695.960	*	*	18	*	*	Sem descrição
298	1092	Av. Aniloe Nazareth (em frente à do Banespa)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.700	7.696.020	*	*	14	*	*	Sem descrição
299	1093	Rua 17 (nos fundos da Concretex)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1989	664.980	7.696.290	*	190	15	*	*	0-190 Bauru
300	1094	Rua Manoel Bernardes (em frente ao n.1180)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.180	7.702.630	*	*	18	*	*	Sem descrição
301	1095	Rua Manoel Bernardes (em frente ao n. 1300)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.090	7.702.790	*	*	15	*	*	Sem descrição
302	1096	Rua Alexandre Magnum / Rua Almirante Tamandaré	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	665.230	7.702.870	*	*	18	*	*	Sem descrição
303	1097	Rua 19 de Março (entre a Rua 510 e 511)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	665.050	7.702.360	*	180	16	48	112	Sem descrição
304	1098	Rua Almirante Tamandaré / Rua 19 de Março	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	665.390	7.702.560	*	186,5	30	64	108	Sem descrição
305	1099	Rua Raul Silva / Rua Lino Braile	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.840	7.695.080	*	*	25	*	*	Sem descrição
306	1100	R. Paschoal Decrescenzo/ r. 3 (próx. ao posto de saúde)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.590	7.701.320	*	106	18	*	*	0-106 Bauru
307	1101	Rua Joaquim Pires, n. 766	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.220	7.695.540	*	*	22	*	*	Sem descrição
308	1102	Rua Evaristo F. Cabral / Rua Oscar Pastore	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.640	7.703.270	*	*	20	*	*	Sem descrição
309	1103	Rua São João / Rua Campos Salepraça Gandhi	Público	Prefeitura Municipal	Público	1988	668.220	7.699.320	*	*	25	*	*	Sem descrição
310	1104	Pça. Aldo Tonelli	Público	Prefeitura Municipal	Público	1975	667.480	7.696.740	*	*	15	*	*	Sem descrição
311	1105	R. Monteiro Lobato (200 m da r. Adelardo C. Barros)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.850	7.696.050	*	100	18	22	35	Sem descrição
312	1106	Igreja Sta. Terezinha - Rua Osvaldo Aranha	Público	Prefeitura Municipal	Público	1996	668.260	7.699.770	*	*	20	*	*	Sem descrição
313	1107	Possivelmente junto ao poço IPT-56	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.100	7.702.980	*	*	15	*	*	Sem descrição
314	1108	Rua 25 (em frente ao nº 101)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1992	667.140	7.703.040	*	159,5	16	50	116	Sem descrição
315	1109	Rua 55 / Rua 24 (em frente ao ginásio de esportes)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.280	7.703.360	*	*	22	*	*	Sem descrição
316	1110	Rua 50, em frente ao n. 202 - Ruas 26 e 27	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	666.980	7.703.030	*	162	20	49	110	Sem descrição
317	1111	Rua 50, em frente ao n. 362	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	666.840	7.703.050	*	144	22	50	114	Sem descrição
318	1112	Rua 31 / Rua 55 (em frente ao nº 170)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1995	666.810	7.703.270	*	150	20	50,5	108	Sem descrição
319	1113	Rua Virgílio Dias/R. Sado Nadihum (Un. Bás.Saúde)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	672.230	7.699.660	*	135	20	35	*	0-103 Adamantina; 103-133 Sto. Anastácio
320	1114	R. Virgílio de Castro/R. Maria Longhi (Un. Bás. Saúde)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	672.310	7.699.780	*	124,5	22	36,82	50,82	Sem descrição
321	1115	UBS (Unidade Básica de Saúde)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	672.370	7.699.740	*	120	16	36,45	86,5	Sem descrição
322	1116	Rua Ataliba Caldas (em frente ao n.150)	Público	Prefeitura Municipal	Público	1994	672.050	7.699.750	*	135	16	51	112	Sem descrição
323	1117	Rua Gianino Kaiser, n.990	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.080	7.693.830	*	*	16	*	*	Sem descrição
324	1118	Rua Gianino Kaiser, n.1080	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.000	7.693.700	*	*	15	*	*	Sem descrição
325	1119	Rua Casa Blanca / Rua José Bonifácio	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	670.940	7.697.140	*	171	18	18	102	Sem descrição
326	1120	Marginal/ BR-153 (em frente ao nº 4546)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	671.000	7.697.300	*	142,8	30	30	50,07	Sem descrição
327	1121	Av. Francisco C. Oliveira / Rua Antonio de Godoi	Público	Rio Preto Shopping Center	Público	*	666.770	7.695.510	*	120	28	59	89	Sem descrição
328	1122	Av. Anísio Haddad (atrás do rest. Chopim)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.500	7.695.440	*	*	24	*	*	Sem descrição
329	1123	Rua Rio Juquia / Ruas Rio Solimões / Rua Rio Mamo	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.130	7.694.930	*	*	20	*	*	Sem descrição
330	1124	Rua Antonio de Godoy / Rua Joaquim Barbeiro	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	666.920	7.695.820	*	*	20	*	*	Sem descrição
331	1125	Rua Sinésio de Melo / Rua Raul Silva (almoxarifado)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	667.010	7.695.690	*	*	18	*	*	Sem descrição
332	1126	Praça, entre as R. Jordão M. da Silva e Nicolau Dumit	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.930	7.701.590	*	*	26	42	104	Sem descrição
333	1127	Av. Jaguaré (r. Neusa A. de C. Garcia/Jordão M. da S	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	669.970	7.701.700	*	*	28	*	*	Sem descrição
334	1128	Av. Falavina (na saída para Mirassolândia)	Público	Prefeitura Municipal	Público	*	668.050	7.702.770	*	*	24	*	*	Sem descrição