

## XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### USO ATUAL DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARDO (UGRHI 04) (SP)

Maurício Moreira dos Santos <sup>1</sup>; Carlos Eduardo Alencastre <sup>2</sup>; Maria Rita Caetano-Chang<sup>3</sup>; Chang Hung Kiang<sup>4</sup>; Didier Gastmans<sup>5</sup> & Renato Crivelenti<sup>6</sup>.

**Resumo** - O presente artigo possui como principal objetivo a avaliação do uso atual das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani (SAG), na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI 04). Em termos gerais, visa o apoio ao plano de gestão dos recursos hídricos subterrâneos na bacia. Alguns estudos já evidenciam áreas que apresentam sinais críticos de superexploração do aquífero na área de estudo; assim, é crescente a preocupação com seu uso atual e futuro. Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizadas coletas de informações de produção do sistema de abastecimento público, levantamentos sistemáticos dos poços que exploram o Sistema Aquífero Guarani na UGRHI 04, com divisão do uso das águas em categorias, englobando os usos: urbano, rural e industrial.

**Abstract** – The main objective in this paper is to evaluate the current use of the groundwater in a Guarani Aquifer System (GAS), in the Pardo Hydrological Basin (UGRHI 04), as such, intend to give support to the management resources in the basin. Some studies show critics signals of the overexploitation in the study area. So, the research objectives are in consonance with the growing preoccupation with the current and future uses of this resource. To the development of this research work were collected information of the production public supply system, and systematic surveys in the water wells that explore the Guarani Aquifer System in the UGRHI 04 region. The research was worked out with different use categories of the water as urban, rural and industrial uses.

**Palavras-Chave** – Sistema Aquífero Guarani, Bacia do Rio Pardo, uso da água subterrânea.

---

<sup>1</sup> Doutorando, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP., Rua Olinda, 150, Ribeirão Preto – SP, 3623-3940. mmsantos@gmail.com.

<sup>2</sup> Diretor do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, sede Ribeirão Preto. Rua Olinda, 150, Ribeirão Preto – SP. bpg@daee.sp.gov.br.

<sup>3</sup> Departamento de Geologia Aplicada – DGA, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP. Av. 24 A, 1515, Rio Claro SP. mrchang@rc.unesp.br.

<sup>4</sup> Departamento de Geologia Aplicada – DGA, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE – UNESP. Av. 24 A, 1515, Rio Claro SP. chang@rc.unesp.br.)

<sup>5</sup> Pesquisador Doutor do Laboratório de Estudos da Bacia LEBAC – UNESP. Av. 24 A, 1515, Rio Claro SP. gastmans@rc.unesp.br.

<sup>6</sup> Secretário Executivo Adjunto do Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE, sede Ribeirão Preto. Rua Olinda, 150, Ribeirão Preto – SP. bpg@daee.sp.gov.br.

## 1. INTRODUÇÃO

É crescente a preocupação das instituições pela gestão dos recursos hídricos no Brasil, principalmente no tocante ao uso sustentável da água, como prevê a lei nº 9.433 criada em 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, referenciada também como Lei das Águas, e que possui como principais objetivos: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos brasileiros (...)” (art 2º, I) (BRASIL, 1997). A gestão dos recursos hídricos, com vistas a garantir o suprimento de água em quantidade e qualidade suficientes para atender às necessidades da sociedade, deve ser conduzida de forma sistêmica, considerando a interação entre as intervenções humanas e o meio natural, no âmbito das bacias hidrográficas.

Com relação à exploração dos recursos hídricos, merece destaque a crescente utilização dos mananciais subterrâneos para suprir a demanda de água, tanto para o abastecimento público quanto para os diversos setores da economia. Este fator é decorrente de suas vantagens em relação às águas superficiais, destacando-se sua qualidade, geralmente melhor graças à maior proteção natural dos aquíferos à contaminação, além do fator econômico. Porém, o aumento da demanda leva muitas vezes a situações de superexploração das águas subterrâneas, o que pode provocar efeitos físicos, econômicos, sociais e/ou ecológicos, cujo balanço final é negativo à sociedade atual e às gerações futuras.

Dessa forma, o presente estudo possui como principal objetivo a avaliação do uso atual das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Guarani (SAG), na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI 04).

O SAG está localizado na porção centro-leste da América do Sul, com área de aproximadamente 1,2 milhão de Km<sup>2</sup>, estendendo-se pelo Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai. No Brasil, abrange ainda oito estados que utilizam o aquífero para suprir a demanda de água. No entanto, a escolha de São Paulo como área de estudo deve-se ao fato de ser este o principal usuário de suas águas, respondendo por mais da metade dos poços cadastrados que hoje exploram o SAG (Chang, 2001).

Segundo Sinelli (1984), o uso do Sistema Aquífero Guarani para abastecimento de Ribeirão Preto remonta à década de 30. Atualmente, são mais de 400 poços em atividade, somente nesse município, com uma produção de 80 mil m<sup>3</sup>/h (Monteiro 2003). Estima-se, para todo estado, a existência de mais de 900 poços que exploram água do SAG, situação essa que preocupa os órgãos gestores de recursos hídricos.

Alguns estudos já evidenciam áreas que apresentam sinais críticos de superexploração do aquífero, notadamente o município de Ribeirão Preto (FIPAI, 1996), se considerada somente a reserva subterrânea ativa, ou seja, apenas a precipitação direta da chuva como forma de recarga.

### **1.1. Localização da Área**

A área de estudo está inserida na porção nordeste da Bacia do Paraná, entre os paralelos 20° 51' e 21° 50' de latitude sul e os meridianos 46° 41' e 48° 12' de longitude oeste, dentro da área de abrangência da Diretoria Regional do DAEE da Bacia do Pardo Grande (Figura 1.1). A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo foi definida como a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 04 (UGRHI 04) pela Lei no 9.034/94, de 27/12/1994, que dispôs sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos para o biênio 1994/95.

De acordo com o Relatório Zero (IPT, 2000), a UGRHI possui área de 8.991,02 km<sup>2</sup>, calculada, assim como as áreas das sub-bacias e dos municípios. A UGRHI Pardo limita-se ao Norte com a UGRHI 08 (Sapucaí/Grande), a nordeste, a UGRHI 12 (Baixo Pardo/Grande), em todo flanco sudoeste com a UGRHI 09 (Rio Mogi-Guaçu) e a Leste-Sudoeste com o estado de Minas Gerais (Figura 1).

Um total de 14 municípios estão localizados nos limites de ocorrência do SAG na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (UGRHI 04), além de outros 6 municípios que estão pertencentes a outras UGRHIs e assentados sobre o SAG, mas que têm parte de suas áreas na UGRHI 04 (Figura 1). Para delimitação dos municípios que estão inseridos nos limites de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani, foi utilizado de ferramenta SIG (Sistema de Informação Geográfica), tendo como fonte o Mapa Geológico do Estado de São Paulo na escala 1:750.000 (Perrota et. al 2005), através da análise da extensão das formações geológicas que constituem o aquífero e interpolando sua extensão com o mapa dos limites geográficos dos municípios.

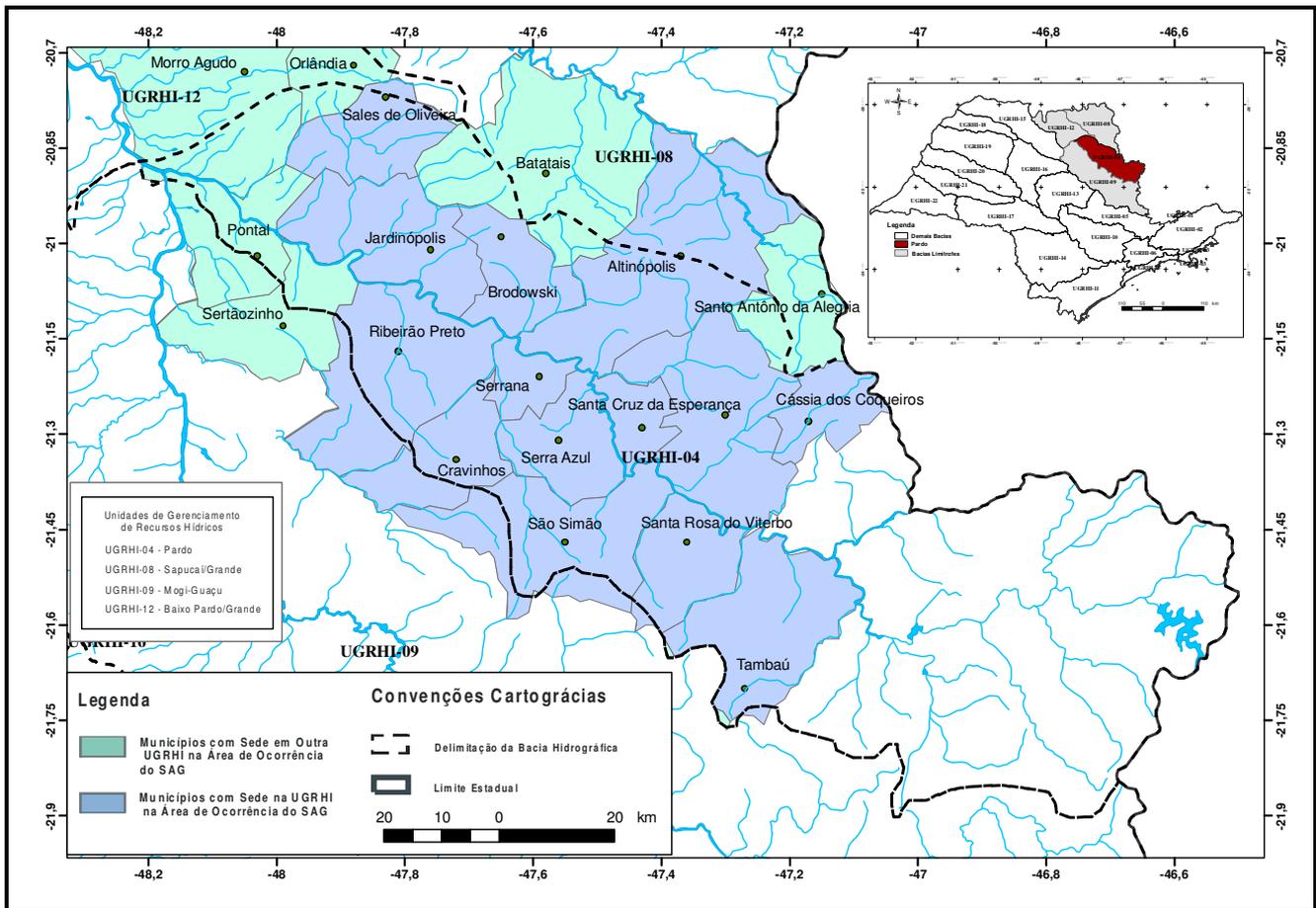


Figura 1. Localização e caracterização geral da área de estudo, apresentando: os municípios com área no SAG, limites municipais, divisa estadual e hidrografia.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivos principais a avaliação do uso atual do Sistema Aquífero Guarani na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, com a identificação de regiões na UGRHI com riscos de superexploração e os tipos de usos preponderantes de suas águas, a avaliação dos volumes explorados atualmente.

Estes objetivos vão ao encontro dos fundamentos gerais da Política Nacional de Recursos Hídricos, segundo o qual: a água é um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; em situações de escassez, seu uso prioritário deve ser para o consumo humano e dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

### 3. BASE DE DADOS UTILIZADA

A fase de levantamento de dados envolveu a coleta de dados dos poços existentes que exploram o Sistema Aquífero Guarani na área de estudo. Os poços outorgados pelo DAEE (2007) foram a primeira fonte de informação levantada, constituindo a base do banco de dados deste trabalho. Os poços pertencentes ao SIAGAS (2008) e inseridos no banco de dados vieram em seguida e, com eles, um problema, qual seja, a duplicação de informações, pois os poços que exploram o Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo, constantes no primeiro levantamento, poderiam estar presentes na segunda fonte de pesquisa.

Para evitar esta duplicação, seguiu-se o seguinte processo: os poços levantados no SIAGAS eram comparados com os poços já presentes no banco de dados do trabalho, onde se verificava primeiro sua localização geográfica e, caso as coordenadas não fossem suficientes para esta interpretação, recorria-se a outros parâmetros, como a profundidade final do poço, nível estático da água, nível dinâmico e vazão. Caso persistissem dúvidas, ou os parâmetros mencionados não fossem suficientes para confirmar tal duplicação, partia-se para outras informações presentes no cadastro dos poços, como a data de perfuração, nome do proprietário, endereço de localização do poço e assim por diante.

O levantamento dos poços tubulares profundos teve seqüência, por meio de visita ao Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), sede regional de Araraquara, onde foi permitida a consulta de arquivos armazenados em pastas, contendo relatórios completos de poços que exploram diversos aquíferos, construídos com a finalidade de abastecimento público em diversos municípios do interior do estado de São Paulo. Este novo levantamento permitiu agregar ao banco de dados da pesquisa novos poços que exploram o SAG em território paulista, sendo que estes não constavam do cadastro digital dos poços outorgados do DAEE.

As informações levantadas foram inseridas em um projeto do banco de dados estruturado em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para sua estruturação, utilizou-se de planilhas de Excel visando à organização inicial dos dados e, posteriormente, os dados foram inseridos em tabelas compostas de campos específicos para o gerenciamento das informações, utilizando o software Access. Os dados de campo foram inseridos diretamente no Access, através da criação de um formulário próprio.

#### **4. O SISTEMA Aqüífero Guarani (SAG)**

O Sistema Aqüífero Guarani é um aqüífero do tipo poroso e confinado em cerca de 90% da sua área total, representando um exemplo típico de aqüífero transfronteiriço e de dimensões continentais, sendo formado pelo conjunto de rochas arenosas das formações triássicas (Grupo Rosário do Sul e Formação Pirambóia, no Brasil, e Buena Vista no Uruguai) e jurássicas (formações Botucatu, no Brasil, Misiones no Paraguai e Tacuarembó na Argentina e no Uruguai) da Bacia Sedimentar do Paraná (Araújo et al., 1995 e GEF, 2001).

De acordo com Araújo et al. (op. cit.), a espessura total do Sistema Aqüífero Guarani varia de valores superiores a 800 metros (Alegrete, RS) até a ausência completa em áreas internas da bacia (Muitos Capões, RS) e em seus depocentros, ocorrem ao longo de um eixo NNE-SSW, subparalelo aos rios Paraná e Uruguai e aproximadamente concordante com o eixo deposicional da Bacia do Paraná, relatam-se a ocorrência de espessuras superiores a 500 metros.

O confinamento do aqüífero impõe condições de surgência natural (artesianismo) a partir de algumas dezenas de quilômetros de distância das áreas de afloramento. A exploração da água através de poços profundos permite a extração por unidade de captação de até 1.000.000 L/h (1.000 m<sup>3</sup>/h), como por exemplo, em um no município de Pereira Barreto (SP) (Gualdi, 1999). Segundo Rosa Filho et al. (2003), o confinamento se dá porque a espessa camada dos arenitos se encontra, em quase toda a extensão do aqüífero, sotoposta a rochas basálticas cuja espessura máxima ultrapassa 1000 metros e, apenas nas bordas, em estreitas faixas a leste e oeste, o pacote arenoso aflora, conferindo ao SAG características de aqüífero livre nessas áreas.

O mapa de contorno estrutural do topo do aqüífero evidencia a existência de um baixo estrutural, de direção NNE-SSW, coincidente com a calha da Bacia do Paraná, marcado pela existência de três depocentros, controlados, segundo Araújo et al. (1995), pelos principais traços tectônicos da bacia.

##### **4.1. Geologia da área de estudo**

A área selecionada para este trabalho situa-se próximo à borda oriental da Bacia do Paraná, limitado a leste com o contato do Embasamento Cristalino e as principais unidades estratigráficas presentes são as formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral (Figura 2). Estas formações são unidades litoestratigráficas inseridas dentro do Grupo São Bento, as duas primeiras reunindo sedimentos continentais predominantemente arenosos, e a outra representada por rochas ígneas básicas extrusivas; a esta associam-se intrusões de diabásio. Sua idade é, tentativamente, atribuída do

Triássico Médio ao Cretáceo Inferior (pré-Aptiano), quando se encerraram as atividades magmáticas básicas na região (Massoli, 2007).

O conjunto das formações Botucatu e Pirambóia, constituintes do Sistema Aquífero Guarani (SAG), aflora na UGRHI 04 em uma faixa contínua, que se estende desde o município de Altinópolis, a norte, até os municípios de São Simão e Tambaú, ao sul (Figura 2).

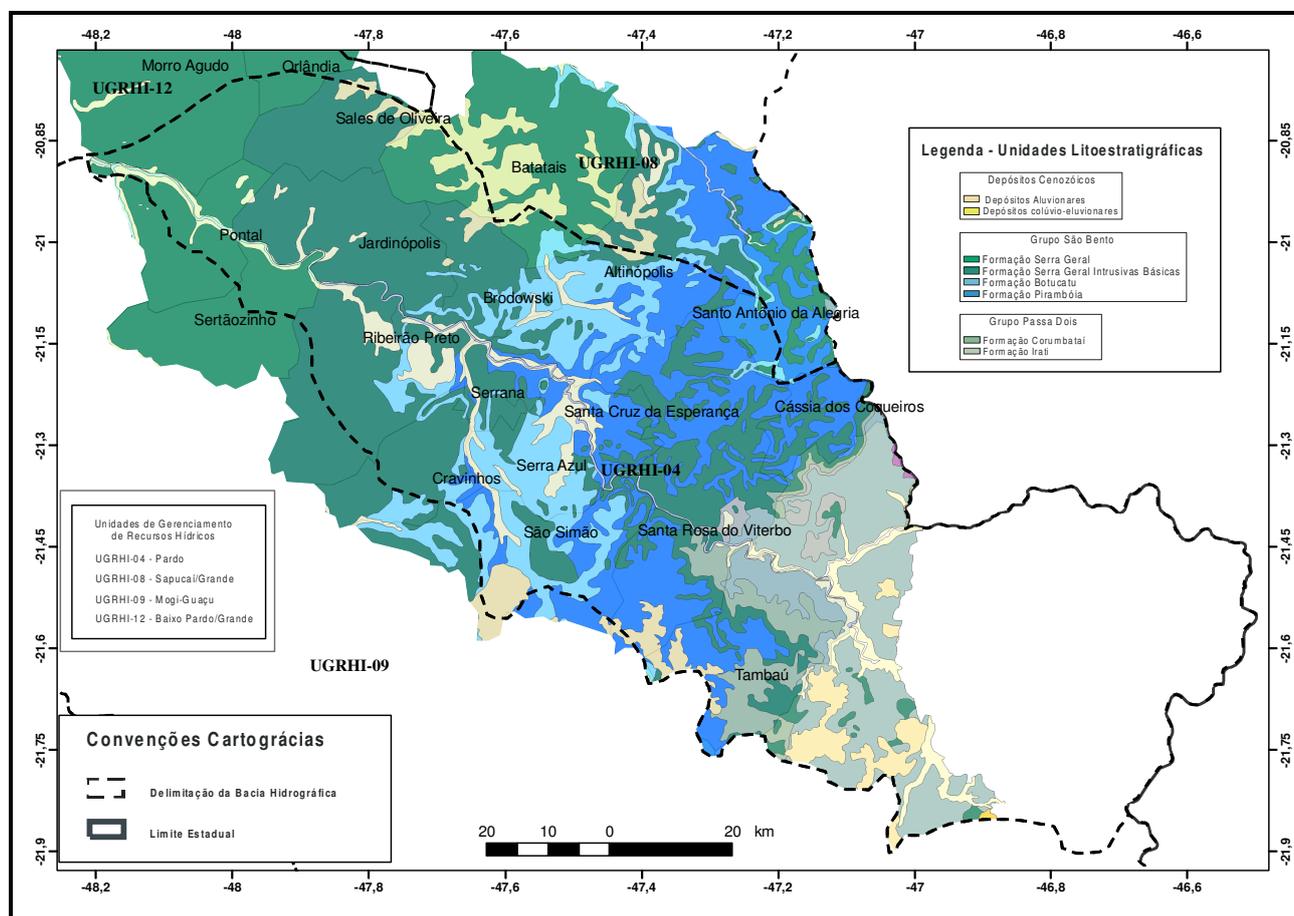


Figura 2. Mapa geológico na área de estudo, com as principais unidades presentes na UGRHI 04.

#### 4.2. Hidrogeologia da área de estudo

No estado de São Paulo, existe a ocorrência de alguns aquíferos que correspondem a unidades geológicas maiores, sendo alguns deles de potencial hídrico considerável e responsável pelo abastecimento de água total ou parcial de importantes centros urbanos, como o Sistema Aquífero Guarani e o Aquífero Bauru. Segundo o DAEE/IPT/CPRM (2005), alguns destes aquíferos podem ser classificados em duas categorias principais quanto sua porosidade ou permeabilidade: aquíferos granulares ou sedimentares, onde a água circula entre os poros da rocha e aquíferos fraturados, onde a água percola ao longo de fraturas e outros tipos estruturas, cavidades e falhas.

Além do SAG, que é o objeto de estudo da presente pesquisa, a noroeste da área de estudo (Figura 2), ocorre o Sistema Aquífero Serra Geral. Este aquífero, ao contrário dos sistemas aquíferos porosos, os quais possuem certa continuidade física, o sistema Serra Geral, por suas

características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas (Freeze e Cherry, 1979 apud Santos, 2005). Dessa forma, o modo de ocorrência da água subterrânea fica restrito às zonas de descontinuidade das rochas basálticas, principalmente em estruturas tectônicas do tipo fratura e/ou falhamentos

Regionalmente o Sistema Aquífero Guarani esta intercalado entre as camadas de idade permiana do Grupo Passa Dois e os derrames basálticos cretáceos da Formação Serra Geral e eventualmente também podem estar recobertos com os sedimentos do Grupo Bauru. Na área de estudo, o SAG ocorre na porção centro-oeste na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo e sua faixa de afloramento está inserida na Depressão Periférica e para noroeste desta faixa o aquífero se encontra confinado pelas rochas basálticas.

Segundo Araújo et al., 1995, o arcabouço hidrogeológico do Sistema Aquífero Guarani teria se desenvolvido a partir do Cretáceo, com o soergimento das atuais bordas, o que teria permitido a erosão das seqüências sedimentares sobrepostas, possibilitando o afloramento das unidades hidroestratigráficas constituintes do Sistema Aquífero Guarani, e a recarga a partir das águas meteóricas nestas porções elevadas.

Com relação a potencialidade, Segundo o LEBAC (2004), dados extraídos de perfurações de poços profundos na região de afloramento do Sistema Aquífero Guarani no estado de São Paulo, indicam que as melhores características hidrodinâmicas são obtidas na porção situada próxima à área de ocorrência dos basaltos, em razão da maior espessura e melhores condições de permoporosidade. Esta região distingue-se por ter o nível da água relativamente pouco profunda, não possuir capeamento basáltico e apresentar condições de extração de 180 m<sup>3</sup>/h em poços com cerca de 300 a 350 metros de profundidade.

### **4.3. Reservas estimadas para o SAG**

As estimativas de reservas de água subterrânea do SAG em território brasileiro estão baseadas em avaliações sobre as taxas de recarga e o funcionamento hidráulico do aquífero.

As primeiras estimativas de reservas para o SAG foram realizadas por Rebouças (1976), que estimou a reserva permanente em 48.021 Km<sup>3</sup>, e a reserva reguladora ou ativa em 160 Km<sup>3</sup>/ano, sendo esta separada em volumes advindas de infiltração direta e indireta (Tabela 5).

Rocha (1997) apresenta uma nova avaliação para toda área do aquífero, chegando a valores da ordem de 37.000 Km<sup>3</sup> para reserva permanente e 160 Km<sup>3</sup> para reserva reguladora, e estipula um valor de 25% da reserva reguladora como reserva explorável, sob a justificativa da necessidade do uso racional do recurso.

Estudos de taxas de recarga realizados na região de Ribeirão Preto, zona de afloramento do aquífero no estado de São Paulo, mostraram que as taxas de recarga são da ordem de 4% do índice pluviométrico (Sineli, 1987 e FIPAI, 1996), bem abaixo dos valores utilizados nos cálculos de recarga apresentados acima, da ordem de 15%.

Chang (2001), utilizando dados de recarga obtidos para a região de Ribeirão Preto, calculou a reserva ativa para o SAG em 5,2 Km<sup>3</sup>/ano, baseando-se em um índice pluviométrico médio de 1300 – 1500 mm e área de afloramento com cerca de 90.000 Km<sup>2</sup>.

Para a área de estudo, as taxas pluviométricas na área de afloramento das formações geológicas constituintes do SAG são da ordem de 1.400 mm/ano, conforme pode ser visualizado no mapa da Figura 3, que mostra as isoietas médias para o estado.

A área de afloramento do Sistema Aquífero Guarani na Bacia do Rio Pardo é de 1.327 km<sup>2</sup>, considerando um índice de recarga direta de 4% a reserva ativa a área de estudo é calculada em 743.120.000 m<sup>3</sup>/ano.

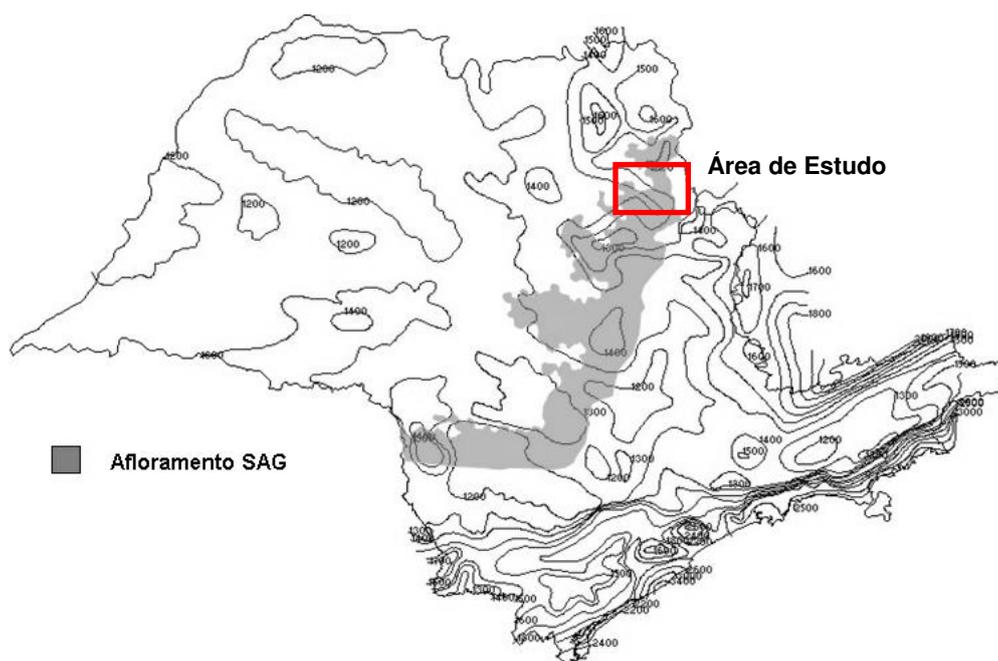


Figura 3. Mapa de Isoietas do Estado de São Paulo, mostrando a região de afloramentos do SAG. Notar que os índices pluviométricos estão entre 1.300 e 1.500 mm/ano (DAEE, 2000).

## 5. USO DA ÁGUA DO SISTEMA AQUÍFERO GUARANI

A larga exploração das águas subterrâneas, para os mais diversos usos, é decorrente de suas vantagens em relação às águas superficiais, destacando-se sua qualidade natural, a maior proteção frente aos agentes contaminantes, a garantia de quantidade sem relação com a sazonalidade do regime pluviométrico, além do fator econômico, de flexibilidade dos investimentos frente aos

aumentos de demanda. Estudo realizado pela CETESB (1997) indicou que uma população de 5,5 milhões de habitantes eram abastecidos diariamente por águas subterrâneas no interior do estado de São Paulo, à época, a estimativa de volume retirado de todos aquíferos no estado era de aproximadamente  $1,1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/dia, a partir de 2.628 poços tubulares.

Atualmente, o estado de São Paulo apresenta população de 37.035.455 habitantes, distribuídos em 645 municípios, segundo dados do Censo 2000 (IBGE, 2007), que segundo SMA (2002) apresentam índice de abastecimento de água de 97%. O abastecimento a partir de captações subterrâneas é feito em 310 municípios, enquanto a captação superficial é responsável pelo abastecimento de 200 municípios. Outros 135 municípios apresentam captação mista, ou seja, baseada tanto em águas superficiais quanto subterrâneas.

Neste contexto, o SAG constitui importante reserva estratégica de água potável para o continente sul-americano, capaz de abastecer grande parte da população que habita sua área de ocorrência.

Segundo Rocha (1997), as águas do (SAG), em função de suas condições de ocorrência e seu padrão de qualidade, devem ser consideradas um recurso nobre, devendo nortear as políticas de gestão e uso racional do recurso. O autor aponta ainda que o principal uso destas águas é para o abastecimento das populações que habitam sua região de ocorrência; o uso industrial vem em seguida e está relacionado ao aumento da produção industrial na região de ocorrência do SAG, cujas empresas utilizam a água como insumo em sua produção; tem-se também o uso agrícola que apresenta como restrições principais a necessidade de grandes volumes para irrigação de grandes áreas, além de problemas relacionados às altas salinidades das águas, em regiões onde o aquífero ocorre a grandes profundidades.

### **5.1. Uso da água na UGRHI 04**

Com relação à tipologia do uso das águas subterrâneas, os poços foram classificados em cinco categorias de uso, semelhantes àquelas utilizadas pelo DAEE em seus processos de outorga e direito de uso da água, a saber: abastecimento público, doméstico, rural, industrial e recreação.

A base de dados gerada para este trabalho seguramente não representa a totalidade dos poços atualmente em operação na UGRHI 04. Infelizmente o sistema de gestão de recursos hídricos do estado ainda não é capaz de fornecer uma base de dados confiável e atualizada na mesma velocidade em que cresce o número de poços perfurados.

Entretanto, o universo amostral dos poços levantados, é o que melhor representa as informações atualmente disponíveis.

A distribuição dos poços que exploram água do SAG na área de estudo é apresentada na Figura 4, onde mostra uma clara concentração de poços no município de Ribeirão Preto, por ser este o mais importante centro urbano da Bacia Hidrográfica do Pardo, com maior concentração demográfica e pólo regional econômico, soma-se a isso, a infra-estrutura da cidade para o abastecimento público de água, que é totalmente voltado à extração subterrânea provindo de poços tubulares profundos inseridos no SAG.

Um total de 362 poços que exploram o SAG para os mais diversos tipos de usos, foram cadastrados na UGRHI 04. A Figura 5 mostra a distribuição dos poços por município.

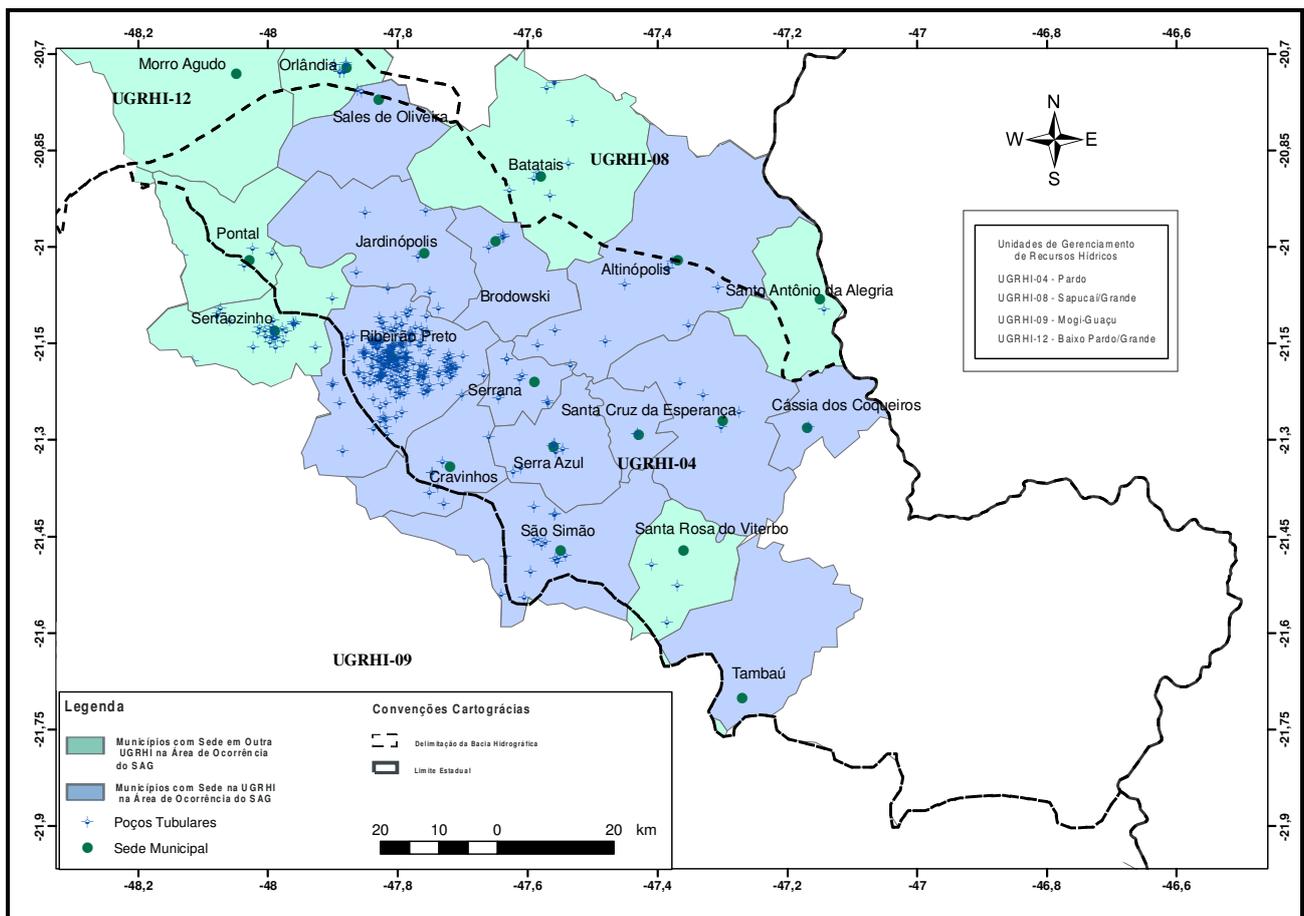


Figura 4. Poços perfurados no Sistema Aquífero Guarani na UGRHI 04 e nos municípios adjacentes à bacia.

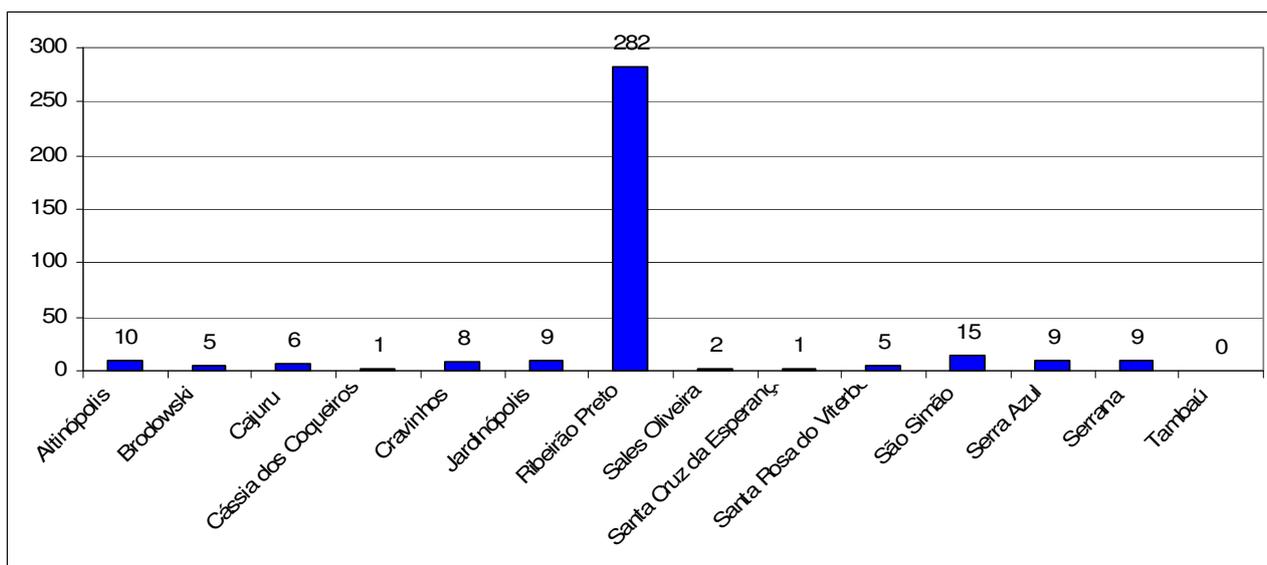


Figura 5. Número total de poços no SAG cadastrados, por município na UGRHI 04.

Dos municípios inseridos na bacia e que estão na área de ocorrência do SAG, apenas Tambaú não possui poços cadastrados que exploram o aquífero.

Quanto ao tipo de uso da água predominante dos poços que exploram o SAG na área de estudo, a Figura 6 revela que mais de 52% do total é utilizado para o abastecimento público, seguido pelo uso doméstico (24%), industrial (20%), rural (3%) e, por último, o uso recreacional, com apenas 1% dos poços cadastrados. Se somado o uso público e doméstico, têm-se que 72% dos poços são perfurados com o objetivo de abastecimento humano, seja ele público, por meio de concessionárias mantidas pelo estado ou município, qual seja por sistemas implementados para o abastecimento doméstico, como utilizado em condomínios e outras propriedades particulares.

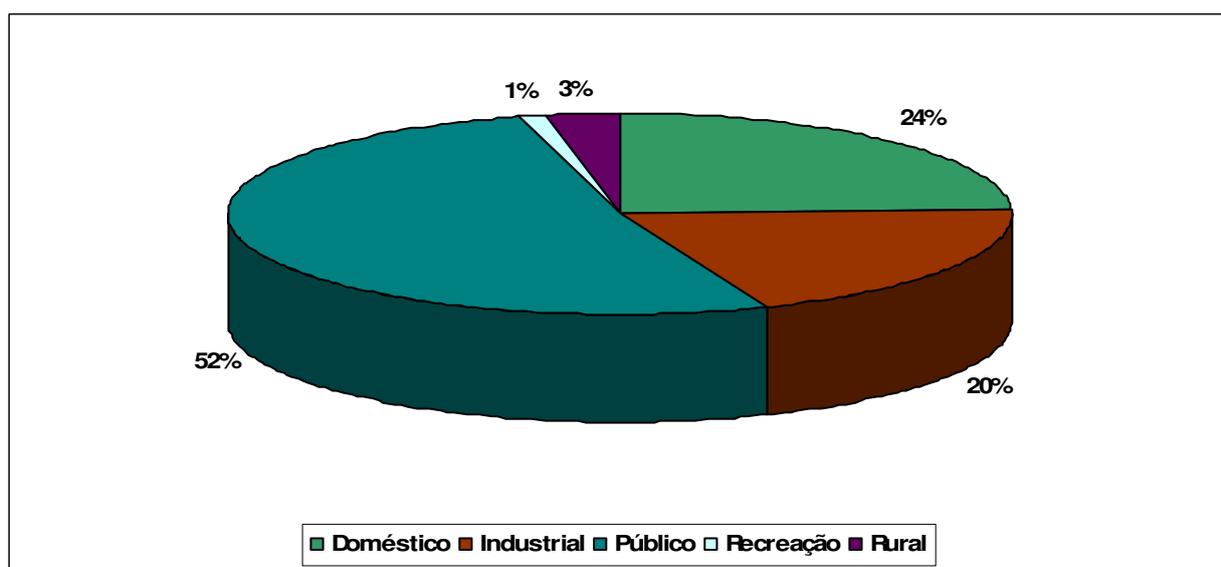


Figura 6. Percentual do número total de poços no SAG na UGRHI 04, classificados segundo o tipo de uso da água.

O cálculo volumétrico foi obtido a partir das vazões horárias informadas nos cadastros consultados, multiplicado por um período médio de operação do poço de 16 horas. O resultado foi estimado para o período de funcionamento anual.

Os valores de vazão assim calculados apresentam ao menos duas deficiências: a representatividade da vazão utilizada e a representatividade estatística dos poços utilizados. Muitas vezes, a vazão informada não é aquela efetivamente utilizada, e os dados do histórico de produção não são disponíveis, seja por desconhecimento do usuário, ou por ausência de instrumentos institucionais que exijam estas informações.

Em termos volumétricos estimados, para os poços que exploram o SAG na área de estudo, o uso público mais uma vez se destaca. Percentualmente, estima-se que 72% do total do volume exprotado anualmente do aquífero seja para este tipo de uso, garantindo uma destinação nobre para o recurso.

Os usos industrial e doméstico vem a seguir, representando respectivamente 20 e 6% do volume total explorado anualmente. Para a Bacia do Rio Pardo, os usos rural e de recreação são pouco representativos, somam juntos apenas 2% do volume total explorado (Figura 7).

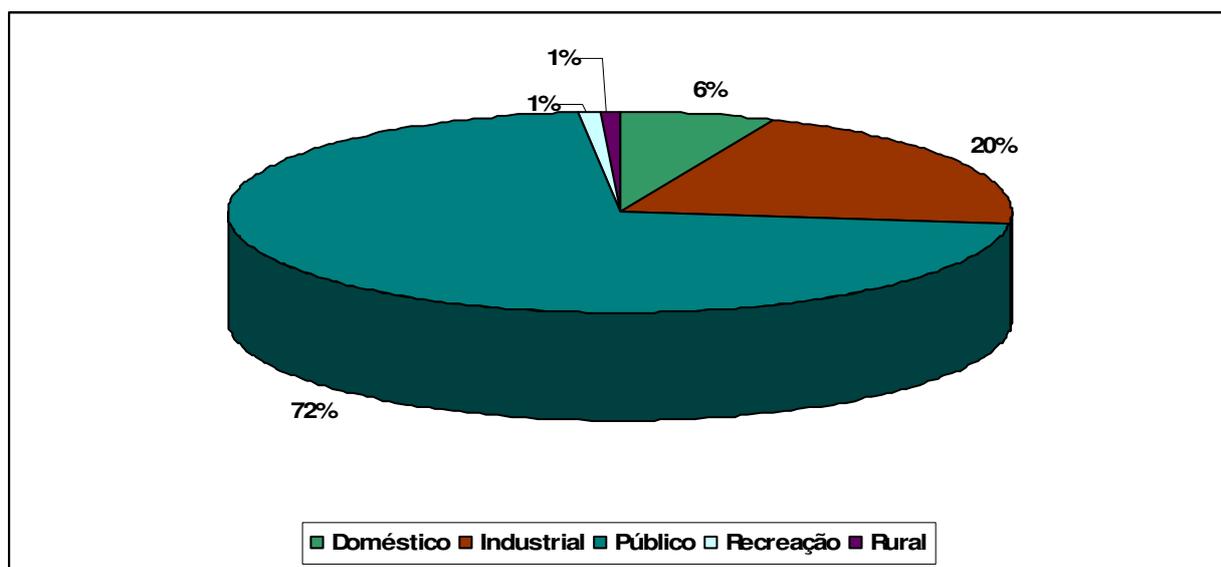


Figura 7. Percentual do volume total de explorado anual do SAG na UGRHI 04, classificados segundo o tipo de uso da água.

### 5.1. Uso público da água na UGRHI 04

Como destacado anteriormente, ao contrário do uso das águas superficiais, destinadas principalmente à atividade agrícola, as águas do SAG apresentam um perfil de consumo um pouco mais nobre, sendo utilizadas principalmente para o atendimento direto das populações. Dessa forma,

para um diagnóstico mais preciso sobre o uso público da água do aquífero, foi realizado levantamento nos dados sobre o sistema de abastecimento de água nos municípios na área de estudo, através de consulta no relatório de situação dos recursos hídricos da Bacia do Pardo elaborado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (IPT, 2007). Os dados foram obtidos em 2007 para o sistema municipal de abastecimento.

Como resultado, a Tabela 1 mostra que apenas Brodowski utiliza o abastecimento mixto de água (subterrâneo e superficial) para atender sua população. Outros quatro municípios captam água superficial para o abastecimento público e os restantes dos nove municípios inseridos na área de estudo, utilizam 100% de captação subterrânea para suprir a demanda de água de suas populações, tendo o SAG como único recurso.

Na soma total, 140.183.124 m<sup>3</sup>/ano de água subterrânea eram retirados do SAG para o abastecimento público no ano de 2007, anteriormente, as estimativas indicavam, com base no volume extraído na outorga dos poços, que 85.285.433 m<sup>3</sup>/ano de água do aquífero era utilizados para este tipo de uso, ressaltando a importância da busca por dados atualizados do sistema de informação de abastecimento de água dos municípios.

Estes números de extração total da água subterrânea indica que 18% do total da reserva ativa calculada (743.120.000 m<sup>3</sup>/ano) para a UGHI 04, estão sendo usada anualmente apenas para o abastecimento público.

Tabela 1. Dados sobre o sistema público de abastecimento de água nos municípios.

Localidade	Tipo de Captação	Manancial			Índices de Perdas (%)	Consumo "Per Capita" (l/dia/hab.)
		Superficial	Subterrâneo	Total (m <sup>3</sup> /ano)		
		Vazão Captada (m <sup>3</sup> /ano)	Vazão Captada (m <sup>3</sup> /ano)			
Altinópolis	Subterrâneo		1.260.000	1.260.000	28,6	280
Brodowski	Mixto	174.000	174.000	348.000	*	
Cajuru	Superficial	1.444.728		1.444.728	*	187
Cássia dos Coqueiros	Superficial	126.480		126.480	24,4	168
Cravinhos	Subterrâneo		4.498.200	4.498.200	63,1	388
Jardinópolis	Subterrâneo		8.760.000	8.760.000	*	
Ribeirão Preto	Subterrâneo		116.640.000	116.640.000	60,9	605
Sales de Oliveira	Subterrâneo		1.260.000	1.260.000	15	429
Santa Cruz da Esperança	Subterrâneo		83.832	83.832	17,8	169
Santa Rosa de Viterbo	Superficial	1.752.372		1.752.372	25,4	210
São Simão	Subterrâneo		1.273.500	1.273.500	14,5	296
Serra Azul	Subterrâneo		548.592	548.592	32,4	173
Serrana	Subterrâneo		5.685.000	5.685.000	54,4	484
Tambaú	Superficial	3.120.000		3.120.000	54,6	437
<b>Totais de vazão e médias de índices de perdas e consumo per capita.</b>		6.617.580	140.183.124	146.800.704	35,6	318,83

Fonte: IPT (2007).

Outro dado que chama a atenção são os valores de índice de perdas, onde se observa importantes municípios, como Ribeirão Preto, com 60,9% de perdas no sistema de abastecimento público. Também é possível notar o alto valor do consumo *per capita* de água, atingindo uma média de 318,83 l/dia/hab para os municípios da UGRHI 04 inseridos nos limites do SAG.

## 6. CONCLUSÕES

O Sistema Aquífero Guarani é atualmente responsável pelo abastecimento direto de uma população aproximada de 4,5 milhões de habitantes, o que corresponde a aproximadamente metade da população que habita a sua região de ocorrência no estado, cerca de 9,0 milhões de habitantes. A Bacia Hidrográfica do Pardo não foge a esta realidade, onde nove municípios são totalmente abastecido pela água deste aquífero, destacando Ribeirão Preto, um grande centro urbano e importante pólo regional de desenvolvimento, com sua economia voltada aos agronegócios e principalmente ao setor sucroalcooleiro.

Desta forma, a distribuição espacial dos poços mostra claramente uma concentração maior no entorno deste município, com um total de 282 poços cadastrados e que exploram o SAG para suprir a demanda da água para os mais diversos fins.

Com relação ao uso dado ao recurso hídrico captado destes poços, observa-se uma destinação nobre, principalmente para o abastecimento público que consome 72% do volume total explorado, através de 52% dos poços cadastrados, seguido pelo uso industrial que consome cerca de 20% do volume de água, através de 20% dos poços perfurados.

A avaliação dos dados sobre o abastecimento público dos municípios da UGRHI 04 inseridos na área de ocorrência do SAG, indica um volume total captado de 140.183.124 m<sup>3</sup>/ano, o que representa 18% do volume anual da recarga ativa calculada para a bacia. Contudo, algumas áreas já apresentam um contínuo rebaixamento do nível dinâmico do aquífero devido ao excesso de extração, notadamente na área urbana de Ribeirão Preto.

O mesmo município apresenta altos índices de perda, aliado a um alto consumo *per capita* de água. A Bacia Hidrográfica do Pardo possui um Comitê de Bacia atuante, envolvido diretamente com os temas relacionados ao recurso subterrâneo. Hoje, o Comitê do Pardo, preocupado especificamente com esta exploração intensiva da água subterrânea na cidade de Ribeirão Preto, em articulação com a Câmara Técnica Subterrânea elaborou proposta de critérios técnicos para o disciplinamento da perfuração de poços nesta região.

Estas iniciativas buscam a melhoria na gestão do recurso, mas é necessário maior comprometimento da sociedade e de órgãos públicos no uso da água, sejam nos hábitos cotidianos

do cidadão comum, ou no combate as perdas na rede de distribuição de água. É necessário criar mecanismos capazes de garantir o desenvolvimento sustentável do SAG, para a continuidade do uso do recurso e não prejudicar a qualidade de abastecimento para as gerações futuras.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAÚJO, L. M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. 1995. Aquífero Gigante do Mercosul no Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai: Mapas Hidrogeológicos das formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó. Curitiba, Geociências, UFPR, 10p.

BRASIL, 1997. - Lei Federal 9.433 de 8 de Janeiro de 1997. Política e Sistema Nacional de Recursos Hídricos – “Lei das águas”. MMA/SRH – Movimento de Cidadania pelas Águas. Brasília.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 1997. Uso das Águas Subterrâneas para Abastecimento Público no Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB,

CHANG, H. K. 2001. Uso Atual e Potencial do Aquífero Guarani – Brasil. In: Argentina/Brasil/Paraguai/Uruguai/GEF/Banco Mundial/MUNDIAL/OEA. Proteção ambiental e gerenciamento sustentável integrado do aquífero guarani. Atividade 3b: relatório final. Brasil. 54p.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. IGC – Instituto Geográfico e Cartográfico. 2005. Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo - UGRHI. São Paulo: DAEE/IGC,. 1 mapa.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica. 2007. Sistema de Informações para Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. São Paulo: DAEE, SP.

FIPAI (Fundação Para o Incremento da Pesquisa e Aperfeiçoamento Industrial). 1996. Relatório técnico do Projeto de Gestão da Quantidade de Águas Subterrâneas. Ribeirão Preto, SP, 43 p.

GEF – Banco Mundial – OEA, 2007. Projeto de Proteção Ambiental e Gerenciamento Sustentável Integrado do Sistema Aquífero Guarani, Componente A, Atividade 1: Caracterização Física e Inventário de Poços, 94p. Disponível em: [www.ana.gov.br/guarani/gestao/gest\\_cbasico.htm](http://www.ana.gov.br/guarani/gestao/gest_cbasico.htm) , acesso em: 05 nov 2007.

GUALDI, O. J. 1999. Caracterização do Sistema Aquífero Guarani. In: Seminário Gestão do Aquífero Guarani, Ribeirão Preto. Resumos, São Paulo: SMA.2p.

Montenegro, A.A.A.; Righetto, A.M.; Sinelli, O. 1988. Modelação do Manancial Subterrâneo de Ribeirão Preto. 1. Descrição do domínio. In: V Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, São Paulo, SP. Anais... ABAS, São Paulo, 32-41.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2007: Informações sobre Censos Demográficos de 1980; 1991 e 2000, Contagem de População de 1996, Estimativas de População. Salários Nominais e Produção Agrícola Municipal do Ano de 2007. Site <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2007 e junho de 2008.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT, 2000. Diagnóstico da situação atual dos Recursos Hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Pardo - Relatório Final. São Paulo: IPT/Digeo, p.255. (Relatório Técnico nº 40.670).

MASSOLI, M. 2007. Caracterização litofaciológica das formações Pirambóia e Botucatu, em superfície, no município de Ribeirão Preto (SP) e sua aplicação na prospecção de águas subterrâneas. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 175p.

MONTEIRO R. C., 2003. Estimativa espaço-temporal da superfície potenciométrica do Sistema Aquífero Guarani na cidade de Ribeirão Preto (SP), Brasil. Tese (doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa Geologia do Brasil - PGB, CPRM, São Paulo.

REBOUÇAS, A.C. 1976. Recursos hídricos da Bacia do Paraná. Tese de Livre Docência. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.

ROCHA, G. 1997. O grande manancial do Cone Sul. Estudos Avançados, USP.. Vol.30, p.191-212.

ROSA FILHO, E.F.; HINDI, E.C.; ROSTIROLLA, S.P.; FERREIRA, F.J.F.; BITTENCOURT, A.V.L. 2003. Sistema Aquífero Guarani – considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. São Paulo: Rev. Águas Subterrâneas, v. 17, p 91-112.

SANTOS, M. M. 2005. Avaliação hidrogeológica para determinação da vulnerabilidade natural do aquífero freático em área selecionada na cidade de Londrina (PR) Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 130p.

SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados. 2007. Informações Demográficas, Econômicas e Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. Site <http://www.seade.gov.br> . Acesso em setembro, outubro, novembro e dezembro de 2007 e junho de 2008.

SINELLI, O., 1984. Análise do nível piezométrico nos últimos 50 anos – Município de Ribeirão Preto (SP). 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Fortaleza: ABAS. Anais... São Paulo, v. 1, 1984. P 450-462.

SINELLI, O. 1987. Hidrogeologia da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo SP. Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas ABAS, v. 11, p. 06-26.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - SIAGAS, 2008. Site:[www.siagas.gov.br](http://www.siagas.gov.br). Acesso em 25 de maio de 2008. Organizado: Santos, M. M. 2008.

SMA – Secretaria do Estado do Meio Ambiente.2002. Informações básicas para o planejamento ambiental. Coordenadoria de Planejamento Ambiental: SMA. São Paulo. 84p.