

XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

CARACTERIZAÇÃO DE UNIDADES AQUÍFERAS APARTIR DE DADOS DO CADASTRO DE POÇOS DE EXPLOTAÇÃO SUBTERRÂNEA. ENSAIO DE APLICAÇÃO: ÁREA URBANA DE SÃO CARLOS-SP

Geisy Candido da Silva¹; Denise Balestrero Menezes²

Resumo – Este trabalho tem por objetivo caracterizar as unidades aquíferas da área urbana e periurbana do município de São Carlos-SP e subsidiar os conflitos frente ao uso e ocupação do solo. Para tanto, foi realizada pesquisa no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) obtendo-se a ficha técnica dos poços cadastrados e elaborando-se um banco de dados no *Microsoft Excel*, contendo informações selecionadas das fichas, as quais foram processadas obtendo-se a estimativa de vazão das unidades aquíferas em análise. Concomitantemente, foi elaborada uma carta temática das unidades aquíferas e dos usos e ocupações do solo da área em estudo, para posterior análise das influências. A caracterização das unidades aquíferas mostra que a vazão específica média é maior para os poços do Aquífero Botucatu confinado ($3\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) e inferior a $1,8\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ nos poços dos aquíferos Botucatu Livre ($1,78\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), Itaqueri ($1,45\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) e Serra Geral ($1,2\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$); os poços estão concentrados em áreas residenciais e industriais, que possuem poucas áreas permeáveis. Esta caracterização mostrou-se de baixo custo, de rápida obtenção e pouco tempo de análise, subsidiando a gestão da exploração das águas subterrâneas de diferentes unidades aquíferas presentes no local.

Abstract – This work aims to characterize the aquifer units urban and peri-urban of São Carlos-SP and subsidize the conflict against the use and occupation of land. Therefore, research was carried out in SIAGAS System (Groundwater Information) obtaining the technical specifications of registered wells and preparing up a database in Microsoft Excel, containing selected information from the records, which were processed to yield the estimated flow of the aquifer units under review. Concomitantly, a thematic letter of aquifer units and uses and occupations of the soil in the study area for further analysis of the influences was prepared. The characterization of the aquifer units shows that the average specific flow rate is higher for aquifer wells confined Botucatu ($3\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}$) and less than $1.8\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}$ in the aquifer wells Botucatu unconfined ($1.78\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}$), Itaqueri ($1.6\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}$) and Serra Geral ($1.2\text{m}^3 / \text{h} / \text{m}$) and the wells are concentrated in residential and industrial areas, which has few permeable areas. This characterization showed up for low cost, rapid time and demand little time analysis, supporting the management of the exploitation of groundwater aquifers of different units present on site.

Palavras-Chave – águas subterrâneas, produtividade.

¹ Universidade Estadual Paulista – Pós-graduação em Geociências e Meio Ambiente, Avenida 24A, n° 1515 – Bairro Santana, Rio Claro/SP, E-mail – silva_geisi@yahoo.com.br

² Universidade Federal de São Carlos – Profª. Dra. Departamento de Engenharia Civil, Rodovia Washington Luís, s/n, São Carlos-SP, E-mail – denisebm@ufscar.br.

1 INTRODUÇÃO

O uso das águas subterrâneas tem sido destinado para desempenhar diversas funções, as quais variam de socioeconômica até ambiental, como por exemplo: abastecimento humano, industrial ou irrigação; capacidade filtrante e de depuração biogeoquímica nas camadas permeáveis; utilização complementar frente aos mananciais superficiais e estratégicas em situações de escassez; e a manutenção da conexão e transporte entre a água do subsolo e da superfície.

Estas características tornam as águas subterrâneas um *capital* ecológico de inestimável importância, além de ser um fator competitivo fundamental para o desenvolvimento socioeconômico sustentável. Dessa forma, para direcionar os usos destes recursos foi implantada a Lei Federal nº 9.433/97, que propõe diretrizes para a prática da gestão integrada dos recursos hídricos (GIAMPÁ; GONÇALES, 2013).

No entanto, para que estas diretrizes sejam aplicadas são necessários estudos hidrogeológicos que considerem níveis locais, municipais, estaduais e nacionais, integrando informações sobre o potencial de extração, vazão, qualidade da água, vulnerabilidade natural, cuidados construtivos na perfuração e revestimento dos poços e a fragilidade ambiental das unidades aquíferas.

O Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) possui em seu bando de dados fichas técnicas dos poços cadastrados, disponibilizando com praticidade, as seguintes informações: coordenadas geográficas, perfil construtivo, formação geológica, dados litológicos, tipo de aquífero explorado, nível da água, teste de bombeamento e análises químicas da água, que podem ser tratadas para classificar as águas subterrâneas e estimar o potencial da unidade aquífera (CPRM, 2015).

Os dados disponibilizados podem ser tratados e relacionados com outras características intrínsecas ao meio físico e a dinâmica antrópica, auxiliando no diagnóstico das fragilidades do ambiente, o que favorece a gestão territorial e a conservação das unidades aquíferas.

Neste contexto, este estudo tem por objetivo avaliar as informações disponíveis no SIAGAS para a área urbana e periurbana do município de São Carlos-SP, com o intuito de caracterizar as unidades aquíferas da área e os conflitos existentes frente ao uso e ocupação do solo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

O município de São Carlos está localizado na região central do Estado de São Paulo, a aproximadamente 230km da Capital, entre as coordenadas 21°27'01'' a 22° 05'00'' Latitude Sul e

47°49'24'' a 47°57'13'' Longitude Oeste (Figura 1). Segundo a revisão do Plano Diretor municipal a população está em torno de 238.958 habitantes (IBGE, 2015), com área de aproximadamente 1.141km², sendo a área urbana consolidada de 85,71km². A cidade, embora seja de médio porte, possui muitas empresas de base tecnológica, universidades públicas, faculdades particulares, e economia baseada na indústria e agropecuária.

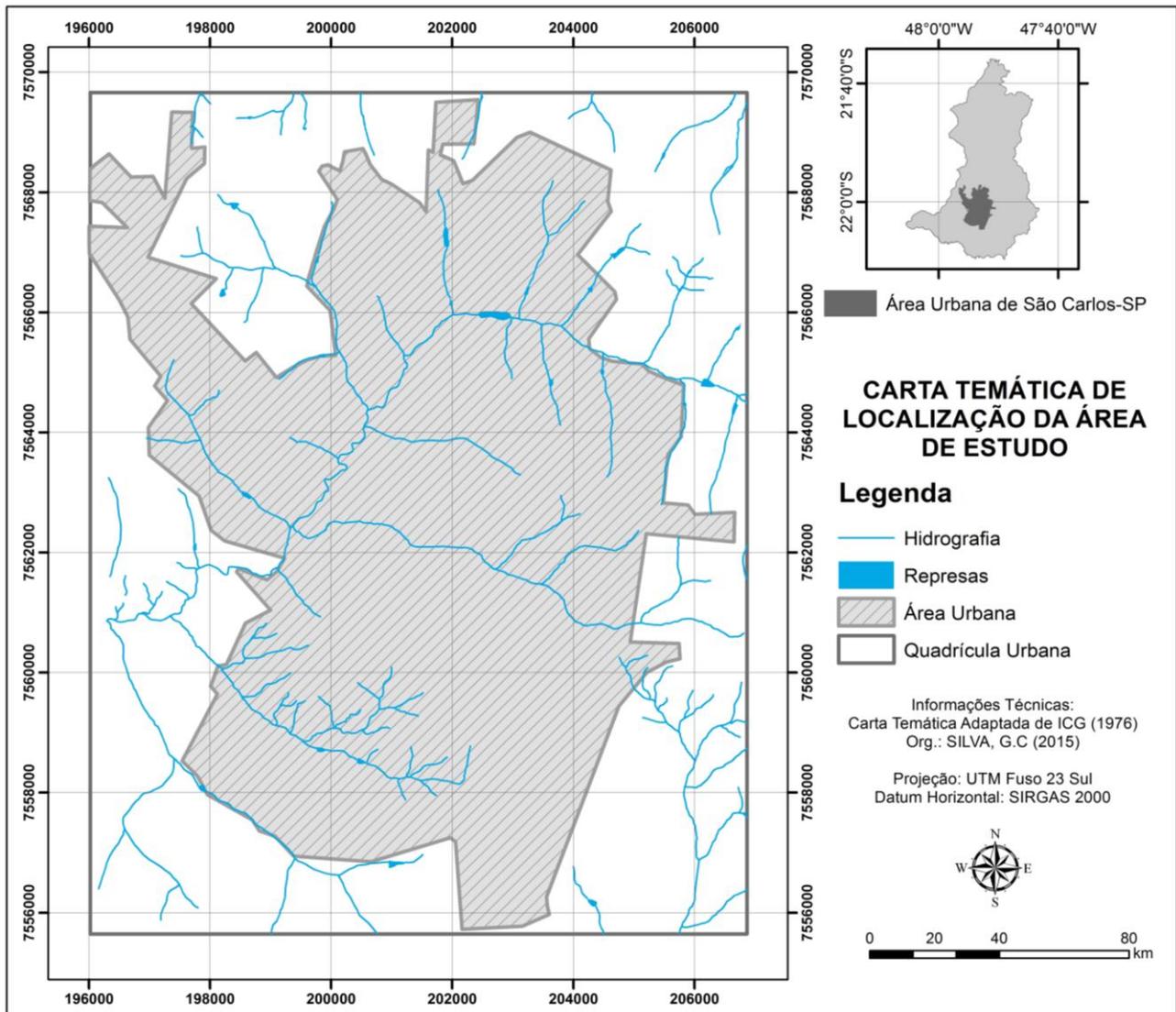


Figura 1 – Localização da área urbana e periurbana do município de São Carlos-SP.

Segundo a classificação de Köppen, o clima apresenta-se como o temperado úmido com inverno seco e verão quente (Cwa) caracterizando duas estações bem definidas, sendo uma seca de abril a setembro e outra chuvosa de outubro a março, com precipitação média anual de 1.422,8mm, temperatura média anual de 21,2°C, com mínima média de 15,3°C e máxima de 27°C (CEPAGRI, 2015).

² Segundo estudos da Revisão do Plano Diretor Estratégico de 2015. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/habitacao-morar/166049-plano-diretor-estrategico.html> Acesso: Maio de 2015.

O cerrado é a vegetação original do município, apresentando diversificadas fitofisionomias, as quais variam desde campo cerrado até cerradão (SOARES, 2003), que vem sendo alterada por reflorestamento, loteamentos, mineração, dentre outras atividades antrópicas. No entorno do núcleo urbano há pastagem e as áreas de cultivo agrícola, como por exemplo, a cana-de-açúcar.

O município possui três principais unidades aquíferas: Botucatu, Serra Geral e Bauru (Itaqueri), as quais possuem diferentes características hidrogeológicas e tem sido exploradas sem considerar critérios hidrogeológicos. A dinâmica da drenagem na área também é influenciada pelas formações geológicas, assim existem mais corpos hídricos nas áreas de afloramento da Formação Serra Geral.

2.1.1 Características das principais unidades aquíferas do município de São Carlos-SP

A denominação dos aquíferos é definida tendo por base o conjunto formado por uma ou mais unidades litoestratigráficas, as quais apresentam semelhanças hidráulicas, hidrodinâmicas, condição de recarga, circulação, descarga e qualidade das águas.

Dessa forma, a priori Rebouças (1976) denominou de Aquífero Botucatu, o conjunto de litoestratificação formado pelas Formações Piramboia e Botucatu, pertencentes ao Sistema Aquífero Guarani (SAG). Porém, estudos mais recentes sobre modelos deposicionais, características faciológica, permeabilidade e, sobretudo, de qualidade da água, onde destaca-se os teores de fluoretos associados as faces lacustres da Formação Pirambóia, levaram a opinar a necessidade de revisão, considerando-os como dois aquíferos distintos (REBOUÇAS, 1994).

Assim, na porção central do Estado de São Paulo, o Sistema Aquífero Guarani é composto pela Formação Botucatu na porção superior, e Pirambóia na porção basal. Os arenitos apresentam porosidade primária intersticial com predominância de condições livres na maior parte da área, porém também ocorrem condições de confinamento e semiconfinamento (OLIVEIRA; VIEIRA, 2010).

Côrrea (2000) aponta que a Formação Botucatu estende-se no Estado por uma área de 7.270km² e possui espessura saturada entre 150-250m, sendo que as áreas mais expressivas de afloramento abrangem os municípios de Itirapina e São Carlos. Entretanto, também ocorrem áreas de recarga menos expressivas nos arredores da cidade de Bocaina.

Na região de Garça e Marília, a oeste do Estado, a Formação Botucatu ocorre entre 880-930m de profundidade, respectivamente, sendo confinada pela Formação Serra Geral e Bauru, com espessura variante entre 200 a 450 metros (PRANDI *et al.*, 2000).

Ademais, segundo Fernandes *et al.* (2012), a recarga do aquífero também pode ocorrer através dos basaltos do aquífero Serra Geral, por meio de fluxo vertical ao longo de fraturas que seccionam os basaltos, atingindo os arenitos do Botucatu.

Os basaltos da Formação Serra Geral constituem um aquífero de extensão regional, composto por uma sequência de derrames vulcânicos, constituindo rochas compactas, duras e de coloração escura, as quais quando intemperizadas resultam em solo argiloso, bastante fértil.

As condições aquíferas restritas, definidas em função de discontinuidades, demandam estudos específicos para sua exploração, pois exigem conhecimentos da localização de fraturas, com potencial suficiente para abastecimento (IRITANI; EZAKI, 2008).

O aquífero possui espessuras variáveis de 100m a 1200m, sendo mais espesso no sentido do Rio Paraná. Encontra-se recoberto pelo aquífero Bauru, porém ocupa metade do Estado de São de São Paulo, confinando parte do aquífero Botucatu na região de São Carlos-SP, onde ocorre principalmente em regiões de fundo de vales e cuestas basálticas, composto por basaltos e diabásios (FAGUNDES, 2010). Sua porção aflorante estende-se pelas cidades de Franca, Sertãozinho, Jaú e Ourinhos (IRITANI; EZAKI, 2008).

O Aquífero Itaqueri, segundo Almeida e Barbosa (1953 *apud* RICCOMINI, 1997) é composto por depósitos areno-conglomeráticos que recobrem as serras de Itaqueri, Santana, São Carlos e Cuzuzinho, sendo uma formação correlata ao Grupo Bauru. Sua área é totalmente aflorante em superfície, isto é, não tem qualquer outra unidade geológica confinando suas águas, o que lhe confere comportamento de aquífero livre. Isto significa que a recarga de água se faz por toda sua extensão, aumentando o risco de poluição (ROCHA *et al.*, 2011).

Este aquífero é composto por rochas sedimentares arenosas, areno-argilosas e siltosas, depositadas em ambiente desértico e fluvial, sob clima árido e semiárido. Sua espessura é irregular, atingindo valores superiores a 300 metros na região do Planalto de Marília, cujos espigões e escarpas são sustentados por espessa sequência de sedimentos areno-argilosos e carbonáticos, característicos deste local (ROCHA *et al.*, 2011).

Na sua porção superior os arenitos do Itaqueri são intercalados por camadas de sedimentos de granulometria fina, como lamitos e siltitos, ou possuem uma cimentação de material carbonático entre os grãos de areia, o que diminui a capacidade deste aquífero de armazenar e transmitir água. Na porção basal (inferior) predominam arenitos com baixo teor de material fino, imprimindo melhor produtividade aos poços (ROCHA *et al.*, 2011).

Na cidade de São Carlos a Formação Itaqueri é caracterizada predominantemente por arenitos finos a conglomeráticos, imaturos, com espessuras que raramente ultrapassam os 30 metros.

Ocupam principalmente as porções mais elevadas da cidade (em geral, acima de 850 metros), aflorando na região central, leste e oeste da malha urbana (PONS, 2006).

2.2 Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, foi realizada pesquisa no SIAGAS (2015) obtendo-se a ficha técnica de todos os poços cadastrados no município de São Carlos-SP. Com base nestas fichas, foi feita uma análise prévia dos dados disponíveis para a área de estudo e que poderiam ser utilizados para caracterizar as unidades aquíferas exploradas.

Desta forma, foi elaborado um banco de dados no *Microsoft Excel*, contendo os seguintes dados: coordenadas geográficas, tipo de uso, formação geológica explorada, vazão específica ($m^3/h/m$) e o perfil geológico do poço.

Os dados obtidos foram separados por unidade aquífera explorada e inseridos no Sistema de Informação Geográfica (SIG) *software Arcgis 10.2*, onde foram processados pela ferramenta IDW, para compor um *raster* de interpolação de valores de vazão específica, obtendo-se a estimativa de vazão da unidade aquífera em análise para a área urbana e periurbana de São Carlos-SP.

Concomitantemente, foi elaborada uma carta temática das unidades aquíferas da área, tendo por base mapas pré-existentes do substrato rochoso de Aguiar (1989) e Pons (2004) e uma carta temática dos usos e ocupações do solo, utilizando-se de imagens do satélite Digital Globe de resolução espacial de 0,5m, a qual foi digitalizada manualmente no *software Arcgis 10.2*.

Posteriormente, foi feita uma análise integrando os resultados obtidos com os aquíferos explorados, os valores de vazão específica, a estrutura das unidades aquíferas (livre ou confinada) e as influências dos usos e ocupações do solo, na recarga destes aquíferos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área urbana e periurbana da cidade de São Carlos-SP possui 179 poços cadastrados no SIAGAS. Após análise preliminar das fichas técnicas verificou-se que apesar do órgão possuir grande potencial de levantamento de dados *in situ*, os dados disponíveis para estes poços não estão completos; para nenhum dos poços há os resultados das análises químicas da água, para outros não há a caracterização do perfil geológico e do tipo de unidade geológica que o poço está extraindo água, o que não permite a classificação geoquímica e associação com as características geológicas.

Dessa forma, optou-se por caracterizar as unidades aquíferas pela condição de ocorrência (livre ou confinada) e vazão específica, a qual está disponível para 73 poços, de 200 cadastrados e fichados no SIAGAS. Dentre estes poços 22 exploram água do aquífero Botucatu não confinado, 24

do aquífero Botucatu confinado pela Formação Serra Geral, 10 do aquífero Serra Geral e 17 do aquífero Itaqueri.

A plotagem dos poços classificados por unidade aquífera que explora possibilitou verificar que dois dos poços classificados como exploração do aquífero Itaqueri, estão localizados sobre a unidade aquífera Botucatu, que no local é aflorante e sem unidades aquíferas semi-confinantes (Figura 2).

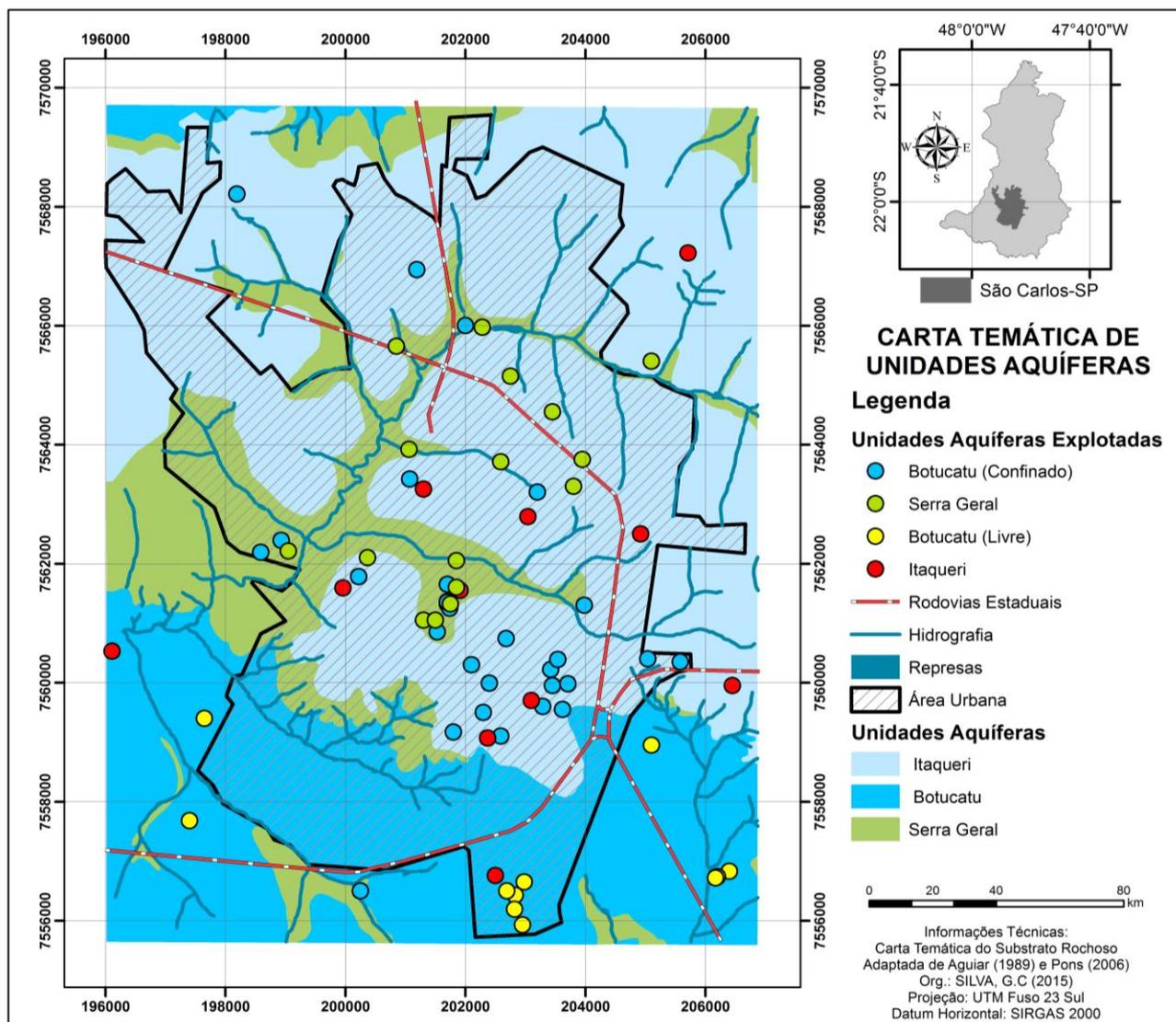


Figura 2 – Poços de exploração de água subterrânea e as unidades aquíferas da área de estudo.

Estes pontos foram verificados tendo como base a caracterização litológica da ficha técnica e seus perfis construtivos, sendo possível verificar que possui duas camadas: a primeira constituída por arenitos de granulometria média a fina, de coloração marrom-avermelhada, os quais foram classificados como Itaqueri, e a segunda camada constituída pela Formação Serra Geral. Consequentemente, estes poços foram desconsiderados, pois pode ter ocorrido erro na classificação, sendo a formação Botucatu a caracterização adequada.

A análise da produtividade dos poços mostra que a vazão específica média é maior para os poços do aquífero Botucatu confinado ($3\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) e inferior a $1,8\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ nos poços dos aquíferos Botucatu Livre ($1,78\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$), Itaqueri ($1,6\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) e Serra Geral ($1,2\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$) (Figura 3).

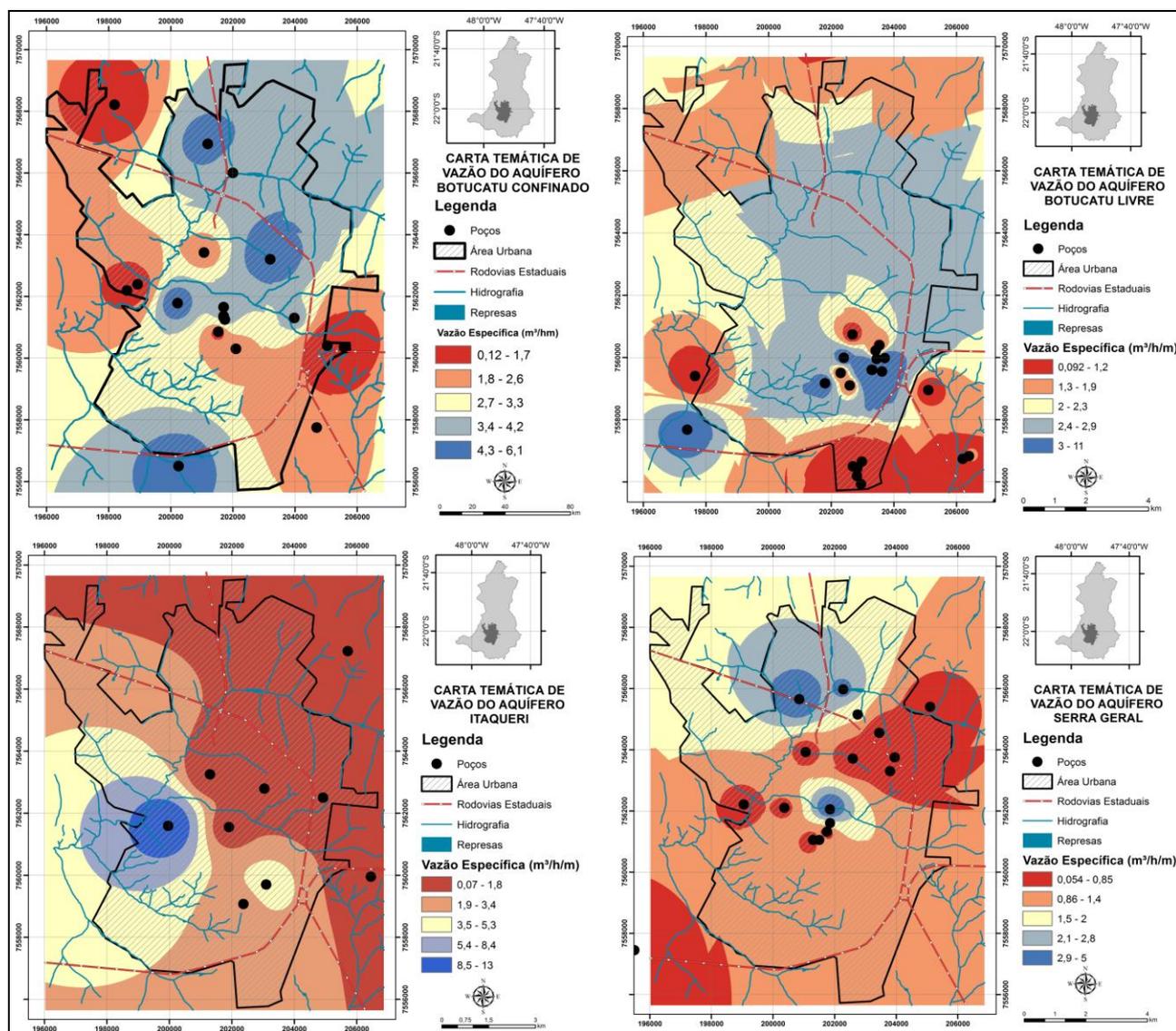


Figura 3 – Cartas temáticas de produtividade dos poços dos aquíferos: Botucatu confinado, Botucatu livre, Itaqueri e Serra Geral, respectivamente.

Apesar dos valores de vazão específica obtidos para o aquífero Itaqueri e Serra Geral serem os menores da área de estudo, avaliando estes dados com o estudo realizado por Rocha (2005) para o Estado de São Paulo (Tabela 1) verifica-se que os valores encontrados são superiores aos esperados; o que pode ser explicado pela peculiaridade do aquífero Itaqueri, que apresenta diferente produtividade se comparado ao Grupo Bauru e pela variabilidade produtiva das fraturas presentes nos basaltos da Formação Serra Geral, respectivamente.

A produtividade destas unidades aquíferas na área urbana mostra-se bastante restrita, sendo possível observar dois poços de alta produtividade no Itaqueri e quatro poços no Serra Geral.

Tabela 1 – Análise comparativa dos dados de vazão específica da área de estudo e de dados obtidos por Rocha (2005) para o Estado de São Paulo.

Aquífero	Vazão específica (m ³ /h/m) Média da Área de Estudo	Vazão Específica (m ³ /h/m) obtida por Rocha (2005)
Itaqueri	1,45	0,57
Botucatu Livre	1,78	2,0
Botucatu Confinado	3,0	4,0
Serra Geral	1,2	0,7

Os poços do aquífero Botucatu confinado e livre mostraram-se mais produtivos, sendo possível observar manchas mais extensas de produtividade na área urbana. É importante observar que para o Botucatu confinado existem poços bem espalhados na área de estudo com diferentes níveis de potencial de produtividade, o que possibilitou uma interpolação consiste do *software* de geoprocessamento.

Já para os poços do Botucatu Livre existe maior concentração na porção sul da cidade, onde ocorre o afloramento do mesmo e portanto a mancha em azul na figura é resultado da interpolação e não é condizente com o que há *in situ*, uma vez que a área central da área urbana é composta pela Formação Itaqueri.

Apesar da ferramenta *IDW* de interpolação proporcionar a espacialização da produtividade das unidades aquíferas é importante observar que para o Botucatu Livre, as interpolações dos dados de vazão não condizem com a realidade *in situ*, pois a unidade aquífera ocorre apenas na porção sul da área urbana, detendo toda a concentração de poços para esta área.

Dessa forma, o *déficit* da presença de poços com dados de vazão específica para o restante da área fez com que o *software* criasse uma estimativa de vazão, tendo por base valores médios extraídos do aglomerado de poços na área sul. Ademais, a porção central da área de estudo possui afloramento do aquífero Itaqueri.

Diante do exposto, além das características intrínsecas de cada unidade aquífera a infiltração e percolação da água de chuva no solo e subsolo, também são fatores fundamentais para manter a recarga dos aquíferos e garantir sua produtividade.

Assim, analisando os usos e ocupações do solo com a sobreposição dos poços (Figura 4), é possível verificar que os poços estão concentrados nas áreas residenciais e industriais, as quais possuem poucas áreas permeáveis, que dificultam a manutenção do perímetro mínimo de proteção dos poços e da área de influência (IRITANI, EZAKI, 2010).

Analisando a geologia da área temos a formação Botucatu, Serra Geral e Itaqueri sobrepostas respectivamente, caracterizando um sistema complexo que depende da conectividade e do grau de saturação das unidades aflorantes para serem recarregadas em um lento processo. Apesar da recarga não depender exclusivamente desta entrada, é importante que se mantenha todas as possibilidades, evitando colapsos futuros na exploração destas águas.

Assim, por tratar-se de uma área consolidada são necessárias medidas que conciliem espaços funcionais socioeconomicamente com a infiltração e percolação da água no solo e subsolo, valendo-se, por exemplo, do uso de estacionamentos com pavimento permeável, estruturas de pátios com recobrimentos em camadas que permitam a infiltração lenta da água mesmo em caso de grandes volumes de chuva, dentre outras.

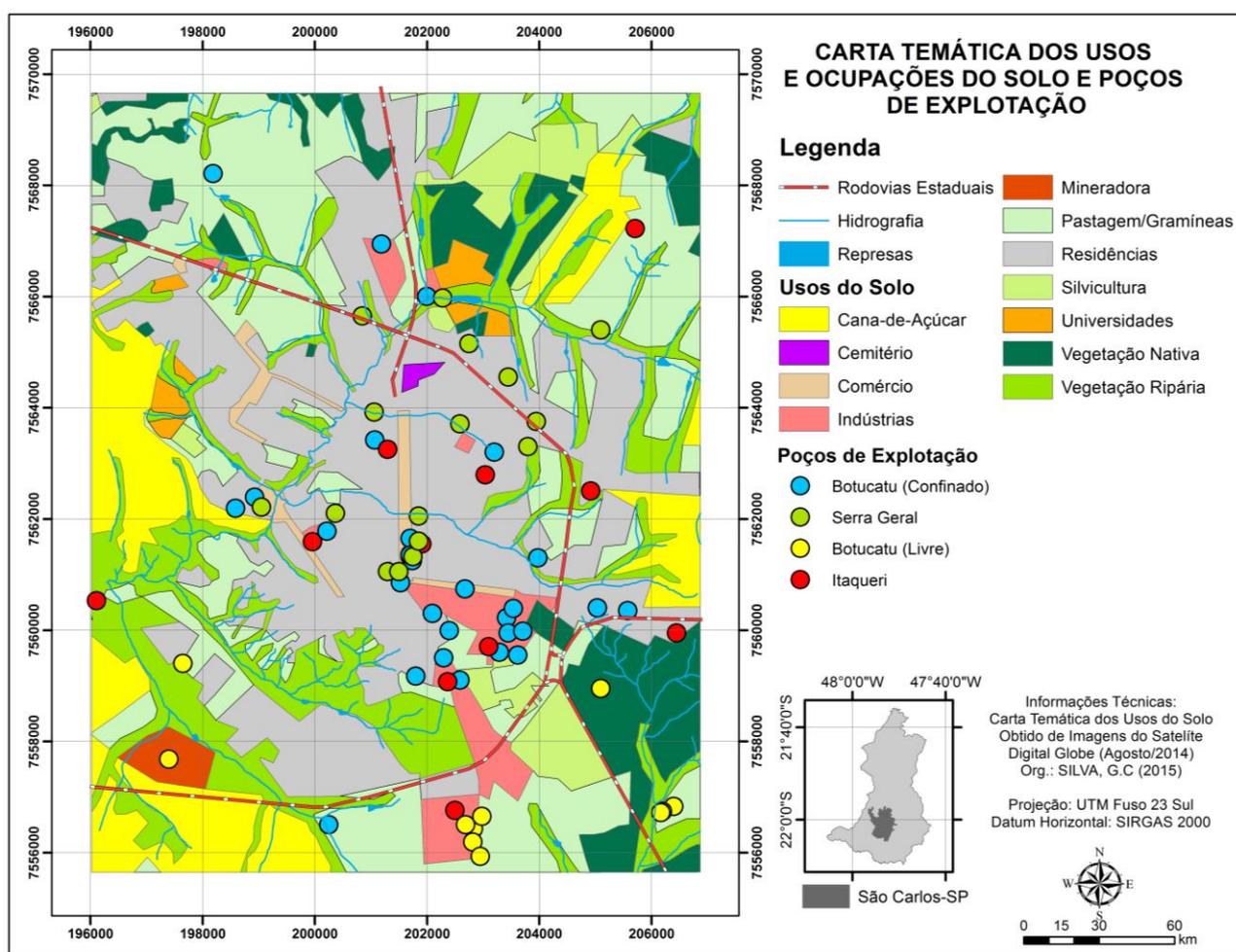


Figura 4 – Carta temática de usos e ocupações do solo e poços de exploração de águas subterrâneas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização das unidades aquíferas utilizando-se de dados pré-existentes no cadastro dos poços no SIAGAS, mostrou-se uma ferramenta de baixo custo, de rápida obtenção e demanda pouco tempo de análise.

Apesar do potencial identificado com esta metodologia de caracterização, o ensaio de aplicação para a área urbana de São Carlos-SP, foi realizado de forma limitada, pois existe um montante de 200 poços cadastros no SIAGAS, dos quais apenas 73 continham informações em comum que proporcionaram a estimativa de vazão específica e da condição de ocorrência do aquífero.

Consequentemente, observa-se que para atingir resultados mais robustos e consistentes, como por exemplo inferir a potabilidade e a classificação geoquímica das águas destas unidades aquíferas, seriam necessários um maior número de poços com informação disponível, acarretando em caracterizações bem definidas das unidades aquíferas e proporcionando o gerenciamento da exploração de águas subterrâneas de diferentes locais.

Com base neste tipo de caracterização é possível também planejar ações de intervenções de médio a longo prazo que possam auxiliar na manutenção da recarga destas unidades aquíferas, considerando o grau de consolidação da área urbana, periurbana e rural.

Como exemplo de medidas para a gestão territorial voltada para a manutenção da recarga pode-se citar: restringir densa ocupação em áreas de recarga dos aquíferos, fiscalizar os poços existentes verificando a manutenção do perímetro mínimo de proteção e da área de influência e aplicar técnicas e mecanismos que favoreçam a infiltração e percolação da água no solo em áreas consolidadas que necessitem deste espaço para uso antrópico.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.L. Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos, SP. *Dissertação de Mestrado* - Departamento de Geotecnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1989.
- CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos Municípios Paulistas: São Carlos. Campinas-SP, 2015. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_549.html. Acesso: Março/2015.

CÔRREA, U.M.P. Estudo das Águas Subterrâneas das Bacias Hidrográficas dos Rios Jacaré-Guaçu e Jacaré-Pepira no Estado de São Paulo. *1st Joint World Congress on Groundwater*. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). Fortaleza, 2000.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Sistema de Informação de Águas Subterrâneas – Pesquisa: São Carlos/SP*. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa. Acesso: Maio/2015.

FERNANDES, A.J.; NEGRI, F.A.; SOBRINHO, J.M.A.; VARNIER, C. Análise de Fraturas dos Basaltos do Aquífero Serra Geral e o Potencial de Recarga Regional do Sistema Aquífero Guarani. *Boletín Geológico y Minero*. Vol. 123, n°3. Madrid, 2012.

GIAMPÁ, C.E.Q.; GONÇALES, V.G. *Águas Subterrâneas e Poços Tubulares Profundos*. 2^o Edição – Revisada e Atualizada. Editora de Textos. São Paulo, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@: Informações Completas, São Carlos-SP. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=354890>. Acesso: Março de 2015.

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. Cadernos de Educação Ambiental: As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo. *Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA*. 104p. São Paulo, 2008.

IRITANI, M.A.; EZAKI, S. *Roteiro Orientativo para Delimitação de Área de Proteção de Poço*. Instituto Geológico. 2^o Edição. São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, L.A de.; VIEIRA, A.S. Estado da Arte do Sistema Aquífero Guarani – SAG. *Caminhos de Geografia*. V.11, n°34, 174-189p. Uberlândia, 2010.

PONS, N.A.D. Levantamento e Diagnóstico Geológico-Geotécnico de Áreas Degradadas na Cidade de São Carlos-SP, com Auxílio de Geoprocessamento. *Tese de Doutorado-Pós Graduação em Geotecnia*. São Carlos, 2006.

PRANDI, E.C.; FILHO, J.A.O.; SILVA, L.A. Aspectos do Aquífero Guarani na Região de Marília-SP. *1st Joint World Congress on Groundwater*. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS). Fortaleza, 2000.

REBOUÇAS, A.C. Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia do Paraná: Análise de Pré Viabilidade. *Tese de Livre Docência*. Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo. São Paulo, 1976.

REBOUÇAS, A.C. Sistema Aquífero Botucatu no Brasil. In: VIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. *Anais – Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS)*. 500-509p. Recife, 1994.

RICOMMI, C. Considerações sobre a Posição Estratigráfica e Tectonismo Deformador da Formação Itaqueri na Porção Centro-Leste do Estado de São Paulo. *Revista: IG São Paulo*. 18(1/2), 41-48p. São Paulo, 1997.

ROCHA, G. *Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo – Escala 1:100.000*. Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), Instituto Geológico (IG), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Serviço Geológico do Brasil (CPRM), 2005.

ROCHA, G.A.; ASSIS, N.M.M.V de.; MANCINI, R.M.O.M.; MELO, T de S.; BUCHIANERI, V.; BARBOSA, W.E.S. *Cadernos de Educação Ambiental: Recursos Hídricos. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA*. São Paulo, 2011.

SOARES, J. J.; SILVA, D. W. da; LIMA, M. I. S. (2003). Current State and projection of the probable original vegetation of the São Carlos region of São Paulo State, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 63, n. 3.