

# MAPEAMENTO HIDROLITOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DA SUB-BACIA DO RIO JACARÉ-GUAÇU AFLUENTE DA MARGEM DIREITA DO RIO TIETÊ

Francisco F. N. Marcuzzo<sup>1</sup>; Rodrigo L. Manzione<sup>2</sup>; Edson C. Wendland<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

<sup>2</sup>UNESP/FCE - Faculdade de Ciências e Engenharia. Tupã/SP. manzione@tupa.unesp.br

<sup>3</sup>USP/EESC/SHS - Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos. ew@sc.usp.br

**Palavras-Chave:** Ribeirão da Onça, Águas Subterrâneas, Aquífero Guarani.

## INTRODUÇÃO

O conhecimento geral da hidrolitologia e hidrogeologia de uma bacia hidrográfica possui a conveniência de subsidiar informações para a melhor localização de poços para captação de água subterrânea, e também sobre o comportamento da recarga dos aquíferos conforme a precipitação na área.

Muitos estudos sobre águas subterrâneas já foram realizados na área da bacia do Ribeirão da Onça (BARRETO *et al.*, 2009; MANZIONE *et al.*, 2009, 2010, 2012), afluente da margem esquerda do rio Jacaré-Guaçu. Contudo percebe-se, na literatura técnico-científica, a falta de mapas de caracterização hidrolitológica e hidrogeológica específicos para esta bacia, visando uma contextualização mais aprofundada das chuvas com estudos de recarga dos aquíferos da região.

Portanto, o objetivo deste trabalho é fornecer mapas com a caracterização básica da hidrolitologia e hidrogeologia da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu, afluente da margem direita do rio Tietê na região central do estado de São Paulo, concomitantemente com dados espaciais de chuva média anual.

## MATERIAL E MÉTODOS

O rio Jacaré-Guaçu desagua na margem direita do rio Tietê (sub-bacia 62) nas coordenadas aproximadas de 21°51'11"S e 48°56'15"W. A delimitação da bacia obteve uma área aproximada de 4.044km<sup>2</sup> e um perímetro de 562,6km, segundo a Projeção Transversal de Mercator, considerando os seguintes dados de ajuste da projeção, Meridiano Central: -48,3°, Fator de Escala: 0,9996, Latitude de Origem: -22°, Datum Horizontal foi o SIRGAS2000 UTM Zone 22S. Os municípios (Figura 1) cujas áreas urbanas estão na bacia do rio Jacaré-Guaçu são (IBGE, 2010 - habitantes): São Carlos (221.950), Araraquara (208.662), Ibitinga (53.158), Ibaté (30.734), Itirapina (15.524), Tabatinga (14.686), Boa Esperança do Sul (13.645), Ribeirão Bonito (12.135), Nova Europa (9.300), Gavião Peixoto (4.419) e Trabiçu (1.544). A diferença altimétrica (Figura 1) da bacia é de 610m, variando de 413m a 1.023m. No mapa de distribuição pluviométrica média anual utilizou-se dados publicados por PINTO *et al.* (2011). Os mapas de hidrogeologia e hidrolitologia utilizaram os dados disponibilizados por DINIZ *et al.* (2014a,b).

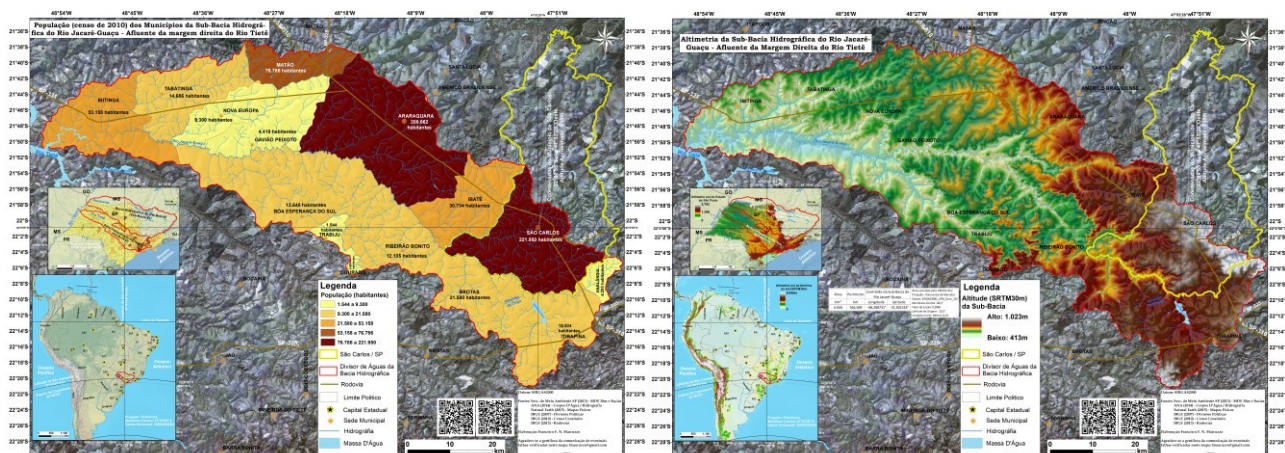


Figura 1. Localização, população e altimetria (hypsometria) da bacia hidrográfica do rio Jacaré-Guaçu.

As Figuras apresentados neste trabalho no formato PDF (folha A1, 600dpi para impressão), bem como a delimitação da área, entre outros materiais, podem ser baixadas pelos endereços eletrônicos do Quadro 1.

Quadro 1. Figuras, com melhor resolução para visualização de detalhes, e demais materiais utilizados.

Material	Endereços (“links”) para Baixar Utilizando o Navegador de Internet
Figura 1 - Localização e Municípios	<a href="https://drive.google.com/file/d/1bv9BFta4MRTwE9Au6gdDqtoGnSvVqCjr/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1bv9BFta4MRTwE9Au6gdDqtoGnSvVqCjr/view?usp=sharing</a>
Figura 1 - Altimetria / Hipsometria	<a href="https://drive.google.com/file/d/1IP_DPgypgk1ZPHkqE2Rz5yy4AVNXmVjO/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1IP_DPgypgk1ZPHkqE2Rz5yy4AVNXmVjO/view?usp=sharing</a>
Figura 2 - Hidrolitologia	<a href="https://drive.google.com/file/d/1ogi5mbxlGTqma97EaP9nKZZPVsax7KK/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1ogi5mbxlGTqma97EaP9nKZZPVsax7KK/view?usp=sharing</a>
Figura 3 - Hidrogeologia e Equipotenciais	<a href="https://drive.google.com/file/d/1sV27N6p6BAv6_qj-DMJC84Oqlv0ZmWwK/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1sV27N6p6BAv6_qj-DMJC84Oqlv0ZmWwK/view?usp=sharing</a>
Pôster Apresentação em PDF	<a href="https://drive.google.com/file/d/1X-S3qVBfuNqu-JR2w2cQpcef6goFqx5R/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1X-S3qVBfuNqu-JR2w2cQpcef6goFqx5R/view?usp=sharing</a>
Delimitação da Área da Bacia do Jacaré Guaçu KMZ (abrir no Google Earth)	<a href="https://drive.google.com/file/d/0B5YK_fCaGOyfWmJoOVpSbINHeXc/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/0B5YK_fCaGOyfWmJoOVpSbINHeXc/view?usp=sharing</a>
Hidrogeologia KMZ (abrir no Google Earth)	<a href="https://drive.google.com/file/d/0B5YK_fCaGOyfM0JISFJIU2VHNWs/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/0B5YK_fCaGOyfM0JISFJIU2VHNWs/view?usp=sharing</a>
Tabela Atributos Hidrolitologia Bacia	<a href="https://drive.google.com/file/d/1CgzGqINLLqzrZ37MBhDQobM3o2sJ7oqz/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1CgzGqINLLqzrZ37MBhDQobM3o2sJ7oqz/view?usp=sharing</a>
Tabela Atributos Hidrogeologia Bacia	<a href="https://drive.google.com/file/d/1WFQDS-1Ofi8M_SDJ9jeWVHggnrOjhx/view?usp=sharing">https://drive.google.com/file/d/1WFQDS-1Ofi8M_SDJ9jeWVHggnrOjhx/view?usp=sharing</a>
Mapa Hidrogeológico do Brasil	<a href="http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Mapa-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-756.html">http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Mapa-Hidrogeologico-do-Brasil-ao-Milionesimo-756.html</a>
Atlas Pluviométrico do Brasil	<a href="http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html">http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html</a>
Mapas das Bacias Hidrográficas do Brasil	<a href="https://drive.google.com/folder?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE&amp;usp=sharing">https://drive.google.com/folder?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE&amp;usp=sharing</a>
Mapa Altimétrico do Estado de São Paulo	<a href="https://drive.google.com/drive/folders/0B5YK_fCaGOyfTEpIN2RBaFVobHM?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/0B5YK_fCaGOyfTEpIN2RBaFVobHM?usp=sharing</a>
Pasta com Todos os Mapas Deste Artigo	<a href="https://drive.google.com/drive/folders/0B5YK_fCaGOyfYk9OVGVewKxTOEE?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/0B5YK_fCaGOyfYk9OVGVewKxTOEE?usp=sharing</a>

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hidrolitologia (Figura 2) da bacia foi separada pelo agrupamento de unidades geológicas que armazenam e transmitem águas subterrâneas de forma semelhante, sendo elas as unidades porosas ou granulares, cársticas e fraturadas. O mapa hidrolitológico da bacia mostra as unidades granular (Gr) e fraturado (Fr), sendo o segundo domínio aflorante na calha das principais drenagens da bacia. O mapa hidrogeológico é representado por um conjunto de unidades hidroestratigráficas, obtidas a partir de cada aquífero existente, explicando suas variações espaciais de produtividades e gerando polígonos hidrogeológicos (sistemas aquíferos).

Segundo as informações do Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (DINIZ *et al.*, 2014a,b), publicado e disponibilizado pela CPRM/SGB, utilizado para compor os mapas das Figuras 2 e 3, as unidades hidroestratigráficas (Figura 3) uma predominância de arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia e basaltos da Formação Serra Geral, com produtividades de alta a moderada para as formações granulares e baixa e muito baixa para as unidades fraturadas. Existem também unidades não aquíferas, tanto granulares como fraturadas, na cabeceira da bacia. Verifica-se na Figura 2 que, considerando a área total da bacia do rio Jacaré-Guaçu (4.044km<sup>2</sup>), o arcabouço granular (3.126,5km<sup>2</sup>) é predominante com aproximadamente 77,3% da área, ficando o fraturado (917,5km<sup>2</sup>) com 22,7%.

A espacialização da precipitação pluviométrica (Figuras 2 e 3), considerando a série histórica de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), varia de 1.318mm.ano<sup>-1</sup>, na parte Oeste da bacia (em sua foz, quando desagua na margem direita do rio Tietê) a 1.519mm.ano<sup>-1</sup> na parte sul da bacia (faixa entre os municípios de Araraquara e Trabiçu), semelhante aos valores encontrados na bacia ao lado, do rio Jacaré-Pepira (MARCUSO e WENDLAND, 2018). Segundo este mapa de espacialização de chuva (Figuras 2 e 3) e o hidrolitológico (Figura 2) nota-se que as regiões que apresentam maiores índices pluviométricos localizam-se na porção leste da bacia, que contém grande parte das nascentes da área de estudo. Essas áreas localizadas na cabeceira da bacia são as que apresentam as unidades granulares mais produtivas, e as mais propícias para recarga devido à natureza do substrato geológico. Também são as áreas com maiores valores nas linhas equipotenciais, variando de 400 a 750m, restando na porção Oeste da bacia uma faixa que varia de 400 a 450m até o seu exutório. A cidade de São Carlos está numa faixa equipotencial de 700 a 750m, e Araraquara numa faixa que varia de 500 a 550m.

Na Figura 3 observa-se que a área urbana do município de Araraquara está sob a unidade fraturada (Fr) de produtividade geralmente baixa, porém localmente moderada, formação Serra Geral com sub-formação Botucatu, unidade aflorante de basalto e dacito, além de quartzo e arenito. Já a área urbana do município de São Carlos está sob a unidade fraturada (Fr) de produtividade geralmente baixa, porém localmente moderada, conforme descrito para Araraquara, contudo apresenta também a unidade granular (Gr) de produtividade geralmente muito baixa, porém localmente baixa, com a formação Itaqueri aflorante e sub a formação Botucatu, apresentando arenito e arenito conglomerático aflorante e sub a quartzo-arenito, com grau de fraturamento muito baixo. Nota-se que na região próxima ao exutório da bacia as formações predominantes são com unidade fraturada (Fr) de produtividade geralmente baixa, porém localmente moderada, principalmente próximo ao talvegue do rio Jacaré-Guaçu, e ao redor a formação de unidade granular (Gr) de produtividade geralmente muito baixa, porém localmente baixa. A formação de melhor produtividade (granular, formação Botucatu com quartzo-arenito) estão nas áreas urbanas dos municípios de Boa Esperança do Sul e Trabiçu, na região centro Sul da bacia do rio Jacaré-Guaçu.







Tabela 1. Hidrogeologia e a sua respectiva área na bacia, segundo a Figura 3 extraída de Diniz *et al.* (2014a).

Símbolo	Legenda do Mapa Hidrogeológico Deste Estudo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
(2) Gr	Unidade Granular (Gr) de Produtividade Alta	814,0	20,13
(3) Gr	Unidade Granular (Gr) de Produtividade Moderada	936,4	23,15
(4) Fr	Unidade Fraturada (Fr) de Produtividade Geralmente baixa, porém localmente moderada	756,6	18,71
(4) Gr	Unidade Granular (Gr) de Produtividade Geralmente baixa, porém localmente moderada	389,4	9,63
(5) Fr	Unidade Fraturada (Fr) de Produtividade Geralmente muito baixa, porém localmente baixa	51,7	1,28
(5) Gr	Unidade Granular (Gr) de Produtividade Geralmente muito baixa, porém localmente baixa	960,1	23,74
(6) Fr	Unidade Fraturada (Fr) de Produtividade Pouco Produtiva ou Não Aquífera	109,2	2,70
(6) Gr	Unidade Granular (Gr) de Produtividade Pouco Produtiva ou Não Aquífera	26,6	0,66

## CONCLUSÃO

A bacia do rio Jacaré-Guaçu apresenta zonas aquíferas com produtividade que varia de alta a muito baixa, caracterizando-se como uma área de grande variabilidade hidrogeológica, apresentando oito diferentes sistemas aquíferos na escala ao milionésimo segundo o mapa hidrogeológico do Brasil, publicado e disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil.

As regiões de maior volume de precipitação pluviométrica na bacia estão associadas a áreas com presença das unidades granulares de média a alta produtividade, em sua maior parte, indicando maiores potenciais de recarga nas regiões de cabeceiras da bacia do rio Jacaré-Guaçu.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETO, C. E. A. G.; WENDLAND, E. C.; MARCUZZO, F. F. N. Estimativa da evapotranspiração a partir da variação de nível estático de aquífero. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 52-61, 2009. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18160>>. Acesso em: 09 abr. 2018.
- DINIZ, J. A. O.; BOMFIM, L. F. C.; FREITAS, M. A. de (Coord.). **Mapa hidrogeológico do Brasil ao milionésimo**: Sistema de Informações Geográficas - SIG. Recife: CPRM, 2014a. Escala 1:1.000.000. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso: 06 abr. 2018.
- DINIZ, J. A. O.; MONTEIRO, A. B.; SILVA, R. de C. da; PAULA, T. L. F. de. **Manual de cartografia hidrogeológica**. Recife: CPRM, 2014b. 120 p. Programa de Cartografia Hidrogeológica. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm>>. Acesso em: 15 mar. 2017.
- IBGE. **Dados do Censo 2010**. Publicado dia 04/11/2010. 2010.
- MANZIONE, R. L. **Águas subterrâneas**: conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiaí: paco Editorial, 2015.
- MANZIONE, R. L.; MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. C. Funções de impulso e resposta aplicadas à modelagem de níveis freáticos em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18. 2009, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: ABRH, 2009. v. 1. p. 1-12. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/18151>>. Acesso em: 06 abr. 2018.
- MANZIONE, R. L.; MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. C. Integração de modelos espaciais e temporais para predições de níveis freáticos extremos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, p. 1368a1375, set. 2012. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/620>>. Acesso em: 31 mar. 2018. Acesso em: 06 abr. 2018.
- MANZIONE, R. L.; MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. C. **Modelagem de níveis freáticos em área de recarga do Sistema Aquífero Guarani sob diferentes usos do solo**. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 16. 2010, São Luis: **Anais...** São Paulo: ABRH, 2010. v. 1. p. 1-14. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/940>>. Acesso em: 05 abr. 2018.
- MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. C. Bacia hidrográfica do rio Jacaré-Pepira: mapeamento da hidrogeologia, hidrolitologia, hipsometria e população. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 49. 2018, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: SBG, 2018. Disponível em: <<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/4>>.
- PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. SIG - versão 2.0 - atualizada em 11/2011; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>>. Acesso em: 23 out. 2017.