

# XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

## ESPESSURAS DO GRUPO SERRA GERAL EM SANTA CATARINA COMO RESULTADO DE UM PROCESSO DE ESTRUTURAÇÃO EM BLOCOS.

Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho <sup>1</sup>; Luiz Fernando Scheibe <sup>2</sup>; Arthur Schmidt Nanni <sup>3</sup>

**Resumo** – As espessuras do Grupo Serra Geral, da Bacia Geológica do Paraná, despertam grande interesse por constituir a principal cobertura do Sistema Aquífero Guarani (SAG). Recentemente a tese de doutorado de Descovi Filho, 2015, produzida no âmbito do Projeto Rede Guarani/Serra Geral (Meta 1 Componente 1), apresentou detalhes de campo e agregou informações de diversas fontes sobre 132 poços que atingem o contato do Serra Geral com o SAG, e portanto, possibilitam obter-se informações referentes a espessuras do pacote vulcânico e a definição de (pelo menos) 14 blocos tectônicos hidrogeológicos no Estado de Santa Catarina, com a espessuras do Grupo Serra Geral variando desde zero (0) metro até 1132 metros. O entendimento e conhecimento das espessuras do Grupo Serra Geral pode subsidiar a gestão dos recursos hídricos do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em todo o oeste de Santa Catarina.

### **Abstract** –

The thicknesses of the Serra Geral Group in the Paraná Geologic Basin are of great interest, since it covers the Guarani Aquifer System (SAG). The PhD thesis of Descovi Filho, (2015), connected with the recent Network Guarani/Serra Geral project (Target 01, component 01), recently presented thickness data from field observations and 132 wells that cut the Serra Geral Group/Guarani Aquifer contact, thus enabling to obtain information regarding the thickness of the volcanic package and the definition of at least 14 hydrogeological tectonic blocks in the state of Santa Catarina, with the thickness of the Serra Geral Group ranging from zero (0) meters to 1132 meters Knowledge of the Serra Geral Group thicknesses can support the management of water resources of the Integrated Guarani/Serra Geral Aquifer System (SAIG/SG) in the western area of the Santa Catarina State, in Southern Brazil.

**Palavras-Chave** – Espessuras do Grupo Serra Geral; blocos tectônicos hidrogeológicos; SAIG/SG.

<sup>1</sup>UFMS: Laboratório de Hidrogeologia, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, +55 55 3220 8638, leonprs@gmail.com

<sup>2</sup>UFSC: Núcleo de Permacultura – Laboratório de Análise Ambiental, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, +55 48 3721 8813, scheibe2@gmail.com

<sup>3</sup>UFSC: Núcleo de Permacultura – Laboratório de Análise Ambiental, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, +55 48 3721 8813, arthur.nanni@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Este trabalho é parte integrante do Projeto Rede Guarani/Serra Geral – (RGSG), que leva este nome por estudar as áreas de ocorrência do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral - SAIG/SG<sup>4</sup> - (Wolkmer [coord], 2006) nos três estados da Região Sul do Brasil, sendo resultado parcial da tese “Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral no estado de Santa Catarina”, desenvolvida por Descovi Filho, 2015 no âmbito da Meta 01 Componente 01 do referido projeto.

Neste artigo iremos nos concentrar em apresentar os resultados obtidos com relação às espessuras do Sistema Aquífero Serra Geral, fraturado e imediatamente acessível a partir da superfície, até o contacto com o Sistema Aquífero Guarani, poroso, indicando portanto o grau de confinamento deste em toda região central e oeste de Santa Catarina.

A área de ocorrência do Grupo Serra Geral em Santa Catarina compreende cerca de 48.320 km<sup>2</sup><sup>5</sup>, estendendo-se desde a região central até o extremo oeste do estado, onde ultrapassa o Rio Peperi-Guaçu, divisa entre o Estado de Santa Catarina - Brasil e a República da Argentina; a sul limita-se com o Estado do Rio Grande do Sul e ao norte com o Estado do Paraná (Figura 1).

---

<sup>4</sup> SAIG/SG – É a sigla para Sistema Aquífero Integrado Guarani/Serra Geral, assim denominado por Wolkmer [coord], (2006) na proposta do projeto intitulado “Rede Guarani/Serra Geral”. Em 2008 Scheibe; Hirata divulgaram a sigla em uma revisão sobre os sistemas aquíferos em questão no artigo: “O contexto tectônico dos sistemas aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão”. (SCHEIBE; HIRATA, 2008)

<sup>5</sup> Área calculada usando-se o aplicativo QGIS (<http://qgisbrasil.org/>) e o Sistema de Informações Geográficas da tese.

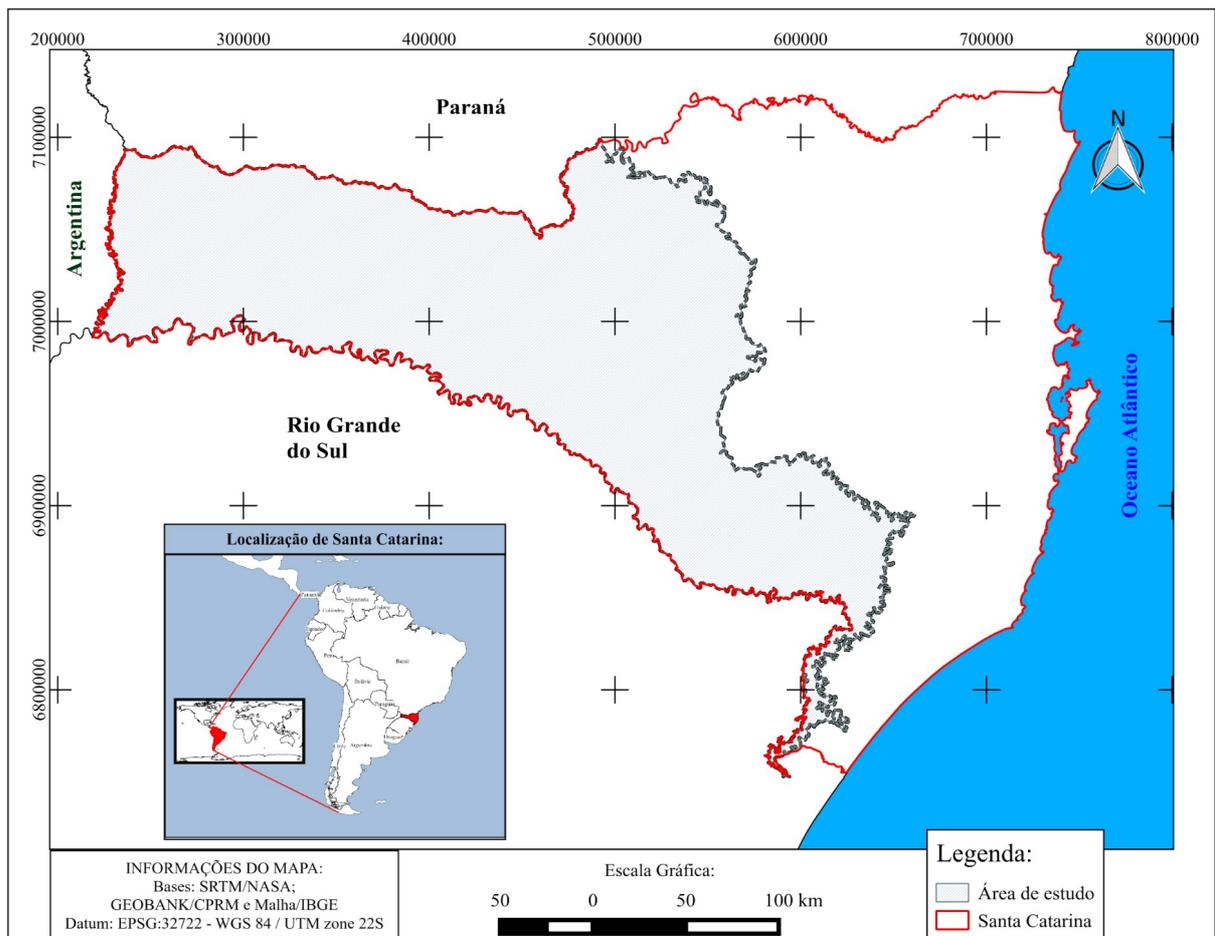


Figura 1 - Área de ocorrência do Grupo Serra Geral em Santa Catarina. Fonte: Descovi Filho, 2015.

O aquífero constituído pelo Grupo Serra Geral (SASG) é o principal reservatório de águas subterrâneas para uso imediato do SAIG/SG nas regiões sudeste, central e oeste do Estado de Santa Catarina, norte e noroeste do Rio Grande do Sul, oeste do Paraná e centro-oeste de São Paulo, além do Sul do Mato Grosso do Sul e parte de outros estados e países da América do Sul incluídos na Bacia Sedimentar do Paraná.

Em Santa Catarina o SASG vem sendo cada vez mais intensivamente utilizado para enfrentar problemas de abastecimento urbano e rural, tendo em vista períodos de estiagem e processos de contaminação que impactam negativamente os recursos hídricos superficiais e subterrâneos (FREITAS *et al.*, 2003).

## ESTRATIGRAFIA E TECTÔNICA DA BACIA DO PARANÁ

O Grupo Serra Geral (anteriormente denominado Formação Serra Geral), é composto em SC, segundo CPRM (2014), de "basaltos, basaltos andesíticos, riodacitos, de filiação tholeítica, com arenitos intertrápicos Botucatu na base e litarenitos e sedimentos vulcânicos na porção mediana ou no topo da sequência", sendo composto, segundo a mesma fonte, pelas formações: "Campo Erê;

Cordilheira Alta; Palmas; Chapecó; Campos Novos; Paranapanema e Gramado”. Entre os estudos mais recentes, podemos destacar os mapas hidrogeológico e geológico do Estado de Santa Catarina (CPRM, 2012 e 2014).

Ismael Charles White, em 1908, com base no estudo da bacia carbonífera e dos afloramentos da Serra do Rio do Rastro, propôs uma coluna estratigráfica para as unidades gonduânicas da porção sudeste da Bacia Geológica do Paraná, que veio a ser denominada de Coluna White. A referida coluna é uma grande referência no mundo geocientífico e seu ordenamento estratigráfico é aceito até os dias atuais (ORLANDI FILHO, 2002). Uma importante revisão estratigráfica da Bacia do Paraná foi realizada por Schneider *et al.* (1974) sintetizando e sistematizando o conhecimento estratigráfico até então existente.

Estudos mais recentes realizados por Vail *et al.* estabeleceram e detalharam as seis unidades de ampla escala ou Supersequências para a Bacia do Paraná: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Baurú. (1977 apud MILANI *et al.*, 2007, p. 266).

A compreensão da origem e evolução tectônica da Bacia do Paraná, assim como das bacias intracratônicas de uma maneira geral, tem representado um grande desafio à comunidade geocientífica. A Bacia do Paraná constitui uma imensa região sedimentar da América do Sul, abrigando uma sucessão sedimentar-magmática com idades de ~470 a ~70Ma, portanto, apresentando ~400 Ma em registros estratigráficos (MILANI, 2004 e MILANI *et al.* 2007).

A Bacia do Paraná localiza-se no Sudeste da América do Sul, e estende-se por quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai; No Brasil, ela ocorre em oito estados da federação: Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

Uma grande quantidade de trabalhos contribuiu para o entendimento do arcabouço tectônico e estratigráfico da Bacia do Paraná; destacamos aqui alguns dos principais trabalhos revisados, os quais foram realizados para área desta pesquisa: (SCHEIBE, 1986), (SCHEIBE; FURTADO, 1989), (ZALÁN, 1990), (FRASCA; LISBOA, 1993), (MILANI, 1994), (LISBOA, 1996), (MILANI; RAMOS, 1998), (ARTUR; SOARES, 2002), (MACHADO, 2005), (SCHEIBE, 2006), (MILANI *et al.*, 2007), (SOARES *et al.*, 2007), (SCHEIBE; HIRATA, 2008), (NANNI, 2008), (OEA, 2009), (JACQUES *et al.*, 2010), (JACQUES *et al.*, 2014) entre outros.

Importante contribuição recente foi realizada por Jaques *et al.* (2014), cartografando a provável distribuição espacial dos Cinturões móveis e dos blocos cratônicos que compõem o embasamento cristalino da Bacia do Paraná, (Figura 2).

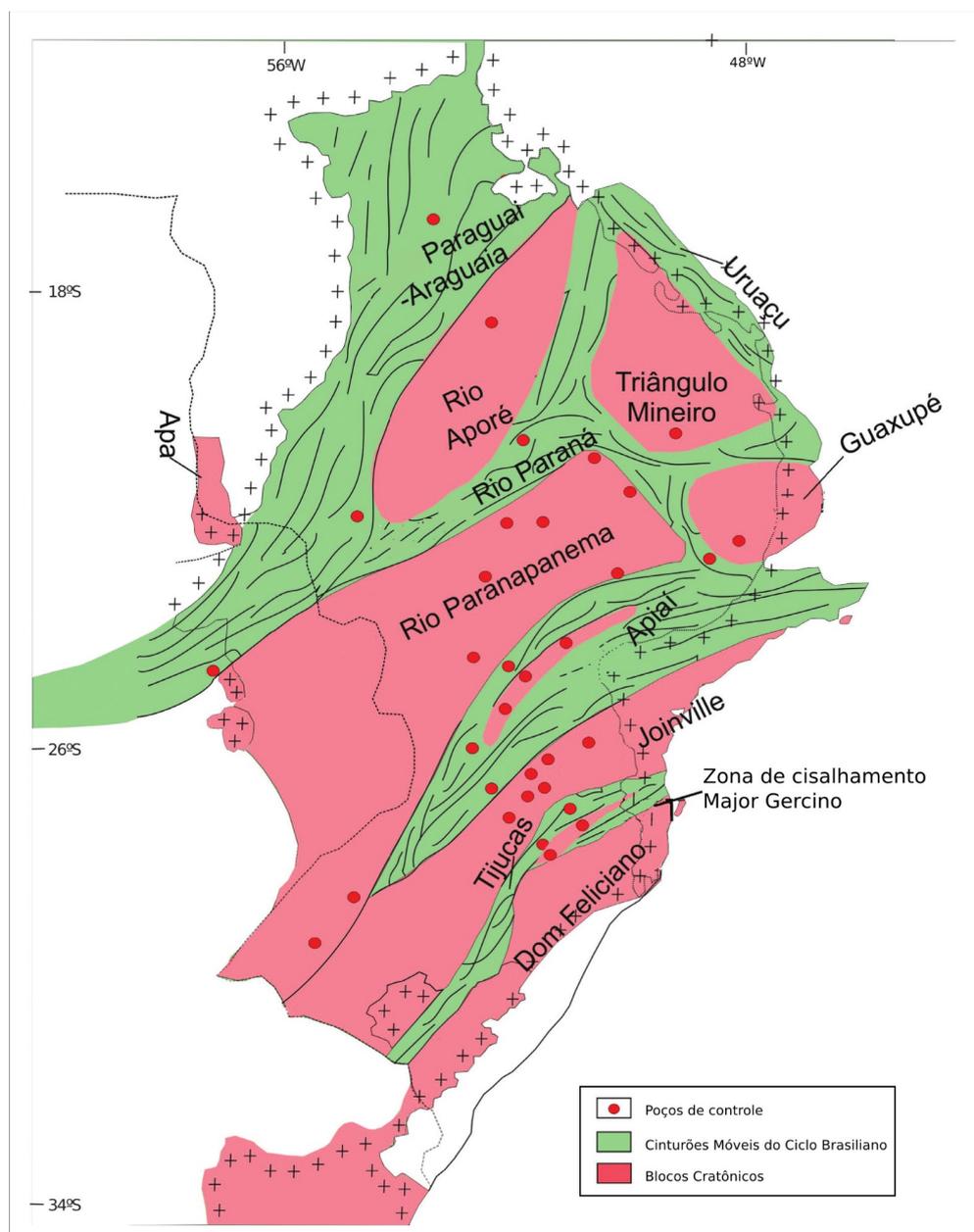


Figura 2 - Estrutura tectônica do substrato da Bacia do Paraná - Notar que o Cinturão Dom Feliciano (Fragoso-Cezar, 1980 apud LISBOA, 1996, p. 12) é considerado Bloco Cratônico no entendimento de Jacques et al. (2014). Estes últimos, baseiam-se na tese de Milani (1997). Fonte: modificado de Milani (1997 apud JACQUES et al., 2014, p. 42).

Entre os resultados desta intensa movimentação, os elementos tectônicos lineares (lineamentos), são predominantes, pela quantidade nas mais variadas direções, e associada a isso, a configuração de blocos e sub-blocos que compartimentam as formações geológicas da bacia (SOARES et al., 2007). A Bacia do Paraná é dominada por lineamentos e ou elementos tectônicos lineares que se orientam em três direções principais de acordo com Zalán et al. (2007): NW-SE, NE-SW e E-W (Figura 3).

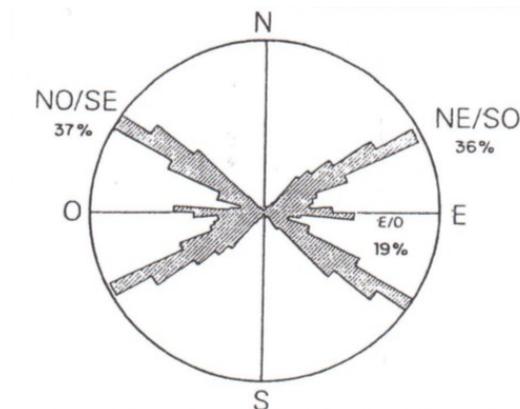


Figura 3 - Diagrama de roseta das extensões de lineamentos na Bacia do Paraná, obtido a partir de levantamentos aeromagnetométricos. Podem ser observados dois grupos de tendências principais: NW-SE (N45° -65° O) e NE-SW (N50° -70° E). Uma terceira tendência, subordinada, alonga-se segundo E-W (N85° -95° O). Fonte: Zalán et al. (1990, p. 144).

Os lineamentos definidos por levantamentos aeromagnetométricos para a Bacia do Paraná apresentados no Mapa do Arcabouço estrutural da Bacia do Paraná de Zalán et al. (1990, p.139)., apresentam influência sobre as Formações Geológicas do Estado de Santa Catarina, especialmente nas direções NW (três grandes alinhamentos); NE (quatro grandes alinhamentos) e E-W (um grande alinhamento)<sup>6</sup>.

Segundo Zalán et al. (1990) a espessura das isópacas acumuladas do Sistema Aquífero Guarani (SAG) (Formações Botucatu + Pirambóia + Rosário do Sul)<sup>7</sup> poderia chegar a mais de 400 metros no extremo oeste catarinense (Figura 4), enquanto que a Formação Serra Geral chegaria a valores próximos de 1000 metros . (Figura 4)

<sup>6</sup> NW: (8 – Arco de Ponta Grossa, 13 – Zona de falha Caçador e 14 – Sinclinal de Torres); NE: (20 – Zona de falha Taxaquara, 21 – Zona de falha Lancinha-Cubatão, 22 – Zona de falha Blumenau-Soledade e 23 – Falha do Leão) e E-W: (28 – Lineamento Taquara Verde).

<sup>7</sup> O mapa geológico de Santa Catarina CPRM (2014), não registra a ocorrência das Formações Pirambóia e Rosário do Sul.

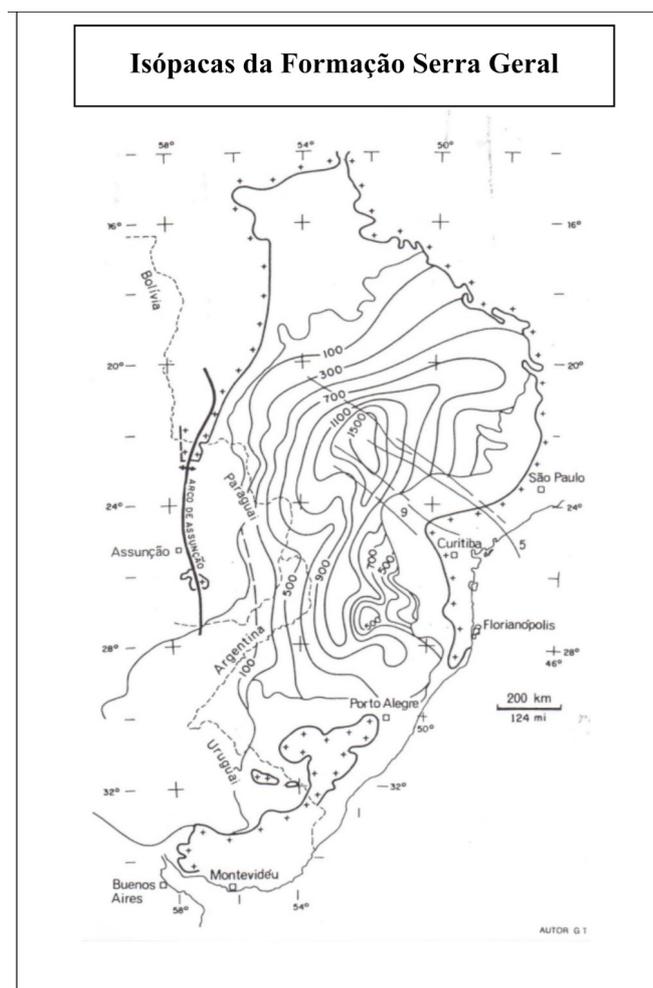


Figura 4 – Mapa das isópacas da Formação Serra Geral (Grupo Serra Geral) - As linhas finas representam importantes zonas de falhas. Fonte: Zalán et al. (1990, p. 158 e 159).

## METODOLOGIA

O levantamento de informações consistiu em atividades de campo e laboratório. Com as informações obtidas foi gerado um banco de dados que foi posteriormente manipulado através de um SIG. O SIG auxiliou na preparação dos trabalhos de campo e na organização do banco de dados, que foi contínua, desde o início da pesquisa até meados de 2014, quando teve início a fase de interpretação das informações.

### Levantamentos em laboratório

Incluem as informações (levantamento bibliográfico) e os equipamentos (hardwares, aplicativos) utilizados para montagem do banco de dados, SIG e realização da pesquisa.

O Datum utilizado no projeto foi o Sistema de Referência Moderno – Sistema Geodésico Global 1984 do inglês World Geodetic System 1984 (WGS 84) – em Sistema de Coordenadas Geográficas e Óleo, a qual é utilizada para identificar os SRCs usados pelo QGIS. Projetadas do tipo: Projeção EPSG – Base de Dados de Parâmetros Geodésicos da Associação Internacional de Produtores de

Gás Universal Transversa de Mercator (UTM). O Sistema Referência de Coordenadas (SRC) adotado para nossa área de estudo foi o WGS84 UTM, situado no fuso ou zona de número (22): limitado pelas longitudes -48° e -54° Oeste de Greenwich. Quanto a sua latitude entre -26° e -28° Sul do Equador ou designado apenas pela letra (S). Desta forma o SRC no QGIS é designado pela sigla: WGS 84 UTM zona 22S, que apresenta autoridade de ID com código: EPSG<sup>8</sup> 32722.

Com uso do programa QGIS foi possível converter ou visualizar temporariamente as camadas com diferentes SRCs para o SRC do projeto (WGS84 UTM 22S). A reprojeção temporária disponível no QGIS, possibilita a aproximação espacial entre camadas com diferentes SRCs – para ativá-la, basta habilitá-la em propriedades do projeto → guia SRC → Caixa de seleção: Habilitar transformação SRC “on the fly”<sup>9</sup>.

### Banco de dados estratigráficos

O banco de dados estratigráficos é constituído por 132 pontos de controle (DESCOVI FILHO, 2015). Os dados estratigráficos de poços tubulares, foram obtidos através dos perfis de sondagens fornecidos pelas empresas de perfuração e/ou por meio de dados preexistentes; já os contatos superficiais (afloramentos), foram obtidos através da observação direta.

Os pontos de controle possuem localização espacial expressa por um par de coordenadas x e y, que correspondem a sua longitude e latitude. As informações sobre as altitudes apresentaram dados muito discrepantes nas fichas consultadas, por esta razão optou-se pela utilização da cota média dos MDEs: SRTM, ASTER e TOPODATA, lidas a partir da posição geográfica de cada ponto de controle, possibilitando atribuir-lhes valores médios referentes à altitude (superfície do terreno) e altitude absoluta do contato estratigráfico entre as formações Botucatu e Serra Geral.

As informações referentes aos pontos de controle estratigráfico foram obtidas em levantamentos de campo e laboratório (levantamento bibliográfico). Utilizou-se ainda, dados preexistentes - Zanatta (2002), Machado (2005), Almeida (2011) - e cedidos por empresas perfuradoras de poços, os quais foram compilados no Projeto Rede Guarani Serra Geral. A Tabela 1 apresenta a fonte e a quantidade de pontos de controle.

Tabela 1 - Fontes e a quantidades de pontos de controle. Fonte: DESCOVI FILHO, 2015.

Fonte	Quantidade de pontos
SIAGAS	30
Levantamento em campo	28
PETROBRÁS	21

<sup>8</sup> EPSG – Base de Dados de Parâmetros Geodésicos da Associação Internacional de Produtores de Gás e Óleo, a qual é utilizada para identificar os SRCs usados pelo QGIS.

<sup>9</sup> Neste caso, on the fly pode ser traduzido como sendo voo livre e ajuste de camadas em diferentes SRCs.

Machado (2005)	19
Zanatta (2002)	14
Empresas Água Azul e Leão Poços	9
Outros	6
PROESC <sup>10</sup>	3
FATMA	2
<b>TOTAL</b>	<b>132</b>

Realizou-se três levantamentos de campo, totalizando 28 contatos aflorantes entre as formações Botucatu e Serra Geral (Figura 5), que compõem um banco de dados de cotas do contato Grupo Serra Geral (Antiga Formação Serra Geral)/Arenito Botucatu, constante em Descovi Filho, 2015 Anexo A.



Figura 5 - Locais de registro de pontos de controle estratigráficos: esquerda – Porto União-SC e direita – Ponte Alta do Norte-SC. Fonte: Descovi Filho, 2015.

### **ESPESSURA(S) DO GRUPO SERRA GERAL EM SANTA CATARINA**

Através da (Figura 6), observa-se que as espessuras do Grupo Serra Geral estão relacionadas com uma estruturação em blocos tectônicos conforme proposto em Descovi Filho, 2015 em sua tese de doutorado.

<sup>10</sup> Banco de dados do Projeto PROESC disponibilizado em CD-ROM pelo Geólogo Marcos Alexandre Freitas da CPRM – Porto Alegre – RS.

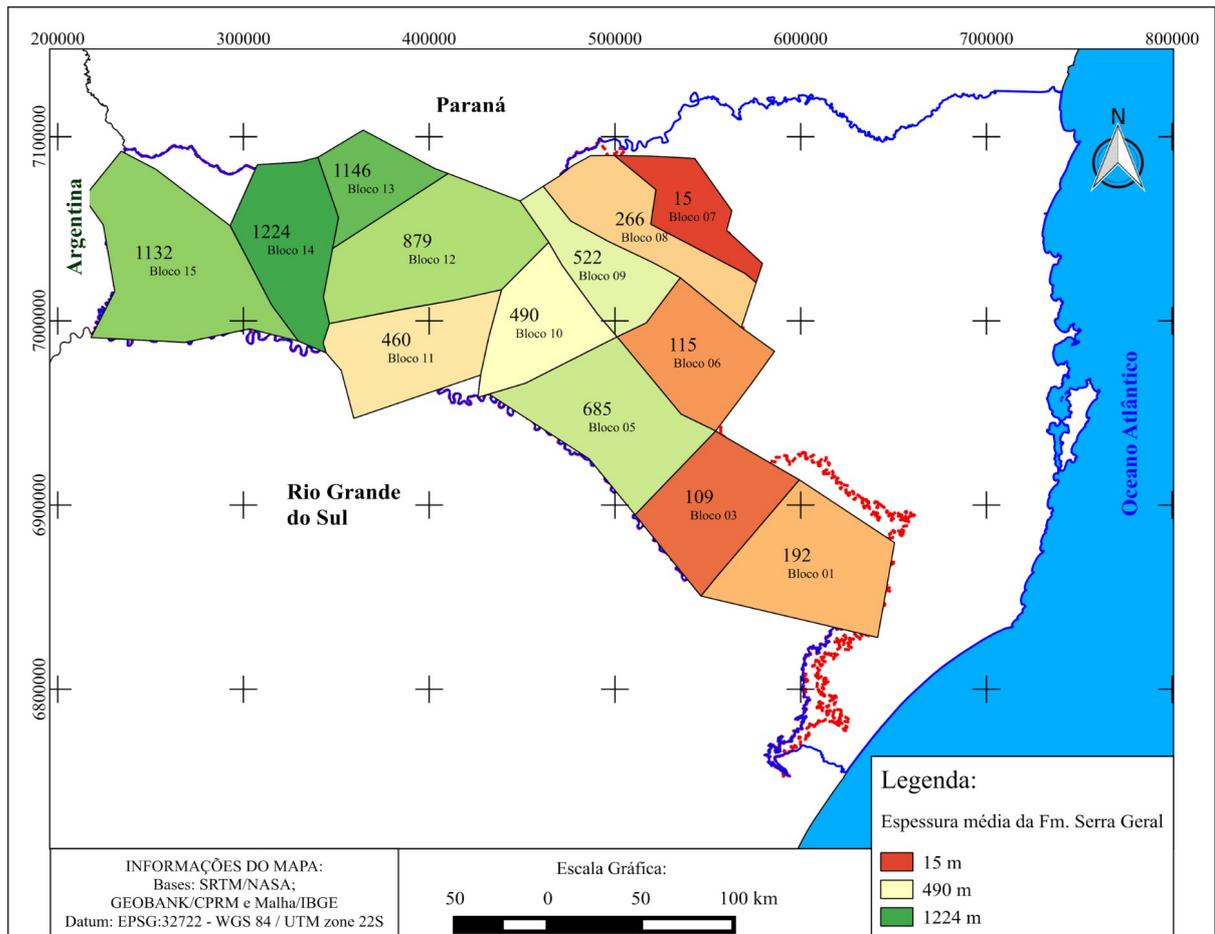


Figura 6 - Mapa das espessuras médias do Grupo Serra Geral por blocos tectônicos hidrogeológicos. Fonte: Descovi Filho, 2015.

Esta tendência de aumento das espessuras do Grupo Serra Geral (SASG) de leste para oeste deve-se a fatores geológicos e geomorfológicos e está intimamente relacionada à gênese e evolução da Bacia Sedimentar do Paraná, em que pesam as inúmeras erosões e compensações isostáticas intraplacas reinantes até os dias atuais. Os setores mais a oeste e noroeste da área de pesquisa, apresentam as maiores espessuras médias do pacote vulcânico, com até 1224 metros (bloco 14), e na borda leste, ocorrem espessuras da ordem de 100 metros até sua completa ausência, nas zonas de afloramento da Formação Botucatu (bloco 07), o que reforça a pertinência do modelo de compensação isostática.

## CONCLUSÃO

Propõe-se a ocorrência de (pelo menos) 14 blocos tectônicos hidrogeológicos no Estado de Santa Catarina, com a espessura média do Grupo Serra Geral (SASG) variando desde zero (0) metro (SAG aflorante, nas regiões mais a leste), até 1132 metros (extremo oeste catarinense).

O conhecimento das espessuras do Grupo Serra Geral pode subsidiar a gestão dos recursos hídricos do meio oeste catarinense, pertencentes ao SAIG/SG . Seu estabelecimento pode constituir-se em um importante passo para definição da vulnerabilidade das águas subterrâneas neste sistema aquífero fraturado e livre, o qual serve diretamente à população daquela região e outras homólogas na Bacia Sedimentar do Paraná (DESCOVI FILHO, 2015).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, Laury Medeiros de; FRANÇA, Almério Barros; POTTER, Paul Edwin. Arcabouço hidrogeológico do aquífero Gigante do Mercosul (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai): Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó. In: Mercosul de Águas Subterrâneas. Anais... v. 1, 1995. p. 110-120.

BITTENCOURT, André Virmond Lima; ROSA FILHO Ernani Francisco; HINDI Eduardo Chemas; BUCHMANN FILHO Antonio Carlos. A influência dos basaltos e de misturas com águas de aquíferos sotopostos nas águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra - Geral na bacia do Rio Piquiri, Paraná - BR. Revista Águas Subterrâneas, São Paulo, v.17, p. 67-75, 2003.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; FONSÊCA, Deily Naamma. Lineamento de Drenagem e de Relevo como subsídio para a Caracterização Morfoestrutural e Reativações Neotectônicas da área da Bacia do Rio Preto, Serra do Espinhaço Meridional – MG. Revista de Geografia UFPE, v. especial, p. 72-86, 2010.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; TAVARES, Bruno de Azevêdo Cavalcanti; MONTEIRO, Kleython de Araújo; CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza; LIRA, Daniel Rodrigues de. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. Revista do Instituto Geológico, v. 31, p. 35-52, 2010.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo: Asunción: folha SG.21 - Curitiba: folha SG.22. Brasília: CPRM, 2004. Escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil.

\_\_\_\_\_. GEOBANK – Projeto GIS Brasil. Disponível em: <<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>>. Acesso em: 12 Jun. 2012.

\_\_\_\_\_. Mapa geológico do Estado de Santa Catarina. Escala 1:500.000. Florianópolis, 2014.

\_\_\_\_\_. SIAGAS – Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 17 Maio 2013.

DESCOVI FILHO, Leônidas Luiz Volcato; Nanni, Arthur Schmidt; Scheibe, Luiz Fernando. Definition of hydrogeological tectonic blocks into Guarani/Serra Geral Integrated Aquifer System using QGIS. Geomatics Workbooks. v. 12, p. 455-458. 2015.

DESCOVI FILHO, Leônidas Luiz Volcato. Geomorfoestruturas e compartimentação tectônica do sistema aquífero integrado Guarani/Serra Geral no estado de Santa Catarina, Brasil. 2015. 224 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2015. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/teses/PGCN0595-T.pdf>>

FERNANDES, Amélia João; NEGRI, Francisco de Assis; AZEVEDO SOBRINHO, José Maria; VARNIER, Claudia. Análise de fraturas dos basaltos do Aquífero Serra Geral e o potencial de recarga regional do Sistema Aquífero Guarani. Boletín Geológico y Minero, v. 123, p. 325-339, 2012.

FRAGA, Carlos G. Origem de fluoreto em águas subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Botucatu e Serra Geral da Bacia do Paraná. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia). - Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Universidade de São Paulo, 1992. 178p.

FRASCA, Antonio Augusto Soares; LISBOA, Nelson Amoretti. Contribuição do sensoriamento remoto na compartimentação morfotectônica e morfoestrutural da Bacia do Paraná "Grupo São Bento", RS: e suas relações com as estruturas regionais do embasamento. In: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Anais ... Curitiba, PR, 10 a 14 de Maio de 1993. p. 211-220.

FREITAS, Marcos Alexandre de; ECKERT, Roque M.; CAYE, Bráulio Robério. Captações de água subterrânea no Oeste do Estado de Santa Catarina. PROESC, CPRM, 2001.

FREITAS, Marcos Alexandre; CAYE, Bráulio Robério; MACHADO, José Luiz Flores. Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina - Projeto Oeste de Santa Catarina. PROESC, CPRM, 2003.

FREITAS, Marcos Alexandre de; ROISENBERG, Ari; CUNHA, Gustavo Garcia da. Caracterização hidrogeoquímica preliminar das fontes termais da região do Alto Rio Uruguai-RS e SC. In: XIII Congresso Brasileiro de Geoquímica. Anais ... Gramado, RS, 9 a 14 de Outubro de 2011. p. 1057-1060.

JACQUES, Patricia Duringer; MACHADO, Rômulo; NUMMER, Alexis Rosa. Lineamentos estruturais na borda leste da Bacia do Paraná em Santa Catarina: análise multiescala com base em imagens LANDSAT e SRTM. Pesquisas em Geociências, v. 37, p. 117-131, 2010.

JACQUES, Patricia Duringer; MACHADO, Rômulo; OLIVEIRA, Roberto Gusmão de Francisco José Fonseca Ferreira, Luís Gustavo de Castro, Alexis Rosa Nummer. Correlation of lineaments (magnetic and topographic) and Phanerozoic brittle structures with Precambrian shear zones from the basement of the Paraná Basin, Santa Catarina State, Brazil. Brazilian Journal of Geology, v. 44, p. 39-54, 2014.

LISBOA, Nelson Amoretti. Fácies, estratificações hidrogeoquímicas e seus controladores geológicos, em unidades hidrogeológicas do Sistema Aquífero Serra Geral, na Bacia do Paraná, Rio Grande do Sul. Tese (doutorado em geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1996.

MACHADO, José Luiz Flores. Compartimentação espacial e arcabouço hidroestratigráfico do Sistema Aquífero Guarani no Rio Grande do Sul. Tese (doutorado em geologia). Programa de pós-graduação em geologia - área de concentração em geologia sedimentar, Universidade do vale do rio dos Sinos, São Leopoldo, 2005.

MARQUES, Jorge Soares. Ciência geomorfológica. In: GUERRA, Antonio Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (Orgs.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Bertrand Brasil. 2013. p. 23-50.

MILANI, Edson José. Comentários sobre a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In ALMEIDA, Fernando Flávio Marques de. Geologia do Continente Sul-Americano - evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. 2004. p. 265-279.

MILANI, Edson José; MELO, José Henrique Gonçalves de; SOUZA, Paulo Alves de; FERNANDES, Luiz Alberto; FRANÇA, Almério Barros. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, v. 15, p. 265-287, 2007.

MILANI, Edson José; RAMOS, Victor Alberto. Orogenias paleozóicas no domínio sul-ocidental do Gondwana e os ciclos de subsidência da Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 28, p. 473-484, 1998.

NANNI, Arthur Smith. O Flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico. Tese (doutorado em Geociências). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. 127p.

NANNI, Arthur Smith; ROISENBERG, Ari; FACHEL, Jandyra M.G.; MESQUITA, Gilberto; DANIELI, Cristiano . Fluoride characterization by principal component analysis in the hydrochemical facies of Serra Geral Aquifer System in Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Rio de Janeiro, v. 80, no 4, p. 693-701, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/37645>>. Acesso em: 24 ago. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0001-37652008000400010>.

NASCIMENTO, Edenilson Roberto do; SALAMUNI, Eduardo; QUEIROZ, Gustavo Lopes; SILVA, Pedro Augusto Hauck da; FIORI, Alberto Pio. Evidências de determinação morfotectônica e Neotectônica no relevo da serra do mar no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 14, p. 287-299, 2013.

ORLANDI FILHO, Victor. Coluna White - Excursão virtual pela Serra do Rio do Rastro, SC: seção padrão das unidades do Gondwana no sul do Brasil. Porto Alegre: CPRM. 2002. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/coluna/index.html>>. Acesso em: 11 nov. 2013.

PORTELA FILHO, Carlos Vieira; FERREIRA, Francisco José Fonseca; ROSA FILHO, Ernani Francisco da; ROSTIROLLA, Sidnei Pires. Compartimentação magnética-estrutural do sistema aquífero Serra Geral e sua conectividade com o Sistema Aquífero Guarani na região central do Arco de Ponta Grossa (Bacia do Paraná). *Revista Brasileira de Geociências*. v. 35, n. 3, p. 369-381, 2005.

QGIS Development Team. *Geographic Information System. User Guide*. 2015.

QGIS Development Team. *QGIS Geographic Information System*. 2015.

QUINTAS, Márcia Cristina Lopes. Um estudo de compensação isostática para a bacia do Paraná. In: *Boletim de Ciências Geodésicas, sec. Artigos*, Curitiba, v. 8, n. 2, p.93-108, 2002.

ROSA FILHO, Ernani Francisco da; HINDI, Eduardo Chemas; ROSTIROLLA, Sidnei Pires; FERREIRA, Francisco José Fonseca; BITTENCOURT, André Virmond Lima. Sistema Aquífero Guarani – Considerações preliminares sobre a influência do Arco de Ponta Grossa no fluxo das águas subterrâneas. *Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 91-112, Maio 2003.

SCHEIBE, Luiz Fernando. A Geologia de Santa Catarina: Sinopse provisória. *Geosul*, v. 1, no 1, p. 7-38, 1986.

SCHEIBE, Luiz Fernando; FURTADO, Sandra Maria Arruda. Proposta de alinhamentos estruturais para um esboço geotectônico de Santa Catarina. *Geosul*, v. 8, p. 78-91, 1989.

SCHEIBE, Luiz Fernando. Aquífero Guarani: oportunidades e desafios do grande manancial do Cone Sul. Grupo de Trabalho 4, In: 58a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Anais... Florianópolis, SC, Julho 2006.

SCHEIBE, Luiz Fernando; HIRATA, Ricardo César Aoki. Contexto tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão. *Águas Subterrâneas*, São Paulo, v. Suplemento - XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23794/15859>>. Acesso em: 10 Abril 2011.

SOARES NETO, Gervásio Barbosa. Método de classificação semiautomático das unidades básicas de relevo em regiões tropicais. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas). - Universidade de Brasília. Brasília, 2015. 103p.

SOARES, Ana Paula; SOARES, Paulo César; BETTÚ, Daniel Fabian; HOLZ, Michael. Compartimentação estrutural da Bacia do Paraná: a questão dos lineamentos e sua influência na distribuição do Sistema Aquífero Guarani. In: *Geociências UNESP*, v. 26, p. 297-311, 2007.

WHITE, Israel Charles. Relatório final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil. 1908. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/coluna/index.html>>. Acesso em: 04 Dez. 2014

WOLKMER, Maria de Fátima Schumacher [coord.]. Projeto REDE GUARANI/SERRA GERAL, apresentado pela FUNJAB (Fundação José Arthur Boiteux/UFSC) à FAPESC (Fundação de Apoio à

Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina) em dezembro de 2006, inédito (46 p.).

ZALÁN, Pedro Victor; WOLFF, Sven; CONCEIÇÃO, João Claudio de Jesus; MARQUES, Airton; ASTOLFI, Marco Antonio; VIEIRA, Inês Santos; APPI, Valéria Tiriba; ZANOTTO, Osmar Antônio. Bacia do Paraná. In: De RAJA GABAGLIA, Guilherme P. e MILANI, Edson José (Coords.). Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. PETROBRÁS. 1990. p. 135-169.

ZANATA, Lauro César; COITINHO, João Batista Lins. A utilização de poços profundos no Aquífero Guarani para abastecimento público em Santa Catarina. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Florianópolis, dez/2002. Anais... Florianópolis: ABAS. Disponível em: <<http://www.aquiferoguarani.ufsc.br/artigos/zanatta.pdf>> acesso em 19/01/14.