



Formação dos aquíferos Serra Geral e Guarani: uma volta ao passado

Janete Facco

Pós-Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina e Pesquisadora do projeto Rede Guarani/Serra Geral

janetefacco1@gmail.com

Fábio Carasek

Mestre em Ciências Ambientais e supervisor do Departamento Técnico do Grupo Leão Poços – Chapecó-SC

fabio_carasek@hotmail.com

Manuela Gazzoni dos Passos

Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina- PR e docente na Universidade do Oeste de Santa Catarina – Chapecó-SC

biologamanu@gmail.com

Sival Francisco de Oliveira Junior

Acadêmico de Engenharia Sanitária e ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, Chapecó-SC

sivaljunior100@yahoo.com.br

Jéferson Drozczak

Acadêmico de Geologia na Universidade Federal de Santa Catarina

jefdrozczak@gmail.com

Resumo



A utilização das águas subterrâneas é realizada há milhares de anos, porém, atualmente essa demanda aumentou consideravelmente, principalmente em regiões onde a qualidade da água superficial está comprometida mas continua sendo essencial para o desenvolvimento de atividades econômicas e para o abastecimento público, como nas regiões da Serra e Oeste Catarinense. A ocupação do Oeste Catarinense ocorreu de maneira não sustentável desde meados de 1912, com a chegada das empresas colonizadoras, trazendo inúmeras consequências e problemas vividos na atualidade. Diante disso, o objetivo do presente trabalho é apresentar a formação dos aquíferos Serra Geral e Guarani, na Bacia Geológica do Paraná, visando disseminar esse conhecimento para a população com o propósito de que os mesmos possam assim criar uma cultura de preservação e uso sustentável das águas subterrâneas. Em termos metodológicos, realizou-se uma compilação da bibliografia, sendo necessário fazer um resgate histórico e teórico sobre os processos que deram origem às formações aquíferas na região Oeste de Santa Catarina, tendo como base um capítulo da tese de doutorado de uma das autoras.

Palavras-chave: Sistema Aquífero Guarani. Serra Geral. Águas subterrâneas.

Abstract

Groundwater has been used for thousands of years, but nowadays this demand has increased considerably, especially in regions where surface water quality is compromised but still essential for the development of economic activities and for public supply, as in the regions of Serra and West Catarinense. The occupation of the West of Catarinense occurred in an unsustainable way since the middle of 1912, with the arrival of the colonizing companies, bringing numerous consequences and problems lived in the present time. Therefore, the objective of the present work is to present the formation of the Serra Geral and Guarani aquifers in the Geological Basin of Paraná, aiming to disseminate this knowledge to the population so that they can create a culture of preservation and sustainable use of groundwater. In methodological terms, a compilation of the bibliography was carried out, and it is necessary to make a historical and theoretical rescue on the processes that gave rise to aquifer formations in the western region of Santa Catarina, based on a chapter of the doctoral thesis of one of the authors.

Keywords: Guarani Aquifer System. Serra Geral. Groundwater.

Introdução

A utilização das águas subterrâneas é realizada há milhares de anos, atualmente, o seu uso é crescente para suprimento de necessidades (HELLER; PÁDUA, 2006), principalmente em regiões onde a qualidade da água superficial já foi comprometida. Desta forma, a busca por alternativas torna-se uma necessidade, e o caminho mais rápido e econômico é a exploração dos aquíferos subterrâneos. Os aquíferos fornecem recursos hídricos para cerca de um quarto da população



mundial, sendo utilizados no abastecimento público, em atividades agrícolas e industriais (MILLER, 2007). Em Santa Catarina (Serra, Meio-Oeste, Oeste e Extremo Oeste), existem dois grandes aquíferos que se destacam: Serra Geral e Guarani. Estes podem ser caracterizados como rochas que armazenam água. A ocupação do Oeste Catarinense ocorreu de maneira não sustentável desde meados de 1912, com a chegada das empresas colonizadoras, fomentadas pelo próprio Estado, com intuito de “povoar” o local.

Isso trouxe inúmeras consequências, problemas vividos na atualidade, que se aceleram por não existir políticas públicas ambientais eficientes para reestabelecer o equilíbrio novamente do espaço natural. As consequências deste desequilíbrio são: desflorestamento de espécies nativas, processos erosivos no solo, assoreamento dos cursos d’água, mais tarde o acúmulo de dejetos de animais (suínos, bovinos e aves – produção em grande escala), uso excessivo de agrotóxicos, deposição inadequada de resíduos, efluentes industriais e falta de saneamento urbano e rural são os principais fatores que preocupam e afetaram a disponibilidade e a qualidade das águas superficiais no Oeste Catarinense.

Para que o modelo econômico implantado na região (agroindustrial, produção de matérias-primas – aves, suínos e bovinos) apresente um crescente aumento da produção, a disponibilidade de água será um fator determinante. Neste cenário, apesar de termos os maiores índices pluviométricos anual do Estado, essas chuvas são má distribuídas durante o ano, o que agrava todo contexto com as estiagens na região. Outro agravante refere-se à qualidade das águas superficiais, pois, devido a ação antrópica o desequilíbrio do ambiente natural altera diretamente tais recursos provenientes de rios, córregos e fontes, tornando-se um ciclo vicioso de buscas por novos recursos hídricos de boa qualidade e economicamente viável.

Isso tudo levou a busca incessante pelas águas subterrâneas, principalmente no Oeste, desde a década de 1960. Porém, pouco se conhece sobre como se deu a formação desses aquíferos, suas características e diferenças. Quando se fala em usar com sustentabilidade ou em preservação, torna-se necessário conhecer, percebendo sua importância para então se conscientizar pelo seu zelo.

Diante disso o objetivo do presente trabalho é apresentar a formação dos aquíferos Serra



Geral e Guarani, na Bacia Geológica do Paraná, visando disseminar esse conhecimento para a população com o propósito de que os mesmos possam assim criar uma cultura de preservação e uso sustentável das águas subterrâneas.

Em termos metodológicos, realizou-se uma compilação da bibliografia, sendo necessário fazer um resgate histórico e teórico sobre os processos que deram origem às formações aquíferas na região Oeste de Santa Catarina, tendo como base um capítulo da tese de doutorado de uma das autoras.

1.1 – A origem do Sistema Aquífero Guarani/Serra Geral

Segundo a teoria da Deriva Continental, a cerca de 135 milhões de anos atrás, o deserto de areia comumente chamado de Botucatu, com suas dunas, foi coberto por colossais derrames de lavas incandescentes. Durante esse processo, através de violentos movimentos sísmicos, a crosta terrestre rompeu-se, lançando, pelas fendas abertas, das profundezas do Planeta lava em direção à superfície continental que durou aproximadamente 20 milhões de anos. Neste período, o processo de separação do Gondwana desencadeou eventos com uma série de fissuras e durante o Cretáceo Inferior foram acompanhadas por um expressivo evento vulcânico, o qual recobriu com lavas a porção centro-sul da América do Sul.

Supercontinente que existiu durante as Eras Mesozoica e Paleozoica, ambas formadas a mais de 300 milhões de anos. Começou a quebrar em torno de 200 milhões de anos. O nome “Pangeia” é derivado do grego “pan” que significa “inteiro”, e Gaia, significado de “terra”. Nome cunhado durante simpósio de 1927, quando foi discutida a Teoria da Deriva Continental de Alfred Wegener, (PLANTIER, 2013).

Evidência fóssil para Pangeia inclui a presença de espécies similares e idênticas em continentes que na atualidade estão distantes. Certos achados foram encontrados na África do Sul, Índia e Austrália, cuja distribuição teria variado entre o círculo polar do equador e os continentes que estão na posição atual. Pesquisas com fósseis comprovaram ainda similaridades entre os resquícios



encontrados nos continentes, assim, fósseis de um dado animal foram encontrados em mais continentes, o que não seria possível cruzando-se oceanos, (POLON, 2017).

Evidência adicional para Pangeia é encontrada na geologia dos continentes adjacentes, incluindo tendências geológicas entre a costa leste da América do Sul e a costa ocidental da África, (PLANTIER, 2013).

Antes de existirem os continentes da forma como são conhecidos atualmente, todas as terras do globo estavam unidas formando um grande supercontinente. Durante os períodos Triássico, Jurássico e início do Cretáceo, a atual região da Bacia do Paraná estava sob influência de um clima desértico, devido a fatores como sua disposição no continente e o baixo nível do mar, associados às correntes marinhas e atmosféricas. Tais condições foram favoráveis para o desenvolvimento dos desertos Botucatu e Piramboia (POLON, 2017).

A implantação do deserto Botucatu iniciou-se por uma vasta superfície de deflação eólica marcada pela aridez desértica no interior da Bacia do Paraná (CPRM, 2018). Seus depósitos constituem um registro de deposição eólica em condições secas, apresentando um nível freático constantemente baixo (NETO *et al*, 2004) com alguns depósitos de interduna. O paleodeserto Botucatu teria a sua paisagem semelhante com a do deserto do Saara, onde existem extensos campos de dunas (CONICELLI, 2008).

Posteriormente, há cerca de 130 milhões de anos, no período Jurássico, os campos de dunas do deserto foram cobertos por extensos derrames de lavas, resultado da ruptura do Continente Gondwana e início da evolução do Oceano Atlântico Sul. Esse evento representou o mais volumoso episódio de vulcanismo intracontinental do planeta, cobrindo cerca de 75% de toda a Bacia Sedimentar do Paraná (ANA, 2014). Esse evento também resultou em uma rede de diques cortando toda a seção sedimentar e múltiplos níveis de soleiras intrudidas segundo os planos de estratificação das rochas paleozoicas. Praticamente nenhuma região da bacia foi poupada pela invasão magmática (MILANI, 2007).

O contato entre as areias do deserto Botucatu e os derrames de lavas do Serra Geral, em função da natureza distinta dessas rochas, configura uma não conformidade de ambientes geológicos.

Entretanto, ainda assim existe uma relação transicional entre estes, dada a alternância entre os ambientes, mantida durante um certo intervalo de tempo, entre o campo de dunas eólicas e os derrames de lavas. Esta transição estende-se até o total soterramento das areias pelas lavas, impedindo a manutenção e desenvolvimento do regime desértico após os primeiros eventos eruptivos (CPRM, 2018).

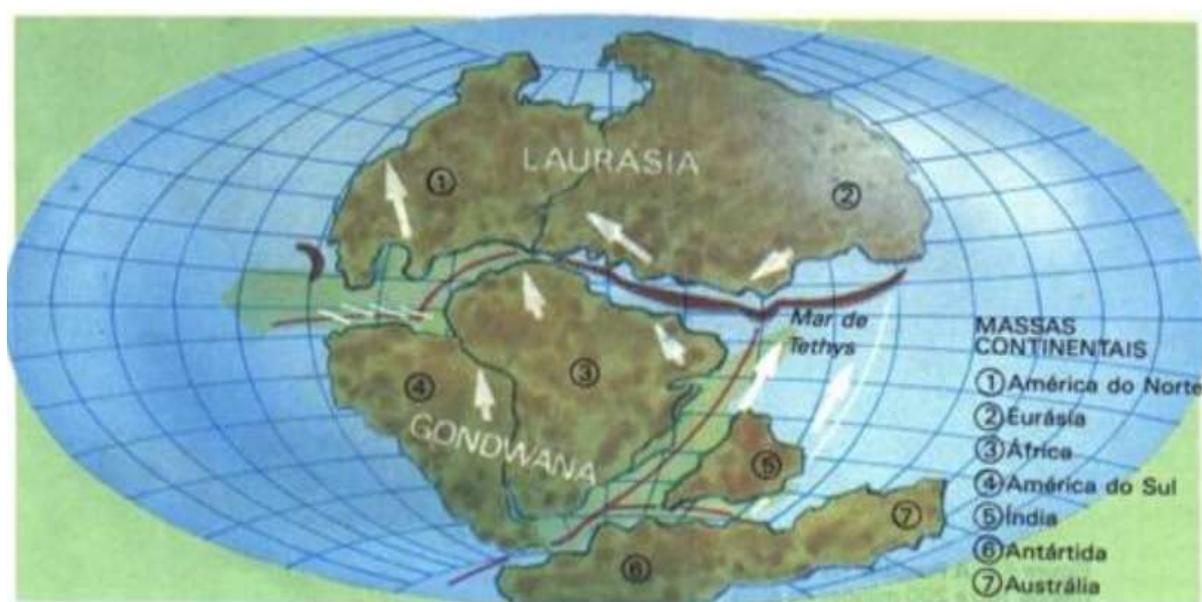


Figura 1: Início da divisão da Pangeia, gerando dois novos continentes: Laurásia e Gondwana.

Fonte: Reprodução/Google Imagens

1.2 – SAG – Sistema Aquífero Guarani

Um deserto pré-histórico deu origem à região do Aquífero Guarani. Na era Mesozoica, entre 201 e 145 milhões de anos atrás no período Jurássico, a América do Sul e a África encontravam-se unidas na área central do antigo continente Gondwana. As correntes de ar saturadas de umidade do antigo oceano Pantalassa não alcançavam a área central do Megacontinente Gondwana. Desta



forma, iniciou-se o processo de formação de um imenso deserto, o deserto Botucatu (BATEZELLI, 2016). O processo que se desenvolveu é semelhante ao que se vê hoje na Ásia Central, cujo clima desértico se deve à sua grande distância dos oceanos.

Os depósitos arenosos trazidos pelos ventos formaram extenso campo de dunas recoberto por um episódio de vulcanismo intra-continental do Planeta. A lava solidificada originou a Serra Geral, uma capa protetora do Aquífero Guarani, (SALSA, 2009). Muito tempo depois, com a mudança do clima devido a separação do megacontinente Gondwana a umidade do então oceano Atlântico Sul começou a mudar drasticamente a paisagem, o até então deserto vermelho deu lugar a grandes florestas subtropicais e tropicais.

O Sistema Aquífero Guarani localiza-se no centro-leste da América do Sul, e está inserido em quatro países: Argentina, Brasil, Paraguai e Uruguai, compreendendo uma área total de 1.087.879,15 km² (ARGENTINA-BRASIL-PARAGUAI-URUGUAI, 2009 p. 20, 25) (Figura 2). A denominação Sistema Aquífero Guarani surge como uma proposta para unificar a terminologia das Formações Piramboia e Rosário do Sul, no Brasil e Buena Vista, no Uruguai, ambas do Triássico, além das Formações Botucatu, no Brasil, Misiones, no Paraguai, e Tacuarembó no Uruguai e na Argentina, com idades Jurássicas (ROCHA, 1997). Essas formações situam-se dentro das bacias geológicas do Paraná e do Chaco Paranaense (CONICELLI, 2008).



Figura 2: Área de ocorrência do Sistema Aquífero Guarani, distribuído ao longo de oito estados brasileiros, parte da Argentina, Paraguai e Uruguai.

Fonte: <http://www.adesg.net.br/noticias/gef-aquifero-guarani>, 2018.

No Brasil, em termos de Bacia do Paraná, o conjunto Botucatu/Piramboia compõe o Sistema Aquífero Guarani (Figura 3). No entanto, sabe-se que no Rio Grande do Sul o SAG compreende outras unidades geológicas. Martinez; Silva (2004) reconheceram o Grupo Rosário do Sul (atual Formação Sanga do Cabral) e a Formação Santa Maria, consideradas cronocorrelatas à Formação Pirambóia de São Paulo e Paraná, além da Formação Botucatu como pertencentes ao SAG (MASSOLINI, 2007).

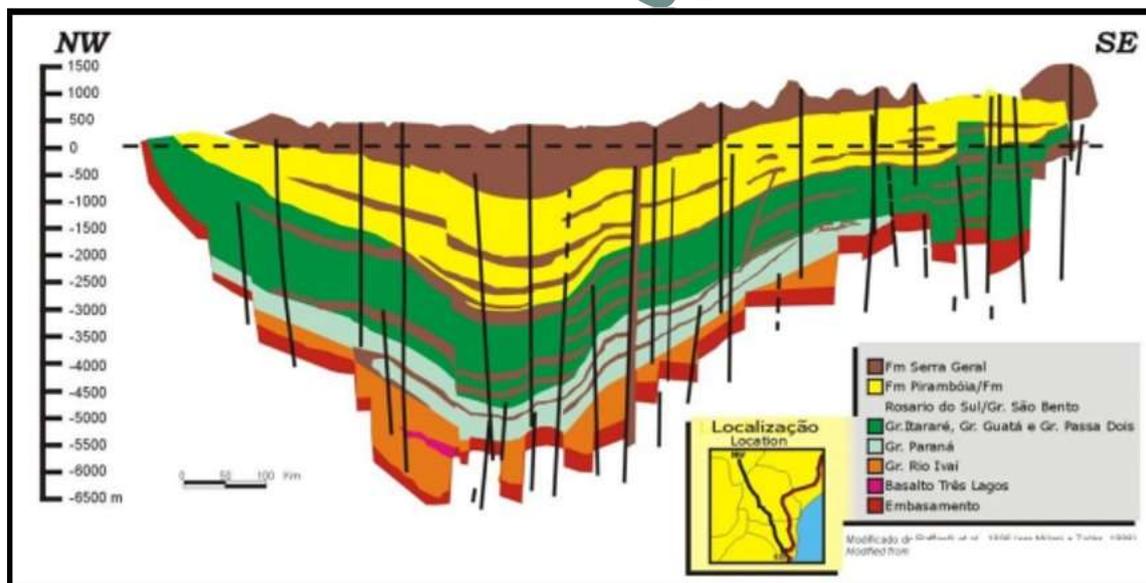


Figura 3: Seção geológica esquemática da Bacia do Paraná. Nela observa-se a relação estratigráfica entre as unidades, evidenciando as intrusões da Formação Serra Geral nas unidades subjacentes, e também, a distribuição das fraturas responsáveis pela mistura das águas do SAG com o SASG.

Fonte: Milani e Zalán (1998).

A Formação Piramboia é resultado de depósitos fluviais e eólicos que compõem uma cunha adelgçando para sudoeste no sentido da porção paranaense da Bacia Sedimentar do Paraná (MILANI *et al.*, 2007). Para Garcia *et al.* (2011) esta é constituída por arenito avermelhado e esbranquiçado, fino a médio, localmente conglomerático, apresentando estratificações cruzadas de médio a grande porte, tendo sido depositada sob condições continentais em ambiente flúvio-eólico associado, localmente, a lagos rasos (ANA, 2014). Para Neto *et al.* (2004) essa formação teve origem em um paleoambiente desértico, existindo a presença de depósitos de interduna sendo um ambiente eólico úmido, com níveis freáticos constantemente altos, não sendo limitados às áreas desérticas.

A Formação Botucatu surge no Jurássico representando um enorme campo de dunas sobre o Gondwana. Segundo Milani *et al* (2007), essa formação constitui-se quase totalmente, ao longo de sua ampla área de ocorrência, por arenitos médios a finos de elevada esfericidade e aspecto fosco,

róseos, que exibem estratificação cruzada tangencial (Figura 4), de médio a grande porte, numa assinatura faciológica muito característica que possibilita um pronto reconhecimento do “deserto Botucatu” em todos os pontos em que aflora. Junto à base, localmente ocorrem ventifactos (ALMEIDA; MELO, 1981) derivados de um persistente retrabalhamento eólico sobre depósitos fluviais subjacentes ao campo de dunas.

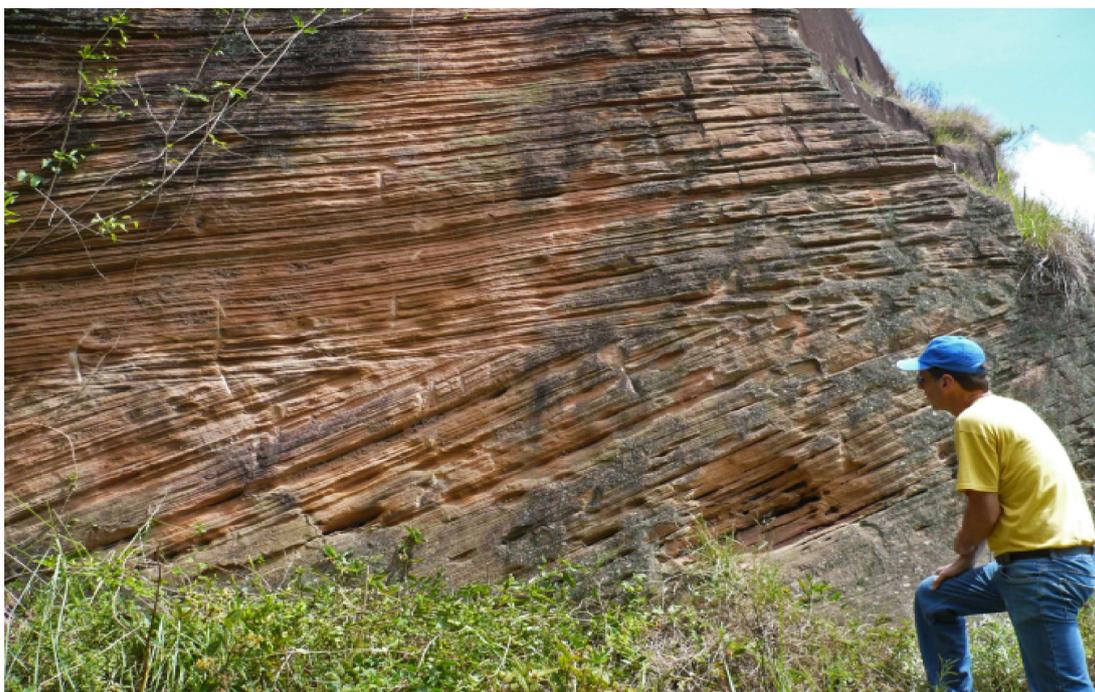


Figura 4: Afloramento de arenito pertencente à Formação Botucatu, com estratificação cruzada bem evidente, encontrado às margens da BR-386, em Tabai RS.

Fonte: <http://www.ufrgs.br/museum/Geotopos003.html>

O Sistema Aquífero Guarani apresenta características importantes, que o tornam um bom reservatório. Estas características abrangem a forma dos grãos que o constituem (majoritariamente quartzosos), a escassa presença de argilominerais como recobrimento dos grãos, além de uma excelente porosidade, na ordem de 20 a 30%, que resulta normalmente em elevadas condutividades hidráulicas (SCHEIBE; HIRATA, 2011 *apud* ARGENTINA-BRASIL-PARAGUAI-URUGUAI,



2009, p.59).

O SAG refere-se a um pacote de rochas arenosas sotopostas (depositadas na bacia geológica do Paraná entre 245 e 144 milhões de atrás) quase que em toda a sua extensão por rochas basálticas da Formação Serra Geral. Esse pacote de rochas arenosas se encontra saturado com água, e tem uma espessura que varia entre 200 a 800 m, estando situadas em profundidades que podem atingir até 1800 metros, (CONICELLI, 2008).

Conforme Rocha (1998), o Aquífero Guarani é constituído por água doce sendo considerado um dos maiores reservatórios de água subterrânea do planeta. No Brasil, ocorre sobre uma área aproximadamente de 830.000km², distribuídos entre os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ARAÚJO *et al.*, 1995). O termo Guarani foi sugerido pelo geólogo uruguaio Danilo Antón em homenagem aos índios guaranis que habitavam esta área de ocorrência, na época do descobrimento, (CONICELLI, 2008).

O Sistema Aquífero Guarani está relativamente mais protegido contra os agentes de poluição que comumente afetam os mananciais de água na superfície. Isso ocorre porque existem processos como os mecanismos naturais de filtração e autodepuração biogeoquímica que ocorrem no subsolo, que fazem a água ter excelente qualidade. A qualidade da água e a possibilidade de captação nos próprios locais onde ocorrem as demandas fazem com que o aproveitamento das águas do aquífero Guarani assumam características econômicas, sociais e políticas destacadas para abastecimento da população, (CONICELLI, 2008).

1.2 – SASG – Sistema Aquífero Serra Geral

O aquífero fraturado (Serra Geral – SASG), demonstrado na figura 5, formou-se a partir do segundo maior derramamento magmático da história do Planeta, onde ocorreu de forma sequencial no período Cretáceo, (sequenciamento basáltico). Este evento originou a Formação Serra Geral com gênese magmática sendo basicamente rochas basálticas que recobrem cerca de 1.200.000 km² nos

estados do sul, centro e centro oeste do Brasil e também no nordeste argentino, leste paraguaio e grande parte do Uruguai.

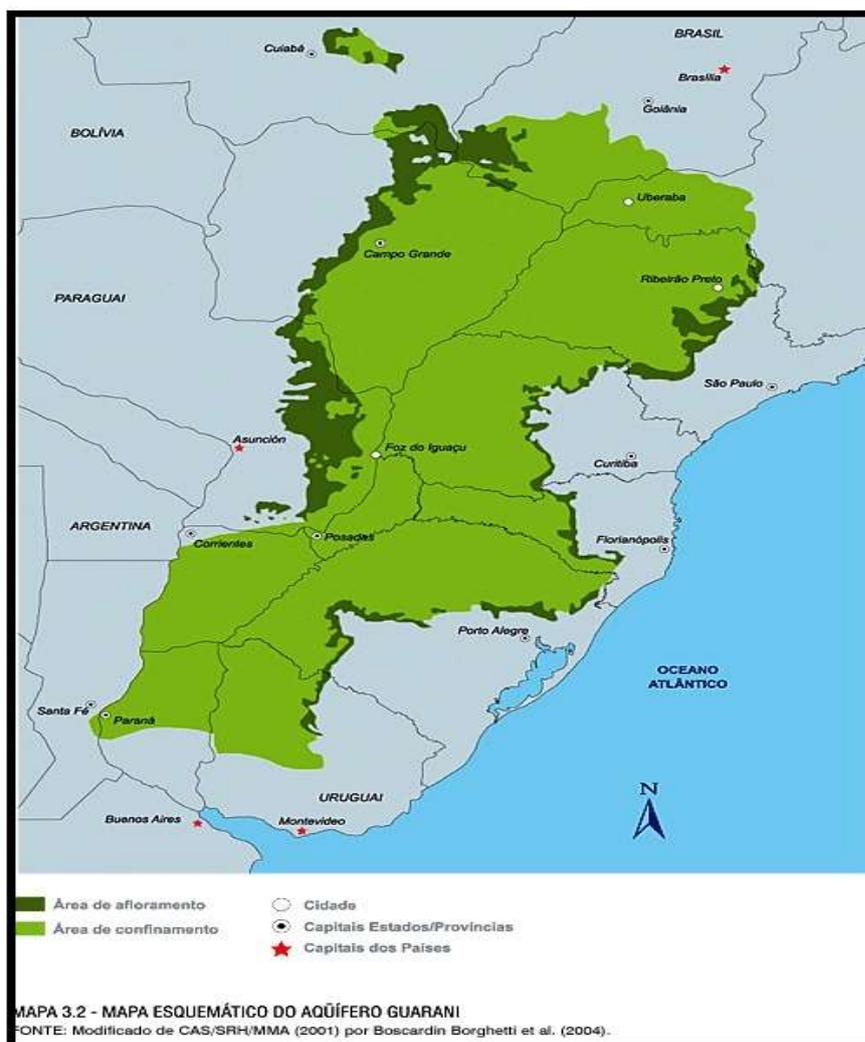


Figura 5: Distribuição do SAG.

Fonte: <https://ecourbana.files.wordpress.com/2008/07/aquiferoguarani1td8.gif>



Período do Cretáceo Inferior: A segunda fase importante na ruptura da Pangeia começou no Cretáceo Inferior (150-140 Ma – Milhões de anos), quando o supercontinente de Gondwana foi separado em vários continentes (África, América do Sul, Índia, Antártida e Austrália).

Cerca de 200 Ma, o continente da Ciméria colidiu com a Eurásia. No entanto, certa zona subducção formou o cume responsável por expandir o oceano. Ao início do Cretáceo o Atlântico se formou na América do Sul e África, separado de Gondwana a Leste (Antártida, Índia e Austrália), provocando a abertura sulista do Oceano Índico.

O processo de separação e surgimento de fraturas profundas na crosta terrestre entre as placas do megacontinente Gondwana deram origem a América do Sul e o continente Africano dando os primeiros passos para abertura do novo oceano conhecido atualmente como Atlântico Sul, o surgimento deste oceano ocorreu de forma lenta e desuniforme. Através das fraturas iniciou-se o processo de extravasamento magmático do interior do planeta em grandes quantidades, este processo perdurou por um longo período e de forma contínua de 137,4 a 128,7 milhões de anos atrás. Este processo de dimensões descomunais de extravasamento magmático deu origem a Província Vulcânica Paraná-Etendeka (BATEZELLI, 2016).

No Cretáceo Médio, o Gondwana se fragmentou abrindo para o Oceano Atlântico Sul. América do Sul começou a se mover para o oeste fora da África. O Atlântico Sul não se desenvolveu de maneira uniforme, mas de modo passivo, do sul para norte.

O intenso e contínuo período do vulcanismo fissural deu origem a paisagens planas, totalmente constituídas de basalto. O que hoje conhecemos como Serra Geral é o produto desse grande derramamento basáltico.

As rochas basálticas podem atingir até 1.500 metros de espessura próximo a zona de efusão magmática. Não sendo um processo de vulcanismo explosivo, mas de inundação, chamadas de basalto e diabásio (Figura 6).

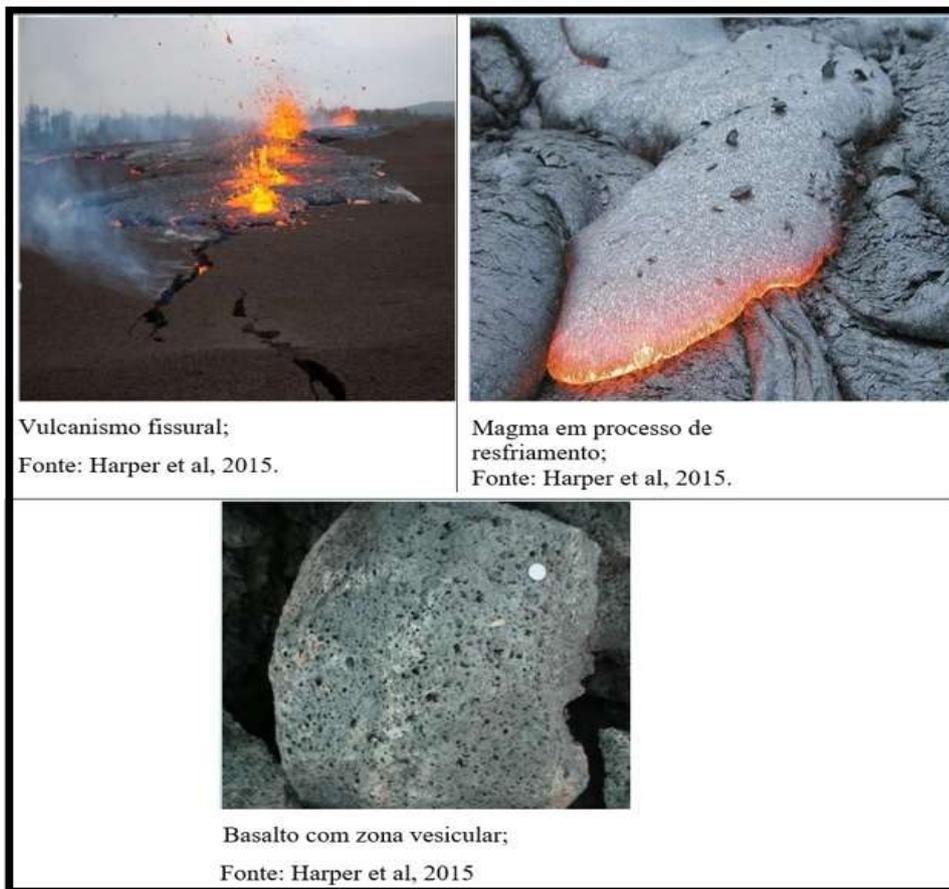


Figura 6: Basalto em formação

Fonte: Harper *et al*, 2015.

Em sequência a todo o evento de vulcanismo a paisagem tornou-se um enorme manto de rocha basáltica com longínquas planícies, a partir dos processos de intemperismo químico e físico (processo de precipitações, processos eólicos e climáticos) deu-se origem ao solo rico em magnésio, ferro, silicatos e outros micro e macro nutrientes necessários para o desenvolvimento de vegetação onde a iniciou-se a evolução florística característica de florestas subtropicais que atualmente recobrem grande parte da formação Serra Geral alimentadas com a umidade do oceano Atlântico (GHIDIN, 2006) (MELFI, 1977) (BATEZELLI, 2016)..

O desenvolvimento de florestas além de abrigar rica diversidade faunística colaborou

diretamente para a formação e abastecimento do Aquífero Serra Geral, através da retenção de água no solo e processos químico-físicos naturais de filtração da água de origem meteórica (CARASEK, 2016).

Quadro 1: Exemplo de uma composição química de basalto expressa em percentagem de massa de óxidos

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
49,97	1,87	15,99	3,85	7,24	0,20	6,84	9,62	2,96	1,12	0,35

Fonte: Le Maitre, R. W. (1976) The chemical variability of some common igneous rocks. *J. Petrol.*, 17: 589–637.

A formação Serra Geral está representada especialmente pelos seus componentes básicos (Quadro 1); que decorrem dos sucessivos derrames de lavas que originaram, no Jurocretácio, o capeamento basáltico da Bacia do Paraná. “Regionalmente é a seguinte sequência estratigráfica: sedimentos paleozóicos recobertos pelos sedimentos mesozóicos (Triássico) e arenitos da Formação Botucatu. Estes sedimentos são capeados pelas eruptivas da Serra Geral”, (SUERTEGARAY 1998, p. 24).

Atualmente, o principal recurso hídrico subterrâneo utilizado no Meio-Oeste, Oeste e Extremo Oeste de Santa Catarina provém do SASG, pois permite a captação de água a um custo baixo comparado com a captação de água do aquífero Guarani, devido as suas características litológicas e estruturais, pois, para poços no SASG a profundidade é menor para se atingir zonas com produtividade hídrica, tornando-se economicamente viável comparado a poços no SAG.

2 – Características físico-químicas das águas subterrâneas

A qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani, segundo NETO *et al* (2004), apresenta potabilidade bastante adequada, possuindo em sua extensão valores variáveis de salinidade. Sendo



classificadas como bicarbonatadas sódicas e cálcio-magnesianas na área de influência da recarga direta do aquífero e bicarbonatadas sódicas a cloro-sulfatadas sódicas nas áreas confinadas, essa diferença se dá pela diferença de idade entre as águas. Existem anomalias quanto à qualidade das águas do Sistema Aquífero Guarani nos estados do Paraná e São Paulo onde a água apresenta valores anômalos de fluoreto (CONICELLI, 2008).

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e as rochas sedimentares triássicas e jurássicas de baixa permeabilidade confinam os arenitos saturados de água do Sistema Aquífero Guarani, (CONICELLI, 2008). Esse confinamento determina a condição de artesianismo a aproximadamente 70% da área de ocorrência, delimitada pela superfície piezométrica virtual, que corresponde à altitude média entre 450 e 500m (NETO *et al*, 2004). Esses arenitos são do Jurássico, e de origem eólica, com uma porosidade média de 17% e uma condutividade hidráulica de cerca de 0,2 a 4,6 m/dia. Constituem os melhores reservatórios da bacia. Já os reservatórios do Triássico têm uma porosidade média de 16% e condutividade hidráulica que varia a 0,01 até 4,6 m/dia, isso se dá pelos altos níveis de argilosidade que comprometem a sua eficiência. (ARAÚJO *et al.*, 1995).

De acordo com dados hidroquímicos, há uma indicação da ocorrência de uma interconexão dos aquíferos arenosos das formações Pirambóia e Botucatu com os aquíferos sobrepostos, em especial os aquíferos fraturados da Formação Serra Geral (OEA 2001). Esses dados indicam que o Sistema Aquífero Guarani tem uma capacidade volumétrica expressiva, com taxas de recarga e tempo de renovação que possibilitam poços com vazões máximas de 1.000 a 2.000 m³/h e, segundo a OEA (2001) o gerenciamento desses recursos deve considerar sistemas de fluxo em diversas ordens hierárquicas, considerando a movimentação de água na escala do próprio sistema aquífero, como também em escalas intermediárias ou locais, (CONICELLI, 2008).

Considerações Finais

O resgate histórico sobre a formação dos aquíferos Guarani e Serra Geral são de suma importância para alinhar os conhecimentos da população sobre as águas subterrâneas. Sabe-se que a partir do conhecimento é possível preservar e assim gerir da melhor forma esses recursos hídricos.



Além disso, a grande utilização das águas subterrâneas, tanto para abastecimento público, como para atividades agrícolas e industriais no Oeste, Meio Oeste e Extremo Oeste de Santa Catarina reforça a necessidade do cuidado e preservação das mesmas para garantir ao longo do tempo a disponibilidade e qualidade desse recurso. Nesse sentido, destaca-se a importância de ampliar as pesquisas sobre os aquíferos e as águas subterrâneas, especialmente nas regiões acima mencionada.

Evidencia-se também, que em Santa Catarina, há milhões de anos já foi um deserto, depois coberta por lava vulcânica e que nada na natureza está estático, mas sim em constante transformação.

Referências

ALMEIDA, F. F. M.; MELO, M. S. A. **Bacia do Paraná e o vulcanismo mesozóico**. In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Mapa Geológico do Estado de São Paulo, São Paulo: IPT, 1981, v.1, p.46-81. Escala 1:500.000.

ANA. Agência Nacional de Águas. UGRH Paranapanema. Diagnóstico. Avaliação quantitativa e qualitativa das águas subterrâneas. Brasília/DF, 2014. Disponível <http://paranapanema.org/plano/admin/upload/documento/24.pdf>. Acesso 10-08-2018.

ARAÚJO, L.M., FRANÇA, A. B., POTTER, P. E. **Arcabouço hidrogeológico do aquífero gigante do MERCOSUL (Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai):** Formações Botucatu, Pirambóia, Rosário do Sul, Buena Vista, Misiones e Taquarembó in: 1º MERCOSUL DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Anais... Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Biblioteca de Ciência e Tecnologia e Petrobras, 1995.

ARGENTINA – BRASIL – PARAGUAI – URUGUAI. **Projeto para a Proteção Ambiental e Desenvolvimento Sustentável do Sistema Aquífero Guarani.** Caracterización Geológica del Sistema Acuífero Guarani. P&T Consultora S. R. L., Carpeta n. 1, 2007.

BATEZELLI, Alessandro; LADEIRA, Francisco S. B. **Stratigraphic framework and evolution of the Cretaceous continental sequences of the Bauru, Sanfranciscana and Parecis basins, Brazil.** In: Elsevier. Journal of South American Earth Sciences (2016) 1-24. Disponível www.elsevier.com/



locate/jsames. Acesso 10-08-2018.

CARASEK, Fábio Luiz. **Qualidade da água subterrânea do Sistema Aquífero Serra Geral na região Oeste do Estado de Santa Catarina, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Unochapecó, 2016.

CONICELLI, Bruno, P. **A gestão das águas subterrâneas Transfronteiriças: o caso do Sistema Aquífero Guarani.** XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Revista Águas Subterrâneas, São Paulo, Brasil. 2008. ISSN 2179-9784 (eletrônico) Disponível <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23283>. Acesso 10-08-2018.

CPRM. **Geologia da Borda Sudeste da Bacia do Paraná.** In: Excursão Virtual aos Aparados da Serra –RS. Aspectos geológicos e turísticos Cânions do Itaimbezinho e Fortaleza, 2018. Disponível: https://www.cprm.gov.br/publique/media/gestao_territorial/geoparques/Aparados/ap_geol_pag01.htm. Acesso 10-08-2018.

DUTRA, C.. **Avaliação hidroquímica dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral nos Municípios de Cambé, Ibiporã, Londrina e Tamarana.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina. Curso de Engenharia Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso. Londrina:2013. Disponível http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1407/1/LD_COEAM_2013_1_04.pdf. Acesso 10-08-2018.

GARCIA, M. de A.; RIBEIRO, Helio J. P. S.; SOUZA, Eliane S. de; TRIGUIS, Jorge A. **Correlação entre a Faciologia e a Geoquímica dos Tar Sands da Formação Piramboi, Triássico da Bacia do Paraná, Fazenda Betumita, no estado de São Paulo.** São Paulo, UNESP, Geociências, v. 30, n. 3, p. 357-369, 2011.

GHIDIN, A. A.; MELO, V. de F.; LIMA, V. C.; LIMA, J. M. J. C.. **Topossequências de latossolos originados de rochas basálticas no Paraná.** I – Mineralogia da fração argila. In: Revista Brasileira Ciências do solo: 30, 293 – 306, 2006.

MARTINEZ, Monica M.; SILVA, José L. S. de; LOPES, Guido N. **Avaliação da Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas no Município de Santa Cruz do Sul, RS/Brasil.** Agro@ambiente On-line, vol.2, no. 1, jan/jun, Boa Vista. 2008. ISSN 1982-8470.



MASSOLINI, M. **Caracterização Litofaciológica das Formações Piramboia e Botucatu, em subsuperfície, no município de Ribeirão Preto (SP), e sua Aplicação na Prospecção de Águas Subterrâneas.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas; p.188. Rio Claro, 2007. Disponível <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102923>

Acesso 10-08-2018.

MELFI, Adolpho; PEDRO, Georges. **Estudo geoquímico dos solos e formações superficiais do Brasil.** In: Revista Brasileira de geociências. Volume 7, 1977. pgs 271-285.

MILANI, Edson J.; MELO, José H. G. de; SOUZA, Pedro A. de; FERNANDES, Luiz A.; FRANÇA, Almério B. **Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobras,** Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, 2007.

MILANI, E.J.; ZALÁN, P.V. (1998) **Brazilian Geology Part I: The Geology of Paleozoic Cratonic Basins and Mesozoic Interior Rifts of Brazil.** In: 1998 AAPG International Conference & Exhibition, Rio de Janeiro, Brasil. Short Course Notes, p. 184.

NETO, V. M. (org.) *et alii.* **Geologia do continente sul-americano:** evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, São Paulo: Beca, 2004.

OEA (Organização dos Estados Americanos). **Termo de referência:** Projeto Proteção Ambiental e Gerenciamento Sustentável Integrado do Sistema Aquífero Guarani. Elaborado por André Virmond BITTENCOURT, L.; LOUREIRO, C.; HINDI, 2001.

PLANTIER, Renato Duarte. **O que é a Pangeia.** 2013. Disponível <http://meioambiente.culturamix.com/natureza/o-que-e-pangeia>. Acesso 10-08-2018.

POLON, Luana. **Pangeia:** o mega continente. Geografia. Terra Educação, 2017. Disponível <https://www.estudopratico.com.br/pangeia-o-mega-continente/>. Acesso 10-08-2018.

ROCHA, G.A. **O Grande Manancial do Cone Sul.** USP, Estudos Avançados. p. 191-212, 1997.

SALSA, C.. **Aquífero Guarani:** Um dos maiores aquíferos do mundo a ser preservado.



Ecodebate. 17/11/2009. Disponível <https://www.ecodebate.com.br/2009/11/17/aquifero-guarani-um-dos-maiores-aquiferos-do-mundo-a-ser-preservado-artigo-de-carol-salsa/>. Acesso 10-08-2018.

SCHEIBE, L. F.; HIRATA, R.. **O sistema aquífero Integrado Guarani/Serra Geral (SAIG/SG) em Santa Catarina e os recursos hídricos na bacia do rio do Peixe.** *In:* Bacia hidrográfica do rio do Peixe: natureza e sociedade. TREVISOL, J. V; SCHEIBE, L. F. (Orgs.). – Joaçaba: Unoesc, 2011.

SUERTEGARAY D. M. A. **Deserto Grande do Sul: controvérsia.** 2 ed. (1 ed. 1992) Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1998, 74p

ZALASIEWICZ, Jan. **Projeto Transição da terra – A grande hora da mudança – a nova era geológica do planeta: sustentabilidade 2ª parte.** 10-01-2016. Disponível

<https://portal2013br.wordpress.com/2016/01/10/projeto-transicao-da-terra-a-grande-hora-da-mudanca-parte-2/>. Acesso 10-08-2018.