

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DA RELAÇÃO ESTRATIGRÁFICA HIDROGEOLÓGICA DO AQUÍFERO PALEOZÓICO NA REGIÃO CENTRAL DO PARANÁ

Sandra Martins Ramos^{1}, Donizeti Antonio Giusti², Carlos Aurélio Nadal³, Ernani Francisco da
Rosa Filho⁴*

Resumo: O presente trabalho procura identificar a relação estratigráfica-hidrogeológica das formações sedimentares paleozóicas da bacia sedimentar do Paraná, região central do estado do Paraná com os objetivos de interpretar a sequência estratigráfica, a relação com as soleiras de diabásio e a influência nas camadas sedimentares quanto à possibilidade e disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos. Conforme levantamentos preliminares, o potencial hídrico das unidades aquíferas paleozóicas mostram resultados bastante limitados quanto ao aspecto hidrogeológico, comparando-se com demais aquíferos da bacia sedimentar do Paraná. Trata-se da unidade com menor quantidade de perfurações e com poços tubulares profundos apresentando as menores vazões, incluindo muitos com vazões nulas. O presente trabalho evidencia que na região de estudo, nas proximidades das soleiras e diques de rochas básicas a probabilidade de incremento da vazão é considerável. Assim, sugerimos novas pesquisas para detalhar as litologias, seus contatos e estruturas próximas às intrusões magmáticas, uma vez que, mesmo com vazões pouco expressivas, os recursos hídricos subterrâneos desta unidade aquífera possuem qualidade para abastecimento público e uso privado.

Palavras-Chave: Hidrogeologia, Aquífero, Hidrogeoquímica.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE RELATIONSHIP STRATIGRAPHIC-HYDROGEOLOGICAL PALEOZOIC AQUIFER CENTRAL REGION PARANÁ - BRAZIL

Abstract: This paper search to identify the relationship of the hydrogeologic-stratigraphic Paleozoic sedimentary formations of the Paraná sedimentary basin, central region of Paraná state aiming to interpret the stratigraphic sequence, the relationship with the diabase sills in the sedimentary layers and influence the possibility and availability of groundwater resources. As preliminary surveys, the water potential of the Paleozoic aquifer units results show very limited as to the hydrogeological aspect, compared with other aquifers of the Paraná sedimentary basin. This is the unit with fewer holes and deep wells presenting the lowest flow rates, including many with zero flow. Thus, we suggest further research to detail the lithology, contacts and structures close to

^{1*} Pós-Graduação em Geologia Ambiental. Universidade Federal do Paraná - UFPR . e-mail: sandramos_bio@yahoo.com.br

² Setor de Ciências da Terra . Universidade Federal do Paraná - UFPR . e-mail: donizeti@ufpr.br

³ Departamento de Geomática - Universidade Federal do Paraná UFPR. e-mail: cnadal@ufpr.br

⁴ Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas - LPH. Universidade Federal do Paraná - UFPR . e-mail: ernani@ufpr.br

* Autor Correspondente

magmatic intrusions, even with low flow, the groundwater resources of this unit have quality aquifer for public supply and private use.

Keywords: Hydrogeology, Aquifer, Hydrogeochemistry.

UNIDADES AQUÍFERAS DO ESTADO DO PARANÁ

A disponibilidade de água subterrânea no estado do Paraná está relacionada a várias formações geológicas que se comportam como Unidades Aquíferas, sendo as mais importantes: Pré-Cambriana; Karst; Paleozóica Inferior; Paleozóica Média-Superior; Paleozóica Superior; Guarani; Serra Geral Norte e Sul; Caiuá; Guabirotuba; e Costeira. Entre essas Unidades, aquela que apresenta menor desenvolvimento tanto em conhecimento básico como em exploração é a Unidade Aquífera Paleozóica, que se refere aos sedimentos paleozóicos, com ocorrência no Segundo Planalto do Paraná (Rosa Filho *et al.*, 2010).

A Unidade Aquífera Paleozóica Inferior cobre, no estado do Paraná, uma superfície de aproximadamente 7.000 km², numa faixa que compreende uma extensão desde Campo Largo-Porto Amazonas até o rio Itararé, compreendendo as formações Furnas e Ponta Grossa.

A Formação Furnas, com uma espessura da ordem de 300 m, é constituída de arenitos com granulação média a grossa e matríz caulínica; secundariamente, ocorrem arenitos conglomeráticos, arenitos finos e siltico-argilosos (Milani, 1997). Esses arenitos encontram-se tão consolidados que a ocorrência da água subterrânea está associada mais às estruturas tectônicas do que propriamente à sua porosidade primária. O índice de precipitação na região é de 1.300 mm/ano e a vazão média dos poços é da ordem de 11 m³h⁻¹.

A Formação Ponta Grossa não se constitui aquífero devido às características das rochas, predominantemente constituída por folhelhos que apresentam baixa condutividade hidráulica. Essas rochas ocorrem interdigitadas com os arenitos do aquífero Furnas e, quase sempre, funcionam como camadas confinantes do aquífero Furnas. A área de ocorrência da Formação Ponta Grossa, praticamente, coincide com as áreas de ocorrência do aquífero Furnas (Bergamaschi, 1999). A vazão média dos poços da unidade aquífera é de 4,2 m³h⁻¹.

A unidade aquífera Paleozóica Média-Superior, formada pelos aquíferos Rio Bonito e Itararé, ocupa uma área em torno de 19.500 km². O índice pluviométrico varia de 1.300 a 1.400 mm/ano. É constituída principalmente pelas litologias do aquífero Itararé representado por camadas de arenitos que se encontram intercaladas com diamictitos, argilitos e folhelhos várvidos (Assine, 1996). A espessura média do pacote sedimentar é de aproximadamente 800 m e a das camadas aquíferas variam entre 5 e 20 m. Uma das características marcantes do aquífero é a variação lateral, tanto dos arenitos como dos sedimentos pelíticos. A vazão média dos poços é de 9,6 m³h⁻¹.

O aquífero Rio Bonito é representado por arenitos de granulação fina a média, às vezes conglomeráticos, que ocorrem intercalados com folhelhos, siltitos, argilitos e leitos de carvão. A espessura total dos sedimentos atinge 140 m. O índice pluviométrico é igual a 1.400 mm/ano. A vazão média dos poços gira em torno de 17,5 m³h⁻¹. Este aquífero, a exemplo do que foi obtido em poços perfurados pela SANEPAR (Ivaí, Siqueira Campos, Prudentópolis), apresenta águas com temperaturas que variam entre e 25 °C a 36 °C.

As unidades geológicas representadas pelas formações Irati, Serra Alta, Palermo, Terezina e Rio do Rasto, do Paleozóico Superior, não são classificadas como aquíferos. A área ocupada por esta unidade aquífera é de aproximadamente 17.100 km² e as vazões médias dos aquíferos desta unidade são: Irati (4,6 m³h⁻¹), Serra Alta (5,4 m³h⁻¹), Terezina (6,8 m³h⁻¹), Palermo (4,1 m³h⁻¹) e Rio do Rasto (6,4 m³h⁻¹).

VOLUMES ATUALMENTE EXPLOTADOS

O levantamento do volume da água que é extraída dos aquíferos paranaenses foi realizado através de pesquisa em banco de dados da SUDERHSA (2006), atual Instituto das Águas do Paraná, associada com informações dos usuários privados (condomínios, indústrias), no que tange à vazão outorgada em relação à vazão real extraída ou bombeada diariamente. Nos poços outorgados, existem registros das vazões extraídas e do tempo diário de bombeamento. Entretanto, este volume total anual deve ser analisado com precauções, pois não considera as demandas, por exemplo, de poços particulares. Isso ocorre pela inexistência de outorgas para inúmeros poços nas diversas

bacias e sub-bacias hidrográficas no Estado do Paraná, o que acaba subestimando o volume total de água atualmente explotado (SEMA, 2010). Mesmo tendo um cadastro bem controlado sobre as Outorgas, em termos hidrogeológicos, falta em boa parte registros ou informações sobre as entradas de água nos poços que seccionaram as litologias de cada uma delas. Sobre esta questão, é recomendável que as informações pertinentes às vazões obtidas, bem como sobre a qualidade da água, sejam reavaliadas.

O aquífero Itararé (unidade aquífera Paleozóica Média-Superior), ocorre nas bacias hidrográficas dos rios Cinzas, Iguaçu, Itararé, Ivaí, e Tibagi. Segundo dados da SUDERHSA (2006), estão cadastrados 183 poços tubulares, dos quais 72 são outorgados para a SANEPAR (Tabela 1). No aquífero Rio Bonito (bacias hidrográficas dos rios Cinzas, Iguaçu, Itararé, Ivaí, e Tibagi) existem 63 poços tubulares, dos quais 17 são outorgados para a SANEPAR (Tabela 2).

Tabela 1. Poços outorgados no aquífero Itararé.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cinzas | 35,0 | 9,8 | 25 |
| Iguaçu | 70,0 | 12,1 | 38 |
| Itararé | 30,0 | 11,9 | 18 |
| Ivaí | 4,2 | 3,4 | 6 |
| Tibagi | 40,0 | 8,6 | 96 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 9,6 | 183 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Tabela 2. Poços outorgados no aquífero Rio Bonito.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cinzas | 29,0 | 7,0 | 14 |
| Iguaçu | 50,0 | 15,1 | 12 |
| Itararé | 10,0 | 10,0 | 1 |
| Ivaí | 40,0 | 21,5 | 7 |
| Tibagi | 110,0 | 22,6 | 29 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 17,5 | 63 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Em termos hidrogeológicos, a unidade aquífera Paleozóica Superior não apresenta características que demonstrem boa potencialidade. Não existem sequer registros da proveniência das entradas de água nos poços que seccionaram as litologias de cada uma delas. Na Formação Irati (bacias hidrográficas dos rios Iguaçu, Ivaí, e Tibagi) 18 poços tubulares são cadastrados, dos quais sete são outorgados para a SANEPAR (Tabela 3) enquanto que na Formação Serra Alta (bacias hidrográficas dos rios Cinzas, Iguaçu, Ivaí e Tibagi) apenas nove poços tubulares são outorgados, sendo quatro para a SANEPAR (Tabela 4).

Tabela 3. Poços outorgados na Formação Irati.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Iguaçu | 8,5 | 4,5 | 5 |
| Ivaí | 20,0 | 6,3 | 5 |
| Tibagi | 5,0 | 3,6 | 8 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 4,6 | 18 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Tabela 4. Poços outorgados na Formação Serra Alta.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cinzas | 4,0 | 4,0 | 2 |
| Iguaçu | 9,0 | 6,9 | 2 |
| Ivaí | 7,0 | 3,5 | 4 |
| Tibagi | 12,7 | 12,7 | 1 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 5,4 | 9 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Na Formação Teresina (bacias hidrográficas dos rios Cinzas, Iguaçu, Ivaí e Tibagi) existem 21 poços tubulares cadastrados, dos quais 14 são outorgados para a SANEPAR (Tabela 5). Para a Formação Palermo (bacias hidrográficas dos rios Iguaçu, Ivaí, e Tibagi) são 25 poços tubulares, dos quais 18 são outorgados para a SANEPAR (Tabela 6) e na Formação Rio do Rasto (bacias hidrográficas dos rios Cinzas, Iguaçu, Ivaí, Paranapanema 1 e Tibagi) são cadastrados 36 poços, sendo 17 outorgados para a SANEPAR (Tabela 7).

Tabela 5. Poços outorgados na Formação Teresina.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cinzas | 15,0 | 7,9 | 4 |
| Iguaçu | 7,8 | 4,0 | 3 |
| Ivaí | 19,0 | 7,5 | 12 |
| Tibagi | 4,4 | 4,4 | 2 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 6,8 | 21 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Tabela 6. Poços outorgados na Formação Palermo.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Iguaçu | 5,0 | 3,5 | 7 |
| Ivaí | 13,0 | 5,5 | 5 |
| Tibagi | 12,0 | 4,1 | 13 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 4,1 | 25 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

Tabela 7. Poços outorgados na Formação Rio do Rasto.

| Bacias Hidrográficas | Vazão Máxima (m ³ /h) | Vazão média (m ³ /h) | Número de Poços |
|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cinzas | 14,0 | 14,0 | 1 |
| Iguaçu | 18,0 | 6,7 | 10 |
| Ivaí | 9,0 | 4,6 | 11 |
| Paranapanema 1 | 10,0 | 10,0 | 4 |
| Tibagi | 20,0 | 5,7 | 10 |
| MÉD. TOTAL (m³/h) | - | 6,4 | 36 |

Fonte: SUDERHSA (2006).

QUALIDADE DAS ÁGUAS DAS UNIDADES AQUÍFERAS PALEOZÓICAS

Os padrões de qualidade de água para consumo humano estão indicados na *Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004*, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os valores máximos permitidos (VMP) dos parâmetros físico-químicos analisados são usados para verificar a adequação da água dos aquíferos para fins de abastecimento público.

A qualidade da água para uso na irrigação foi verificada por meio da relação de adsorção de sódio (RAS), que expressa a atividade relativa dos íons de sódio nas reações de troca catiônica no solo. Essa razão é uma medida da relação entre as concentrações de sódio e de cálcio e magnésio. A avaliação da qualidade da água dos aquíferos, considerados neste trabalho, foi obtida no banco de dados da SUDERHSA e resultado de análises físico-químicas realizadas pelo LPH - Laboratório de Pesquisas Hidrogeológicas (LPH) da Universidade Federal do Paraná.

Na Unidade Aquífera Paleozóica Inferior, as águas do aquífero Furnas são de ótima qualidade para o consumo humano. São bicarbonatadas sódicas com teor médio de cálcio de 5,5 mgL⁻¹; de magnésio, 3,5 mgL⁻¹; de sódio, 9,4 mgL⁻¹; e, de potássio, 1,4 mgL⁻¹. Entre os ânions, o teor médio de bicarbonato é de 60 mgL⁻¹ e o de sulfato, 6 mgL⁻¹. A dureza total varia de 40 a 65 mg-CaCO₃/L⁻¹ (águas ligeiramente duras) e o pH varia 7,1 a 7,6. Os sólidos totais dissolvidos raramente ultrapassam o valor de 85 mgL⁻¹.

As águas do aquífero Itararé (Unidade Aquífera Paleozóica-Média-Superior) também são de ótima qualidade para o consumo humano. Elas são classificadas como bicarbonatadas cálcicas e contêm teores de sólidos totais dissolvidos entre 100 e 150 mgL⁻¹. O pH varia entre 6,8 a 7,3 e a dureza total gira em torno de 60 mg-CaCO₃/l (águas ligeiramente duras). O teor médio de cálcio é de 14 mgL⁻¹. A concentração de magnésio varia entre 1,5 a 6 mgL⁻¹, a de sódio, entre 7 a 35 mgL⁻¹ e a de potássio, entre 1 a 3 mgL⁻¹. Este aquífero, a exemplo do que foi obtido em poços perfurados pela SANEPAR (Ivaí, Siqueira Campos, Prudentópolis), apresenta águas com temperaturas que

variam entre e 25 °C e 36 °C, sendo que a temperatura mais elevada foi constada num poço cuja profundidade atingiu 765 m.

A presença de pirita nos leitos ou camadas delgadas de carvão confere teores elevados de sulfatos nas águas do aquífero Rio Bonito. Os valores de sulfatos, em condições sem presença das camadas mencionadas, variam entre 4 e 8 mgL⁻¹. O conteúdo médio de sólidos totais dissolvidos é igual a 200 mgL⁻¹ e os valores do pH permanecem próximo de 8. A concentração média de sódio é de 58 mgL⁻¹; de potássio, 2 mgL⁻¹; de cálcio, 11 mgL⁻¹; e, de magnésio, 2 mgL⁻¹. A concentração média de bicarbonato é de 137 mgL⁻¹ e de cloreto é igual a 1,8 mgL⁻¹. A dureza total média é igual a 35 mg-CaCO₃/L⁻¹ (águas moles). As águas do aquífero Rio Bonito, com raras exceções, são de boa qualidade para o consumo humano. Em situações com termalismo, as águas são ricas em sódio e potássio e apresentam teores de até 2 mgL⁻¹ de flúor, com cloretos e sulfatos predominando sobre os bicarbonatos; os teores de sólidos totais dissolvidos são da ordem de 800 mgL⁻¹. Quimicamente essas águas são semelhantes às águas do Guarani, quando este se encontra em condições de médio e alto confinamento; é possível inclusive admitir a existência de conectividades hidráulicas entre o Guarani e o Rio Bonito (Rosa Filho *et al.*, 1987).

De acordo com a distribuição iônica média, admite-se classificar as águas subterrâneas da Unidade Paleozóica Superior como sendo bicarbonatadas sódicas, apresentando conteúdo médio de 243 mgL⁻¹ de Sólidos Totais Dissolvidos. Algumas amostras apresentaram valores altos para os parâmetros alcalinidade total, dureza total, bicarbonatos e carbonatos. Esses parâmetros embora não sejam prejudiciais à saúde, interferem na utilização dessas águas para outros fins. Os parâmetros que afetam negativamente a qualidade da água nesta unidade aquífera são: o íon fluoreto (sete amostras); sódio (cinco amostras); e ferro total (13 amostras).

CONCLUSÃO

A disponibilidade hídrica da Unidade Aquífera Paleozóica, na região central do estado do Paraná, embora sendo limitada, poderá ser ampliada em razão de novos conhecimentos sobre a correlação estratigráfica e estrutural, principalmente quando detalhadas em mapeamentos das

soleiras e dos diques magmáticos intrusivos nas formações sedimentares. Mesmo com vazões nem tanto expressivas, possuem qualidade para utilização tanto para abastecimento público como para o uso privado. Estudos e pesquisas efetuadas até o momento permitem classificar as águas subterrâneas da Unidade Aquífera Paleozóica como sendo bicarbonatadas sódicas, apresentando conteúdo médio de 243 mgL^{-1} de Sólidos Totais Dissolvidos. Mapeamento detalhado na região da soleira de diabásio de Prudentópolis associado a resultados das análises químicas admite a existência de conectividades hidráulicas entre o Aquífero Guarani e a Unidade Aquífera Paleozóica. O avanço em novas pesquisas bem como a Outorga para a perfuração de novos poços na região, poderão ampliar o conhecimento sobre a potencialidade e definir com melhor precisão sobre o quimismo dessa Unidade Aquífera.

REFERÊNCIAS

ASSINE, M. L. (1996). Aspectos da estratigrafia das seqüências pré-carboníferas da Bacia do Paraná no Brasil. São Paulo. 207 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

BERGAMASCHI, S. (1999). Análise estratigráfica do Siluro-Devoniano (formações Furnas e Ponta Grossa) da sub-bacia de Apucarana, Bacia do Paraná, Brasil. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 167p.

MILANI, E.J. (1997). Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica Fanerozóica do Gondwana sul-ocidental. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 255, 2v pp.

ROSA FILHO, E.F. da; BITTENCOURT, A.V.L.; SALAMUNI, R. (1987). Contribuição ao estudo das águas subterrâneas nos basaltos no Estado do Paraná. Bol. Paranaense de Geoc. UFPR, v. 37: 22-52. Curitiba. 122.

ROSA FILHO, E.F. da; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E. & BITTENCOURT, A.V.L. (2010). As Águas Subterrâneas no Estado do Paraná. Edição do Autor. 145p. Curitiba.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná. (2010). Bacias Hidrográficas do Paraná: Série Histórica.

SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). (2006). Manual Técnico de Outorgas. Disponível em: http://www.pr.gov.br/meioambiente/suderhsa/pdf/manual_outorgas.pdf.