

PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO SUDOESTE DO MUNICÍPIO DE RONDONÓPOLIS (MT) USANDO SONDAGEM ELÉTRICA VERTICAL

Alterêdo Oliveira Cutrim¹ e Shozo Shiraiwa²

Recebido em 29 novembro, 2010 / Aceito em 13 outubro, 2011
Received on November 29, 2010 / Accepted on October 13, 2011

ABSTRACT. The research was carried out in Rondonópolis municipal, Mato Grosso State, Brazil, to orient the construction of wells, using vertical electrical sounding (VES), with AB/2 maximum of 2,000 m. The results show that the Tertiary/Quaternary has a depth of 6 m, thickness from 13 m to 18 m, the Furnas Formation has a depth from 16 m to 23 m and thickness from 81 m to 180 m, and the basement has a depth from 97 m to 202 m. As the Furnas Formation is the principal aquifer of the area, more productive wells must be constructed where the Furnas Aquifer has greater thickness. Were construct three wells which show the confirmation of 95% of the results of VES.

Keywords: vertical electrical sounding, groundwater prospecting, Rondonópolis.

RESUMO. Esta pesquisa foi realizada no sudoeste do município de Rondonópolis, estado de Mato Grosso, com o objetivo de subsidiar a construção de poço tubular profundo, usando sondagem elétrica vertical (SEV), com AB/2 máximo de 2.000 m. A pesquisa mostrou que o Terciário/Quaternário tem profundidade ao topo de 6 m, espessura de 13 m a 18 m; a Formação Furnas tem profundidade ao topo variando de 16 m a 23 m e espessura de 81 m a 180 m; a profundidade ao topo do embasamento varia de 97 m a 202 m. Como a Formação Furnas é o principal aquífero da área, poços mais produtivos devem ser construídos onde este aquífero apresenta maior espessura. Os resultados orientaram a construção de três poços tubulares profundos, os quais mostraram um acerto de 95% na profundidade estimada pelas SEVs.

Palavras-chave: sondagem elétrica vertical, prospecção de água subterrânea, Rondonópolis.

¹Departamento Geologia Geral, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Instituto de Ciências Exatas e da Terra – ICET. Av. Fernando Correa da Costa s/n, Coxipó, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil. Tel.: (65) 3615-8751 – E-mail: alteredo@ufmt.br

²Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Instituto de Física – IF. Av. Fernando Correa da Costa s/n, Coxipó, 78060-900 Cuiabá, MT, Brasil. Tel.: (65) 3615-8751; Fax: (65) 3615-8752 – E-mail: shozo@ufmt.br

INTRODUÇÃO

As águas subterrâneas em geologia sedimentar são armazenadas nos poros das rochas, sendo que aquelas de constituição quartzosa são as que têm maior capacidade para armazenar e liberar água, portanto as formações geológicas com estas características são consideradas os melhores aquíferos.

A exploração de aquífero necessita do conhecimento prévio da sua profundidade ao topo e da sua espessura para auxiliar na elaboração de projeto de construção de poços e para indicar o tipo de máquina mais adequado para construí-los.

Além disso, a profundidade ao topo e a espessura do aquífero são usadas em pesquisas hidrogeológicas, como estimativas de reservas de água e avaliação de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos. A reserva de um aquífero é diretamente proporcional à sua espessura (Cutrim, 1999; Fetter, 2002), assim como a vulnerabilidade à contaminação de aquífero depende também da sua profundidade ao topo (Foster et al., 2002; Barbosa et al., 2007; Cutrim & Campos, 2010a, b).

A constituição quartzosa de aquífero sedimentar torna possível a estimativa da sua espessura e profundidade ao topo, aplicando o método da eletrorresistividade, usando a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV), visto que as rochas de constituição quartzosa são as que têm maior resistividade entre as rochas sedimentares.

Desse modo, neste trabalho foi aplicada a técnica da sondagem elétrica vertical (SEV) para orientar a construção de poços tubulares profundos, dada a sua comprovada eficiência para estimar a profundidade ao topo e a espessura de aquífero (Cutrim & Fachin, 2004; Cutrim & Rebouças, 2005a; Cutrim et al., 2007).

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa localiza-se no sudoeste do município de Rondonópolis, no sudeste do estado de Mato Grosso (Fig. 1). A área faz parte de um assentamento do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), onde foram construídos poços tubulares profundos para suprir a demanda de água do assentamento.

Geologia da área

A área de estudo está inserida na Bacia do Paraná (Fig. 2), sendo que o substrato geológico na área é representado pela Formação Furnas, sobreposta pela cobertura Quaternário (Barros et al., 1982; CPRM, 1998).

A Formação Furnas é constituída por arenitos médios a

grossos de cores esbranquiçada a rósea, sendo que em direção ao topo predominam psamo-pelíticos, constituindo bancos de areia fina micácea intercalados por lâminas decimétricas de argilas e siltes. Na região urbana e periurbana de Rondonópolis essa formação tem espessura superior a 300 m (Cutrim & Rebouças, 2005a). No entanto, na área de estudo esta unidade tem espessura superior a 80 m conforme mostram os perfis geológicos dos poços tubulares da área (Fig. 3).

A unidade Quaternário é constituída por areias, argilas e solo argilo-arenoso com concreções ferruginosas. Na área esta unidade tem espessura em torno de 20 m, conforme mostram os perfis geológicos dos poços tubulares ali construídos (Fig. 3).

Hidrogeologia da área

Na área podem ser considerados dois aquíferos, o Furnas e o Quaternário. O Aquífero Furnas é o principal reservatório de água subterrânea da região sul e sudeste de Mato Grosso, com espessura superior a 300 m (Cutrim & Rebouças, 2005a) e produz vazões de até 250 m³/h (Cutrim, 1999; Cutrim & Rebouças, 2005b; Cutrim & Rebouças, 2006; Cutrim, 2011).

O Aquífero Quaternário ocorre de forma livre, porém em função da sua pequena espessura (máxima de 12 m), e da sua constituição litológica tem capacidade muito inferior ao Aquífero Furnas para armazenar e liberar água. Além disso, não é recomendada a captação da sua água para consumo humano em função da sua alta vulnerabilidade à contaminação (aquífero livre), e alto risco à contaminação devido à existência de fontes potenciais de contaminação como, fossas construídas fora dos padrões técnicos e currais com fezes de animais sem manejo adequado.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa foi aplicada a técnica da sondagem elétrica vertical – SEV, a qual permite investigar a variação vertical de resistividade. Consiste em injetar corrente elétrica no meio através de dois pontos (A e B) e medir a diferença de potencial entre dois outros pontos (M e N) localizados entre os pontos de corrente. Com a corrente, a diferença de potencial e o fator geométrico (função das distâncias entre os pontos de injeção de corrente e de medidas de potencial) calcula-se a resistividade aparente do meio (Bhattacharya & Patra, 1986).

$$\rho_a = \left(\frac{\Delta V}{I} \right) k \quad (1)$$

$$k = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \quad (2)$$

onde,

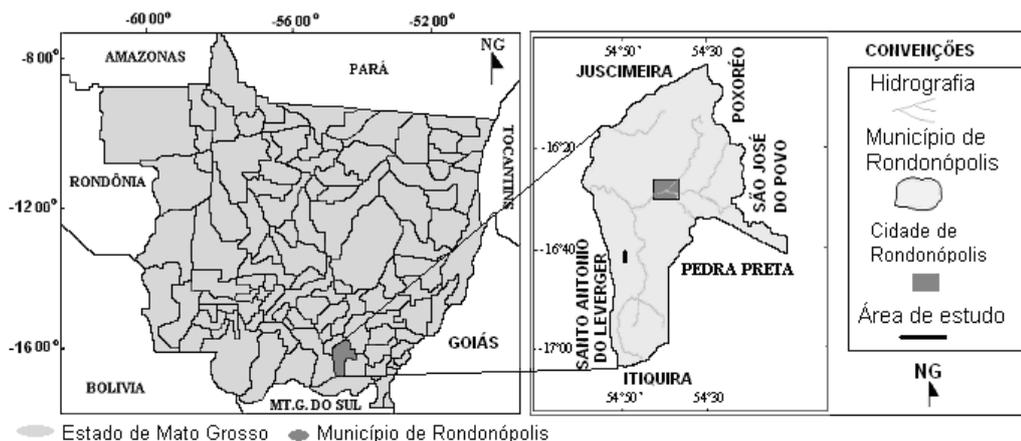


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

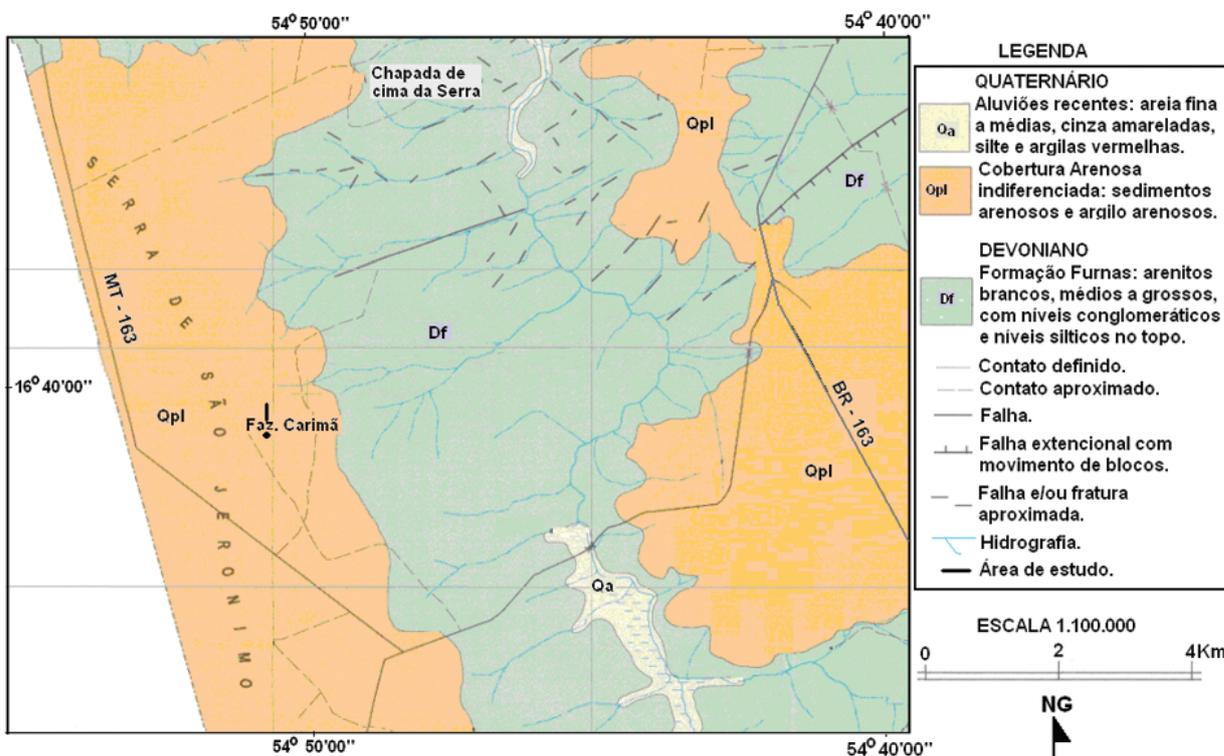


Figura 2 – Mapa geológico envolvendo a área de estudo.

- ρ_a = resistividade aparente
- Δv = diferença de potencial
- I = corrente elétrica
- AM = distância entre os eletrodos A e M
- AN = distância entre os eletrodos A e N
- BM = distância entre os eletrodos B e M
- BN = distância entre os eletrodos B e N

Como a corrente flui de modo radial, então quanto maior a distância entre os pontos de injeção de corrente, maior será a profundidade investigada.

Os dados foram coletados com um resistímetro com potência máxima de 250 W e voltagens de 100 V, 200 V, 400 V e 800 V, usando o arranjo Schlumberger. A resistência de contato nos eletrodos foi minimizada com o uso de água salgada.

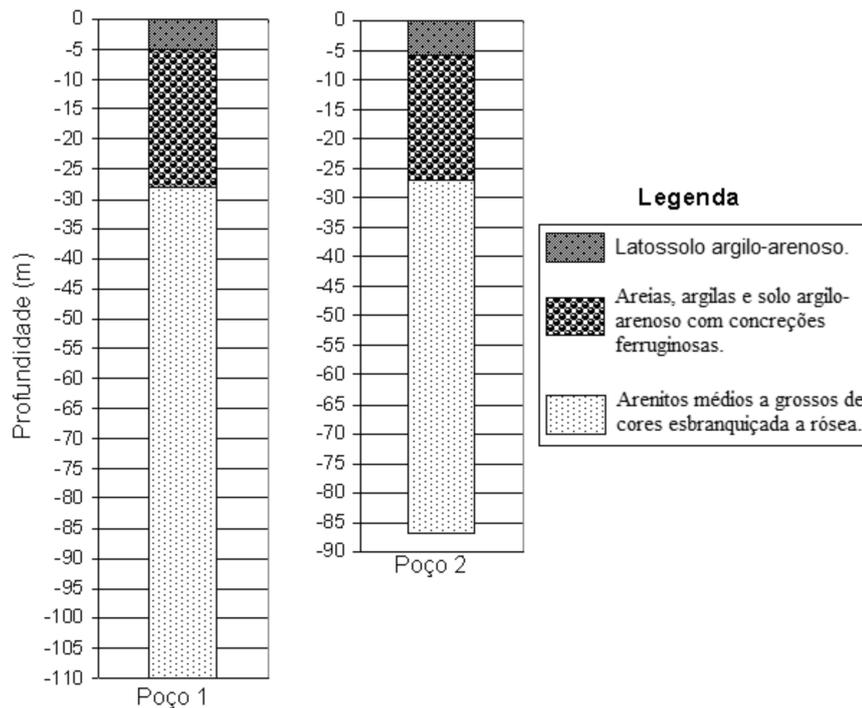


Figura 3 – Perfil geológico de dois poços tubulares da área de estudo.

Foram realizadas quatro SEVs, com abertura máxima de $AB/2$ de 2 km e a distância de $MN \leq AB/5$, distribuídas ao longo de uma linha de 2.740 m de extensão, de modo a fornecer o melhor conhecimento da geologia, para subsidiar a construção de poços tubulares profundos na área.

A opção pelo alinhamento das SEVs foi em função da topografia praticamente plana e da cobertura pedológica constituída por Latossolo. Esta característica topográfica tem interferência mínima na estimativa da espessura e da profundidade das unidades geológicas, assim como o Latossolo umedecido com água salgada tem uma resistência de contato nos eletrodos, ideal para grandes aberturas de $AB/2$, o que permitiu trabalhar com diferença de potencial mínima de 5 mV.

As SEVs foram interpretadas através do método *Ridge Regression* (Tikhonov & Arsenin, 1977). Nesta etapa foram determinadas a profundidade ao topo e a espessura das unidades geológicas da área e as suas respectivas resistividades. A relação $(AB/2)/$ espessura da unidade geológica foi vinculada ao intervalo $(AB/4, AB/6)$.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das quatro SEVs estão apresentados nas Figuras 4 a 7 e na Tabela 1. Para obter o melhor ajuste das SEVs foi usado

um modelo de seis camadas.

Nas quatro SEVs, as duas primeiras camadas correspondem à cobertura pedológica, com espessura variando de 5,5 m a 6,5 m e resistividade com valores de $160 \Omega.m$ a $3.790 \Omega.m$. Os valores mais elevados de resistividade ocorrem sempre na segunda camada, correspondendo provavelmente a uma camada de material arenoso laterítico, com espessura variando de 5 m a 6 m.

A terceira camada, em todas as SEVs, corresponde à unidade Quaternário, com profundidade ao topo de 5,5 m a 6,5 m, espessura variando de 13 m a 18 m e resistividade com valores de $1.450 \Omega.m$ a $1.900 \Omega.m$.

A camada 4, em todas as SEVs, refere-se à Formação Furnas, cuja espessura varia de 81 m a 180 m, profundidade ao topo de 15,5 m a 23,5 m, e resistividade variando de $9.100 \Omega.m$ a $9.800 \Omega.m$.

As camadas 5 e 6 correspondem ao embasamento, cuja espessura total não pode ser estimada por se tratar do substrato do modelo, porém sua profundidade ao topo varia de 97 m a 202 m.

A Figura 8 mostra que ao longo do perfil a Formação Furnas apresenta pequena variação na profundidade ao topo, porém a sua espessura varia consideravelmente. Isto indica que ao longo desse perfil, poços atingirão o Aquífero Furnas à profundidade média de 20 m, porém a profundidade ideal de cada poço está restrita à espessura do aquífero.

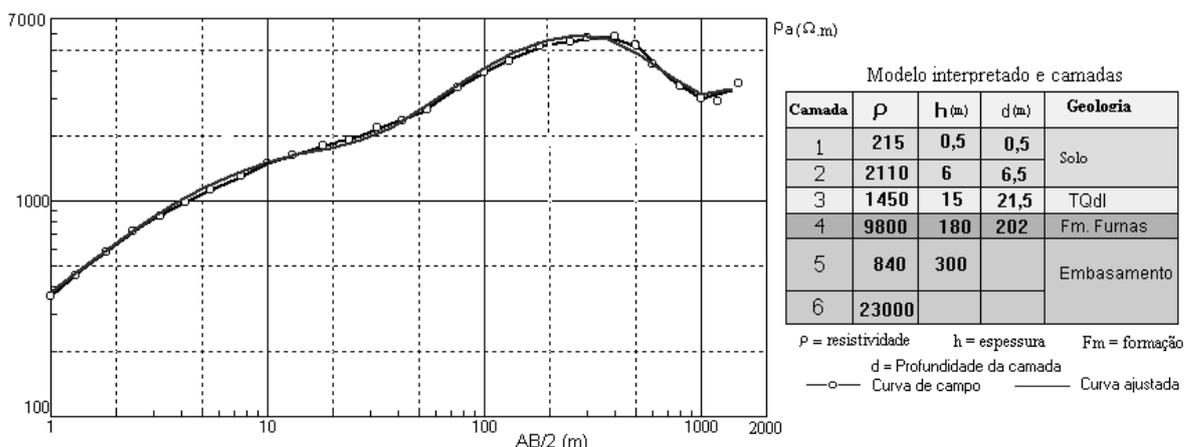


Figura 4 – Perfil geoeétrico da SEV1 e modelo interpretado.

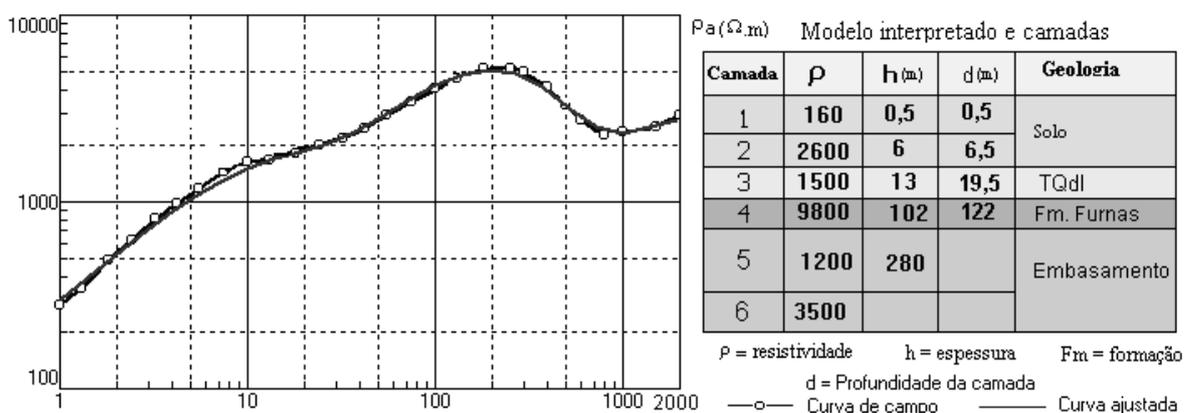


Figura 5 – Perfil geoeétrico da SEV2 e modelo interpretado.

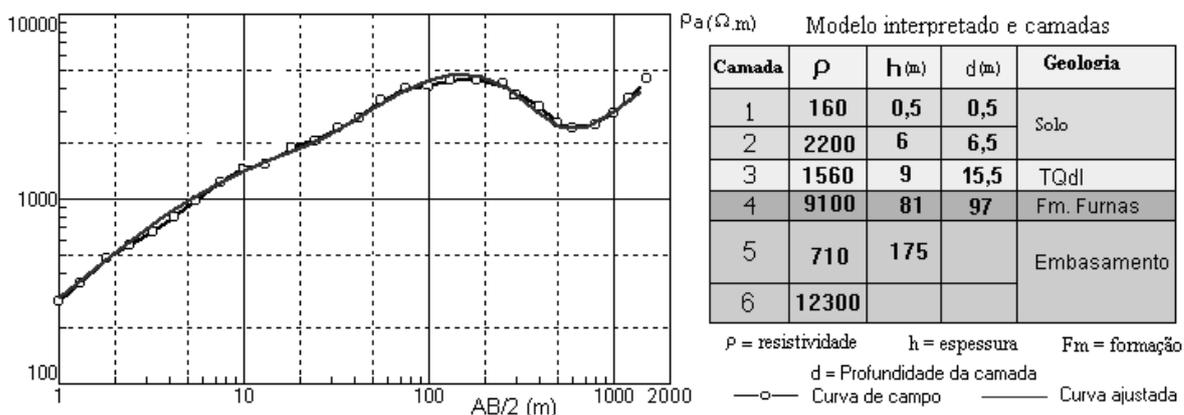


Figura 6 – Perfil geoeétrico da SEV3 e modelo interpretado.

Assim, os poços construídos onde o aquífero tem maior espessura, certamente produzirão maior vazão com menor rebaixamento, visto que maior penetração do poço na zona saturada do aquífero garante maior eficiência (Custódio & Llamas, 2002;

Fetter, 2002).

Estes resultados orientaram a construção de três poços tubulares com profundidade em torno de 100 m e confirmaram a profundidade ao topo do Aquífero Furnas e a espessura da uni-

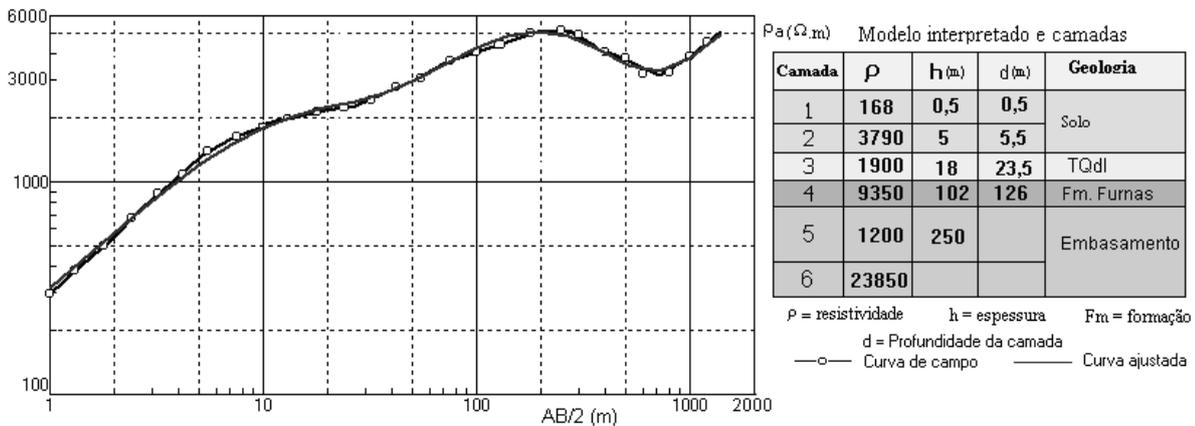


Figura 7 – Perfil geoeletrico da SEV4 e modelo interpretado.

Tabela 1 – Espessura e profundidade das unidades geológicas estimadas pelas SEVs.

Geologia	SEV1		SEV2		SEV3		SEV4	
	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)
Solo	6,5	0	6,5	0	6,5	0	5,5	0
TQdl	15	6,5	13	6,5	9	6,5	18	5,5
Fm. Furnas	180	21,5	102	19,5	81	15,5	102	23,5
Embasamento	>300	202	>280	122	>175	97	>250	126

TQdl = Terciário Quaternário, Fm = formação, h = espessura, d = profundidade.

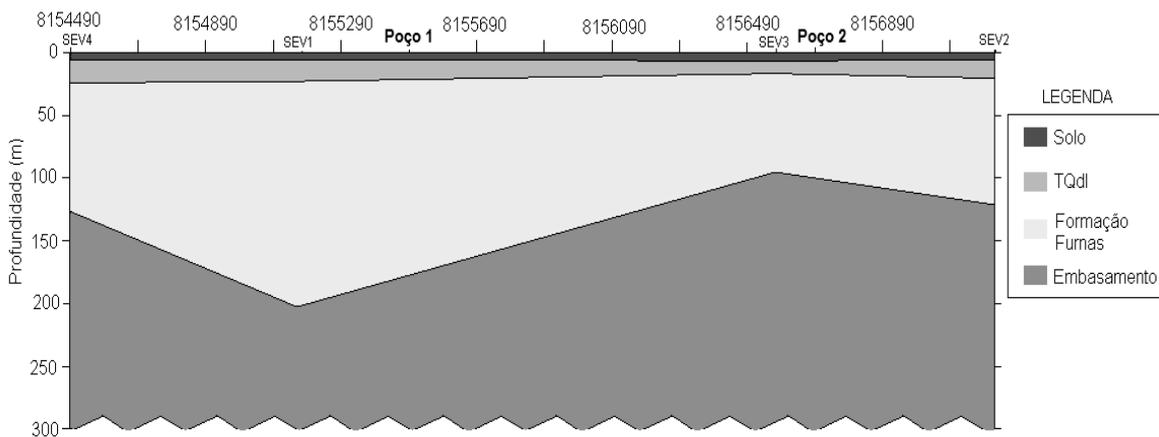


Figura 8 – Perfil geológico produzido pelas SEVs.

dade Quaternário, no entanto apenas os perfis geológicos de dois poços foram disponibilizados (Fig. 3). A vazão produzida por estes poços é de 40 m³/hora, com rebaixamento médio de 20 m, nível estático de 11,5 m e nível dinâmico de 31,5 m.

Além disso, estes resultados mostram que nesta área o Aquífero Furnas tem espessura muito menor que na região urbana e periurbana de Rondonópolis, localizada à aproxima-

mente 90 km, onde a espessura é superior a 300 m (Cutrim & Rebouças, 2005a).

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

Os resultados mostram que a Sondagem Elétrica Vertical foi muito eficiente na estimativa da espessura e da profundidade ao topo das unidades geológicas da área.

A SEV mostrou que a espessura da cobertura pedológica é em torno de 6 m; a profundidade ao topo do Quaternário é 6 m e a sua espessura varia de 13 m a 18 m; a profundidade ao topo da Formação Furnas varia de 16 m a 23 m e a sua espessura de 81 m a 180 m, e a profundidade ao topo do embasamento varia de 97 m a 202 m.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA DV, ZIMMER JR, CUTRIM AO & RUIZ AS. 2007. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação do Aquífero Furnas na área urbana de Rondonópolis (MT), utilizando o método AVI. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. Cuiabá-MT, CD-ROM.
- BARROS LC, CARDOSO ORFA, FREIRE FA, SOUZA JÚNIOR JJ, RIVETTI M, LUZ DS, PALMEIRA RCB & TASSINARI CCG. 1982. Geologia da folha SD-21. Cuiabá. Projeto RADAMBRASIL, V.26. Rio de Janeiro, RJ, 531 p.
- BHATTACHARYA PK & PATRA HP. 1986. Direct Current Geoelectric Sounding. Elsevier Publishing Company, New York. 134 p.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 1998. Projeto Primaz – MT – Rondonópolis – Integração Mineral Amazônia. Relatório, Caderno Hidrologia, V. II, 23 p.
- CUSTÓDIO E & LLAMAS MR. 2002. Hidrologia subterrânea. 2 ed., Ediciones Omega, S.A, Barcelona. p. 1165–2350.
- CUTRIM AO. 1999. Hidrogeologia, consumo e demanda de água em Rondonópolis-MT: subsídios para o desenvolvimento urbano sustentável. Inst. de Biociências, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Tese de Doutorado. 187 p.
- CUTRIM AO. 2011. Groundwater is the principal water resource used in the southwest Mato Grosso State, Brazil. In: Sustainable water management in the tropics and subtropics – and case studies in Brazil. Unipampa/Uni-Kassel/PGCult-UFMA: Fundação Universidade Federal do Pampa, Uni-Kassel, PGCult-UFMA, 1: 1–29.
- CUTRIM AO & CAMPOS JEG. 2010a. Aplicação dos métodos DRASTIC e POSH para a determinação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 15(2): 127–142.
- CUTRIM AO & CAMPOS JEG. 2010b. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT), com aplicação dos métodos GOD e POSH. Revista de Geociências, 29(3): 401–411.
- CUTRIM AO & FACHIN SJS. 2004. Aplicação integrada de sondagem elétrica vertical e perfil geológico de poço na determinação da profundidade e da espessura de unidades hidrogeológicas da Bacia do Paraná no município de Poxoréo-MT. In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Cuiabá-MT, CD-ROM.
- CUTRIM AO & REBOUÇAS AC. 2005a. Aplicação de sondagem elétrica vertical na estimativa do topo e da espessura de unidades geológicas da Bacia do Paraná na cidade de Rondonópolis-MT. Revista Brasileira de Geofísica, 23(1): 89–98.
- CUTRIM AO & REBOUÇAS AC. 2005b. Tipos de usos das águas subterrâneas do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. In: 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Sul e 1º Simpósio de Águas da AUGM. Santa Maria-RS, CD-ROM.
- CUTRIM AO & REBOUÇAS AC. 2006. O Aquífero Furnas no Estado de Mato Grosso. Coletânea do Estado de Mato Grosso. Vol. Recursos Hídricos do Estado de Mato Grosso. p. 45–57.
- CUTRIM AO, RUIZ AS, LIPORONI LM, MEDEIROS FA, BARROSO UC, & NASCIMENTO AL. 2007. Sondagem elétrica vertical aplicada em pesquisa hidrogeológica na Bacia do Parecis, MT. Revista Brasileira de Geofísica, 25(2): 131–140.
- FETTER CW. 2002. Applied Hydrogeology. 4 ed. Prentice Hall Inc., New Jersey. 598 p.
- FOSTER S, HIRATA R, GOMES D, D'ELIA M & PARIS M. 2002. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, GWMATE. Washington. 101 p.
- TIKHONOV AN & ARSENIEN VY. 1977. Solutions of ill-posed problems. Winston & Sons, New York. 349 p.

NOTAS SOBRE OS AUTORES

Alterêdo Oliveira Cutrim. Bacharel em Matemática pela Universidade Federal do Maranhão em 1980. Mestre em Geofísica pelo Centro de Geociências da UFPA em 1985. Doutor em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, IB/UFMT em 1999, com tese em água subterrânea e desenvolvimento urbano sustentável. Pós-Doutor em vulnerabilidade à contaminação de aquífero pela Universidade de Brasília em 2010. Professor Associado III do Departamento de Geologia Geral da Universidade Federal de Mato Grosso. Professor do Mestrado em Recursos Hídricos da UFMT. Atua nas áreas de Hidrogeologia e Geofísica Aplicada à Hidrogeologia e Prospecção Mineral.

Shozo Shiraiwa. Doutor em Geofísica pela Universidade de São Paulo em 1994. Atualmente é Professor Colaborador na Universidade Federal de Mato Grosso. Orienta alunos de Pós-Graduação em Física Ambiental e em Recursos Hídricos na UFMT. Trabalha com Geofísica Aplicada a estudos ambientais além de Geologia, atuando principalmente com os seguintes métodos: eletromagnéticos indutivos, GPR, gravimetria, magnetometria e eletrorresistividade.