

## ESTIMATIVA DA ESPESSURA E VARIAÇÃO LITOLÓGICA DO GRUPO URUCUIA NA BACIA DO RIO DE ONDAS NO OESTE DA BAHIA, USANDO SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL

*THICKNESS AND LITOLOGICAL VARIATION ESTIMATION OF THE URUCUIA GROUP IN THE ONDAS RIVER BASIN IN THE WEST OF THE STATE OF BAHIA, USING VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING*

**Joana Angélica Guimarães da LUZ<sup>1</sup>; Leandro MOUTINHO<sup>2</sup>; Alteredo Oliveira CUTRIM<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal do Sul Sul da Bahia – Reitoria. Rua Itabuna, s/n, Rod. Ilhéus – Vitória da Conquista, km 39, BR 415, Ferradas, Itabuna-BA. E-mail: jasguimaraes7@gmail.com.

<sup>2</sup>Universidade Federal do Oeste da Bahia, Reitoria, Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias. , Rua Professor José Seabra de Lemos, 316, Recanto dos Pássaros, Barreiras, BA – Brasil. E-mail: leandro.moutinho@ufob.edu.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Mato Grosso – FAGEO- Faculdade de Geociências. Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367 – Bairro Boa Esperança. Cuiabá, MT. E-mail: alteredoc@hotmail.com

Introdução  
Geologia do Grupo Urucua  
Metodologia  
Resultados e Discussões  
Conclusões e Considerações  
Agradecimentos  
Referências

**RESUMO** - Esta pesquisa foi realizada no oeste do estado da Bahia, na bacia do Rio de Ondas, com o objetivo de estimar a espessura e a variação litológica do Grupo Urucua, usando sondagem elétrica vertical (SEV). Foram realizadas oito SEV's, com abertura máxima de AB/2 de 800m para investigar a profundidade máxima de 400m. Os resultados mostram que os solos têm espessura máxima de 2,94m e mínima de 0,90m e o Grupo Urucua tem espessura em torno de 397m, divididos em arenito e arenito argiloso distribuídos em várias profundidades. Estas informações enriquecem o conhecimento geológico da região e são muito importantes para pesquisa hidrogeológica, envolvendo estimativa de reservas de água e avaliação da vulnerabilidade à contaminação do Urucua, assim como para a elaboração de projetos de poços para explorar o sistema Aquífero Urucua. Em geral estes resultados mostram também que o sistema Aquífero Urucua é livre coberto, pois está sobreposto apenas por solo e rocha de elevada condutividade hidráulica.

**Palavras-Chave:** SEV, Bacia do rio de Ondas, Grupo Urucua, Hidrogeologia.

**ABSTRACT** - This research was carried out in the west of the state Bahia, in the Ondas river basin, Brazil, to estimate the thickness and lithological variation of the Urucua Group using vertical electrical sounding (VES). Were realized eight SEV's with maximum opening of 800m to investigate 400m of depth. The results show that the soils have a maximum thickness of 2.94m and a minimum thickness of 0.90m and the Urucua Group has a thickness around 397m, divided in sandstone and clayey sandstone distributed in several depths. This information enriches the geological knowledge of the region and is very important for hydrogeological research, involving estimation of water reserves and evaluation of vulnerability to contamination, as well as for the development of well projects to explore the Urucua Aquifer system. These results also show that the Urucua Aquifer system is free covered, because it is superimposed only by soil and rock of high hydraulic conductivity

**Keywords:** VES, Ondas river basin, Urucua Group, Hydrogeology.

### INTRODUÇÃO

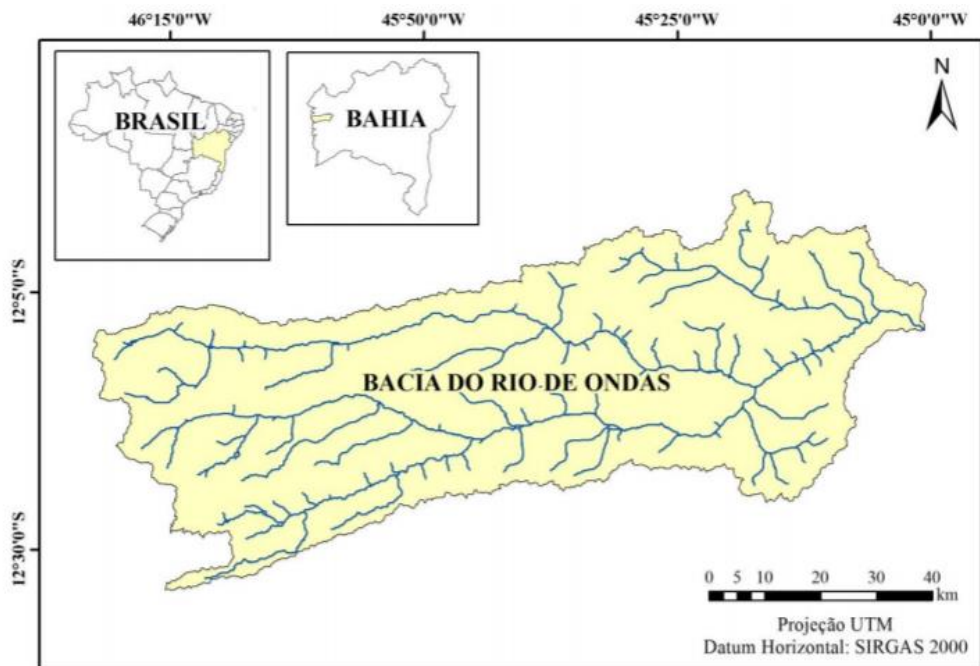
A estimativa da espessura e profundidade de unidades geológicas de bacia sedimentar pode ser realizada através da técnica de sondagem elétrica vertical-SEV e perfil geológico de poços tubulares. Como em geral a profundidade de poço tubular está vinculada à demanda de água do seu proprietário, raramente um poço penetra toda espessura da bacia sedimentar, tornando parcial o conhecimento dessa informação. Assim, a aplicação de SEV integrada com dados de perfil geológico de poço tubular tem produzido excelentes resultados (Cutrim & Shiraiwa, 2011; Cutrim et al., 2007; Cutrim & Rebouças, 2005; Raimi et al., 2011; Coker, 2012; Okoro, 2010).

O conhecimento desses parâmetros é indispensável para viabilizar pesquisas hidrogeológicas envolvendo estimativa de reservas de aquífero, elaborar projeto de construção de poço tubular profundo (Costa, 2000; Cutrim & Rebouças, 2005; Custódio & Llamas, 1976), e para avaliar a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos (Foster et al., 2002; Cutrim & Campos, 2010a,b; Barbosa, et al., 2007).

No oeste do estado da Bahia, na bacia do Rio de Ondas (Figura 1), o conhecimento da profundidade e espessura do Grupo Urucua está limitado aos perfis geológicos de poços tubulares, cuja profundidade está vinculada à

demanda de água do dono do poço, tornando assim um conhecimento parcial desses parâmetros. Desse modo, este trabalho tem como objetivo estimar esses parâmetros nessa bacia

hidrográfica, usando a técnica de sondagem elétrica vertical (SEV) para viabilizar pesquisas hidrogeológicas e melhorar o conhecimento geológico dessa bacia.

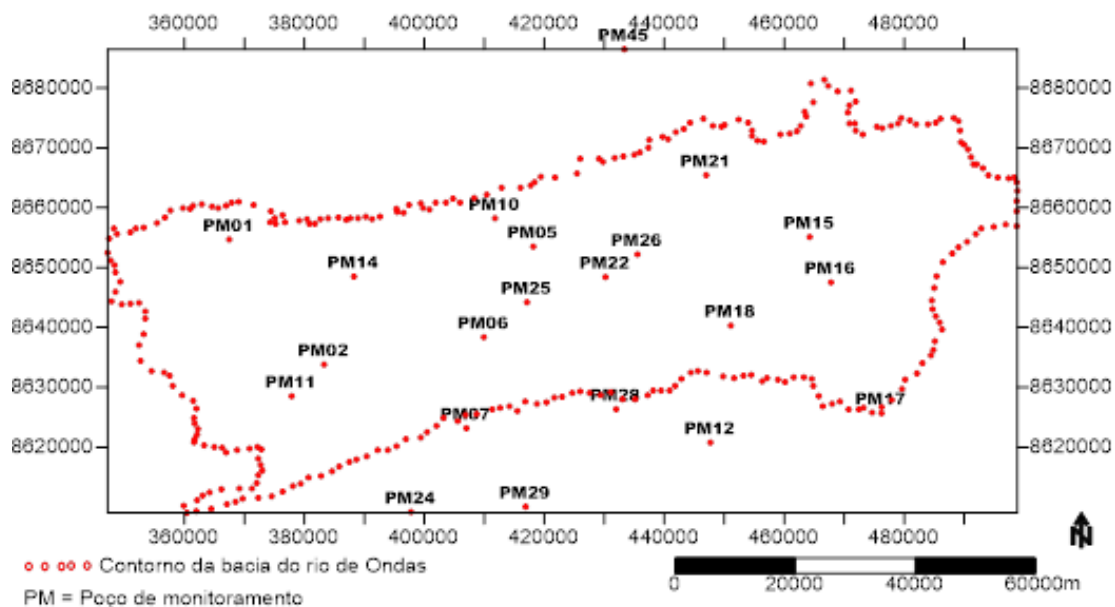


**Figura 1** – Localização da bacia do rio de Ondas (Fistaro, et al.,2015 ).

### GEOLOGIA DO GRUPO URUCUIA

O Grupo Urucuia (GU), de idade neo-cretácea e de espessura máxima de 400m, é composto pelas formações Posse e Serra das Araras, depositadas em ambientes eólico e fluvial, com contato erosivo abrupto entre elas (Spigolon & Alvarenga, 2002). A Formação Posse é a base do GU, ocorre sobreposta às rochas do Grupo Bambuí, é constituída por arenitos finos a médios, bem selecionados, com estratificação

cruzada de grande porte, ocasionalmente silicificados em porções no contato com a Formação Serra das Araras. A Formação Serra das Araras é composta por conglomerados, arenito e siltito de espessura máxima de 2m. Perfis geológicos de poços de monitoramento instalados na bacia (Figura 2 e Quadro 1) mostram detalhamento da litologia, porém a profundidade máxima dos poços é de 103m.



**Figura 2** – Distribuição dos poços de monitoramento na bacia do Rio de Ondas.

**Quadro 1** - Perfil geológico de poços de monitoramento na bacia do Rio de Ondas.

Poço	Coordenadas UTM		Solo arenoso-argiloso - Prof (m)	Conglomerado -Prof (m)	Arenito fino a médio -Prof (m)	Arenito argiloso - Prof(m)	Arenito silicificado -Prof(m)
	X	Y					
PM01	367476	8654685	0 a 1	-----	1 a 83	-----	-----
PM02	383291	8633806	0 a 1	27 a 32	1 a 27; 32 a 103	-----	-----
PM05	418166	8653516	0 a 2	2 a 6; 12 a 20	6 a 12; 20 a 64	-----	-----
PM06	409932	8638379	0 a 8	8 a 10; 48 a 50; 60 a 61	10 a 48; 50 a 60 61 a 62	-----	-----
PM10	411775	8658229	0 a 2	-----	2 a 71,5	-----	-----
PM11	377893	8628522	0 a 2	-----	2 a 110	-----	-----
PM25	417108	8644202	0 a 2	-----	2 a 114	-----	-----
PM07	407015	8623158	0 a 1	9 a 13; 22 a 23	1 a 9; 13 a 62	-----	-----
PM17	476223	8625662	0 a 2	-----	11 a 82	2 a 11	-----
PM12	447689	8620777	0 a 1	-----	1 a 72	-----	-----
PM24	397771	8609184	0 a 2	-----	2 a 77	-----	77 a 92
PM28	431980	8626334	0 a 18	-----	-----	18 a 64	-----
PM29	416900	8610045	0 a 2	-----	18 a 74	2 a 14	14 a 18
PM14	388265	8648503	0 a 22	-----	46 a 48	22 a 46	48 a 71
PM15	464249	8655113	0 a 2	26 a 30 e 36 a 42	2 a 26; 30 a 36; 42 a 102	-----	-----
PM18	451098	8640289	0 a 8	10 a 18 e 22 a 30	8 a 10; 18 a 22 e 30 a 51	-----	-----
PM16	467794	8647530	-----	-----	0 a 23; 25 a 68	23 a 25; 68 a 72	-----
PM21	446994	8665448	0 a 1	48 a 52	1 a 48; 56 a 82	52 a 56	-----
PM22	430205	8648417	0 a 18	-----	-----	18 a 32	32 a 60
PM26	435546	8652208	0 a 14	-----	20 a 51	14 a 20	-----
PM45	433353	8686484	0 a 2	18 a 25; 66 a 72	2 a 18; 64 a 66; 78 a 80	25 a 30; 72 a 78	30 a 64

### METODOLOGIA

A técnica de Sondagem Elétrica Vertical – SEV é uma ferramenta eficiente na definição de contato litológico contendo bom contraste de resistividade, como é comum em meio geológico acamado (Cutrim & Rebouças, 2005; Amorim Júnior & Lima, 2007; Asfahani, 2007; Cutrim et al., 2007; Okoro, 2010; Cutrim & Shiraiwa, 2011; Raimi et al, 2011; Atzemoglou & Tsourlos,

2012; Coker, 2012; Cutrim & Dias, 2014).

A técnica consiste em injetar corrente elétrica no solo em dois pontos e medir o potencial em dois outros pontos. A resistividade aparente é obtida a partir da diferença de potencial e da corrente que circulou em subsuperfície e do fator geométrico, através da equação apresentada em Bhattacharya & Patra (1986):

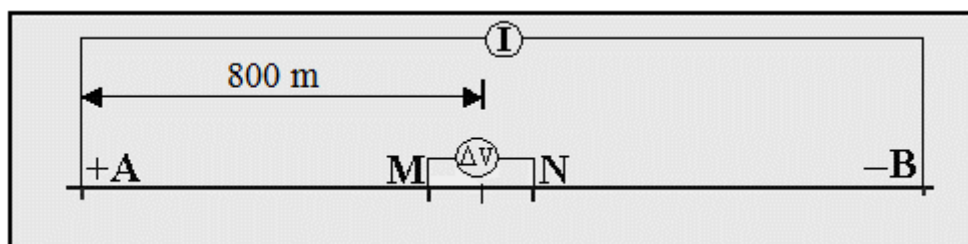
$$\rho_a = \left( \frac{\Delta V}{I} \right) k, \quad k = 2\pi \left( \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN} \right)$$

Onde:  $\rho_a$  = resistividade aparente;  $\Delta v$  = 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 e  $BN$  =

distância entre os eletrodos B e N.

Na coleta dos dados em campo foi utilizado o arranjo Schlumberger (Figura 3), cuja resistividade aparente é dada pela equação:

$$\rho_a = \pi(a^2 - b^2) \cdot \frac{\Delta V}{I}, \text{ com } AB/2 = a \text{ e } MN/2 = b.$$



**Figura 3** - Arranjo Schlumberger.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas oito SEVs com abertura máxima de AB/2 de 800 m, cuja distribuição na área está na Figura 4. Os resultados dessas SEVs estão apresentados no Quadro 2 e nas Figuras 5 e

6. O número de camadas do perfil geoeletrico de cada SEV não representa o número de unidades geológicas, mas sim o número de camadas que permite o melhor ajuste da curva da SEV.

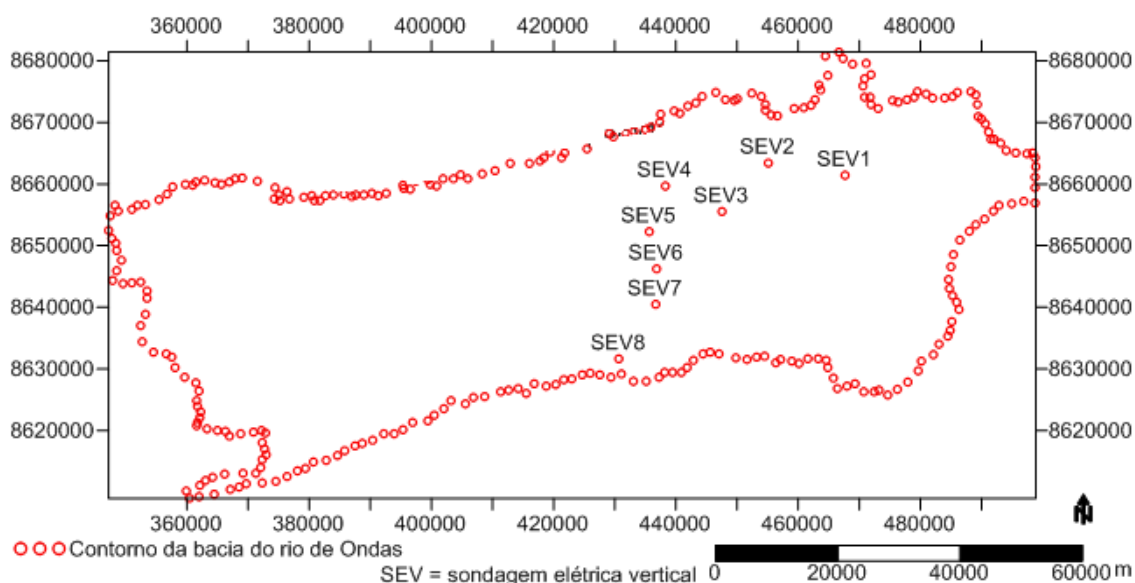


Figura 4 – Localização das SEVs na área de estudo.

A SEV1 foi ajustada usando um modelo de seis camadas. Esta SEV permitiu estimar uma camada de solo de 1,93m de espessura e três camadas que constituem o Grupo Urucuaia, sendo uma camada de arenito argiloso de 3,21m espessura, uma camada de arenito de 118m e uma de arenito argiloso de 276,86m.

A SEV2 foi ajustada usando um modelo de dez camadas. As duas primeiras correspondem ao solo com espessura de 1,08m ( $AB/2 \pm 2$  m); as seis camadas seguintes ( $AB/2 \pm 178$  m) são de arenito com espessura de 89,42m; a nona camada ( $AB/2 \pm 420$  m) tem espessura de 209m, correspondendo a um arenito argiloso, e a decima ( $AB/2 \pm 200$  m) é arenito com espessura de 100m, corresponde ao substrato da SEV.

A SEV3 foi ajustada usando um modelo de seis camadas. As três primeiras camadas ( $AB/2 \pm 3,60$  m) são de solo de espessura de 1,8 m, a quarta camada ( $AB/2 \pm 112$  m) é arenito de 56m de espessura, a quinta camada ( $AB/2 \pm 266$  m) é arenito argiloso com espessura de 33 m e a sexta camada ( $AB/2 \pm 418$  m) é arenito com espessura de 209 m, corresponde ao substrato da SEV.

A SEV4 foi ajustada usando um modelo de oito camadas. As três primeiras camadas ( $AB/2 \pm 4,40$  m) correspondem a solo de espessura de 2,19 m, as três camadas seguintes ( $AB/2 \pm 293$  m)

são de arenito de 146,8m de espessura, a sétima camada ( $AB/2 \pm 292$  m) é arenito argiloso com espessura de 146 m e a oitava camada, o substrato da SEV ( $AB/2 \pm 210$  m), é arenito com espessura de 105 m.

A SEV5 foi ajustada com um modelo de seis camadas. As duas primeiras camadas ( $AB/2 \pm 1,80$  m) são correspondentes a solo de espessura de 0,9 m, a terceira camada ( $AB/2 \pm 11,6$  m) é arenito argiloso com 5,82m de espessura, a quarta e a quinta camadas ( $AB/2 \pm 202$  m) correspondem a arenito com espessura de 101,3 m e a sexta camada o substrato da SEV ( $AB/2 \pm 584$  m) é arenito argiloso com espessura de 292,09 m.

A SEV6 foi ajustada usando um modelo de sete camadas. As duas primeiras camadas ( $AB/2 \pm 5,20$  m) são de solo com espessura de 2,64 m, as quatro camadas seguintes com ( $AB/2 \pm 482,9$  m) são de arenito com 241,46 m de espessura, e a sétima camada, com ( $AB/2 \pm 312$  m), é arenito argiloso com espessura de 155,9 m e representa o substrato da SEV.

A SEV7 foi ajustada usando um modelo de sete camadas. As duas primeiras camadas ( $AB/2 \pm 5,40$  m) correspondem a solo com espessura de 2,94 m, as três camadas seguintes ( $AB/2 \pm 186$  m) são de arenito com 92,96 m de espessura, a sexta camada com ( $AB/2 \pm 346$  m)

é arenito argiloso com espessura de 173 m e a sétima camada, com  $(AB/2 \pm 346 \text{ m})$ , é um arenito de espessura de 131, 1 m é o substrato da SEV.

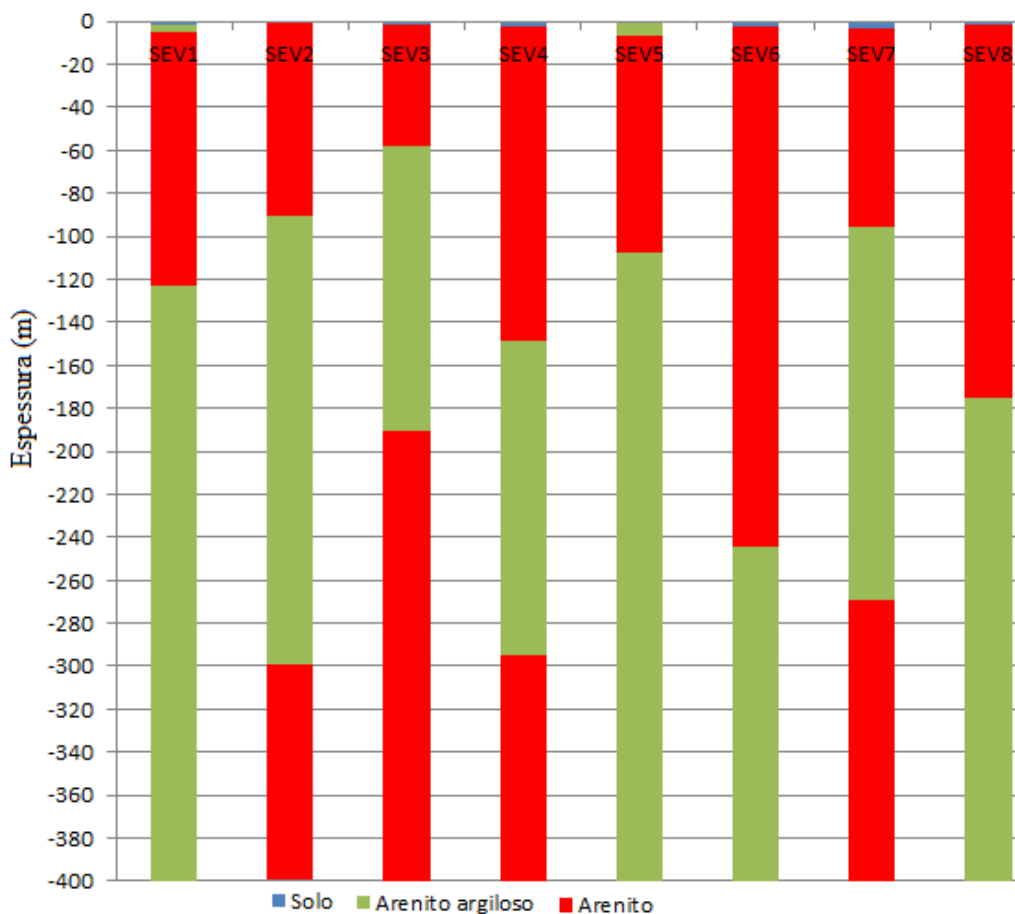
A SEV8 foi ajustada usando um modelo de seis camadas. As duas primeiras camadas

$(AB/2 \pm 3,0 \text{ m})$  são correspondentes ao solo de espessura de 1,5 m, as três camadas seguintes com  $(AB/2 \pm 347 \text{ m})$  são de arenito com 173,5 m de espessura, e a sexta camada, que marca o substrato da SEV  $(AB/2 \pm 450 \text{ m})$ , é arenito argiloso com espessura de 225 m.

**Quadro 2** – Perfil geológico da Grupo Urucua gerado pelas SEVs.

SEV	Espessura e profundidade de litológico do Grupo Urucua gerado pelas SEVs								
	Solo	Arenito		Arenito		Arenito		Arenito argiloso	
	h(m)	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)	h(m)	d(m)
1	1,93	----	----	3,21	1,93	118	5,13	276,86	123, 13
2	1,08	89,42	1,08	209	90,6	100	300	----	----
3	1,84	56	1,84	133	57,8	209	191	----	----
4	2,19	146,81	2,19	146	149	105	295	----	----
5	0,90	----	----	5,82	0,90	101,3	6,73	292,09	107,91
6	2,64	241,46	2,64	155,9	244	----	----	----	----
7	2,94	92,96	2,94	173	95,9	131,1	269	----	----
8	1,5	173,5	1,5	225	175	----	----	----	----

h = espessura      d = profundidade.



**Figura 5** – Modelo geológico do Grupo Urucua produzido pelas SEVs.

Ressalta-se que as curvas das SEVs 1 e 5 apresentam conformação similar para todas as AB/2, porém os valores de resistividade são maiores na SEV1. No entanto, a indicação de maior e contínua zona saturada ocorre nas duas SEVs a partir de AB/2 de 150m, onde a resistividade começa a

decrecer. As curvas das SEVs 2 e 3 têm forma semelhante, porém a resistividade da SEV2 é muito maior que aquela da SEV3, no entanto a indicação de maior e contínua zona saturada ocorre nas duas SEVs a partir de AB/2 de 50m, onde a resistividade começa a

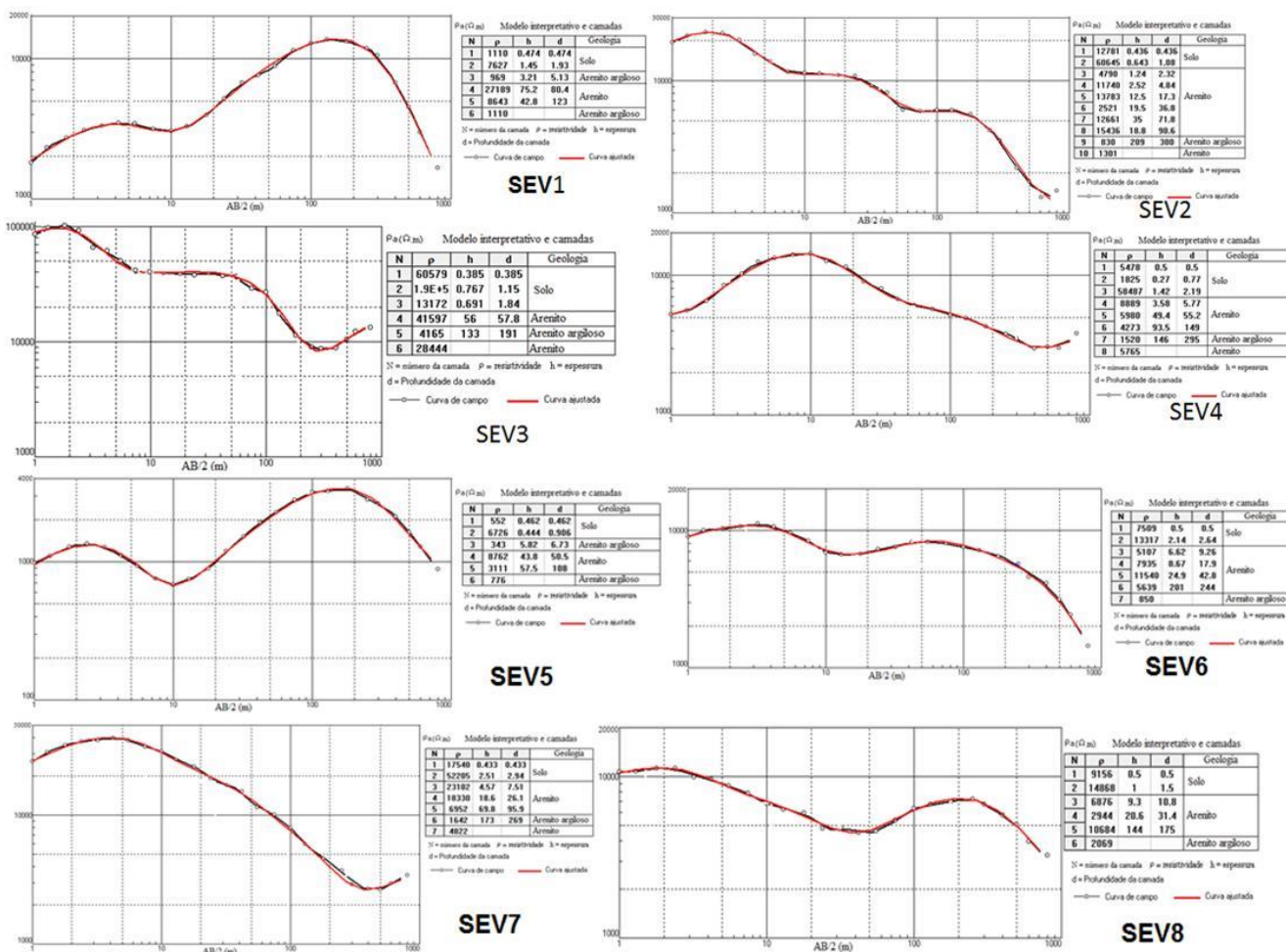


Figura 6 – Perfis geoeletricos das SEVs e modelos interpretados.

As SEVs 4 e 7 tem conformação semelhante, a resistividade começa a decrescer a partir de AB/2 de 10m, indicando a profundidade de ocorrência da maior e contínua zona saturada. As SEVs 6 e 8 apresentam conformação similar, porém a indicação de maior e contínua zona saturada ocorre na SEV6 a partir de AB/2

de 50m e na SEV8 a partir de AB/2 de 200m, onde a resistividade começa a decrescer.

Essa variação marcante da resistividade nas SEVs e entre elas está relacionada, principalmente, à variação litológica do Grupo Urucua e, em segundo lugar, à presença de água.

## CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

A sondagem elétrica vertical-SEV foi eficiente para estimar a profundidade, espessura e variação litológica do Grupo Urucua, porém não foi possível definir as suas formações geológicas. Foram estimadas camadas de arenito e arenito argiloso com espessura e profundidade variadas.

Nas SEVs 1, 5, 6 e 8 ocorrem o arenito e o arenito argiloso com maior espessura na sequência, sendo que o arenito tem maior espessura na SEV6, nas demais SEVs tem-se a sequência do arenito, arenito argiloso e arenito. Observa-se que ao longo do perfil o arenito tem

a profundidade máxima de 7m na SEV5 e a maior espessura na SEV6, no centro da bacia. De modo geral esses resultados indicam também que o sistema Aquífero Urucua é livre coberto, pois está sobreposto apenas por solo e rocha de elevada condutividade hidráulica.

Estes dados enriquecem o conhecimento geológico da região e podem subsidiar pesquisas hidrogeológicas, envolvendo construção de poço tubular profundo, quantificação de reservas de águas e avaliação de vulnerabilidade à contaminação desse sistema Aquífero.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, Chamada Pública MCT/Finep CT Hidro 01/2010) pela concessão do apoio financeiro à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM JÚNIOR, V. & LIMA, O.A.L. 2007. Avaliação hidrogeológica do aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas usando resistividade e polarização elétrica induzida. **Revista Brasileira de Geofísica**, 25(2): 117-129. 2007.
- ASFAHAN, J. Geoelectrical investigation for characterizing the hydrogeological conditions in semi-arid region in Khanasser valley, Syria. **Journal of Arid Environments** 68, 31-52. 2007.
- ATZEMOGLU, A.; TSOURLOS, P. 2D interpretation of vertical electrical soundings: application to the Sarantaporon basin (Thessaly, Greece). **Journal of Geophysics and Engineering** 9, 50-59. 2012.
- BARBOSA, D. V., ZIMMER, J. R., CUTRIM, A. O., RUIZ, A. S. Avaliação da vulnerabilidade à contaminação do Aquífero Furnas na área urbana de Rondonópolis (MT), utilizando o método AVI. 1º Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste Sul. Cuiabá-MT. 2007. (CD-ROM).
- BHATTACHARYA, P.K. & PATRA, H.P. **Direct Current Geoelectric Sounding**. Elsevier Publishing Company, New York, 134p. 1986.
- COKER, J.O. 2012. Vertical electrical sounding (VES) methods to delineate potential groundwater aquifers in Akobo area, Ibadan, South-western, Nigeria. **Journal of Geology and Mining Research** Vol. 4(2), p. 35-42.
- COSTA W.D. Uso e gestão de água subterrânea. In: Feitosa F. A. C., Manoel Filho J. (eds.). **Hidrogeologia conceitos e aplicações**. Fortaleza: CPRM. P.341-365. 2000.
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. R. **Hidrologia subterrânea**. Tomo II, Ediciones Omega, S.A, Barcelona. p.1165-2359. 1976.
- CUTRIM, A.O. & REBOUÇAS, A.C. Estimativa das reservas de água do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul - I Simpósio de Águas da AUGM, 2005, Santa Maria -RS. I AGUASUL, 2005. v. (CD Rom)
- CUTRIM, A.O. & REBOUÇAS, A.C. Aplicação de sondagem elétrica vertical na estimativa do topo e da espessura de unidade geológicas da Bacia do Paraná na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 1, p. 89-98. 2005.
- CUTRIM, A.O. & SHIRAIWA, S. Prospecção de água subterrânea no sudoeste do município de Rondonópolis (MT) usando sondagem elétrica vertical. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, n. 4, p. 45 - 51. 2011.
- CUTRIM, A.O. & CAMPOS, J.E.G. Aplicação dos métodos Drastic e Posch para a determinação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis-MT. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol.15, n2, p.127-142. 2010a.
- CUTRIM, A.O.; CAMPOS, J.E.G. Avaliação da vulnerabilidade e perigo à contaminação do Aquífero Furnas na cidade de Rondonópolis (MT) com aplicação dos métodos God e Posch. **Revista Geociências UNESP Rio Claro (SP)**, v.29 (3): p. 401-411. 2010b.
- CUTRIM, A.O.; DIAS, F.S. Estimativa de profundidade e espessura de unidades geológicas da bacia do Paraná, usando sondagem elétrica vertical, no município de Poxoréo (MT). **Revista Geociências, UNESP**, v. 33, n.3, p.393-402. 2014.
- CUTRIM, A.O.; RUIZ, A.S.; LIPORONI, L.M.; MEDEIROS, F.A.; BARROSO, U.C.; NASCIMENTO A.L. Sondagem elétrica vertical aplicada em pesquisa hidrogeológica na Bacia do Parecis, MT. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 25, n. 2, p.131-140. 2007.
- FISTAROL, P.H.B.; BRANDOLFF, R.S.; SANTOS, J.Y.G. Análise Fisiográfica da Bacia do Rio de Ondas – BA. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. CD
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. **Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies**. World Bank, GWMATE. Washington, 101p. 2002.
- OKORO, E.I; EGBOKA, B.C.E; ONWUEMESI, A.G. Evaluation of the aquifer characteristic of Nanka Sands using hydrogeological method in combination with Vertical Electrical Sounding (VES). **J. Appl. Sci. Environ. Manage**. v. 14, n. 2, p. 5 – 9. 2010.
- RAIMI, J.; ABDULKARIM, M.S.; HAMIDU; ARABI, A. S. 2011. Application of Schlumberger Vertical Electrical Sounding for Determination of Suitable Sites for Construction of Boreholes for Irrigation Scheme within a Basement Complex. **International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering**, v. 2, no. 6, p. 81-84.
- SPIGOLON A.L.D.; ALVARENGA C.J.S. de. Fácies e elementos arquiteturais resultantes de mudanças climáticas em um ambiente desértico: Grupo Urucuia (Neocretáceo), Bacia Sanfranciscana. **Revista Brasileira de Geociências**, 32(4): 579-586. 2002.
- TIKHONOV, A.N. & ARSEININ, V.Y. 1977. **Solutions of ill-posed problems**. Winston & Sons, New York, 349p.

Submetido em 18 de agosto de 2018

Aceito em 22 de janeiro de 2020