

## Uso de métodos geofísicos elétricos e eletromagnéticos na área da Lagoa Vermelha, Araruama, RJ

Cayo Fonseca Machado Silva<sup>1</sup>, Deborah Sousa Vidal<sup>1</sup>, Diego de Castro Rodrigues<sup>1</sup>, Gabriela Esteves Alves<sup>1</sup>, Ian Muzy Camarão Peixoto<sup>1</sup>, Israeli Rodrigo Mathias dos Santos<sup>1</sup>, Raisal Cristina Rodrigues Alves<sup>1</sup>, Paulo Buarque de Macedo Guimarães<sup>1</sup>. Universidade Federal Fluminense

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

### Abstract

Vermelha lagoon is located in the East Region of Rio de Janeiro, also known as Região dos Lagos. It was originated by a typical sedimentary evolution of the Fluminense North coast, being formed by marine sedimentary depositional processes. The present work aims to identify sedimentary structures in the lagoon area within the coordinates 22° 55' 3,2''S e 42° 22' 6,5''O using electrical geophysical methods and the comparison of their different responses in this environment. The results revealed that the eletromagnetic method presented inconclusive results in comparison to the GPR and resistivity methods, which proved to be very efficient in relation to the survey carried out by Prado (2016) in the region.

### 1. Introdução



A região em estudo corresponde a um sistema de planícies costeiras, desenvolvidas entre as baías de Sepetiba, na porção sul até Cabo Frio no norte do Estado, orientadas preferencialmente na direção Leste-Oeste (Turcq et al., 1999). Nesta região, foram realizadas aquisições usando métodos eletromagnéticos (Dipolos Horizontal e Vertical – DH e DV, respectivamente), eletrorresistividade (Sondagens elétricas verticais – SEV's) e Radar de Penetração do Solo (GPR), com cada método seguindo suas especificações e seus devidos equipamentos. Tais métodos, caso bem executados, podem ser utilizados como um meio para obter informações importantes sobre a geologia do local. Uma das aplicações mais comuns dos métodos elétricos e eletromagnéticos é a de identificar a profundidade de lençóis freáticos para perfuração de poços artesianos, devido ao alto contraste de resistividade associado com a presença de água.

O estudo em questão visa descrever a variabilidade das propriedades elétricas citadas para uma melhor compreensão da barreira arenosa que separa a Lagoa Vermelha do Oceano Atlântico e possibilitar, também, a elaboração de modelos geológicos plausíveis. Para tal objetivo, foram empregados dados de levantamentos perpendiculares à linha de costa (GPR, DH), paralelas à mesma (GPR) e de levantamentos pontuais (SEV's), além de informações de sondagens referentes à área em foco.

### 2. Métodos

#### 2.1. Eletromagnético

Foi utilizado o sistema EM 34-3 que é um método indutivo e possui três espaçamentos entre bobinas de 10, 20 e 40 metros, para fornecer profundidades variáveis de exploração abaixo de 60 metros. Com três espaçamentos e modos de dipolo horizontal (DH) e vertical (DV) em cada espaçamento, podem ser obtidas sondagens elétricas verticais (Figura 2). O sistema opera nas frequências de 6.4kHz em 10 metros de espaçamento, 1.6 kHz em 20 metros e 0.4kHz em 40 metros.



Figura 2 - Realização do EM 34-3 no campo. (Foto: Israeli Rodrigo, 2016)

## 2.2. Eletroresistividade

O equipamento básico compreende de um resistivímetro GEOTEST RD-300A, dois carretéis para 500 m de cabo #16 AWG, sete eletrodos de aço inoxidável e um cabo conector para a bateria de 12 volts e 36 ampere-hora do tipo usado em pequenos automóveis.

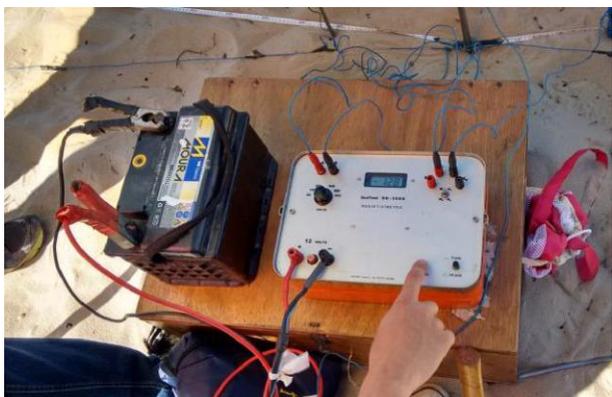


Figura 3 - Equipamento GEOTEST RD-300 A, mostrando especificamente o resistivímetro. (Foto: Israeli Rodrigo, 2016)

## 2.3. GPR

Os equipamentos utilizados para a aquisição das linhas GPR foram o módulo SIR-3000 com antena e roda disparadora, todos da GSSI™ (Geophysical Survey Systems, Inc.). Foi empregada na investigação uma antena blindada com 200 MHz de frequência. O software utilizado no processamento foi o Radan 6.6, também da GSSI™.

No modo *Common-offset-continuous*, conectam-se o módulo e a roda disparadora à antena, arrastando-a manualmente na faixa de interesse. Foram aquiritadas cinco linhas, sendo três paralelas à costa e duas perpendiculares fazendo amarração com as anteriores.



Figura 4 - Antena de 200 MHz e roda conectadas. (Foto: Israeli Rodrigo)

## 3. Discussão dos resultados

### 3.1. Levantamento eletromagnético

Neste levantamento foram realizadas um total de 3 linhas, compostas pelos levantamentos EM\_A 3 e EM\_B 5 (linha L2), EM\_B 3 e 2 (linha L1) e EMA 4 e 5 (linha L3).

A estratégia inicial adotada tinha por objetivo plotar as medidas de mesma profundidade das linhas paralelas para identificar uma tendência entre elas. Segue abaixo os gráficos gerados a partir dos dados obtidos a partir dos dipolos vertical e horizontal em diferentes metragens.

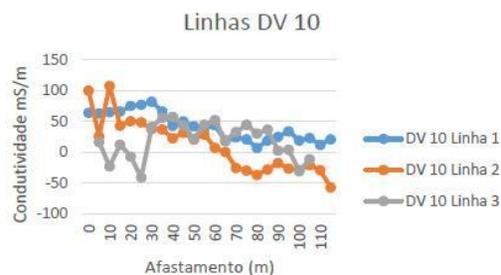


Figura 5 - Compilação das linhas DV de 10 metros.



Figura 6 - Compilação das linhas DH de 10 metros.



Figura 7 - Compilação das linhas DV de 20 metros.

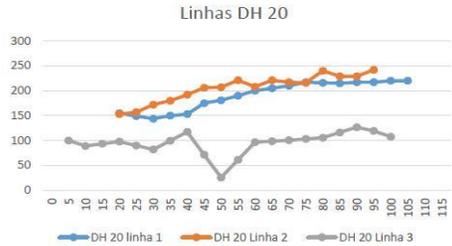


Figura 8 - Compilação das linhas DH de 20 metros.

Observando os gráficos acima, constata-se que as linhas obtidas por dipolos horizontais (figuras 6 e 8) apresentam maior constância e seguem certa tendência, talvez seguindo a topografia da região. Ambos mostram uma elevação progressiva da condutividade seguindo do sentido da praia para a lagoa. Os gráficos do dipolo vertical (figuras 5 e 7) demonstram leve tendência, embora com aspecto mais caótico, não sendo possível extrair maiores informações.

Foram também feitas comparações utilizando as linhas 1, 2 e 3 entre dipolos horizontais e verticais de 20M e 10M, respectivamente, devido às suas mesmas correlações em profundidades. Em um levantamento ideal, as linhas relativas aos dipolos horizontais e verticais de 20 e 10 metros apresentariam uma boa correlação. Como é possível observar, isto não ocorre nessa primeira observação.

### 3.2. Sondagens elétricas verticais – Resistivímetro GEOTEST RD-300A

O segundo método utilizado foi o resistivímetro. Neste, foram efetuados três levantamentos, um com arranjo máximo de 200 metros próximo à Praia do Dentinho, em Araruama; outro próximo à Lagoa Vermelha, sendo realizado com arranjo máximo de 40 metros cada; e uma SEV intermediária entre as outras duas, com arranjo de 40m.



Figura 9 - Localização das sondagens elétricas verticais SEV. Os círculos fechados brancos mostram a sondagem com profundidade de 0,25 m até a lâmina d'água e o poço artesiano de 1,8 m até a água salgada (modificado de Google Earth).

Para plotar e ajustar os dados para os modelos das SEVs (figura 9), foi utilizado o programa Dcel (figuras 10 a 12):

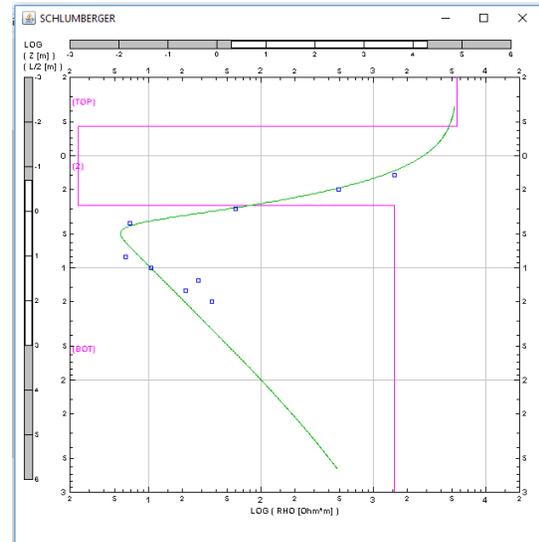


Figura 10 - Sondagem elétrica vertical SEV com arranjo máximo de 40 metros realizada na Lagoa Vermelha, em Araruama.



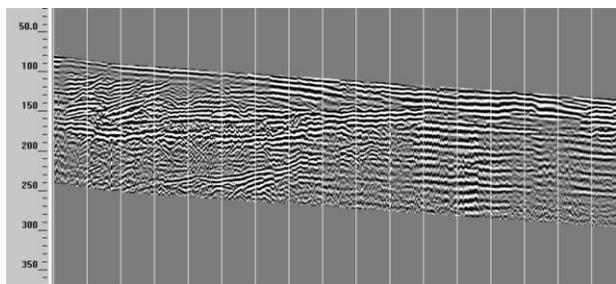


Figura 14 - Linha GPR1, perpendicular à costa no sentido praia-lagoa. Eixo vertical em nanosegundos.

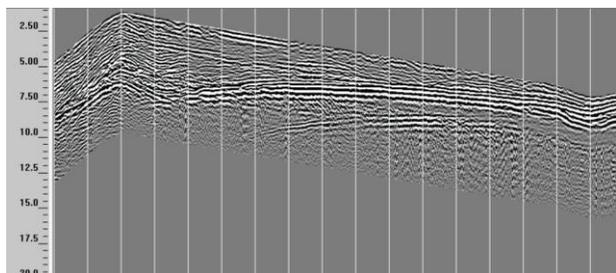


Figura 15 - Linha GPR4, perpendicular à costa no sentido praia-lagoa. Eixo vertical em metros.

#### 4. Conclusões

Os dados obtidos a partir do levantamento eletromagnético não foram capazes de mostrar informações relevantes sobre a geologia de subsuperfície da área.

Algumas correlações entre os dados obtidos em profundidades semelhantes foram identificadas. Mas para a melhoria dos mesmos, seria desejável realizar correções aplicáveis a levantamentos eletromagnéticos para recuperação dos dados e uma possível interpretação.

Os dados de sondagem elétrica vertical adquiridos foram extremamente satisfatórios, uma vez que reiteraram dados obtidos por sondagem feita por Prado (2016). É importante salientar que dados ainda mais precisos seriam obtidos caso alguns procedimentos para diminuir a resistência de contato entre os eletrodos tivessem sido empregados, os quais não foram realizados devido às questões logísticas de campo.

Sendo assim, não foi possível verificar uma boa correspondência para uma mesma profundidade entre os valores obtidos através dos dois métodos. Isso pode resultar de erros de medição e incertezas inerentes ao próprio método. No entanto, os dados da sondagem elétrica vertical servem como um adendo aos anteriores, uma vez que se soma a sondagem já existente e mostra a eficiência da aplicação do resistivímetro no local.

Quanto ao resultado do GPR, como foi mostrado anteriormente na figura 13, foi possível verificar através das imagens pós-processamento que a tendência do método nesta área é possuir áreas de atenuação de sinal

mais próximas à lagoa, que limite sua penetração em no máximo 3,5 m, as áreas próximas a berma a tendência do sinal GPR e de aproximadamente 8 m de profundidade. Foi notada através deste método a existência do que acreditamos ser dois lençóis freáticos pois os mesmo tendem a acompanhar a topografia da área. Os lençóis freáticos tem profundidade de 2,5 m na área próxima da lagoa e 8 m próximos à praia. Esses resultados estão de acordo com os levantamentos elétricos e eletromagnéticos.

De acordo com PRADO (2016) que realizou a sondagem na área de estudo, a fácies A1, formada por areias médias e grossas de cor cinza e ricas em conchas, encontra-se exclusivamente no topo do testemunho, entre 0,50 e 7,70 m. Ela também caracteriza a fácies A2, formada por areias e arenitos friáveis, orgânicos de cor marrom distribuído entre o intervalo de 8,00 a 19,55 m.

A figura 16 engloba os dados dos métodos indiretos de SEV e GPR com o método direto da sondagem. É possível perceber uma correlação com esses três métodos, sendo que um ratifica o resultado do outro.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof<sup>o</sup> Paulo Buarque de Macedo na orientação para o melhor emprego dos métodos eletromagnético e de eletrorresistividade na disciplina de Métodos Elétricos de 2016 da Universidade Federal Fluminense assim como também agradecem aos integrantes do Grupo B da mesma turma pela disponibilização de seus dados da SEV mais próxima à lagoa. Além disso, agradecemos ao Observatório Nacional pelo empréstimo dos equipamentos para a realização dos métodos eletromagnético e de eletrorresistividade e, ao LAGEF-UFF que emprestou os equipamentos necessários para a realização do método GPR. Por fim, agradecemos à Tatiana de Paula Martins do Prado pela disponibilização dos dados de sondagem da área de Lagoa Vermelha.

#### 6. Referências bibliográficas

- GEONICS LIMITED, (1998) EM34-3 & EM34-3XL Operating Instructions. p 1-23.
- GEOPHYSICAL SURVEY SYSTEMS, INC (2009) RADAN Manual. p. 1-215.
- GEOTEST, Manual do Resistivímetro, RD-300<sup>a</sup>. p. 1-19.
- KEAREY P, BROOKS M & HILL I. 2009. Geofísica de Exploração. São Paulo, 1: p 438.
- NEAL, A. (2009) Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. p. 308-320.

PRADO T.P.M. 2016. Caracterização de fácies e interpretação paleoambiental em um testemunho de sondagem na Lagoa Vermelha, planície costeira de Araruama (Região dos Lagos), Rio de Janeiro. p. 32-60.

TURCQ B, MARTIN L, FLEXOR JM, SUGUIO K, PIERRE C & TASAYACO-ORTEGA L. 1999. Origin and evolution of the quaternary coastal plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. Environmental Geochemistry of Coastal Lagoon Systems. Rio de Janeiro, 6: p. 25-46.

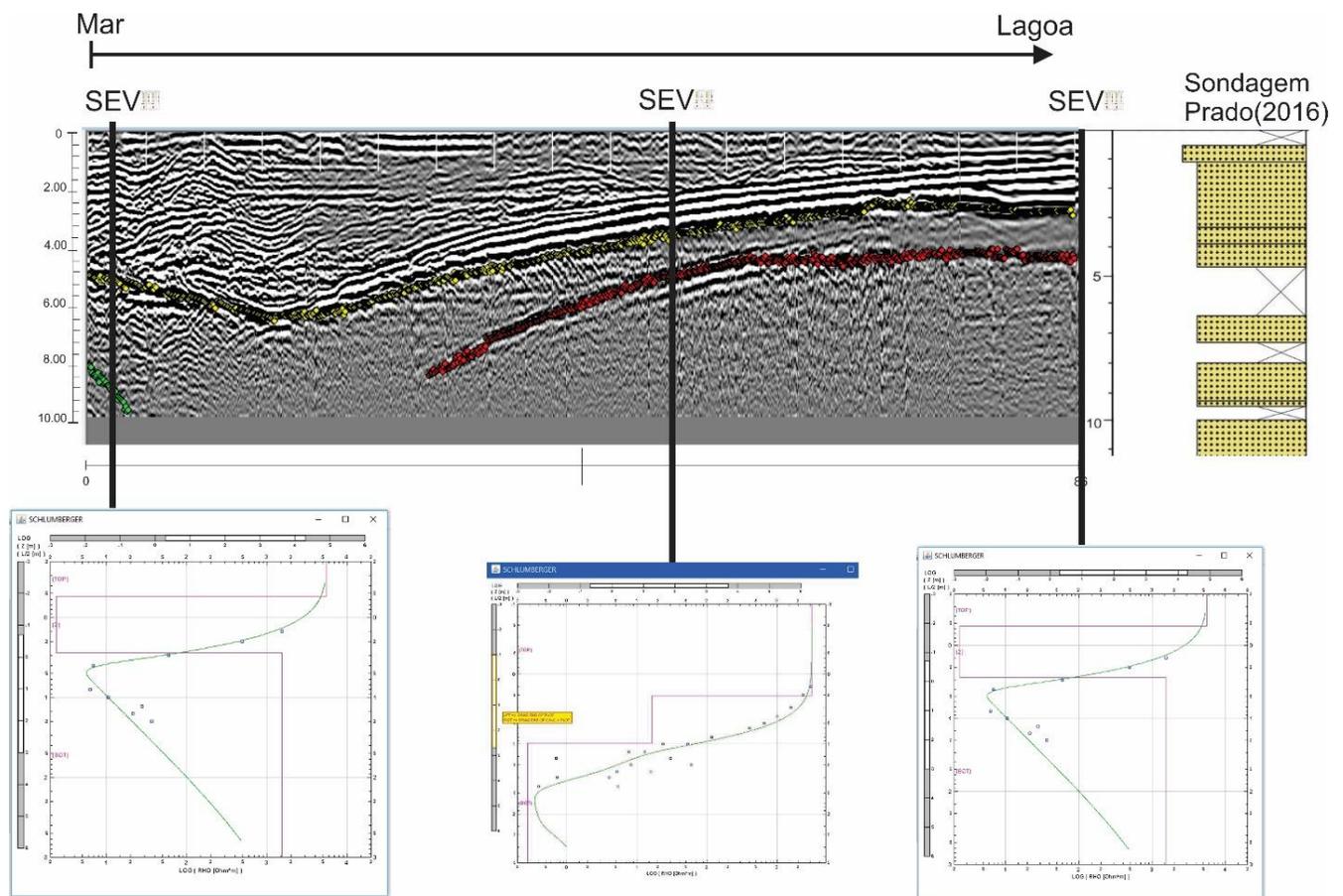


Figura 16 - Dados dos métodos indiretos de SEV e GPR linha 04, com o método direto da sondagem adaptado de Prado (2016)