

# O MÉTODO GEOFÍSICO DA RESISTIVIDADE ELÉTRICA NO ESTUDO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Daniela Govoni Sotelo<sup>1,2</sup>, Julio César Gall Pires<sup>1,2</sup>, Gabriela Borges Soares<sup>1,2</sup>, Giovanna Ramos Garcez<sup>1,2</sup>, Vanessa da Conceição Osório<sup>1</sup>, Heldiane Souza dos Santos<sup>1</sup>, Adolpho Herbert Augustin<sup>1</sup>; Cássio Stein Moura<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto do Petróleo e dos Recursos Naturais, PUCRS, Porto Alegre (RS), danigovoni@gmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, PUCRS, Porto Alegre (RS)

**Palavras-Chave** – Águas subterrâneas, métodos da eletrorresistividade, poços.

## INTRODUÇÃO

As alterações climáticas e o crescimento vertiginoso da demanda por água intensificam a pressão sobre os recursos hídricos disponíveis no planeta e estão aumentando a probabilidade de eventos extremos, tais como as secas (PNUD, 2011; WWDR4, 2012). O Estado do Rio Grande do Sul (RS), cuja economia é baseada em atividades agroindustriais, tem sofrido danos severos devido às estiagens prolongadas. Em 2012, quando a pior seca dos últimos 60 anos atingiu o estado, 145 municípios declararam estado de emergência (Agência Brasil, 2012). Alterações no padrão das chuvas resultam em quebra de safras e diminuição na produção, tendo como consequência crise econômica e desemprego. De acordo com estudo recente (UFSC, 2016), entre 1995 e 2014, o Brasil perdeu R\$ 182,8 bilhões com desastres naturais.

Uma maneira prática para investigar estruturas geológicas com potencial de armazenamento hídrico é a sondagem de poços. Porém, além do custo elevado, essa técnica deixa portas abertas para contaminantes, uma vez que camadas confinantes são rompidas na investigação. Nesse contexto destaca-se o método geofísico da eletrorresistividade, por não ser invasivo.

Os diferentes tipos de materiais geológicos encontrados em subsuperfície têm como uma de suas propriedades características a resistividade elétrica, que apresenta uma faixa de variação bastante extensa: rochas ígneas, por exemplo, apresentam resistividades mais elevadas, enquanto que solos formados predominantemente por areia e argila são mais condutivos, ou seja, menos resistivos. Portanto, o método da eletrorresistividade (ER) serve para identificar esses materiais através do estudo do potencial elétrico nos campos elétricos naturais, já presentes na crosta terrestre, e também no potencial elétrico dos campos induzidos de maneira artificial. Assim, a configuração usual em campo para execução do método da ER consiste em acoplar no solo quatro eletrodos ao longo de uma linha reta, denominados A, B, M e N. O par de eletrodos AB é utilizado para injetar a corrente elétrica no subsolo, enquanto o par MN serve para mensurar a diferença de potencial gerada entre eles, como resultado da passagem da corrente. Diversos arranjos de desenvolvimento de campo podem ser adotados, conforme a complexidade e objetivo do levantamento. Esses procedimentos dizem respeito à disposição dos eletrodos e conferem grande versatilidade ao método.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Levantamento geofísico foi executado no município de Agudo/RS, inserido na Região da Quarta Colônia. Os municípios da área de estudo estão inseridos no limite meridional da Bacia do Paraná, constituída por rochas sedimentares e vulcânicas. Apresentam uma grande diversidade de relevo e de litologias, que são os principais responsáveis pela variedade e distribuição dos solos, predominantemente profundos nas porções planas em baixas e altas altitudes, com textura argilo-arenosos, com significativo material ligante. A região possui um grande potencial hidrológico porque está posicionado na faixa de transição geomorfológica. Isso possibilita a ocorrência de um grande número de surgências, geralmente associado a litologia de arenito. (SCHIRMER, 2012). Agudo faz parte da zona de recarga do Sistema

Aquífero Guarani, destaca-se pela economia baseada na plantação de fumo e apresenta um pequeno conglomerado urbano, características que resultam na grande necessidade de água e elevada vulnerabilidade dos recursos hídricos subterrâneos.

Para analisar a região a partir de mapeamentos estratigráficos foi aplicado o métodos da eletrorresistividade. Utilizou-se o arranjo dipolo-dipolo, em que o espaçamento “a” entre os eletrodos de corrente (AB) é igual ao espaçamento entre os eletrodos de potencial (MN). A profundidade de investigação cresce à medida que o par MN é deslocado ao longo da linha de investigação. O valor de resistividade elétrica aparente é medido em um ponto da subsuperfície situado na intersecção das retas que partem num ângulo de 45° do centro dos dipolos, ou seja, localiza-se no ponto médio entre eles. O arranjo dipolo-dipolo é considerado um dos mais tradicionais, importantes e precisos dentro das investigações geoeletricas. Apresenta como principal vantagem uma boa resolução horizontal. Isso significa que seu padrão de contorno é quase-vertical, ou seja, é mais sensível a mudanças horizontais de resistividade, o que torna a configuração adequada para mapear estruturas verticais (Consortio Guarani). O método da eletrorresistividade foi aplicado em uma linha de investigação de 100 metros de comprimento. O espaçamento mínimo dos eletrodos foi de 5 metros. As medidas de tensão e corrente foram obtidas com um eletrorresistivímetro de dois canais Xtal Control (Autoenergia). Após a aquisição dos dados em campo, os mesmos foram processados com auxílio do *software* Res2Dinv®, que emprega o método dos mínimos quadrados para obter modelos por inversão (LOKE, 1999).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A inversão dos dados obtidos pelo método da eletrorresistividade é mostrada na Figura 1.

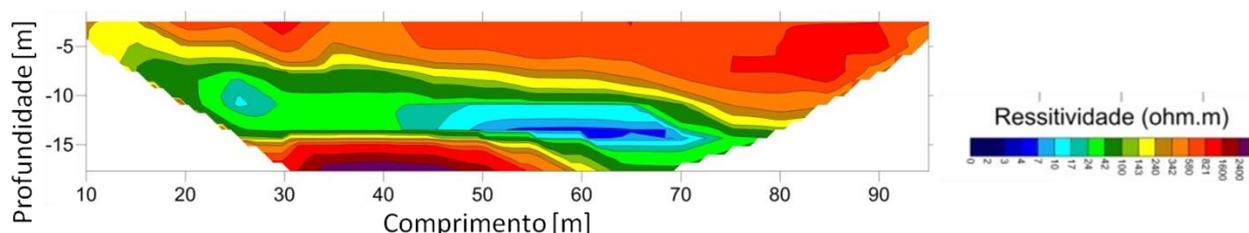


Figura 1 – Mapeamento geofísico empregando-se o método da eletrorresistividade

A Figura 1 representa, de modo qualitativo, a distribuição espacial das resistividades elétricas aparentes em subsuperfície e admite a interpretação geofísica descrita a seguir. Até aproximadamente 5 metros de profundidade, observa-se a presença de zonas de resistividade relativamente mais altas, indicando um solo predominantemente argiloso. Em regiões um pouco mais profundas, entre 6 e 15 metros de profundidade, são apresentados valores relativamente menores de resistividade, que possivelmente correspondem à presença de água em subsuperfície. Nas camadas inferiores, entre cerca de 30 e 50 metros de comprimento, são encontradas zonas cuja resistividade é ainda mais elevada, sugerindo a presença de rocha sedimentar arenítica.

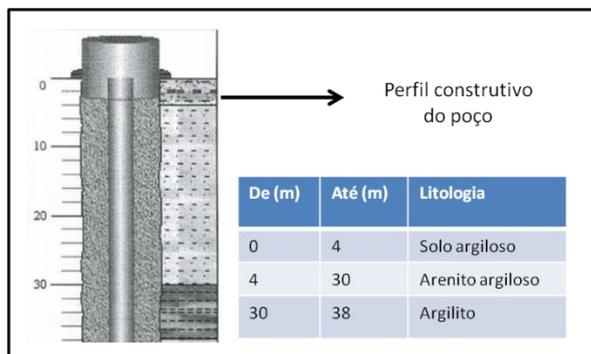


Figura 2 – Perfil construtivo e descrição da litologia do poço (SIAGAS/CPRM, 2018)

O perfil construtivo de poço próximo à localidade corrobora com os dados encontrados no mapeamento de resistividade elétrica, conforme a mostra a Figura 2, que também apresenta uma descrição da litologia encontrada de acordo com a profundidade. De 0 a 4 metros de profundidade, tem-se solo argiloso. De 4 a 30 metros identificou-se arenito argiloso.

## CONCLUSÃO

O método da eletrorresistividade revelou camadas geológicas, de acordo com as diferentes faixas de resistividade elétrica. Na superfície tem-se um solo argiloso. O local possui um manto de intemperismo relativamente raso. Em seguida, o aumento da condutividade elétrica sugere a presença de água. Em profundidades maiores, detectou-se a presença possivelmente de arenito. Acredita-se que essa última camada tenha potencial para armazenar água. Essa característica permite a recarga do reservatório, mas deixa evidente sua vulnerabilidade a contaminantes externos.

As informações geofísicas obtidas (Figura 1) foram comparadas com os dados do perfil construtivo do poço (Figura 2) localizado no município de Agudo, perfurado próximo à área onde os dados foram adquiridos. Assim, realizou-se uma calibração, e a metodologia empregada mostrou-se adequada para estudar estruturas geológicas rasas. Isso permitirá incluir no estudo regiões do estado do RS onde não há poços perfurados. Assim, pretende-se descrever processos hidráulicos relacionados ao fluxo de águas subterrâneas e obter informações que auxiliem no desenvolvimento de métodos voltados para a prevenção e mitigação da seca.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pelo apoio financeiro; à EMATER-RS e à CORSAN.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA BRASIL (2012). Após maior seca dos últimos 60 anos, Rio Grande do Sul tem previsão de chuva nos próximos dias. Disponível em: <http://memoria.etc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-05-30/apos-maior-seca-dos-ultimos-60-anos-rio-grande-do-sul-tem-previsao-de-chuva-nos-proximos-dias>. Acesso em out 2015.

Consórcio Guarani: Tahal Consulting Engineers Ltd., Seinco S.R.L., Hidroestructuras S.A., Hidrocontrol S.A., Hidroambiente S.A. Técnicas Geofísicas Terrestres Aplicáveis ao Estudo no Sistema Aquífero Guarani (SAG) e Guia Básico de Dados Regionais. 278 pp.

LOKE, M.H. (1999). Electrical imaging surveys for environmental and engineering studies. A practical guide to 2-D and 3-D surveys.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (2011). Relatório do Desenvolvimento Humano de 2011: **Sustentabilidade e Equidade: Um Futuro Melhor para Todos**. Disponível em: [http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr\\_2011\\_pt\\_complete.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2011_pt_complete.pdf). Acesso em 20 fev 2017.

SCHIRMER, G. J. (2012). Mapeamento geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Faxinal do Soturno, Nova Palma e Pinhal Grande – RS. Dissertação de mestrado. 156 p. Centro de Ciências Naturais e Exatas. Departamento de Geociências. Universidade Federal de Santa Maria - Rio Grande do Sul.

Serviço Geológico do Brasil. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>. Acesso em: out 2017

United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk (Vol. 1) (2012). Disponível em: [unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215644e.pdf). Acesso em 14 fev 2017.

Universidade Federal de Santa Catarina (2016). Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Relatório de danos materiais e prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil: 1995 – 2014**. Florianópolis: CEPED UFSC, 230 p.