



## Aqüífero Urucuia: uma avaliação hidrogeológica integrando resistividade e polarização induzida no domínio do tempo.

Vicente Amorim Junior, Olivar A. L. de Lima, CPGG/UFBA.

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8<sup>th</sup> International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents 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

This work aims to define the structural geometry and the lithologic variability within the Urucuia Aquifer, in the Rio das Fêmeas sub-basin, Bahia state. A total of 80 Schlumberger vertical electric soundings (SEV's) of resistivity and time domain induced polarization (IP), has been performed. Within this sub-basin to a maximum electrode spacing AB/2 of 1000 m. Synthesis maps were constructed, such as, the depth to the aquifer substratum, the depth to the phreatic surface, the log ( $\bar{\rho}$ ) function (the weighed mean aquifer resistivity), and the  $m_s$  function (mean aquifer polarizability). The aquifer consists of sandy layers of variable resistivities overlaying a more conductive regional substratum dominated by argillaceous lithologies. The high values of  $\bar{\rho}$  and  $m_s$ , in the aquiferous layer indicates that the Urucuia Formation is characterized by the dominance of sandstones containing disseminated clay, but saturated with very fresh water. The reservoir thins from west to east, varying from approximately 400 m of thickness at the edge of the mountain range, to less than 100 m in the middle of São Desidério County. The groundwater flow is also directed from west to east, except in the zone near the Serra Geral scarp where it is reversed. The combined interpretation of IP- resistivity data was useful to best define the static water level and to reduce the ambiguities in the geoelectric interpretation.

### Introdução

O Chapadão do Urucuia na Bahia representa um dos maiores reservatórios de água subterrânea potável do Estado, ocupando uma área de, aproximadamente, 80000 km<sup>2</sup>. A sub-bacia do Rio das Fêmeas é integrante da Bacia do Rio Grande, estando situada no setor oeste do cráton São Francisco (Figura 1) entre as coordenadas 12°20' e 13°10' S, e 45°00' e 46°20' W. Ocupa uma área de cerca de 6300 km<sup>2</sup> na forma de um extenso planalto do Município de São Desidério. Embora de há muito reconhecido como excelente aqüífero, o Chapadão Urucuia carece de estudos avaliativos satisfatórios para dimensionar suas reservas exploráveis de água e características hidráulicas para otimizar sua exploração. Apesar disso, toda essa área do oeste são Franciscano encontra-se em franco desenvolvimento, constituindo uma das áreas de maior crescimento econômico do estado. Nela já foram instalados, nos últimos anos,

numerosos empreendimentos agro-industriais que envolvem elevados consumos de água.

Em 1998, iniciou-se um programa de cooperação técnico-científico entre a Superintendência de Recursos Hídricos da Bahia (SRH-BA) e o Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia da Universidade Federal da Bahia (CPGG-UFBA), a fim de produzir informações capazes de contribuir na caracterização hidrogeológica do aqüífero Urucuia. Esse trabalho se enquadra nos objetivos desse programa, e foi executado visando a caracterização hidrogeológica da sub-bacia do Rio das Fêmeas, que integra a bacia do Rio Grande, no oeste do Estado da Bahia, representando 42% do Município de São Desidério (Figura 1).

O aqüífero Urucuia é caracterizado estratigraficamente pelo Grupo Urucuia, composto por pacotes arenosos de resistividades variáveis que se sobrepõem a um substrato regional bem mais condutivo, dominado por litologias argilosas. Subjacentes a estes sedimentos ocorrem os calcários e argilitos do grupo Bambuí.

### Métodos e Procedimentos

A condução elétrica das rochas é basicamente determinada pelo conteúdo e salinidade de seu eletrólito, pelo volume e conectividade de seus espaços vazios e pela proporção de minerais portadores de condutividade superficial dispersos na sua matriz de sólidos. Por isso, os métodos elétricos têm obtido amplo sucesso na hidrogeologia e em estudos de poluição subterrânea (Ward, 1990).

Efeitos de polarização elétrica induzida em rochas sedimentares resultam principalmente de gradientes de concentração de cargas desenvolvidos nos canais porosos, por ação do fenômeno de filtração de membrana. Normalmente, partículas de minerais de argila capeando paredes e gargantas dos poros atuam como membranas filtradoras de ânions. Portanto, o uso combinado de resistividade e polarização induzida torna-se adequado para definir a geometria e a argilosidade de aqüíferos, bem como para estimar variabilidades em suas porosidade e permeabilidade e na qualidade da água armazenada (Loeb, 1976; Lima e Sri Niwas, 2000).

Foram executadas 80 sondagens elétricas de resistividade e polarizabilidade usando o arranjo Schlumberger de eletrodos e o equipamento SYSCAL R-2 do CPGG/UFBA. Os centros das sondagens localizam-se ao longo de rodovias principais e secundárias da área de modo a cobrir proporcionalmente a extensão areal estudada e permitir a execução de duas seções geológicas transversais através do aqüífero. Essas SEV's foram quantitativamente invertidas usando procedimentos convencionais e softwares de domínio público disponíveis no CPGG/UFBA.

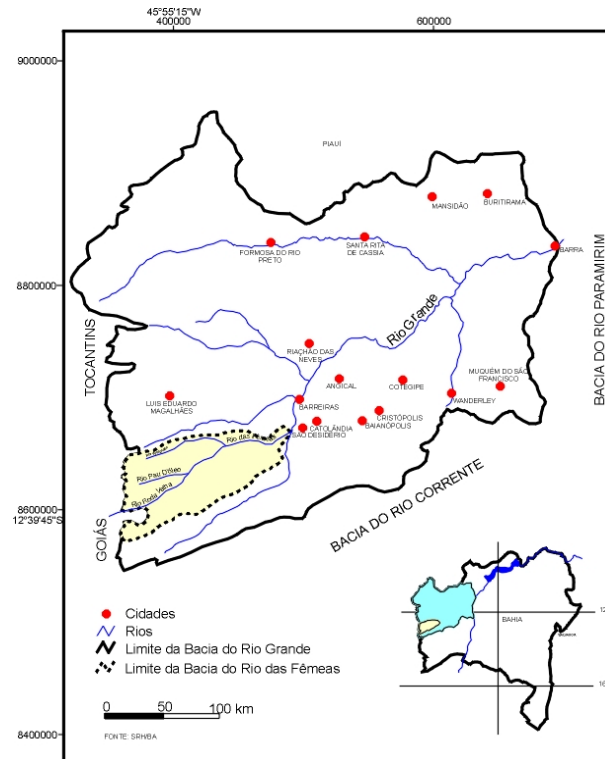


Figura 1 – Localização Regional da área de estudo.

## Resultados Obtidos

A partir dos resultados das inversões das funções  $\rho_a$  e  $m_a$ , foram confeccionados: i) dois perfis geoeletricos transversais; ii) um mapa da profundidade da superfície freática e um da profundidade da base do aquífero; iii) um mapa da função  $\log(\bar{\rho})$  (resistividade média ponderada da camada saturada), e um da função  $m_s$  (polarizabilidade da zona saturada). Os dois últimos podem ser usados para caracterizar tanto variações de salinidade da água subterrânea, quanto a argilosidade na matriz dos arenitos.

Na Figura 4 estão representados os centros das SEV's e também a disposição dos perfis geoeletricos citados acima. No Perfil 1 (Figura 2), no trecho da SEV-21 à SEV-27, a profundidade do nível estático do aquífero situa-se numa média de 60 metros, enquanto que da SEV-28 à SEV-32, esse valor diminui para 11,7 m. A resistividade da zona saturada é elevada variando de cerca de 6000 a 11600  $\Omega.m$ , enquanto a polarizabilidade varia de 5,1 a 19,1 mV/V. No Perfil 2 (Figura 3), a resistividade do aquífero varia de 8100 a 15200  $\Omega.m$ , enquanto a polarizabilidade varia de 5,1 a 49,2 mV/V.

Localmente, ocorrem valores mais elevados, que podem estar associados a uma maior silicificação do aquífero e da redução de sua porosidade. O substrato condutivo, que foi interpretado com valor de resistividade característico de 100  $\Omega.m$ , geologicamente deve corresponder aos meta-argilitos e calcários que caracterizam o grupo Bambuí, aflorante nas bordas leste e oeste da bacia estudada. Destaca-se na área, a presença de grandes desníveis nesse substrato, interpretados como falhas que podem atingir algumas dezenas a mais de 100 metros de rejeito.

A predominância de um espesso condutor na base do aquífero Urucuiá traz alguns condicionamentos quanto a sua efetiva exploração por meio de poços. Os baixos valores de resistividade podem ser devido a uma dominância de litologias argilosas ou a presença de água salgada no substrato. No último caso, isso impõe restrições quanto ao nível de bombeamento do aquífero para evitar a elevação da água salgada (Amorim Junior, 2003).

No mapa de isocontornos da profundidade do nível estático do aquífero referenciado à superfície do terreno (Figura 4), nota-se a existência de um eixo divisor de fluxo na parte ocidental da bacia. No lado SW, o nível

estático pode ultrapassar 200 m de e o fluxo se realiza no sentido oeste.

No mapa de isocontornos da profundidade do substrato condutivo do aquífero, também referenciado à superfície do terreno (Figura 5), nota-se um espessamento do aquífero a partir do extremo nordeste da bacia, onde as espessuras estimadas são menores que 100 metros, passando a mais de 400 metros no seu extremo ocidental.

Analisando conjuntamente as Figuras 6 e 7, verifica-se que os valores de  $\rho$  e  $m$  crescem das bordas para o centro da bacia num padrão consistente. Considerando o padrão de variação da salinidade da água de poços da área, pode-se inferir que esses resultados se devem a um ligeiro aumento da argilosidade nos arenitos superiores e a uma diminuição sensível na porosidade efetiva do aquífero.

### Conclusões

A correlação da eletrorresistividade e da polarização induzida utilizada na interpretação das SEV's mostrou-se bastante eficaz para a identificação da variação litológica na subsuperfície, como também para a diminuição das ambigüidades nos modelos geoeletricos estabelecidos através dos valores de  $\rho_a$  e  $m_a$ .

Devido ao contraste de valores altos de  $\rho_a$  com valores mínimos de  $m_a$  pôde ser constatada a excelente qualidade da água subterrânea na bacia estudada. Através da análise dos isocontornos exibidos nos mapas de  $\log(\bar{\rho})$  e  $m_s$ , e dos dados de  $\rho_w$ , definimos a existência de três zonas distintas de variações da salinidade: uma faixa central, aproximadamente, delimitada pela BR-020 a oeste, e o alinhamento das SEV's 14 e 53 a leste, e duas faixas laterais, dentro dos limites da bacia.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao CPGG/UFBA por ter disponibilizado toda uma infra-estrutura primordial para a

realização do trabalho, assim como à SRH-BA pelo apoio técnico, financiamento dos trabalhos de campo, e informações disponibilizadas. Ao CNPq pelas bolsas de Pós-Graduação e de Produtividade em pesquisa.

### Referências Bibliográficas

**Amorim Junior, V.**, 2003. Avaliação hidrogeológica do aquífero Uruçuia na bacia do Rio das Fêmeas usando ip-resistividade: Dissertação de Mestrado, CPGG/UFBA.

**Lima, O. A. L. e Sri Niwas**, 2000. Estimation of hydraulic parameters of shaly sandstone aquifers from geoelectrical measurements.

**Loeb, J.**, 1976. Experimental and theoretical aspects of induced polarization: macroscopic and microscopic theories. Geoprospection Monograph 7, Gebrüder borntraeger, Berlin.

**Ward, S. W. (Ed.)**, 1990. Geotechnical and Environmental Geophysics. Investigation in Geophysics 5, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa.-Oklahoma.

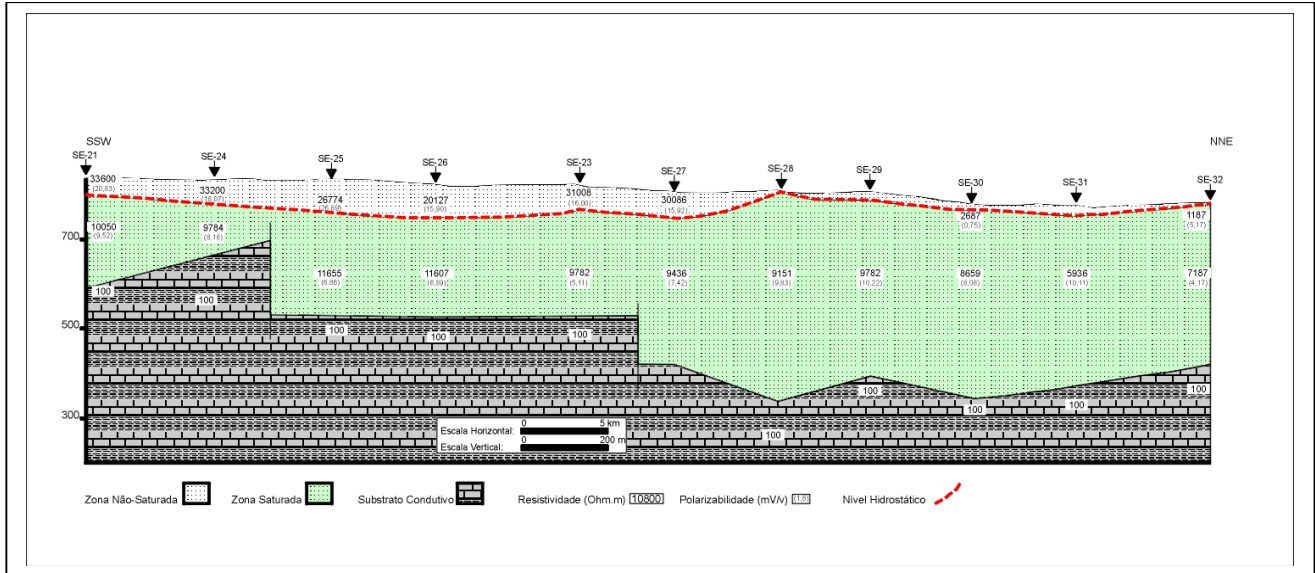


Figura 2 - Seção geológica e geolétrica transversal SSW-NNE.

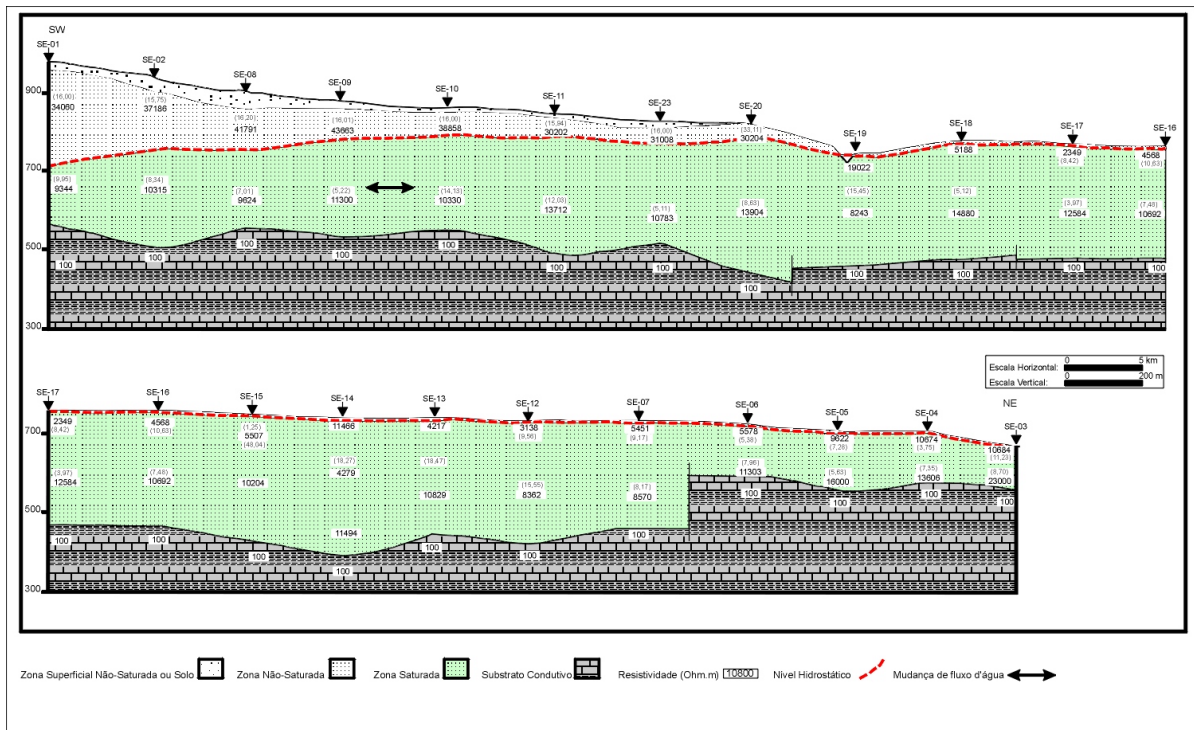


Figura 3 - Seção geológica e geolétrica transversal SW-NE.



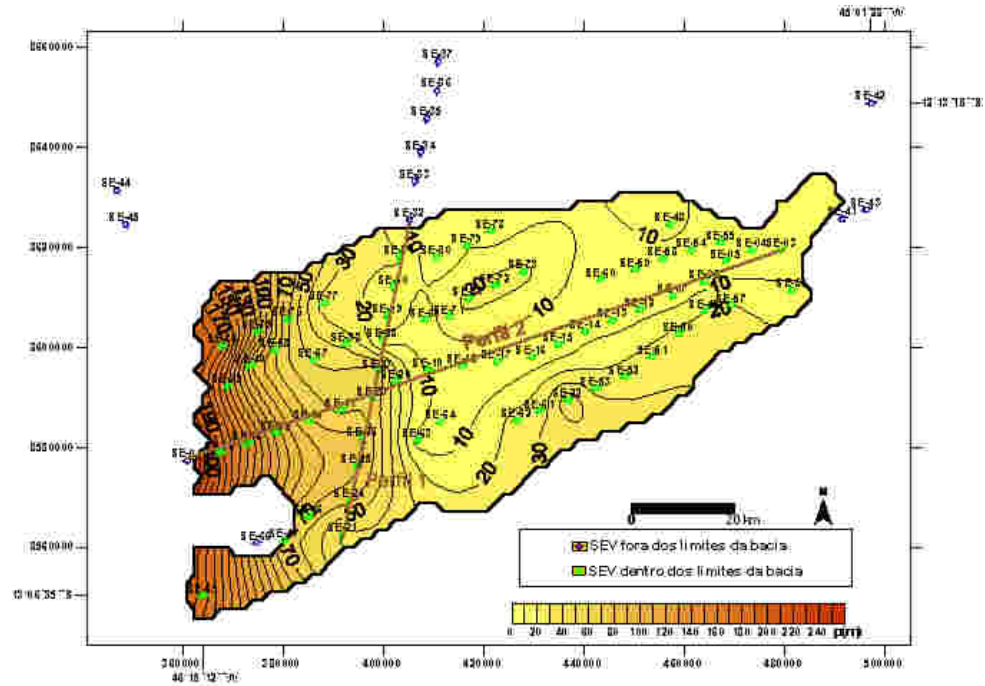


Figura 4 – Mapa de isocontornos da profundidade do nível estático do aquífero.

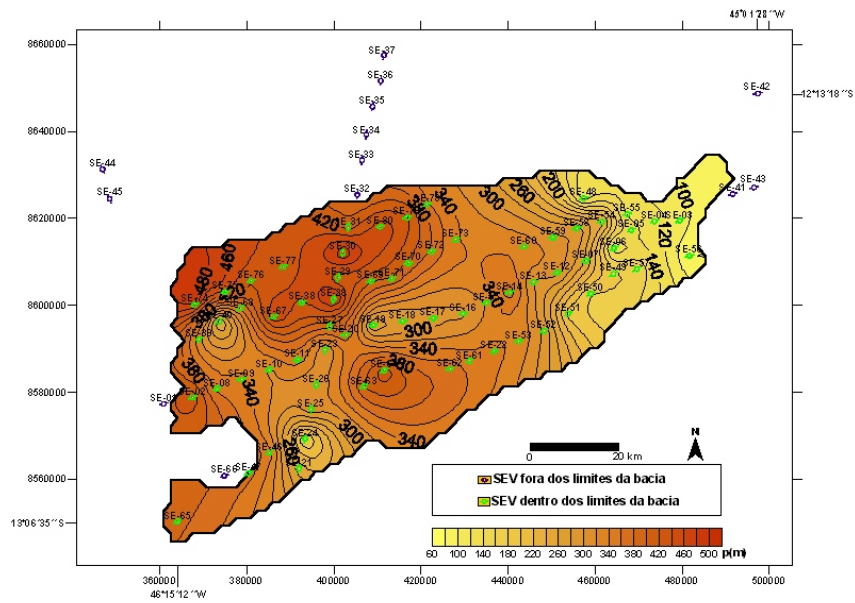


Figura 5 – Mapa de isocontornos da profundidade da topografia da base do aquífero.

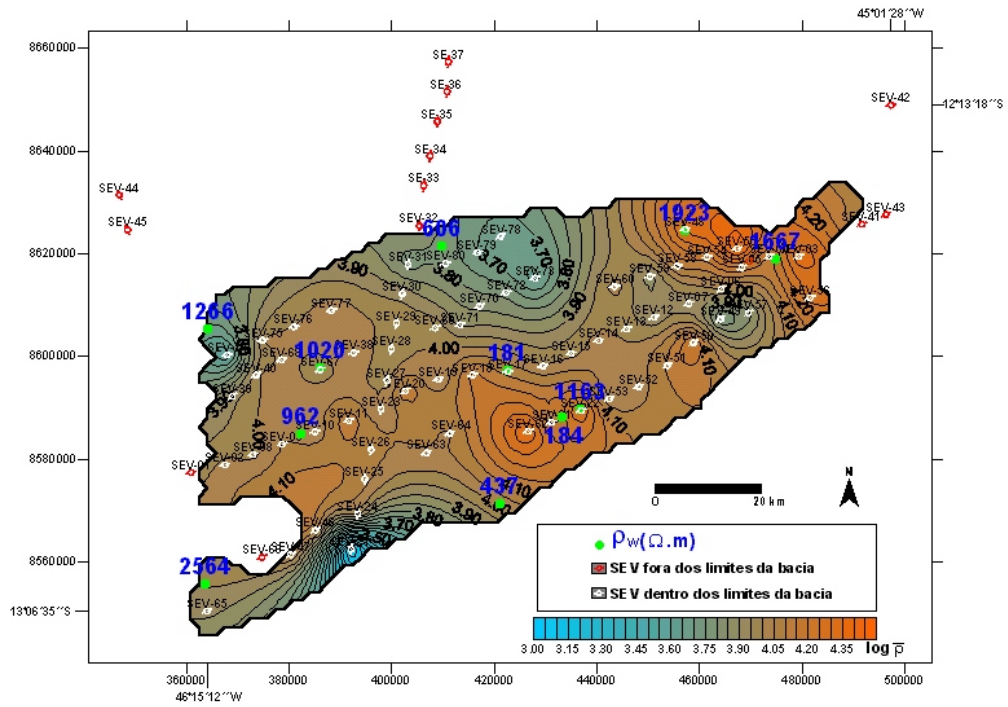


Figura 6 - Mapa de isocontornos da resistividade média ponderada da zona saturada.

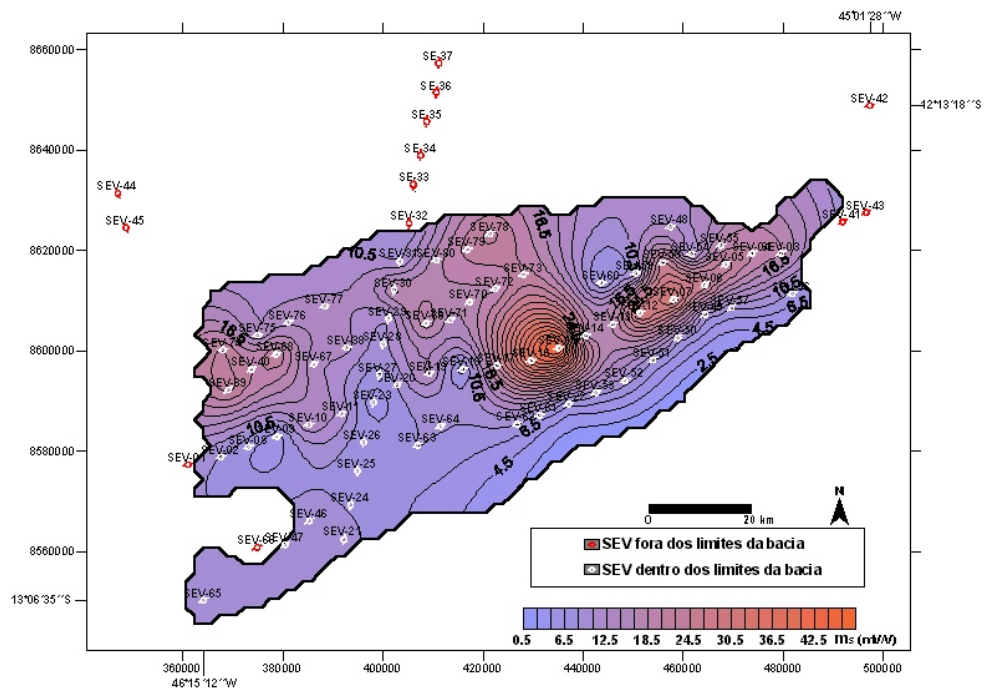


Figura 7 - Mapa de isocontornos da polarizabilidade da zona saturada.