

Aplicação de métodos eletromagnetométrico e magnetométrico levantados por helicóptero para a pesquisa de água subterrânea em rochas cristalinas fraturadas na área-piloto Samambaia, vale do rio Moxotó-PE, Brasil

Roberto Gusmão de Oliveira*, Manoel Júlio da T. G. Galvão, Cristiano de A. Amaral, CPRM – Serviço Geológico do Brasil

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th 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 8th 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

Aiming at incorporating new options for researching fractured basement aquifers in Northeastern Brazil, the PROASNE-Brasil, a Canada - Brazil groundwater project cooperation, carried out airborne geophysical surveys in three pilot areas, one in each three separated states of Pernambuco, Ceará and Rio Grande do Norte. The geophysical investigations consisted of electromagnetic data in the frequency domain and magnetic total field data surveys with the use of 30 m of height helicopter towing sensors. Aiming at integrating and comparing the results of airborne geophysical data, ground geophysical surveys were executed. In this work the results of geophysical, geological and hydrogeological data integration in the Samambaia pilot area, located in the central portion of Pernambuco state, are analysed and argued. It has dimension of 104 km² and is characterized by the wide domain of crystalline basement rocks and subordinates alluvial deposit. Based on interpretation and correlation results, it was possible to define that the prospective hydrogeological targets are electric conductive narrow lineaments with directions around N-S, which are correlated with sinistral ductile-fragile faults. This conclusion, however, does not exhaust the possibilities of researching new prospective targets resultant of the new and discerning well drilling.

Introdução

Durante as últimas décadas a aplicação de métodos geofísicos para a pesquisa de água subterrânea em aquíferos fissurais no Nordeste do Brasil tem se caracterizado pela aplicação de diferentes variações do método de eletrorresistividade. O uso de métodos eletromagnetométricos com a aplicação do VLF (*Very Low Frequency*) também já é utilizado de forma freqüente e rotineira, apesar dos problemas relacionados aos ruídos culturais e recepção do sinal. Nos últimos anos a Universidade Federal do Ceará e a CPRM-Serviço Geológico do Brasil iniciaram o uso de métodos eletromagnéticos terrestres no domínio da freqüência para medidas de condutividade elétrica aparente em baixo número de indução, com bons resultados na localização de condutores em rochas cristalinas com manto de alteração ou coberturas pouco espessas.

A novidade mais importante é o uso de métodos geofísicos aéreos implementados pelo Projeto Água

Subterrânea no Nordeste do Brasil (PROASNE-Brasil). Esse projeto é o resultado de uma cooperação entre o Canadá (*CIDA - Canadian International Development Agency*) e o Brasil (*ABC - Agência Brasileira de Cooperação*). Ele é direcionado no sentido de incorporar novas alternativas ao conhecimento acumulado ao longo de décadas de estudo da hidrogeologia das rochas cristalinas e desenvolve atividades em três áreas-piloto localizadas, respectivamente, nos Estados do Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte. Neste trabalho apresentamos os resultados obtidos com a aplicação de métodos geofísicos aéreos para a prospecção hidrogeológica em aquíferos fissurais na área-piloto de Samambaia localizada no alto vale do Rio Moxotó, sertão de Pernambuco (Figura 1).

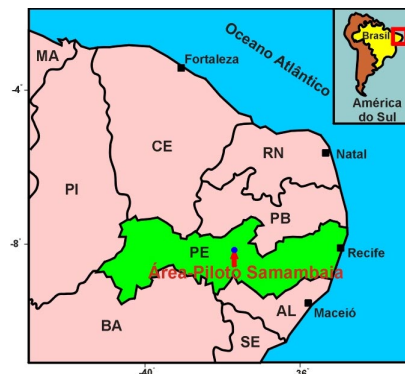


Figura 1 – Localização Geográfica da área-piloto Samambaia (Custódia-PE).

Métodos

O levantamento aerogeofísico foi executado pela LASA – Engenharia e Prospecções (LASA S/A, 2001). Os trabalhos foram realizados no período de 24/04 a 02/05/2001 em uma área de 104 km², com linhas de vôo na direção E-W, espaçadas de 100 m e linhas de controle na direção N-S, espaçadas de 500 m. Foram levantados 1.307,8 km de linhas, sendo 1.080 km de linhas de vôo e 227,8 km de linhas de controle. Foi usado um helicóptero modelo AS-350 B (Esquilo) prefixo PT-HMI, o qual voou a uma velocidade média de 100 km/h na altura constante de 60 m sobre o terreno.

No levantamento eletromagnético foi utilizado o Sistema Aerodat-DSP-99 de cinco freqüências constituído por dois pares de bobinas verticais, coaxiais, com freqüência de 935 e 4.600 Hz e três pares de bobinas horizontais, coplanares, com freqüência de 800, 4.175 e 33.000 Hz. Os pares de bobinas transmissoras/receptoras ficaram separadas por uma distância de 6,45 m. O sensor, instalado em um *bird*, foi rebocado pelo helicóptero por um cabo de 30 m. A taxa de amostragem de 0,1 s correspondeu a uma leitura a cada 4 m.

No levantamento magnetométrico foi utilizado um sensor de vapor de céso, Geometrics G-822A, com sensibilidade de 0,001 nT e taxa de amostragem de 0,1 s para medição do campo total. O sensor foi rebocado na ponta do *bird* a 30 m do helicóptero e foi orientado com base nos valores de inclinação e declinação magnética da área.

No levantamento de VLF foi utilizado o sistema VLF HERTZ TOTEM 2A, operando em duas frequências simultaneamente, na faixa de 15 a 30 KHz. A antena VLF foi instalada em um *bird* intermediário, rebocado a 15 m do helicóptero e 45 m do terreno, com uma taxa de amostragem de 0,1s. O sistema foi sintonizado com duas estações (*Ortho*, *Line*) situadas em posições favoráveis em relação à área. Esses dados não foram empregados na interpretação por causa da sua baixa qualidade e fraca definição dos alvos prospectivos.

Após o levantamento foram utilizados os procedimentos rotineiros de correção e processamento dos dados para a apresentação em mapas. Os dados magnetométricos foram processados para a retirada do IGRF e geração do sinal analítico e da redução ao pólo. Os dados eletromagnéticos, após as correções, foram transformados em condutividade elétrica aparente em mS/m calculada para cada frequência a partir das componentes em fase e quadratura, usando o modelo de pseudo-camada.

Contexto geológico-hidrogeológico

A área-piloto Samambaia está localizada dentro do perímetro do alto vale do Rio Moxotó, no Estado de Pernambuco (Figura 1). A sua escolha foi definida a partir de um diagnóstico preliminar, em que foram analisados aspectos geológicos, hidrogeológicos, geofísicos e sócio-econômicos de toda a região do alto vale do rio Moxotó. Na área Samambaia ocorre um amplo domínio de rochas pré-cambrianas pertencentes ao Complexo Sertânia (Santos *et al.*, 1999) e ocorrências subordinadas de coberturas cenozóicas e aluviões. As rochas pré-cambrianas foram subdivididas por Angelim *et al.* (2000) e Amaral (2001) (Figura 2).

Na porção sudeste predominam ortognaisses e migmatitos (**OgnMg**) indiscriminados, exibindo localmente xenólitos de metassedimentos e metamáficas anfíbolitizadas (**af**). Na porção central, cruzando a área de sudoeste para nordeste, afloram augengnaisses (**Ogn**), gnaisses bandados, tonalitos a dioritos de origem magmática (**Ognb**), localmente migmatizados e com xenólitos de metassedimentos. Serras de quartzitos (**qt**) e paragnaisses (**Pgn**) destacam-se sob a forma de cristas alinhadas contrastantes com o relevo da área, em forma de *hogbacks*. Na porção noroeste da área dominam biotita-xistos granatíferos (**Mx**), que por serem pouco resistentes ao intemperismo formaram uma cobertura eluvial e afloram esporadicamente. O cenozóico está representado pelos depósitos aluviais quaternários (**Qa**), predominantes na porção noroeste da área, ao longo do riacho Copiti, com espessuras de até 5 m.

As estruturas dúcteis correspondem a foliações e/ou bandamentos e zonas de cisalhamentos, observadas principalmente nos augengnaisses, quartzitos e

micaxistos. Predomina a direção NE-SW com mergulhos fortes 70°-80° sempre para noroeste. A tectônica dúctil-frágil se traduz na forma de falhas, fraturas e juntas. As falhas com direções em torno de N-S apresentam movimento transcorrente sinistral evidenciado pelo deslocamento dos quartzitos (**qt**) e se caracterizam pela presença de veios de sílica (quartzo/calcedônia), bastante fraturados, cataclasados e brechados (**dq**). As falhas com direções em torno de E-W, também deslocam o quartzito e apresentam movimento transcorrente dextral. Segundo Amaral (2001), esse conjunto de rupturas faz parte de um sistema de cisalhamentos com compressão (σ_1) NW e distensão (σ_3) NE.

Os dados hidrogeológicos indicam que a porção a norte da Serra das Porteiras apresenta maior favorabilidade. Os poços tubulares perfurados nessa região possuem vazões informadas de até 10 m³/h, enquanto na porção sul as vazões são inferiores a 1,5 m³/h ou os poços são improdutivo. Medidas de condutividades aparentes indicaram valores de resíduo seco variando de 200 mg/l a 8.000 mg/l, crescendo de norte para sul.

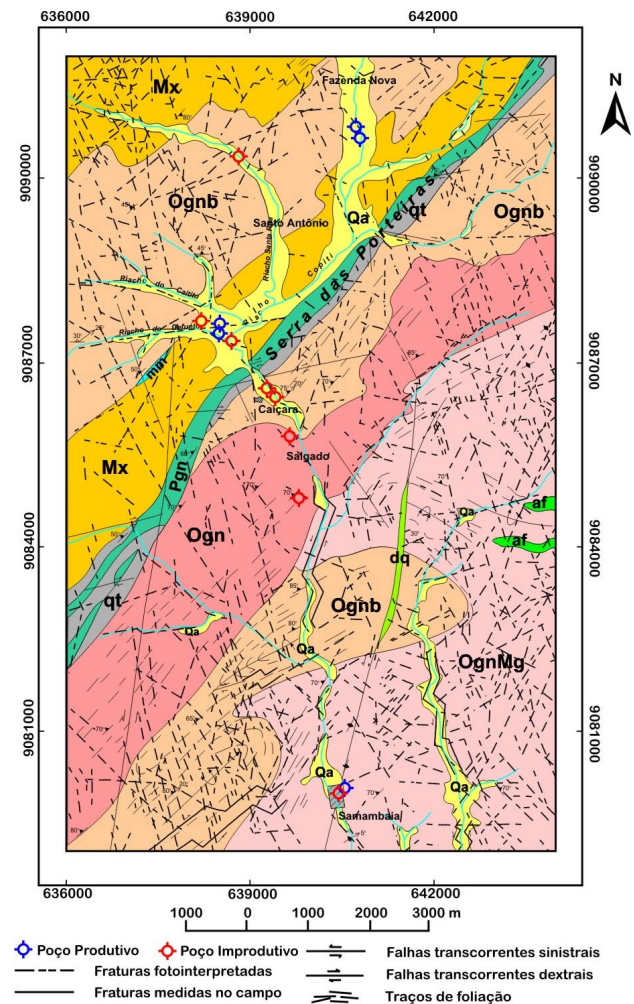


Figura 2 – Mapa geológico da área-piloto Samambaia (Angelim *et al.*, 2000; Amaral, 2001) com a localização dos poços tubulares. As unidades geológicas estão descritas no texto.

Interpretação e correlação geológica dos dados de HEM-condutividade elétrica aparente

A análise do mapa de condutividade elétrica aparente (Figura 3) comparada com os dados geológicos demonstra que a sua intensidade está relacionada principalmente com o tipo litológico, o grau de alteração das rochas, o conteúdo de argila das coberturas e a existência de estruturas lineares portadoras de água salobra. Como ferramenta de interpretação estrutural para a identificação de falhas/fraturas, os dados de condutividade aparente funcionam como indicadores indiretos da existência dessas estruturas.

No mapa de condutividade aparente destacam-se dois domínios principais. O primeiro, localizado no quadrante NW da área, caracteriza-se pela presença de eixos alongados na direção NE-SW, com largura variando entre 100 e 200 m, com comprimentos de até 7 km e amplitudes entre 5 e 30 mS/m. Essa direção principal está truncada e flexionada no sentido sinistral por alinhamentos de eixos discretos, porém importantes. Eles apresentam direções em torno de N-S, com larguras médias de 100 m, comprimentos máximos de 1 km e amplitudes entre 5 e 30 mS/m.

O segundo domínio ocupa o restante da área. O padrão de alinhamentos é semelhante ao primeiro domínio, porém, os eixos condutivos apresentam larguras médias em torno de 100 m e as amplitudes, para os eixos NE-SW e N-S, são inferiores a 10 mS/m. Ao contrário do primeiro domínio, alguns alinhamentos N-S destacam-se por apresentarem comprimentos de até 7 km. Eles são correlacionados com falhas dúctil-frágeis, com sentido de movimento sinistral.

O diagrama de roseta dos alinhamentos condutivos pode ser observado na Figura 4. A direção N-S é claramente dominante em relação às outras direções, com um total de 35% de todos os alinhamentos. Nota-se também a ausência de alinhamentos na direção NW-SE. Os alinhamentos de direção NE-SW possuem azimutes que variam em todo o quadrante, com intensidades maiores no intervalo entre 30° e 60° Az.

Como nessa área de estudo o tipo litológico e o grau de alteração das rochas são os principais fatores que controlam a intensidade da condutividade elétrica aparente, os eixos condutivos apresentam maior largura e amplitudes no quadrante NW da área, onde ocorrem rochas paraderivadas, tal como micaxistos e calcissilicáticas alteradas. A alteração dessas rochas para minerais argilosos produz uma contribuição significativa na resposta da condutividade aparente. Os alinhamentos estão bem definidos nos locais onde os esforços tectônicos geraram fissuras, permitindo a penetração de água. Assim, a soma dos efeitos da umidade e da alteração das rochas segundo direções estruturais preferenciais gerou os eixos condutivos. O nível alto de condutividade aparente no quadrante NW é produzido pela proximidade de corpos e estruturas condutivas. No restante da área os eixos localizados no ambiente de rochas ortoderivadas e sem alterações intempéricas, apresentam larguras e intensidades menores, porém com uma trama mais definida, em

função do contraste em relação às condutividades muito baixas das rochas hospedeiras.

Observa-se que os eixos descritos acima estão frequentemente truncados e flexionados para E ou W. Esses truncamentos formam alinhamentos na direção E-W e podem estar correlacionados com estruturas tectônicas dúctil-frágeis, embora não apresentem uma relação direta com eixos condutivos. Esse conjunto de alinhamentos desloca os eixos condutivos NE-SW e N-S em sentido dextral. Dados geológicos de detalhe (Amaral,2001) indicam uma boa correlação desses alinhamentos com falhas dextrais de direção E-W.

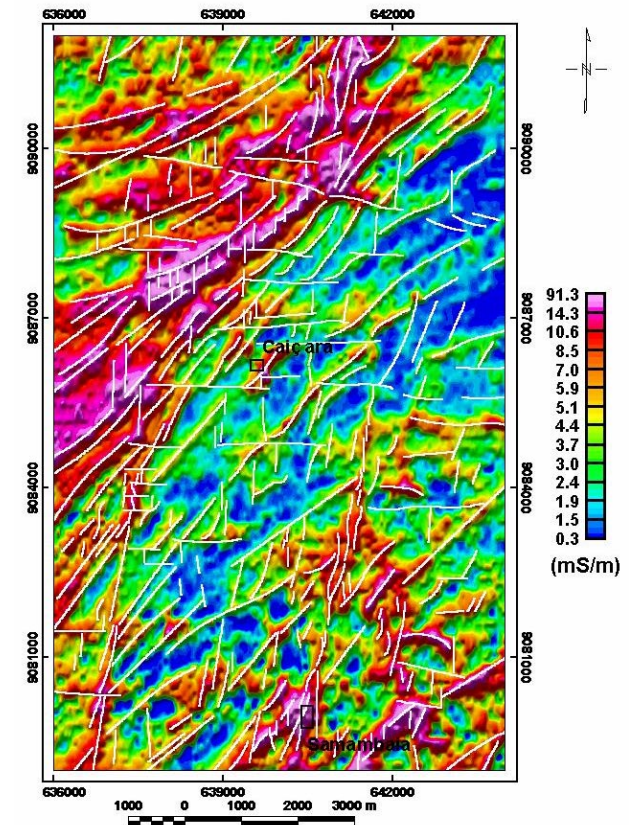


Figura 3 - Mapa da condutividade elétrica aparente sombreada calculada a partir da frequência de 4,5 kHz, configuração de bobinas coaxiais com interpretação dos alinhamentos (traços em branco).

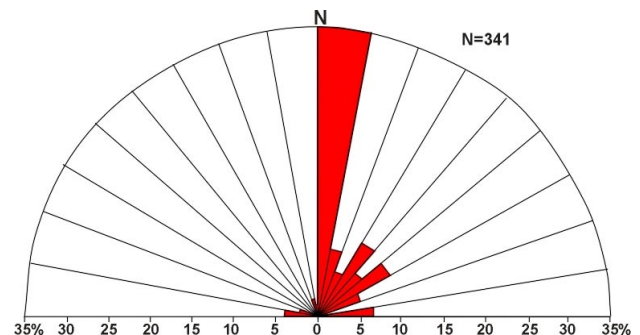


Figura 4 - Diagrama de roseta dos alinhamentos de HEM-condutividade aparente.

Interpretação e correlação geológica dos dados magnetométricos

Os dados magnetométricos permitem a cartografia das mudanças litológicas relacionadas com a variação no conteúdo de minerais magnéticos. A utilização do método como uma ferramenta de interesse hidrogeológico tem uma grande potencialidade como indicador indireto de falhas e zonas de cisalhamentos. Partindo do princípio de que as assinaturas lineares são as indicadoras mais favoráveis de estruturas, os seus atributos foram utilizados como critérios para correlacioná-las com os dados geológicos.

A interpretação dos dados magnetométricos (Figura 5) revela uma boa correlação com os dados geológicos conhecidos. As rochas paraderivadas do quadrante NW, com susceptibilidades magnéticas baixas, apresentam padrão caracterizado por anomalias de baixa intensidade. Esse padrão suave é perturbado por alinhamentos estreitos e contínuos, representados por zonas de cisalhamentos longitudinais à foliação tectônica de direção NE-SW e por núcleos elípticos alongados, relacionados com rochas magnéticas ortoderivadas, intercaladas na seqüência metassedimentar. No restante da área, onde dominam rochas magnéticas ortoderivadas, observa-se um comportamento complexo, definido por faixas magnéticas alongadas, com alternância de eixos negativos e positivos, compondo anomalias com amplitudes máximas de 150 nT e larguras em torno de 300 m, que se acomodam com a tendência da foliação tectônica principal na direção NE-SW. Esse padrão é produzido pela interação entre zonas de cisalhamentos, ortognaisses migmatizados com nódulos de magnetita e lentes de rochas anfíbolíticas.

O diagrama de roseta dos alinhamentos magnéticos pode ser observado na Figura 6. Nota-se uma dominância de direções no intervalo entre 30° e 70° Az. Essas direções coincidem com a tendência principal da foliação tectônica da área. Da mesma forma que no diagrama de roseta dos alinhamentos de condutividade aparente, também não foram observados alinhamentos na direção NW-SE.

Na região sul da área destacam-se alinhamentos com direção N-S caracterizados por truncamento e flexões de eixos anômalos na direção NE-SW. Observa-se que os alinhamentos estão posicionados em faixas com baixa magnetização que apresentam correlação com falhas sinistrais. Nesse caso, os baixos magnéticos indicariam alteração superficial com perda das propriedades dos minerais magnéticos ou a baixa magnetização dos veios de quartzo que preenchem essas estruturas. Adicionalmente, eles estão correlacionados com fraturas que condicionam o curso principal do Riacho Copiti.

Limites separando diferentes relevos e texturas magnéticas podem corresponder a falhas nos contatos das rochas com propriedades magnéticas distintas. A comparação dos dados geológicos com os dados magnetométricos indica a correlação entre unidades magnéticas com relevos movimentados e afloramentos de ortognaisses e migmatitos com intercalações de rochas anfíbolíticas. No âmbito das unidades com baixa magnetização, que ocorrem no norte da área, afloram xistos, rochas calcissilicáticas e mármore. Nessa região,

a intercalação de gnaisses magnéticos na seqüência metassedimentar forma faixas na direção NE-SW. Em alguns trechos dessas faixas os limites são retilíneos e definem quebras abruptas do padrão magnético, sugerindo a existência de contatos falhados. No centro-sul da área observa-se a presença de um maior contraste magnético entre as rochas, definindo limites retilíneos e bem orientados na direção NE-SW, que podem corresponder a zonas de cisalhamentos. Em muitos alinhamentos o traçado dos eixos magnéticos acompanha a foliação tectônica.

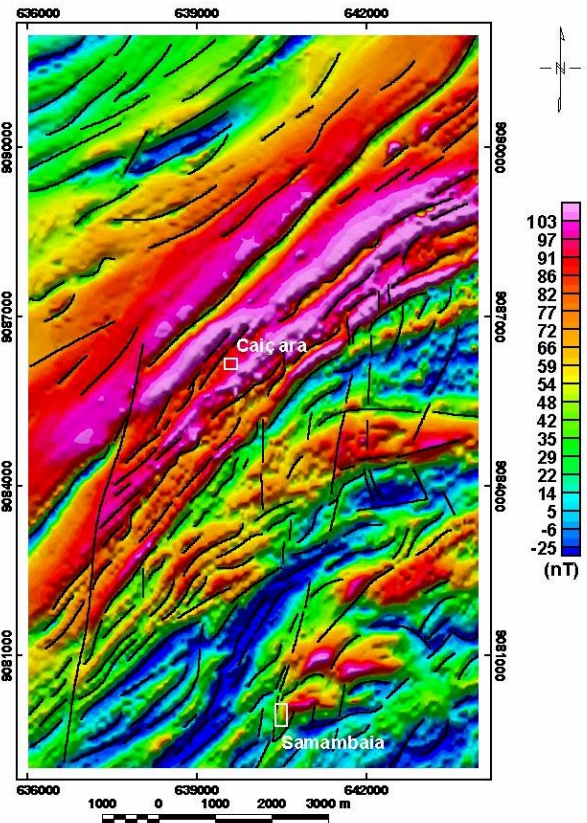


Figura 5 - Mapa dos dados magnéticos do campo total residual sombreado com interpretação dos alinhamentos (traços pretos).

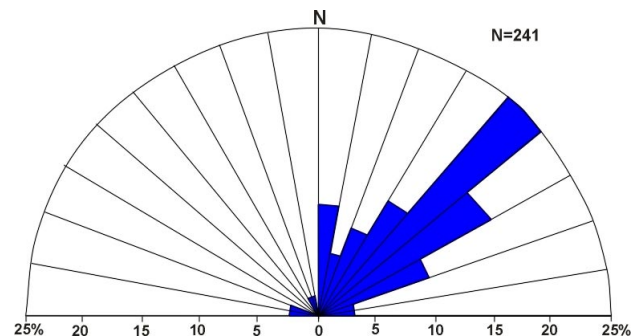


Figura 6 - Diagrama de roseta dos alinhamentos magnéticos.

Interpretação tectônica dos alinhamentos geofísicos

A comparação entre os alinhamentos de condutividade elétrica aparente e os dados geológico-estruturais indica que existe uma boa correlação entre estruturas tectônicas e eixos eletricamente condutivos (Figura 7).

As estruturas dúcteis correspondem a eixos eletricamente condutivos contínuos e alongados, relacionados com foliações e bandamentos de direções predominantes NE-SW e mergulhos fortes (70° - 80°). Essas feições tectônicas são observadas nos augenais, quartzitos e micaxistos e se desenvolveram em uma tectônica de cisalhamento sinistral, cuja região de maior esforço e deformação, aparentemente, se concentra ao longo da Serra das Porteiras. Esse evento tectônico possivelmente alongou corpos tabulares de micaxistos e calcissilicáticas, cuja alteração por intemperismo gerou os argilominerais parcialmente responsáveis pela assinatura dos eixos eletricamente condutivos. A maioria dos poços tubulares perfurados nas proximidades desses eixos e estruturas é seco, estão abandonados ou apresentam vazões inferiores a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$.

Foram identificadas duas direções principais de deformação dúctil-frágil, a N-S e a E-W. Essas estruturas dúctil-frágeis apresentam uma boa correlação com eixos eletricamente condutivos ou alinhamentos produzidos por truncamentos e rotação de eixos.

A direção N-S, aparentemente, desenvolveu-se em conexão e como um evento tardio de extensão em relação aos cisalhamentos NE-SW. Ela apresenta movimento transcorrente sinistral, evidenciado pelo deslocamento dos quartzitos da Serra das Porteiras e dos eixos condutivos NE-SW. No campo, nas proximidades dos eixos N-S ocorrem veios de sílica (quartzo/calcedônia), bastante fraturados, cataclados e brechados. Esse evento é bem marcado regionalmente por falhas e enxames de diques posicionados na direção N-S e desenvolvidos nos eventos finais da Orogênese Brasileira (Santos, 1999). As fraturas desenvolvidas nos veios de sílica que preencheram essas estruturas foram geradas em eventos tectônicos de extensão ao longo do Fanerozóico. A assinatura condutiva nessa direção possivelmente corresponde ao preenchimento por água salobra nas fissuras. Os poços tubulares com as melhores vazões foram perfurados próximos a esses eixos (Figura 7).

A direção E-W, com deslocamento transcorrente dextral, corresponde ao último evento dúctil-frágil da área. Ela deslocou os quartzitos da Serra das Porteiras e eixos geofísicos. Esse evento, apesar de notável na área de estudo, sobretudo por alinhamento de truncamentos, aparentemente não é bem marcado regionalmente e não possui favorabilidade hidrogeológica.

Correlação entre os dados geofísicos aéreos e dados geofísicos terrestres

Na área foram levantadas 22 seções geofísicas terrestres com o objetivo de corroborar os levantamentos aéreos e efetuar detalhamentos para a locação de poços tubulares. Os resultados desses trabalhos são apresentados com detalhes no relatório final do projeto

(Oliveira *et al*, 2003). Aqui é apresentada uma das seções terrestres com a finalidade de demonstrar a correlação destes dados com os dados aéreos.

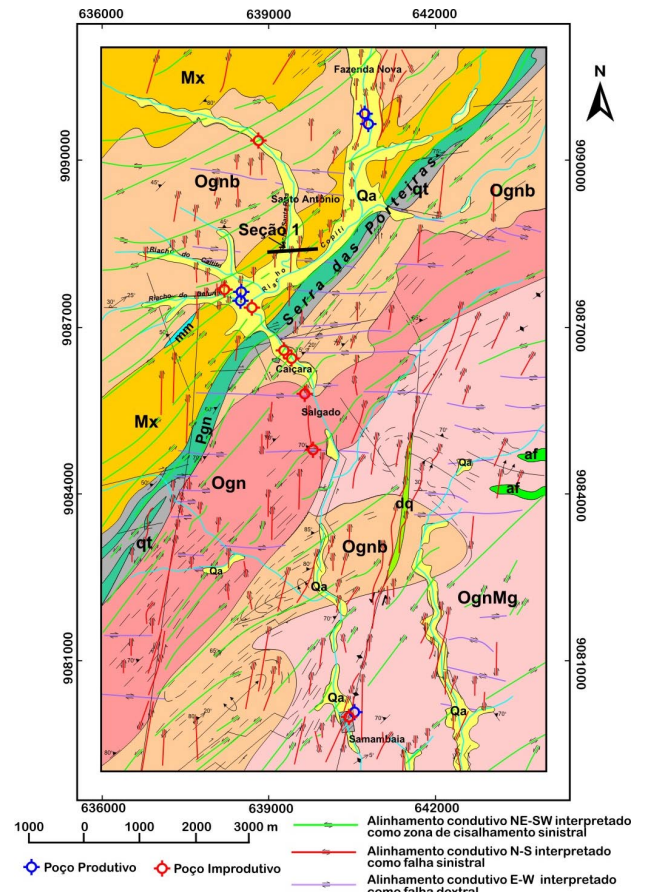


Figura 7 - Interpretação tectônica dos alinhamentos geofísicos. As unidades geológicas estão descritas no texto.

A seção 1 (Figura 8, ver localização na Figura 7) foi investigada com o objetivo de interceptar estruturas eletricamente condutivas com direção N-S, identificadas no levantamento geofísico aéreo e localmente encobertas por aluviões que favorecem boas condições de recarga e alimentação. Foram executados levantamentos de eletrorresistividade na modalidade de pseudo-seção, nos arranjos dipolo-dipolo (a-na-a) e Wenner-Schlumberger (na-a-na) e levantamentos eletromagnéticos adquiridos com o equipamento EM34-3.

O perfil eletromagnético terrestre (EM34-3), na configuração de bobinas verticais (dipolo horizontal - DH - 20 e 40 m), identificou uma proeminente anomalia de condutividade elétrica correlacionada com os dados do levantamento aéreo. Nessa seção o contraste marcante de condutividade pode indicar um aumento da espessura das aluviões saturadas no sentido E ou um contato entre rochas cristalinas com propriedades elétricas distintas. Nas medidas com bobinas horizontais (dipolo vertical - DV - 20 e 40 m) foram identificados vários picos negativos, produzidos por correntes elétricas circulares (*eddy currents*) em condutores localizados no embasamento cristalino.

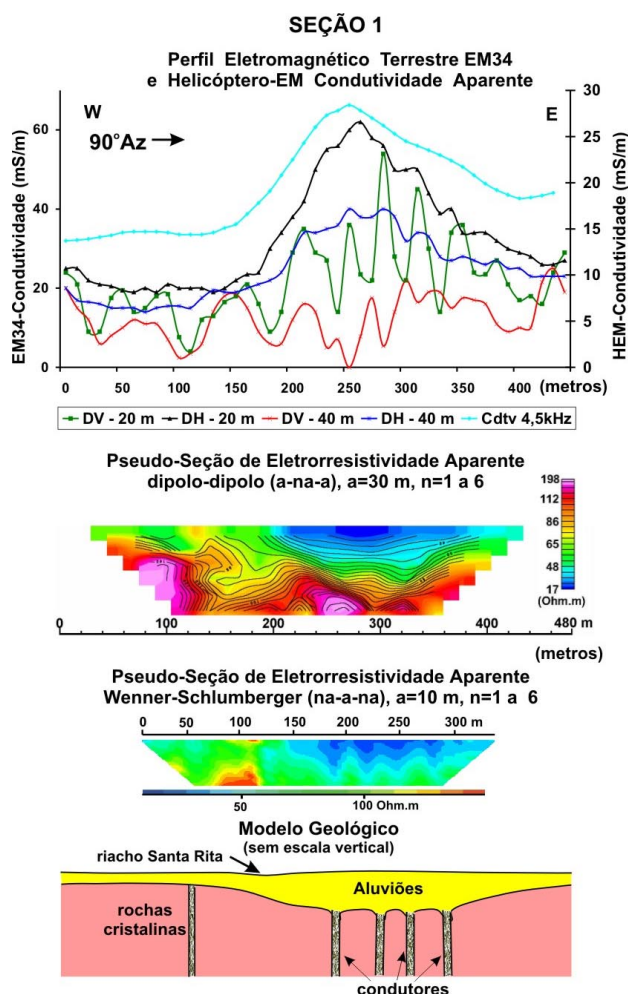


Figura 8 - Seção geofísica 1 com pseudo-seções de resistividade elétrica, perfis de condutividade elétrica EM34 e HEM e o modelo geológico interpretado.

No estudo de eletrorresistividade foram utilizados dois arranjos para a construção de pseudo-seções. No arranjo dipolo-dipolo observa-se uma diminuição da resistividade aparente em correlação com o aumento da condutividade aparente do levantamento eletromagnético terrestre e HEM. No arranjo Wenner-Schlumberger observa-se uma excelente discriminação das estruturas ou corpos condutivos subverticais identificados no levantamento eletromagnético terrestre.

Alvos prospectivos e conclusões

O grande problema da interpretação de dados geofísicos está na sua ambigüidade. Assim, é muito difícil afirmar com convicção se uma anomalia de condutividade elétrica aparente foi produzida pelo conteúdo de argila nas rochas, pela presença de sulfetos, por corpos de grafita, pela umidade no manto de alteração/aluviões ou pela existência de água em fraturas. Nesse último caso, se a causa é a água contida nas estruturas, ainda haveria a dificuldade de definir o seu grau de salinidade.

Os dados geológicos-hidrogeológicos forneceram informações adicionais para a delimitação mais precisa do alvo prospectivo. Considerando que:

- 1) na área não foram mapeados corpos com sulfeto ou grafita;
- 2) os eixos condutivos alongados de direção NE-SW estão correlacionados com zonas de cisalhamentos, foliação tectônica e corpos de calcissilicáticas e micaxistos tectonicamente estirados. Os poços tubulares perfurados na sua vizinhança são improdutivos ou possuem vazões informadas inferiores a $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$;
- 3) os eixos condutivos de direção N-S estão correlacionados com falhas dúctil-frágeis. Essas falhas em alguns casos apresentam preenchimentos com veios de quartzo muito fraturados. Os poços tubulares com vazões informadas de até $10 \text{ m}^3/\text{h}$ foram perfurados nas suas vizinhanças;
- 4) não existem indicações hidrogeológicas favoráveis para as falhas dúctil-frágeis E-W; e
- 5) não foram identificadas assinaturas condutivas relacionadas com as fraturas de direção NW-SE.

Pode-se afirmar que os alvos prospectivos são eixos condutivos estreitos e alongados com direção em torno de N-S. Essa afirmação, no entanto, não esgota as possibilidades de serem definidos novos alvos como resultado do aprofundamento da pesquisa.

Referências

- AMARAL, C. de A. 2001 Contexto morfoestrutural e hidrogeologia da Região de Caiçara-Sambaiba (Custódia-PE). In: Encontro Nacional de Perfurados de Poços, 12. / Simpósio de Hidrogeologia do Nordeste, 4., Anais. Olinda: ABAS, 2001. 605p. p.295-302.
- ANGELIM, L. A. de A.; AMARAL, C. de A.; GALVÃO, M.J. da T.G. 2000 *Geologia da área piloto Caiçara - Sambaiba Escala 1:25.000*. Recife: CPRM, 10p. "Programa de Água Subterrânea para a Região Nordeste. (PROASNE). Cooperação Canadá-Brasil, CPRM-Serviço Geológico do Brasil".
- LASA ENGENHARIA E PROSPECÇÕES S/A. [CD ROM] 2001. *Projeto Aerogeofísico Água Subterrânea no Nordeste do Brasil - Blocos Juá (CE), Sambaiba (PE) e Serrinha (RN). Relatório Final..*, 3 CDs, "Cooperação Canadá (CIDA) – Brasil (ABC) - ABAS - CPRM - GSC - SUDENE - Comunidade Solidária".
- OLIVEIRA *et al.* 2003. *Interpretação e correlação geológica-hidrogeológica dos dados geofísicos da Área-Piloto Sambaiba, Custódia – PE.* (PROASNE). Cooperação Canadá-Brasil, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Recife, ilustrações, anexos, 187p. (no prelo).
- SANTOS, E.J. dos [CD ROM] 1999. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belém do São Francisco. Folha SC.24-X-A. Estados de Pernambuco, Alagoas e Bahia. Escala 1:250.000. Geologia e Metalogênese.* CPRM. Projeto de Mapeamento Geológico/Metalogenético Sistemático, Recife: CPRM, 1 CD.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao geofísico Luís Marcelo Fontoura Mourão (CPRM-DIGEOF-RJ) pela revisão do texto.