



PROSPECÇÃO GEOFÍSICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA APLICAÇÃO DO MÉTODO HLEM EM MEIO CRISTALINO - XINGUARA-PA.

Gomes, Karina Palheta, Geofísica /UFPA

Alves, José Geraldo, Geofísica/ UFPA

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Abstract

In order to identify and map water accumulations present in rock fractures in Xinguara, in the southeast of Pará, Brazil, we carry out 13 electromagnetic profiles using MaxMin I equipment transversally to such fractures. The results presented in maps and pseudo-sections show the presence of great dimension conductive bodies, indicating possibly the water infiltration and accumulation inside these fractures. These possibility water accumulations can be used in benefit of native population

Introdução

Os recursos hídricos na Amazônia e, em particular, no Estado do Pará, sempre tratados, como abundantes, envolvem na verdade, mitos e desinformação. Um dos problemas reside na questão de disponibilidade de água subterrânea em certas regiões. Cerca de 65% de todo território do estado do Pará é constituído de terreno cristalino, ou seja, ambiente geológico de rochas ígneas e metamórficas aflorantes ou com coberturas pouco espessas, no geral, formada pela alteração dessas rochas, por conta do intemperismo tropical.

Nos meios cristalinos, a água não se armazena em camadas permo-porosas e sim nos espaços deixados por fissuras ou fraturas, aberturas de dissolução e zonas de decomposição. Assim, essas rochas têm naturalmente um baixo potencial hidrogeológico. Portanto prospectar água subterrânea em terrenos cristalinos é uma tarefa difícil e seu êxito depende, sobretudo, de um trabalho interdisciplinar e criterioso, envolvendo, principalmente a geologia estrutural, na definição do sistema de faturamento e posicionamento das fraturas, o sensoriamento remoto; a geofísica de prospecção com metodologia apropriada à detecção e posicionamento das fraturas.

Na UFPA, a aplicação de metodologias geofísicas às pesquisas de água subterrânea data dos anos 70. Áreas de bacia, borda de bacia, regiões costeiras, páleo-canais, depósitos aluvionais e terrenos cristalinos foram alvo de pesquisas, buscando o entendimento dos vários tipos de aquíferos, sua resposta geofísica característica, a configuração mais apropriada e a adaptação e desenvolvimento de instrumentação específica. Vários municípios do Estado do Pará usam resultados desses trabalhos na gestão da água subterrânea, decorrente de parcerias com a FUNASA, Prefeituras, CPRM, COSANPA (cessionária no Pará),

entre outras instituições e órgãos. Este artigo trata da prospecção geofísica realizada na região da sede do município de Xinguara/PA, dentro de um trabalho integrado, iniciado em julho de 2006, visando estudar de forma conjunta a geologia estrutural em detalhe e metodologias geofísicas eletromagnéticas adequadas, para fins de avaliação do potencial hidrogeológico local.

Descrição do problema

Na cidade de Xinguara, não há sistema de abastecimento público de água, e a população faz uso individual ou coletivo de centenas de poços abertos, dezenas de poços tubulares de 18 a 25 metros dentro do manto de intemperismo e alguns poços tubulares profundos com perfuração em rocha. A maioria desses poços abertos, principalmente os localizados nas cotas mais elevadas secam no período de maior estiagem. Já os poços tubulares mais profundos, embora não sequem no período de alta estiagem, oferecem pouca vazão por conta da lenta recuperação do aquífero. Dentre os poços profundos perfurados na área (figura 1), vários são secos ou poucos produtivos e apenas quatro poços, entre 40 e 70 metros, têm vazão regular durante o ano. Estes últimos devem ter sido perfurados em zonas de componentes estruturais promissoras, sugerindo que a área pode apresentar boas perspectivas para captação de água subterrânea, necessitando, para isso, um estudo hidrogeológico completo.

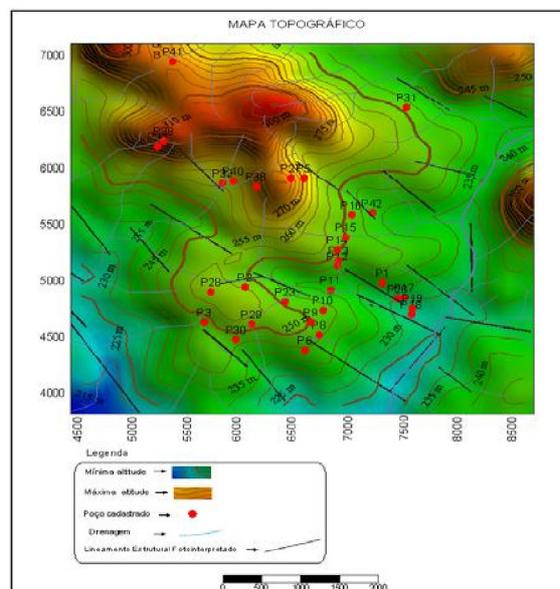


Figura 1 - Mapa de posicionamento dos poços cadastrados.

Localização

Xinguara, município desde 1982, está situado no sudeste do estado do Pará, pertence à meso-região do sudeste paraense e à micro-região de Redenção. A sede municipal – Cidade de Xinguara - dista 650 quilômetros de Belém, pela PA-150, justamente no encontro desta com a rodovia PA-279, na latitude 07°05'42" S e longitude 49°56'45" W (Governo do Estado do Pará, 2005).

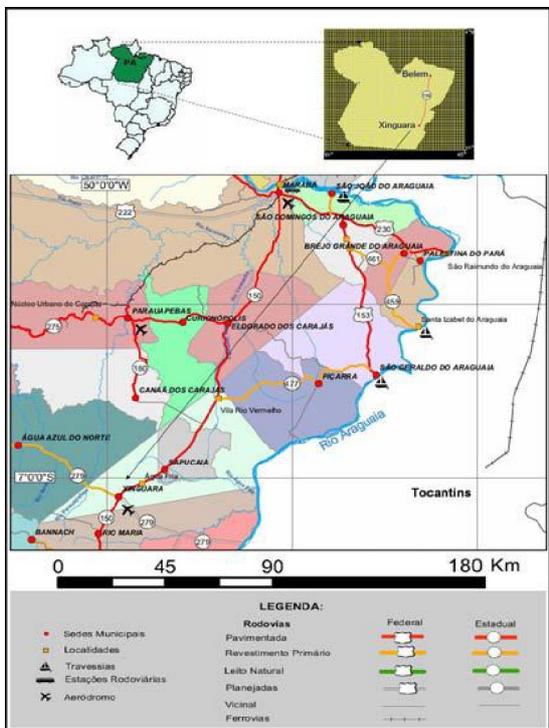


Figura 2 - Mapa localização e acesso do Município de Xinguara.

Geologia Local

A região de Xinguara localiza-se no extremo sudeste do Estado do Pará e está compreendida na borda leste do Cráton Amazônico próximo ao limite com a faixa de dobramentos Araguaia (ZORANE et al 1992).

As rochas aflorantes na área na área urbana do município são semelhantes ao Granito Xinguara, citado por Leite (1999). Em termos estruturais esses afloramentos apresentam aspecto de rocha maciça, deformação de caráter rúptil, com estruturas de foliação ausentes ou incipiente, homogênea e pouco fraturada, exceto ao longo do contato sul (Figura 3), onde há incidência de deformação mais intensa, pois apresenta um arranjo denso de feições e intersecções de lineamentos estruturais.

Dentro dos limites urbanos foi possível determinar que o granito possui um domínio estrutural de natureza rúptil, de um modo geral apresentando direções de fraturas preferencialmente NW-SE e NE-SW com uma única unidade litoestratigráfica.

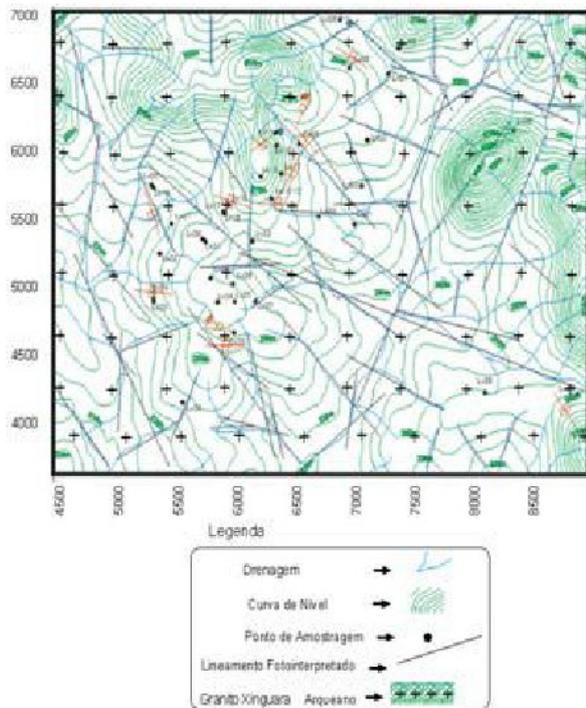


Figura 3 - Mapa da geologia local.

MÉTODO GEOFÍSICO

A investigação geofísica foi realizada com o método eletromagnético, Sistema Slingram, na configuração HLEM, visando localizar as fraturas, através de sua resposta característica para corpos condutivos verticais em meio cristalino. Na configuração HLEM, o transmissor e o receptor têm as bobinas no plano horizontal, o campo primário é levado ao receptor via cabo e são lidas as componentes em fase e em quadratura do campo secundário induzido. As medidas dessas componentes do campo secundário são tomadas como percentagem do campo primário. Essa configuração é, provavelmente, a mais empregada na prospecção eletromagnética e tem se mostrado muito eficaz no mapeamento de estruturas geológicas, como fraturas de zonas de cisalhamento, muito úteis para prospecção de água subterrânea, por conta da sua resposta característica de um pico negativo sobre um corpo condutivo vertical. Para ilustração da geração dessa resposta característica, apresentamos a figura 4. Nota-se, na situação (A), que quando o sistema está com a bobina receptora sobre o corpo (em azul), não haverá registro do campo secundário (em vermelho), porque a indução no receptor será nula ou mínima, uma vez que, o campo está no mesmo plano (horizontal) que a bobina receptora. Com o sistema avançando, passará a haver resposta cada vez mais intensa até alcançar o máximo sinal, quando o centro do sistema estiver sobre o condutor (Situação B); haverá máxima indução de correntes no corpo condutor, pois as linhas do campo secundário interceptam perpendicularmente a bobina receptora. Finalmente, na situação C, não há indução de

correntes no corpo condutor e, conseqüentemente, não haverá campo secundário e, por isso, a resposta será novamente nula, como na situação A.

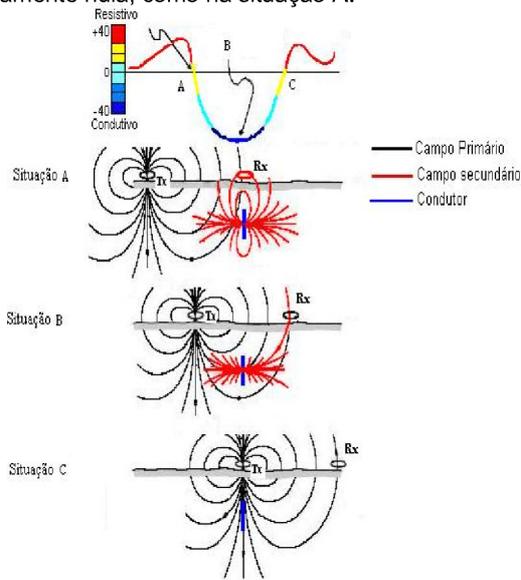


Figura 4– Resposta HLEM, de um corpo condutor vertical em uma rocha encaixante resistiva.

COLETAS DE DADOS

Foram executados 13 perfis de medidas eletromagnéticas (Figura 5), com a configuração de sistema Slingram de Loop Horizontal Coplanar HLEM, através do equipamento Max Min I (Figura 6), que opera em oito frequências múltiplas e inteiras de 110 Hz.

As oitos frequências permitem uma investigação na vertical (SEM) e sua combinação com a perfilagem horizontal (investigação lateral), permite a obtenção de uma imagem da subsuperfície abaixo dos perfis.

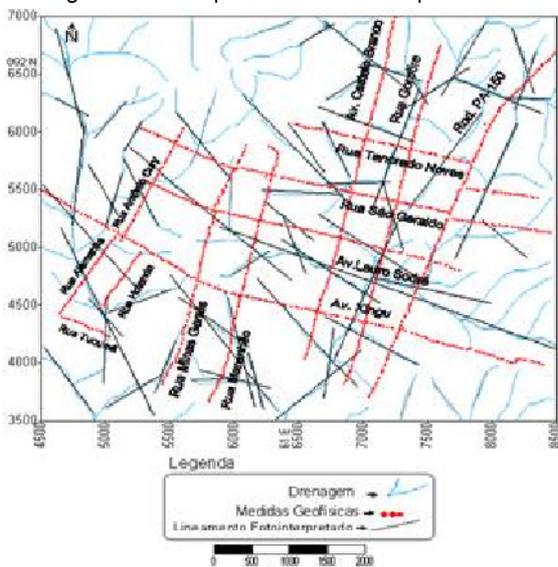


Figura 5– Mapa de localização dos perfis

Resultados

Por se tratar de um ambiente geológico cristalino, ou seja, um meio altamente resistivo é de esperar que a resposta HLEM ofereça pico negativo de grande amplitude sobre a fratura. De fato, isto ocorre, porém apenas na componente em fase de modo significativo, muitas vezes, coincidindo em todas as frequências, mostrando faturamento desde a superfície até grandes profundidades (figura 6a). Por outro lado, a componente em quadratura não apresenta grandes picos negativos, exceto nas frequências mais altas (figura 6b).

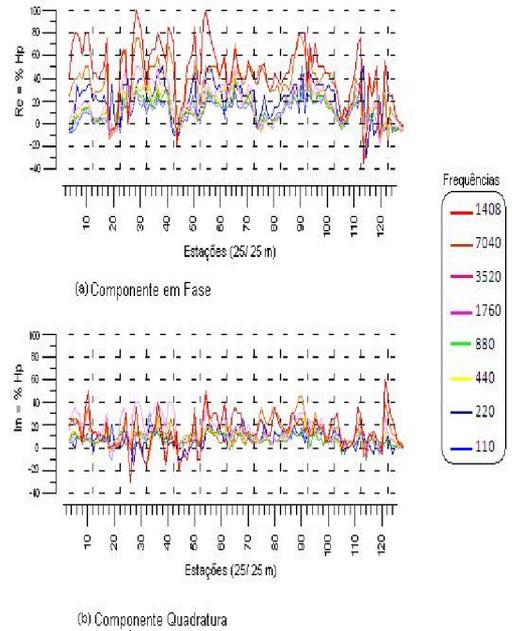


Figura 6 – Gráficos de Amplitude.

Na interpretação geofísica deste caso, deu-se preferência à análise, tão somente, pela componente em fase, e os resultados são apresentados em mapas de contorno para cada frequência e pseudo-seções nessa componente. Para a observação do comportamento da condutividade elétrica lateral e em profundidade as respostas foram codificadas em um espectro de cores que vai do vermelho (resistivo) até o azul (condutivo).

Mapas de Contornos

A figura 7 e 8 apresenta a resposta da componente em fase para a frequência de 14080 e 3520 Hz. Nos valores do espectro em vermelho, pode-se notar que em toda a extensão da área pesquisada que há predominância de material bastante resistivo compartmentado em blocos próximo a superfície. Observa-se que os trechos condutivos são de pequena área alinhada nas bordas desses blocos. Nas figuras 9 e 10, apresentam a resposta da componente em fase para as frequências 220 e 110 Hz. Nota-se que já há uma diminuição da área de material resistivo, significando um aumento de condutividade em profundidade. Inclusive pode-se perceber o surgimento de novas zonas condutivas ao longo dos perfis, no início do EM-1 (Rod. PA-150), EM-4 a; b; c (Rua Maranhão), ao longo do EM-6 (Rua Antônio Cury). Observa-se também, que com a diminuição da frequência, ou seja, maior profundidade de

investigação há o aumento e surgimento de novas zonas condutivas, significando um aumento de condutividade em profundidade. É provável que essas zonas mais condutivas indiquem presença de água em profundidade. A explicação para esse comportamento pode ser:

- a) As anomalias negativas dispõem-se alinhadas justamente na direção principal das fraturas NW-SE.
- b) As drenagens principais parecem estar encaixadas nas fraturas contribuindo para as condições necessárias à infiltração e acumulação de água.

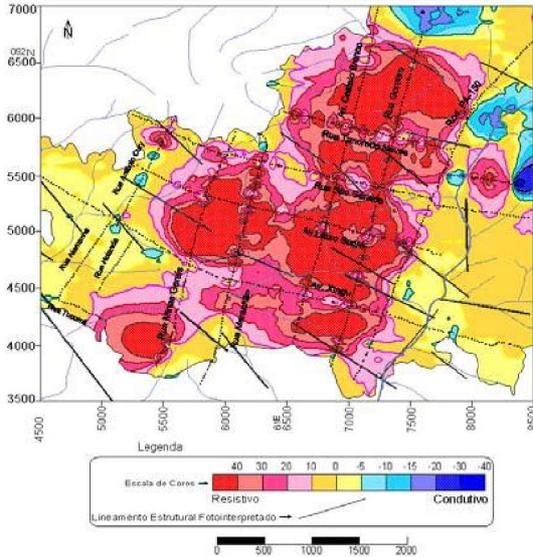


Figura 7- Mapa de contorno da componente em fase do campo secundário, para a frequência de 14080 Hz.

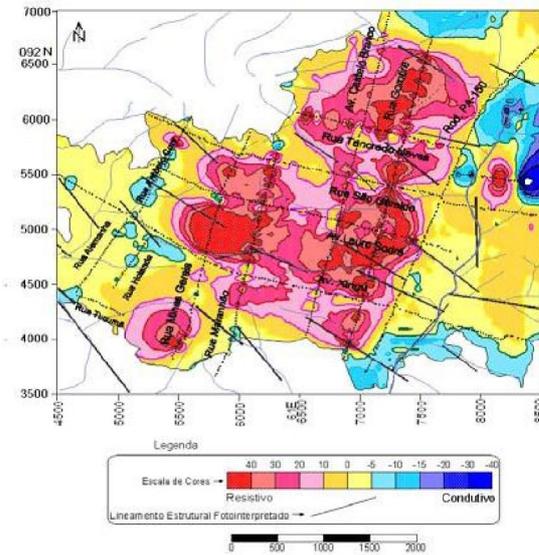


Figura 8- Mapa de contorno da componente em fase do campo secundário, para a frequência de 3520 Hz.

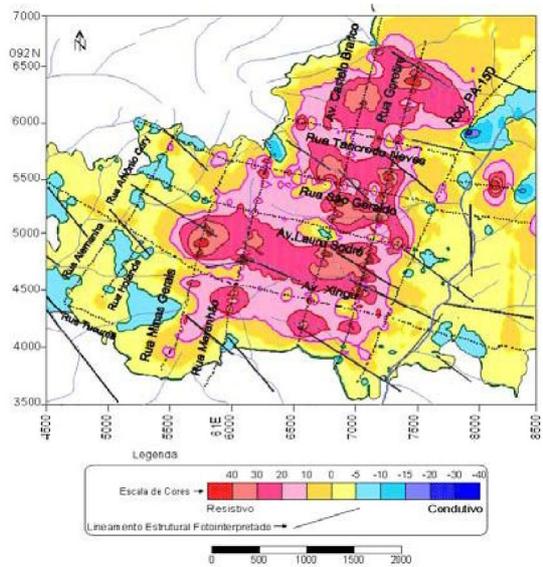


Figura 9- Mapa de contorno da componente em fase do campo secundário, para a frequência de 220 Hz.

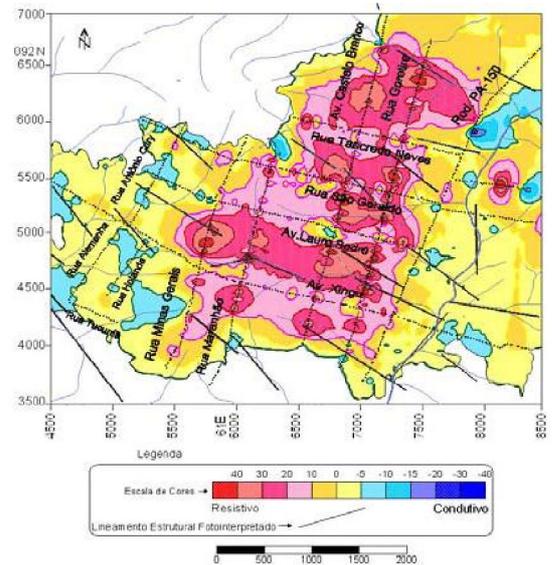


Figura 10- Mapa de contorno da componente em fase do campo secundário, para a frequência de 110 Hz.

Pseudo-Seções

As pseudo-seções foram construídas no plano cartesiano em uma grade para geração de contornos, tendo as estações no eixo das abscissas e as frequências no eixo das ordenadas, distribuídas da maior para a menor, obedecendo à condição de investigação.

A codificação de cores foi a mesma aplicada aos mapas. Na figura 11 são apresentadas as pseudo-seções dos perfis eletromagnéticos corridos no sentido N-S. Notam-se a presença de zonas condutivas de grande volume nos seguintes trechos: perfil EM-12 em torno da estação 10; no perfil EM-06, da estação 18 até o final; nos extremos do perfil EM-04. Nos perfis EM-01 e EM-11 aparecem corpos condutivos menores e

identificados pelas frequências intermediárias. Os perfis EM-02, EM-03 e EM-05, não apresentam zonas condutivas, apenas traços verticais que devem corresponder a fraturas sem armazenamento de água.

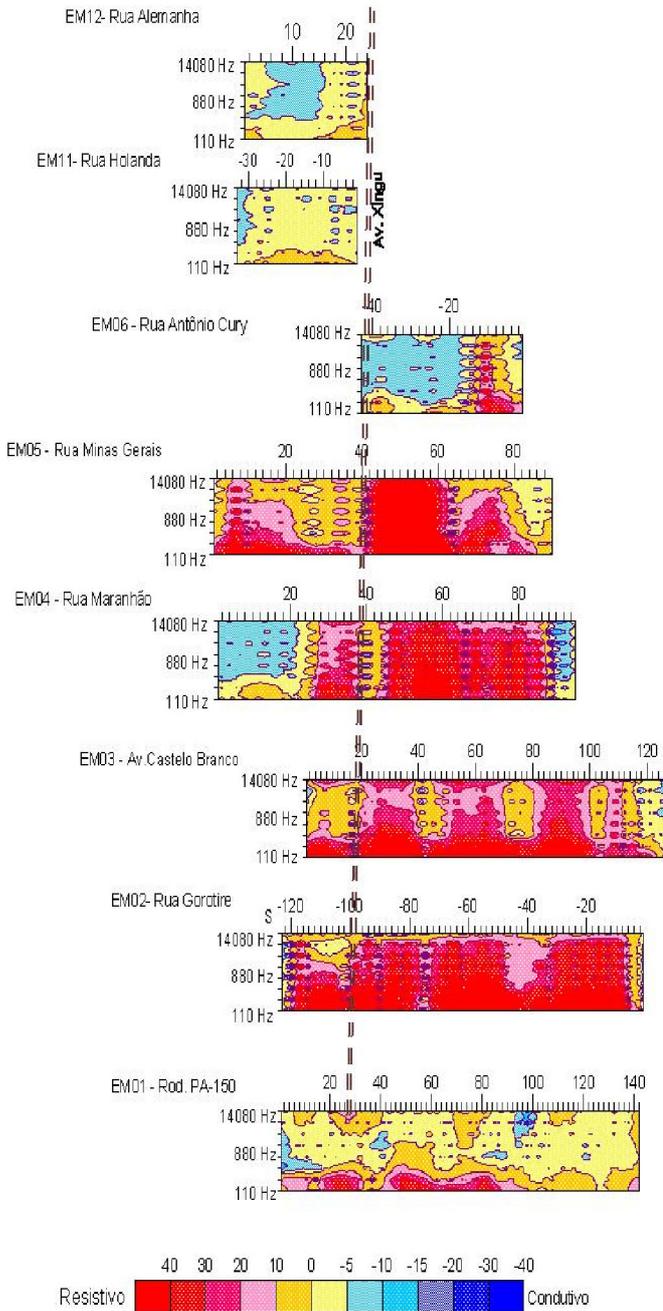


Figura 11- Pseudo-seções das Componentes em Fase dos Perfis Eletromagnéticos Sentido N-S.

Na figura 12 são apresentadas as pseudo-seções dos perfis eletromagnéticos corridos no sentido E-W. Nota-se a presença de zona condutiva de grande volume, no perfil EM-10 do início até a estação 20; perfil EM-09 em torno da estação 60. Nos perfis EM-08 do início até a estação 10; entre as estações 22-26 e 100-106; perfil EM-07 da estação a 10 e entre as estações 140-158 aparece corpos condutivos menores e identificados pelas frequências altas e intermediárias. Já o perfil EM-03 apresenta apenas zonas resistivas.

Essas zonas condutivas (áreas em azul) de grande volume correspondem às anomalias negativas e estão associadas às fraturas encaixadas sob a drenagem principal. Por outro lado, as áreas de tonalidades em vermelho, mostram que há alinhamento de corpos verticais resistivos em profundidade, sem nenhum potencial para o armazenamento e o fornecimento de água subterrânea, representando, portanto, o substrato rochoso, sugerindo a presença do granito. (santos, em andamento 2008).

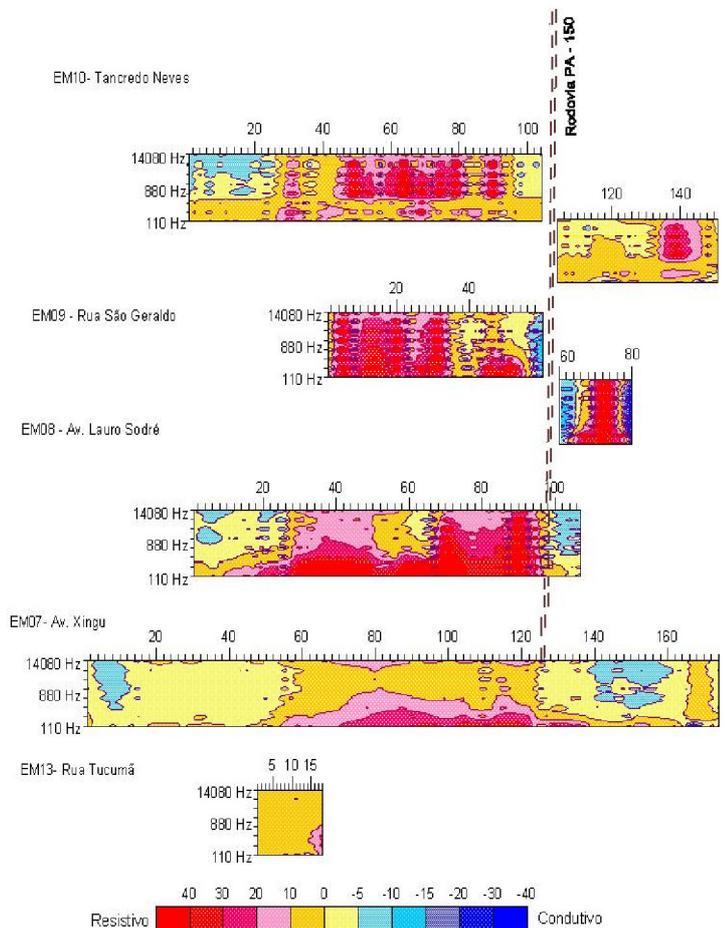


Figura 12 - Pseudo-seções das Componentes em Fase dos Perfis Eletromagnéticos Sentido W-E.

8 CONCLUSÃO

O objetivo principal do presente trabalho foi detectar pela investigação geofísica os corpos eletricamente condutivos que correspondem aos reservatórios de água subterrânea nesse meio geológico. A metodologia geofísica eletromagnética HLEM, quando correlacionada com os lineamentos estruturais foto interpretados, nos permitiu chegar às seguintes conclusões:

- Os mapas de contorno das frequências mais altas, ou seja, para as menores profundidades de investigação, indicam que a compartimentação dos blocos do granito nas direções NW-SE e NE-SW são concordantes com os estudos da geologia estrutural.
- Os mapas de contorno das frequências mais baixas, ou seja, para as maiores profundidades de investigação, mostra que temos aumento de condutividade em profundidade, indicando infiltração e armazenamento de água.
- Os reservatórios encaixados mostram que, estruturalmente, o controle deve ser feito por cisalhamento de distensão, corroborando a idéia que as fraturas são do tipo trativas.
- As pseudo-seções, apresentadas nas figuras 14 e 15, também servem para mostrar o comportamento estrutural, pois se observam vários corpos verticais, correspondentes às fraturas, às vezes preenchidas outras não. E, onde há grande densidade de fraturamento aparecem corpos condutivos de grande volume, áreas em azul, correspondentes às anomalias negativas, indicadoras da presença de água, contribuindo para formar ductos verticais para infiltração da água e, assim, criando reservatórios.

Agradecimentos

Agradecimentos à Pró-Reitoria de Administração da UFPA pela concessão de bolsa à autora Karina Palheta Gomes e ao Laboratório de Prospecção Geofísica do Departamento de Geofísica/CG/UFPA pela estrutura proporcionada e ao Convênio CG-UFPA/PMB-Xingara/FADESP pelo custeio das ações para a realização, em curso, do Trabalho de Conclusão de Curso da autora, de onde vem este artigo.

Referências

Alves, J.G.V. & Luiz, J.G., 2001, Exemplos de aplicação de métodos geofísicos na prospecção de água PARÁ subterrânea no Estado do Pará. In: VII SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA. Belém.

Secretaria Especial de Infra-estrutura. Sistema de Informações do Estado do Pará. Belém, 2001. 1 CDROM

Governo do Estado do Pará, 2005. Estatísticas Municipais: "Indispensáveis para o planejamento do desenvolvimento municipal". Secretaria Executiva de Estado de Planejamento Orçamento e Finanças – SEPOF. Belém, PA, 40p.

Leite, A. A. S, 2001. Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Crátron Amazônico. Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, CPGG. Tese de doutorado. Belém-PA, 330p.

McNEILL, J. D. Eletromagnetic terrain conductivity. Measurement at low induction numbers. TN-6. Mississauga, Ontario, 1980. 15 f. (Geonics Inc.)

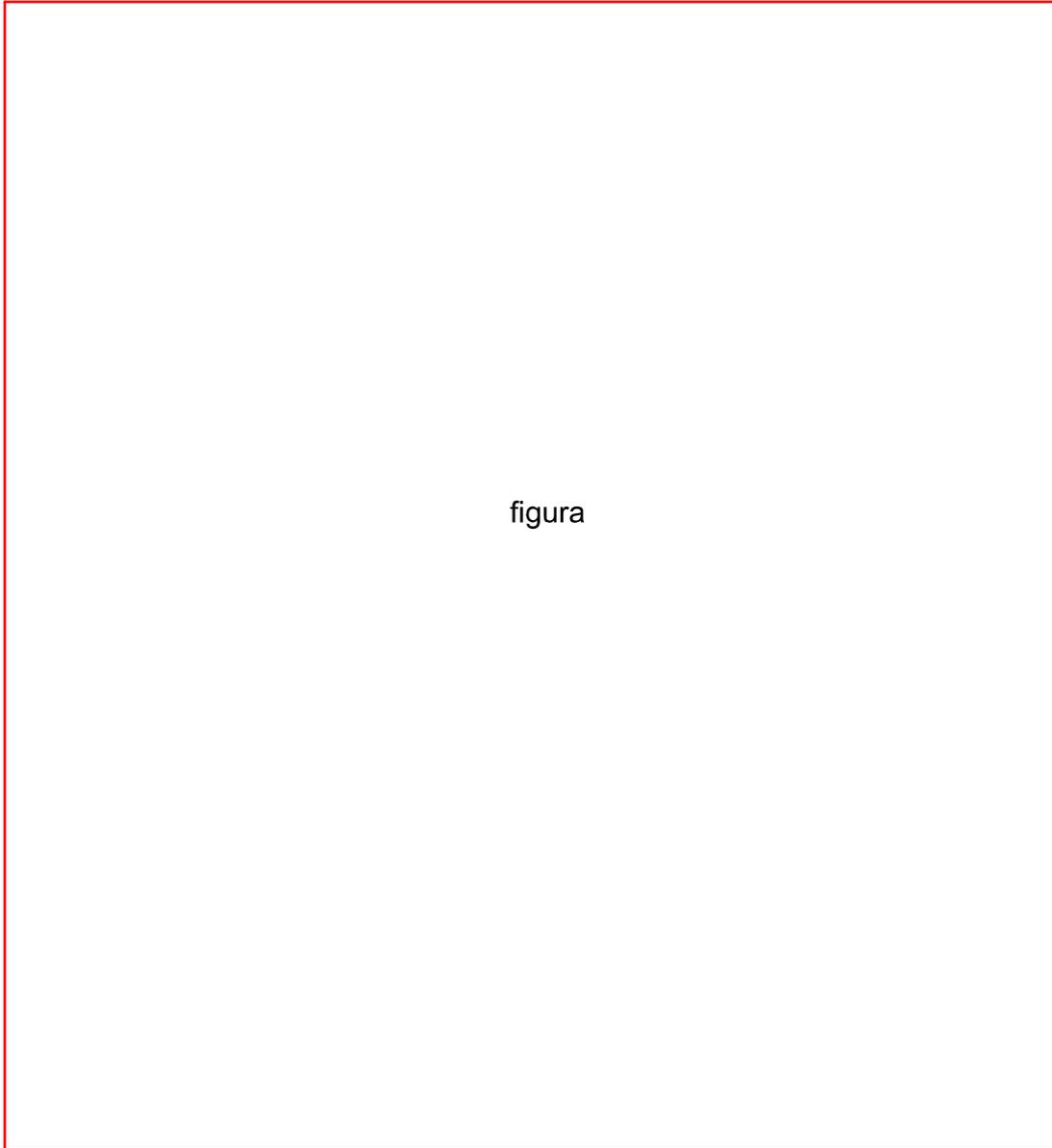


Figura 4 - Qwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwertwert.