

# AEROGEOFÍSICA DA ÁREA DE SAMAMBAIA NO PROJETO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NO NORDESTE DO BRASIL, CONVÊNIO BRASIL-CANADÁ

*Roberto Gusmão de Oliveira<sup>1</sup>*

*Alexandre César Monteiro<sup>1</sup>*

*Manoel Júlio da Trindade Gomes Galvão<sup>1</sup>*

## RESUMO

O levantamento aerogeofísico da Área de Samambaia, localizada no Alto Vale do Rio Moxotó, Estado de Pernambuco, faz parte do Projeto de Água Subterrânea no Nordeste do Brasil, que está sendo realizado por meio de um Convênio Brasil - Canadá, com participação da CIDA e do GSC. O projeto é liderado pela CPRM. O levantamento aerogeofísico foi executado no período de 24/04 a 02/05/2001, pela LASA. A área de pesquisa tem aproximadamente 100 km<sup>2</sup> e o aerolevanteamento foi realizado com linhas de vôo na direção E-W, espaçadas de 100 m e, linhas de controle na direção N-S, espaçadas de 500 m. A aeronave utilizada foi helicóptero modelo AS-350 B (Esquilo), voando a uma altura constante de 60 m. Os métodos geofísicos aplicados foram o eletromagnético no domínio da frequência, utilizando o sistema Aerodat-V de cinco frequências a uma altura de 30 m do solo; o VLF, utilizando o sistema VLF HERTZ TOTEM 2A, operando em duas frequências simultaneamente a uma altura de 45 m do solo e o Aeromagnético por meio de um magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio, posicionado a 30 m do solo. Os dados serão interpretados em conjunto por geofísicos brasileiros e canadenses.

## INTRODUÇÃO

O projeto de Água Subterrânea no Nordeste do Brasil, Convênio Canadá-Brasil, representa um esforço no sentido de buscar alternativas tecnológicas eficientes e sustentáveis para o abastecimento de água das pequenas comunidades carentes do semi-árido nordestino. O projeto é liderado pela CPRM, porém aglutina todas as instituições comprometidas com a solução desse problema secular. A colaboração da Canadian International Development Agency (CIDA) e do Geological Survey of Canada (GSC), oferece oportunidades de treinamentos e transferência de tecnologia.

Em rochas cristalinas fraturadas, a geofísica tem demonstrado ser uma ferramenta fundamental na localização de poços tubulares com boas vazões. Reconhecidamente, os levantamentos aerogeofísicos são indispensáveis quando se deseja cobrir grandes áreas, aplicando simultaneamente diferentes métodos. Por essa razão, decidiu-se realizar o levantamento aerogeofísico da área de Samambaia, aplicando os métodos magnético, eletromagnético no domínio da frequência e *Very Low Frequency* (VLF).

1) Geólogos da CPRM Serviço Geológico do Brasil. End. Rua das Pernambucanas, 297, Graças, 52011-010. Recife, Pernambuco. Fone: 81 – 3221.7456. [cprm@fisepe.pe.gov.br](mailto:cprm@fisepe.pe.gov.br)



## LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E CONTEXTO GEOLÓGICO - HIDROGEOLÓGICO

A área de Samambaia está localizada dentro do perímetro do Alto Vale do Rio Moxotó, no Estado de Pernambuco. 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.

A área de Samambaia é geologicamente caracterizada por duas unidades litoestratigráficas principais (Figura 1): a) uma seqüência metassedimentar no norte, onde afloram micaxistos e quartzitos; e b) uma seqüência de migmatitos e ortognaisses no sul. O limite dessas duas seqüências é marcado por uma serra de quartzitos na direção NE-SW. As rochas localizadas no norte apresentam poucos afloramentos e um grau elevado de alteração por intemperismo, além das calhas dos riachos estarem preenchidas por aluviões com espessuras de até 5 m. As rochas localizadas no sul são muito pouco alteradas e fraturadas. As calhas dos riachos são bem encaixadas e acumulam pouca aluvião. No conjunto da área, os fraturamentos fotointerpretados são dominantes na direção NW-SE.

Hidrogeologicamente observa-se que região norte apresenta uma maior favorabilidade. Os poços tubulares perfurados nessa região possuem vazões de até 8 m<sup>3</sup>/h, enquanto na região sul as vazões são inferiores a 1,5 m<sup>3</sup>/h ou os poços são improdutivos. Medidas de condutividades indicaram valores de resíduo seco variando de 200 mg/l a 8000 mg/l, crescendo de norte para sul.

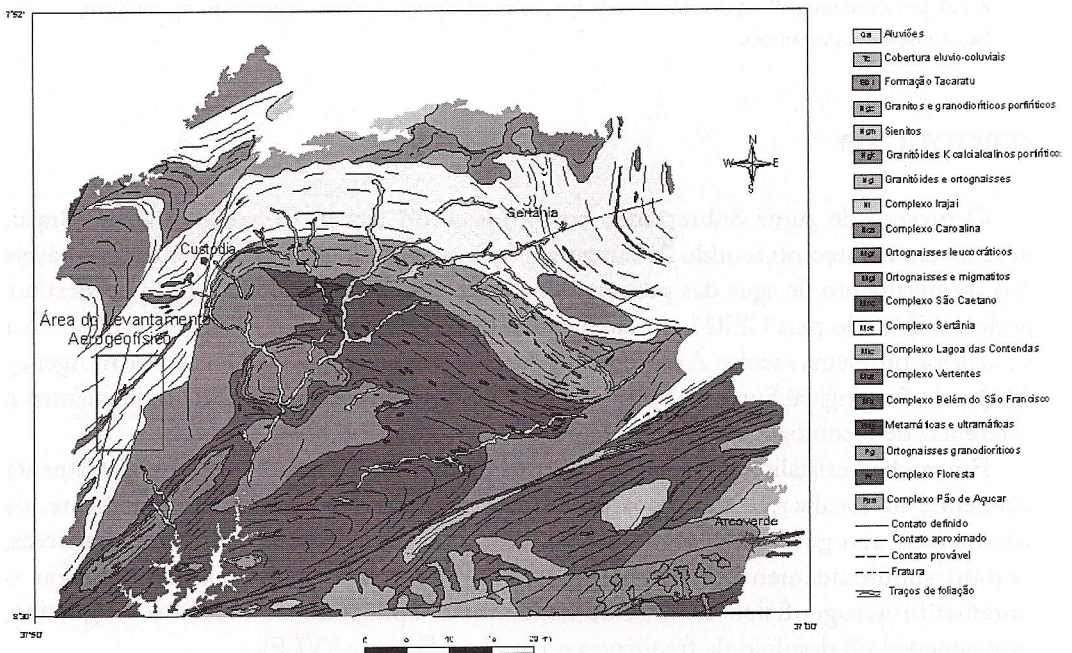


Figura 1 - Mapa geológico da região do Alto Vale do Rio Moxotó (Santos *et al*, 2000), com localização da área do levantamento aerogeofísico.



A área de Samambaia foi escolhida pelo fato de possuir os principais requisitos necessários para a execução do projeto:

- densidade populacional;
- problemas de abastecimento de água; e
- importantes questionamentos quanto ao estudo da hidrogeologia das rochas cristalinas.

## LEVANTAMENTO GEOFÍSICO TERRESTRE PRELIMINAR

Nos trabalhos desenvolvidos para a escolha da área, foram realizados levantamentos geofísicos terrestres com o objetivo de definir parâmetros de condutividade elétrica para o balizamento do levantamento aerogeofísico. Esses trabalhos foram efetuados com a cooperação dos geofísicos Dr. Gilein Steensman e Dr. Richard Kellett, contratados pela CIDA & GSC. Os perfis levantados estão localizados nas Figura 2. Foi utilizado um equipamento eletromagnético EM 34, fabricado pela Geonics Limited. Esse equipamento mede diretamente a condutividade elétrica aparente das rochas em mSm/m, com três diferentes arranjos, 10, 20 e 40 m, que correspondem à distância entre as bobinas receptoras e transmissoras (McNeill, 1980). As bobinas podem ser posicionadas verticalmente para a medida do dipolo horizontal ou horizontalmente para a medida do dipolo vertical (Foto 1).

Os resultados desse levantamento podem ser observados nas Figura 3. No perfil 1 (Figura 3), com 690 m, observa-se que as fraturas investigadas apresentam bons contrastes de condutividade elétricos aparente, marcados por anomalias positivas nos dipolos horizontais e negativas nos dipolo verticais. No perfil 2 (não apresentado), com 290 m, a resposta do contraste de condutividade elétrica é marcada pela variação na espessura da cobertura aluvial. Algumas fraturas podem ser interpretadas e correlacionadas com anomalias negativas do dipolo vertical.

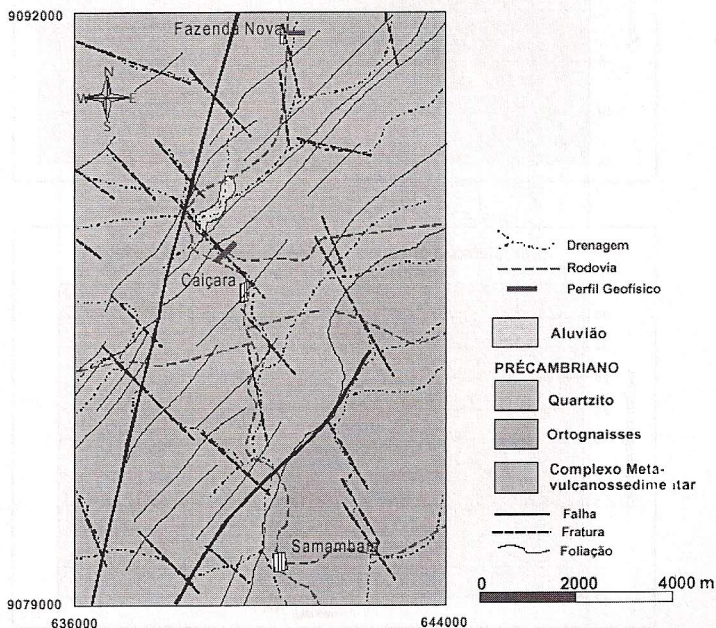


Figura 2 - Mapa Geológico simplificado da área de Samambaia (Santos *et al*, 2000)





Foto 1 - Geofísicos da CPRM e do Canadá executando levantamento eletromagnético com equipamento EM 34 na Área Samambaia.

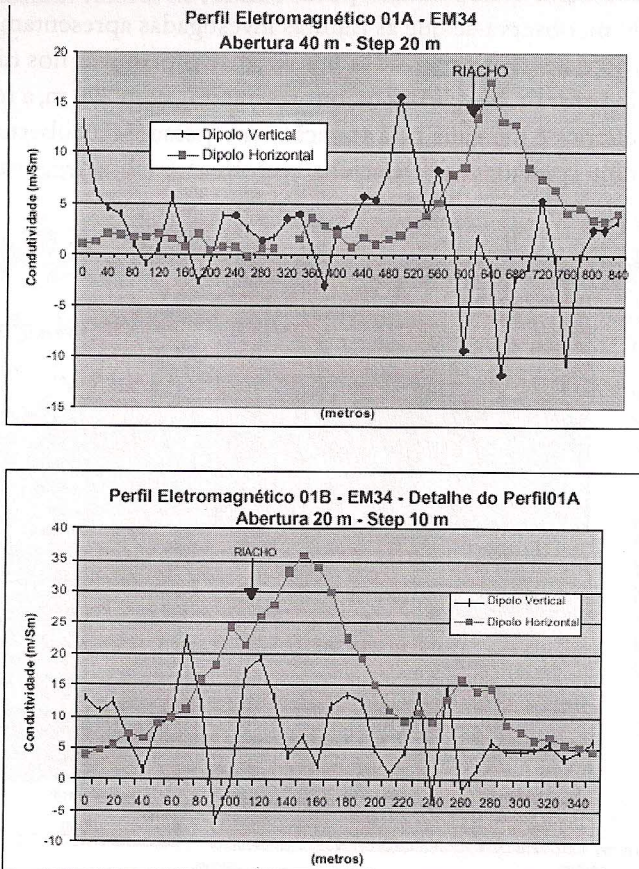


Figura 3 - Perfil eletromagnético terrestre executado com equipamento EM 34 em fratura de direção NW-SE da área de Samambaia.



## O LEVANTAMENTO AEROGEOFÍSICO

O levantamento aerogeofísico foi executado pela LASA - Levantamentos Aerogeofísicos, de propriedade da empresa Fugro Airborne Surveys. Os trabalhos foram realizados no período de 24/04 a 02/05/2001. A equipe da LASA foi composta pelas seguintes pessoas: Edson Valentim (Chefe de Equipe), Greg Luus (Engenheiro de Campo), Edmarques Costa (Operador de Bordo), Sérgio Nascimento (Piloto) e Luís Carlos (Mecânico).

O levantamento foi executado em uma área de aproximadamente 100 km<sup>2</sup> com linha de voo na direção E-W, espaçadas de 100 m e, linhas de controle na direção N-S, espaçadas de 500 m. Foram levantados um total de 1.279 km de linhas, sendo 1.050 km de linhas de voo e 221 km de linhas de controle (Figura 4).

A aeronave utilizada foi um helicóptero modelo AS-350 B (Esquilo) de fabricação da Helibras, prefixo PT-HMI. Essa aeronave, operada pela Helisul Taxi Aéreo Ltda., voa a uma velocidade de 100 km/h e foi especialmente adaptada para o levantamento magnético-eletromagnético. Durante o levantamento, a aeronave foi mantida a uma altura constante de 60 m sobre o terreno.

Na base de operações, localizada a 5 km a norte do limite norte da área, foram instaladas as estações de monitoramento do campo magnético terrestre, das estações *VLF* e do sistema *GPS* (Foto 2).

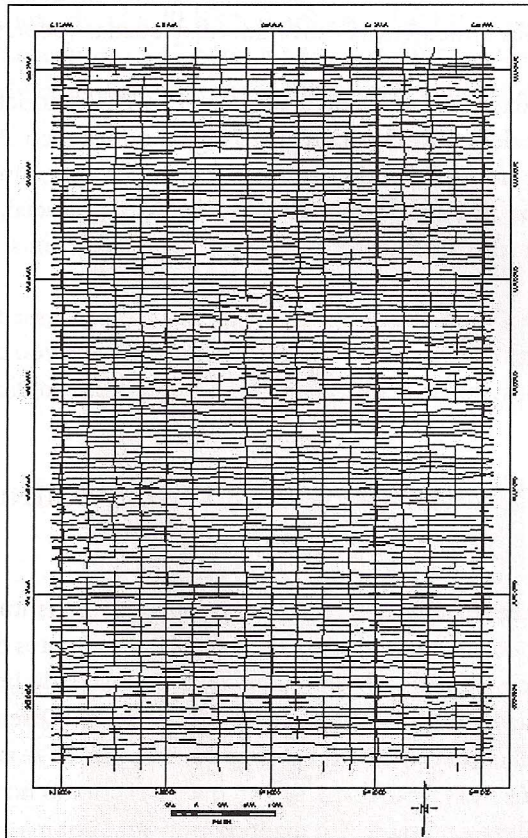


Figura 4 - Trajetória das linhas de voo no levantamento da Área Samambaia.



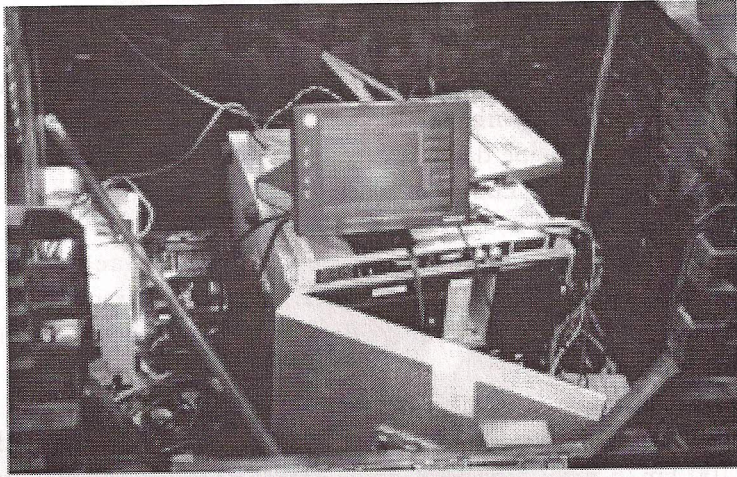


Foto 2 - Equipamentos para o monitoramento da base terrestre.

Foram executados vôos com duração variando entre 1,5 e 2 horas. Após esse tempo, a aeronave retornava à base para reabastecimento. A comunicação por rádio entre a aeronave e base, permitiu ao operador de bordo manter-se informado das condições das estações de monitoramento. Os trabalhos foram interrompidos nas ocasiões em que ocorreram tempestades magnéticas ou as condições atmosféricas estiveram inadequadas (ocorrência de chuvas e/ou relâmpagos)

Para aquisição dos dados foi utilizado o sistema *HS-GFCS*, modelo MiniMag, acoplado a um registrador *RMS*, modelo GR-33 para registro digital e analógico. As informações foram armazenadas digitalmente no *hard disk* do sistema e transferidas para um *ZipDrive* no final do vôo. Foram registrados os números das linhas de vôo, hora, fiducial, latitude, longitude e altitude *GPS*, as medidas dos equipamentos geofísicos e as leituras do radar altímetro e barômetro.

Após cada jornada de produção, os dados foram pré-processados para aplicação de correção de posicionamento do sistema *GPS*, plotagem dos traços de vôo e controle de qualidade (esféricas, ruído, deriva, desvios de posicionamento e variação magnética diurna).

## A) LEVANTAMENTO ELETROMAGNÉTICO NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

Foi utilizado o Sistema Aerodat-V de cinco frequências constituído por dois pares de bobinas verticais, coaxiais, com frequência de 935 e 4.600 Hz e três pares de bobinas horizontais, coplanares, com frequência de 800, 4.175 e 33.000 Hz. Os pares de bobinas transmissoras/receptoras estão separadas de uma distância de 6,45 m (Foto 3). O sensor, instalado em um *bird*, foi rebocado pelo helicóptero por um cabo de 30 m (Foto 4). A taxa de amostragem de 0,1 s correspondeu a uma leitura a cada 3 m. O sistema foi calibrado no solo por meio de uma bobina padrão externa. Essa calibração foi mantida por uma bobina auxiliar interna (*Q-coil*) que repetiu o procedimento até três vezes durante cada vôo.



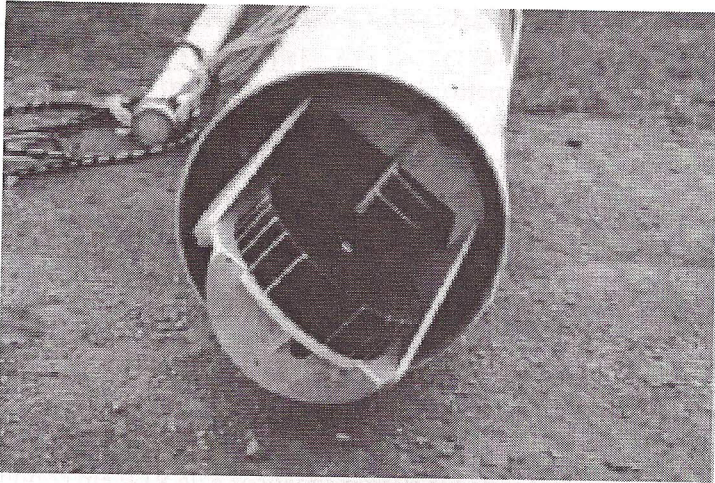


Foto 3 - Visão interna de uma das pontas do *bird* (aberto), onde está instalado um dos conjuntos de bobinas.

#### B) LEVANTAMENTO DE *VERY LOW FREQUENCY* (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 *bird* intermediário, rebocado a 15 m do helicóptero e 45 m do terreno, com uma taxa de amostragem de 0,1 s. O sistema foi sintonizado com duas estações (Ortho, Line) situadas em posições favoráveis em relação à área.



Foto 4 - Helicóptero rebocando o *bird*, com o sistema eletromagnético.



## C) LEVANTAMENTO AEROMAGNÉTICO

Foi utilizado um magnetômetro de bombeamento ótico de vapor de césio Centrais, modelo CS-2, com sensibilidade de 0,01 nT e taxa de amostragem de 10 Hz. O sensor foi rebocado na ponta do *bird* a 30 m do helicóptero e foi orientado com base nos valores de inclinação e declinação da área.

## PROCESSAMENTO DOS DADOS

A LASA conduzirá o processamento e a geração dos mapas no seu escritório do Rio de Janeiro, utilizando o sistema Oasis Montaj da Geosoft. As etapas de processamento consistirão: a) geração de banco de dados; b) redução dos dados pela aplicação de correções aos dados aeromagnéticos; c) conversão dos dados eletromagnéticos e de VLF em condutividade elétrica do terreno; d) gridagem e geração de mapas de anomalias aeromagnéticas, eletromagnéticas e de resistividade aparente.

## INTERPRETAÇÃO E CORRELAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DOS DADOS

Os dados serão interpretados em conjunto por geofísicos da CPRM e do Canadá. Essa interpretação visará a correlação hidrogeológica das assinaturas geofísicas. Dessa forma serão definidas a espessura dos materiais superficiais, a profundidade do nível freático a localização de falhas e fraturas encobertas, a extensão dos corpos geológicos em subsuperfície e em alguns casos a qualidade da água quanto a sua salinidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McNEILL, JD. 1980. Eletromagnetic terrain conductivity measurement at low induction numbers. Technical Notes 6, Geonics Inc., Mississauga, Ontario.
- SANTOS, E.J. dos; MORAIS, F. de; GALVÃO, M.J.T.G. 2000. Mapa geológico do alto vale do rio Moxotó. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Recife.