



Aplicação do GPR como método auxiliar na pesquisa mineral de depósitos arenosos para a construção civil: caso da Jazida do Canil, Brasília/DF.

Magno Augusto Machado (Terracap) – magno.machado@terracap.df.gov.br

Welitom Rodrigues Borges (IG/UnB) – welitom@unb.br

Copyright 2013, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent 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 paper presents the results of a geophysical survey applied to a research on sand deposits arising from a quartzite package weathering in the northwestern region of Brasília/DF.

The so called "Jazida do Canil" deposit had been exploited as from the 1960's in order to supply Brasília building industry with sand. The mining was halted in 2007, as a requirement of the environmental authorities to permit the construction of "Setor Noroeste", a new residential area. The interdiction occurred before local government agencies performed traditional mineral exploration to calculate eventual remaining ore reserves.

The survey consisted in two GPR profiles in continuous mode which provided information on the limits of the rock package and its internal structure. Together with field observations and geotechnical surveys data, the GPR profiles composed the basis to an estimative of the volume of not-mined ore remaining at "Jazida do Canil" deposit vicinity.

Introdução

A construção da nova capital federal, Brasília, a partir de 1958, demandou grande quantidade de substâncias minerais para a construção civil, a exemplo da areia quartzosa, cujos estudos científicos realizados pela Comissão Exploradora do Planalto Central do Brasil – Missão Cruls, entre 1892-1894, revelaram a existência de depósitos de "grez" (arenito friável) aproveitável para obras de alvenaria (In: Codeplan, 1995).

Era, portanto, necessário identificar as jazidas de areia o mais próximo possível dos canteiros de obras como forma de diminuir custos relacionados ao transporte dos materiais de construção até Brasília, dada à ausência de ferrovias e precariedade das rodovias existentes à época, além de manter o fornecimento para continuidade das obras após a inauguração da cidade, em 21/04/1960.

A partir de então, foram exploradas diversas jazidas de areia oriundas do intemperismo em lentes de quartzitos existentes nos pacotes de rochas metassedimentares do Grupo Paranoá, que ocorre em cerca de 65% do território do Distrito Federal (Freitas-Silva & Campos, 1998).

A jazida de areia do Canil, próximo à Gerência de Controle de Zoonoses do DF, onde fica o Canil Público de Brasília, foi explorada tanto por órgãos governamentais quanto por agentes clandestinos, desde os anos 1960, na maior parte do tempo à margem da legislação ambiental e mineral vigente (Figura 1).

A existência de conflitos de interesses envolvendo a mineração de areia nesta jazida e impedimentos relacionados ao licenciamento ambiental para a implantação do Setor Habitacional Noroeste obrigaram à interrupção da lavra em 2007 (Machado *et. al.* 2011).

Como a operação da jazida não foi precedida de pesquisa mineral tradicional, as reservas de areia ainda existentes são desconhecidas por parte dos órgãos do governo que demandam a areia para obras civis públicas.

Desta forma, fez-se necessário utilizar um método de investigação não invasivo, de rápida execução e baixo custo, com o objetivo de identificar os limites do corpo de minério para estimar o volume ainda existente, optando-se pelo *Ground Penetrating Radar* (GPR) ou georadar, técnica cuja base teórica e respectivas aplicações estão consolidadas na literatura científica (Porsani, 1999).

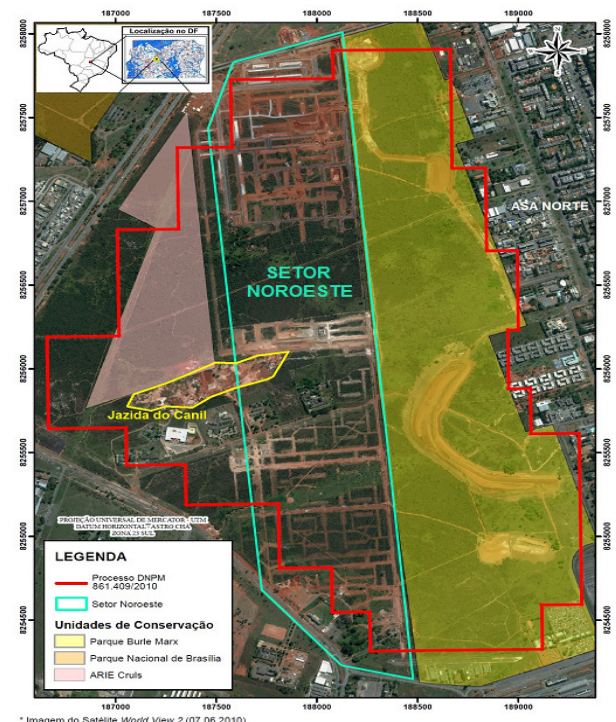


Figura 1: delimitação das cavas da Jazida do Canil em relação ao Setor Noroeste (Machado *et. al.* 2011).

Metodologia

O presente trabalho utilizou a investigação geofísica baseada em levantamentos de GPR, aliada a observações de campo feitas durante as obras de instalação da infraestrutura do Setor Noroeste (**Figura 2**) e análise de dados de sondagem geotécnica do tipo *Standard Penetration Test* (SPT) feitas em edificações prediais do novo setor (**Figura 3**), para calcular de forma indireta o volume de minério ainda não explorado na Jazida do Canil, formado por neossolos quartzarênicos, bolsões de areia e blocos de quartzito friável.



Figura 2: Fotografia evidencia uma escavação para a instalação da rede de drenagem pluvial do Setor Noroeste que atingiu o pacote de quartzito. A linha amarela mostra a irregularidade do topo rochoso.

DATA DE INÍCIO 28/02/2011		LEGENDA - GRÁFICO		N.A. INICIAL 9,00		COTA 1096,08		SM.03		
TÉRMINO 04/03/2011		30 cm INICIAIS		N.A. APÓS 24 hs. 8,00						
		30 cm FINAIS								
AVANÇO E REVESTIMENTO	N. A. (m)	COTA (m)	ÍNDICE DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO 30 cm INICIAIS 30 cm FINAIS	RECUPERAÇÃO %	GRÁFICO DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	COE. RÊNGUA	ALTE. RAJÃO	FRATIL. RANIENTE	POSIÇÃO DAS AMOSTRAS E CONVENÇÕES	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL
		1095,08	71	50/15						1 AREIA SILTOSA, COM PEDREGULHOS, COR VARIEGADA.
		30,00								2 AREIA SILTOSA, MUITO COMPACTA, COM PEDREGULHOS DE QUARTZO, COR BRANCA.
BW		30,00								3 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, POUCO COERENTE, EXTREMAMENTE FRATURADO, COR BRANCO.
BW		4,00								4 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, POUCO COERENTE, MUITO FRATURADO, COR BRANCO.
BW		5,00								5 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, MEDIANAMENTE FRATURADO, COR BRANCO COM PRETO VARIEGADO.
BW		6,00								6 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, POUCO FRATURADO, COR BRANCO VARIEGADO.
BW	8,00	24/03/2011								7 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, POUCO FRATURADO, COR BRANCO VARIEGADO.
BW										8 ARENITO SILICIFICADO, MEDIANAMENTE ALTERADO, COERENTE, POUCO FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										9 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, MEDIANAMENTE FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW		1085,08								10 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, MEDIANAMENTE FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										11 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, MUITO FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										12 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, MEDIANAMENTE COERENTE, MUITO FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										13 ARENITO, MEDIANAMENTE ALTERADO, COERENTE, MUITO FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										14 ARENITO SILICIFICADO, MEDIANAMENTE ALTERADO, COERENTE, MUITO FRATURADO, COR VARIEGADO.
BW										15 LIMITE DE SONDAAGEM

Figura 3: boletim de sondagem SPT realizada em projeção predial em construção no Setor Noroeste, sobre o pacote de quartzito e seus produtos de alteração.

O equipamento GPR utilizado foi um módulo de controle SIR-3000 da empresa estadunidense GSSI, uma antena blindada com frequência central de 200 MHz, cabos e roda odométrica. Foram realizados dois perfis de reflexão em modo contínuo, com 1105 metros e 1030 metros de comprimento (perfis A-B e C-D respectivamente), transversais ao pacote de quartzito, visando identificar seus limites na área de estudo (**Figura 4**).

O eixo de referência central para locação dos perfis foi a elevação topográfica sustentada pelo pacote de quartzito existente na área e seus respectivos afloramentos.



Figura 4: Fotografia evidencia o equipamento GPR utilizado no estudo.

Antes da execução dos perfis de GPR foram realizados testes de campo para calibrar o equipamento e avaliar se as ondas eletromagnéticas iriam ou não alcançar os alvos selecionados, representados por depósitos arenosos e seus contatos com o topo rochoso, composto por camadas de quartzito com mergulho geral 35º NW a SE e espessura mínima esperada de 20 metros na parte central do pacote (**Figura 5**).

Os testes mostraram bons resultados em termos de resolução dos refletores e identificação dos padrões esperados, tanto para os estratos de quartzito quanto para os contatos da rocha-matriz com os neossolos e as areias. O alcance do pulso eletromagnético foi maior do que o esperado, entre 10 e 14 metros de profundidade.

Os parâmetros de aquisição utilizados correspondem ao espaçamento entre os traços, de 5 cm, 1024 amostras por traço, janela temporal de 250 ns e velocidade de conversão do tempo para profundidade de 0,1 m/ns.

O processamento dos dados adquiridos com o GPR foi feito no *software ReflexW*, versão 5.0 e a rotina consistiu em fazer conversão de formato dos arquivos, ajuste do tempo zero, filtros 1D (dewow e passa-banda) e 2D (remoção de background), ganhos (linear e exponencial) e conversão de tempo em profundidade.

Os trabalhos de cartografia foram auxiliados pelos softwares *ArcGis 10* e *Google Earth Enterprise*, sendo esta última ferramenta utilizada pelo *TERRAGEO* – Sistema de Geoprocessamento Corporativo da Companhia Imobiliária de Brasília – *TERRACAP*, empresa pública proprietária da área de estudo e responsável pela implantação do Setor Noroeste.

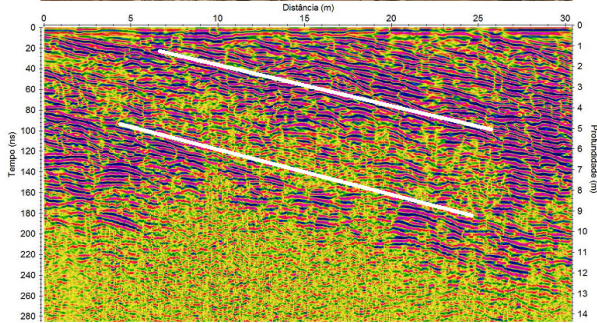


Figura 5: testes próximos a afloramentos de quartzito na área de estudo e respectivo radargrama mostrando a resposta do GPR à presença de estruturas planas na rocha, destacadas com vetores de cor branca.

Resultados

Os radargramas gerados nos perfis GPR A-B e GPR C-D mostram refletores bem definidos correspondendo às estruturas do pacote de quartzito (mergulho das camadas, dobramentos e possíveis falhamentos), assim como também mostram camadas horizontalizadas (neossolos e bolsões de areia) próximas à superfície e seu contato com o topo rochoso (**Figura 6**).

A partir da análise dos radargramas, os limites do pacote de quartzito ao longo do perfil GPR A-B foram estabelecidos a 370 metros e 950 metros. Da mesma forma, os limites do pacote de quartzito ao longo do perfil GPR C-D encontram-se a 160 metros e 915 metros.

Estes pontos foram utilizados para definição do traçado da poligonal de ocorrência do pacote de quartzito na área de estudo, totalizando 140 hectares, o qual se prolonga na área urbana, tais como o Setor Militar Urbano (SMU), no sentido sudoeste e a quadra 913 do Setor de Grandes Áreas Norte (SGAN), sentido nordeste (**Figura 7**).

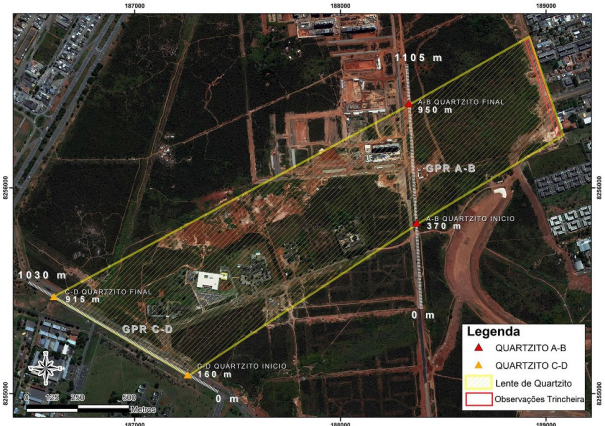
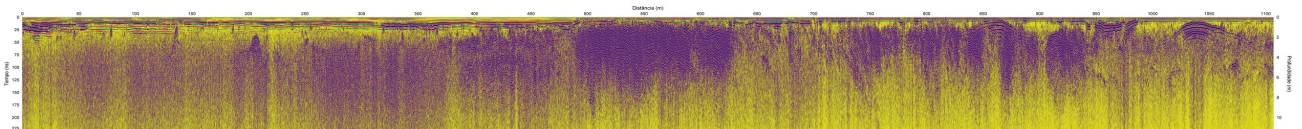


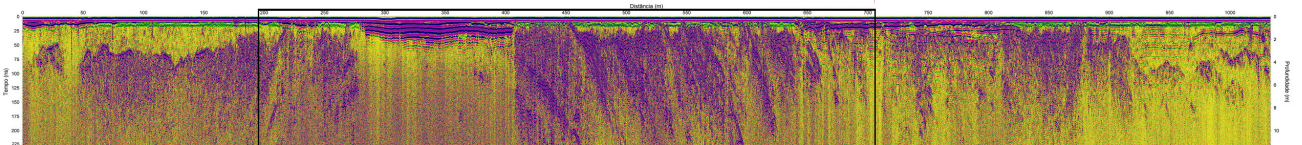
Figura 7: delimitação da área de influência do pacote de quartzito a partir da interpretação dos perfis de GPR.

Os dados obtidos permitiram a elaboração de um modelo geológico que mostra um dobramento geral anticlinal no pacote de quartzito, com 500 metros de amplitude, cujos flancos mergulham para sudeste e noroeste, com linha de charneira erodida e parcialmente exposta na altura do Setor de Áreas Isoladas Norte – SAIN (**Figura 8**).

PERFIL GPR A-B



PERFIL GPR C-D



Trecho Reamostrado - Perfil GPR C-D

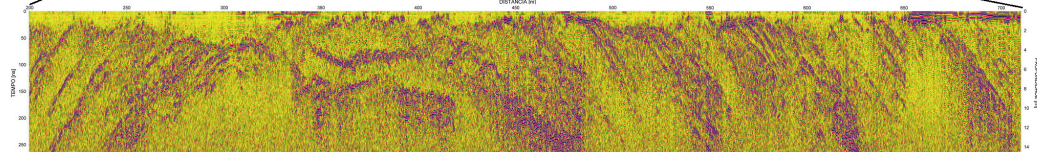


Figura 6: radargramas referentes aos perfis de GPR A-B e C-D e reamostragem de 500 metros em trecho do perfil C-D para detalhar estruturas do pacote de quartzito.

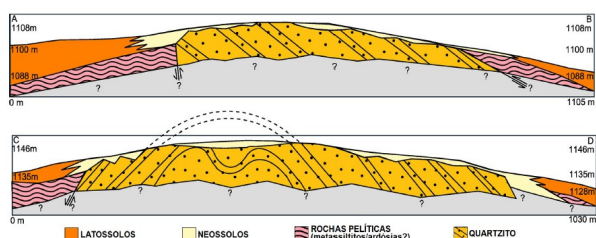


Figura 8: modelos geológicos propostos a partir da interpretação dos dados obtidos nos perfis GPR A – B e C – D, auxiliados por observações de campo.

A partir da delimitação da área de influência do pacote de quartzito e, considerando a existência de áreas incompatíveis à lavra de areia, estima-se que a área remanescente passível de exploração de areia seja de 25 hectares, sendo 10,3 hectares referentes à porção não lavrada a sudoeste da Jazida do Canil e 14,7 hectares, a nordeste, que corresponde à 2ª etapa do Setor Noroeste.

A estimativa levou em consideração a existência de cavas mineradas e exauridas na área, bem como as interferências com redes de infraestrutura aéreas e subterrâneas e suas faixas de servidão, edificações já existentes, vias internas pavimentadas, restrições ambientais do Parque Burle Marx e impedimentos relativos à salvaguarda de vegetação nativa nas áreas públicas intersticiais às projeções do Setor Noroeste, onde não será possível extrair areia (**figuras 9 e 10**).

Considerando ainda a variação de profundidade para o corpo de minério entre 5,5 metros a 10 metros, desde os depósitos arenosos superficiais até a rocha arenosa moderadamente alterada (limite para lavra de areia por escarificação), a reserva de minério estimada para as áreas passíveis de lavra nos limites da Jazida do Canil é de 992.834 metros cúbicos ou 1.687.818 toneladas, considerando o peso específico da areia seca de 1.700 kg/m³.

Entretanto, a retomada da mineração na porção sudoeste da Jazida do Canil deve se adequar às condicionantes da Licença de Instalação do Setor Noroeste, para que não haja prejuízo à implantação do novo setor, bem como deve obedecer à legislação mineral e ambiental vigentes.

Para as projeções prediais referentes à 2ª etapa do Setor Noroeste sugere-se considerar a existência da jazida de areia sob as mesmas na formação dos preços, antes da oferta em hasta pública, já que os futuros compradores estarão adquirindo um terreno com determinado volume de areia no subsolo, a qual possui valor de mercado.

Desta forma, a extração de areia nas áreas contíguas à Jazida do Canil garantiria um recurso mineral de interesse social e ampla demanda para uso em obras públicas na região de Brasília, fazendo com que a TERRACAP cumpra sua função de agência gestora das terras e dos recursos públicos do Distrito Federal, além de corroborar o conceito de sustentabilidade ambiental evocado pelo Setor Noroeste, ao utilizar de forma adequada um recurso mineral existente no local.



Figura 9: delimitação da área não lavrada no limite sudoeste da Jazida do Canil (polígono rosa) passível de extração de areia para utilização em obras públicas.

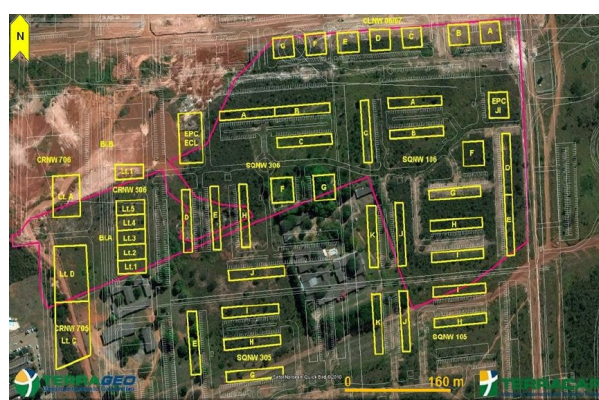


Figura 10: delimitação da área não lavrada no limite nordeste da Jazida do Canil (polígono rosa) e respectivas projeções da 2ª etapa do Setor Noroeste (em amarelo) cujas escavações prediais interceptarão a jazida de areia.

Conclusões

Os levantamentos com o GPR auxiliaram na delimitação de duas áreas remanescentes passíveis de extração de areia contíguas à Jazida do Canil cuja estimativa de volume, auxiliada por observações em trincheiras e sondagens geotécnicas disponíveis, totalizou 992.834 metros cúbicos de minério ou 1.687.818 toneladas.

Desta forma, na área a sudoeste, contígua da Jazida do Canil a TERRACAP poderia autorizar a extração de areia por órgãos governamentais para utilização em obras públicas, inclusive no próprio Setor Noroeste. Já na área correspondente à 2ª etapa do Setor Noroeste a extração só será possível dentro das projeções prediais, a cargo dos respectivos proprietários e/ou suas empreiteiras.

Os resultados comprovam a eficácia do GPR como método auxiliar para a identificação dos limites de pacotes de quartzito a até 15 metros de profundidade, ao que se sugere a continuação trabalhos com esta ferramenta no futuro, associado a sondagens, como apoio a campanhas de pesquisa mineral para esse tipo de depósito.

Referências Bibliográficas

BORGES W.R., 2007. *Caracterização Geofísica de Alvos Rasos com Aplicações no Planejamento Urbano e Meio Ambiente: Estudo sobre o Sítio Controlado do IAG/USP*. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo/SP, Tese de doutorado, 256 p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM. Sistema de Informações Geográficas da Mineração – SIGMINE. Acesso em: 20/11/2011 Fonte: <http://www.dnrm.gov.br>.

FREITAS-SILVA F.H, CAMPOS J.E.G., 1998. *Geologia do Distrito Federal*. In: Campos J.E.G & Freitas-Silva (Coord.) Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. SEMATEC - IEMA - MMA – SRH, 1 CD-ROM.

GDF. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN, 1995. *O Relatório Técnico sobre a Nova Capital da República (Relatório Belcher)*. Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central, Governo do Distrito Federal, Brasília/DF, 316p.

GDF. Companhia de Planejamento do Distrito Federal – CODEPLAN, 1997. *Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD. Folhas 103 e 120. Escala 1:2.000*. Arquivos Digitais.

MACHADO M. A., MANDAI P. R., ROIG H. L., 2007. *Reservas Estratégicas de Depósitos Mineraiis de Uso Imediato na Construção Civil para Emprego em Obras Públicas no Distrito Federal*. In: 10º Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. SBG – Núcleo Brasília, Pirenópolis, 1 CD-ROM.

MACHADO M.A., MANDAI P.R., GUIMARÃES E.M., BARROSO R.H.G., 2011. *A Unidade Metassilito (Grupo Paranoá) e os Conflitos de Mineração no Setor Noroeste, Brasília/DF*. In: 12º Simpósio de Geologia do Centro-Oeste. SBG Núcleo Brasília, Pirenópolis, 1 CD-ROM.

OLIVEIRA J.C., 2000. *Caracterização Geotécnica de Materiais Inconsolidados Arenosos do Distrito Federal Utilizados como Material de Construção*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/DF, Dissertação de Mestrado, 100p.

PORSANI J. L., 1999. *Ground Penetrating Radar (GPR): proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado – SP*. Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro/SP, Tese de Doutorado, 145 p.

SOUZA A.M., 2008. *Uso do GPR na Geração de Modelos Estáticos 3D para o Planejamento de Lavra de Mineraiis Pesados Depositados em Dunas Eólicas*. Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN. Dissertação de Mestrado, 123p.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos geólogos Marcelo Blum, Daniel Russo e Ricardo de Moraes, aos futuros geofísicos Amanda Rocha e Raphael Teixeira e ao geógrafo Pérciles Macedo pela colaboração nas etapas de campo; ao Departamento de Polícia Federal e à Universidade de Brasília pelo empréstimo dos equipamentos; ao geólogo Pedro Mandai pela ajuda com *software ArcGIS*; e à Terracap, pela oportunidade de desenvolver o estudo.