

ANALYSIS OF GEOLOGICAL STRUCTURES IN THE FEDERAL DISTRICT WITH GPR

Pedro Augusto Costa do Amaral (pedro.amaral.unb@gmail.com; IG/UnB)

Cleber Borges Alves (cleberborgesalves1@gmail.com; IG/UnB)

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

Alexandre Messias Reis (alex.messias.reis@gmail.com; IG/Unb)

Copyright 2017, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 15th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 31 July to 3 August, 2017.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 15th 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

The scarcity of rocky outcrops in the northwestern district of Brasilia requires a greater number of drilling holes to size foundations of new buildings. In the area, two types of rocks are found in not very representative outcrops (in most cases), these rocks are classified as metasilstones and quartzites belonging to Ribeirão Piçarrão Formation of Paranoá Group. This expanded abstract shows the results of Ground Penetration Radar acquisitions carried out to map the geological structures in the area. With the results was possible to delimit the quartzite layers and the identification of subsurface folds. The results of the GPR, integrated with information from drilling holes and outcrops, propose a change in the geological map of the Federal District.

Introdução

Com o aumento da população de Brasília, em função principalmente da contratação de novos funcionários públicos para renovação e ampliação de áreas do governo, houve a necessidade de acréscimo de infraestrutura habitacional no Distrito Federal. O Setor de Habitações Coletivas Noroeste (SHCNW), mais conhecido como setor noroeste, é um dos mais novos bairros do Plano Piloto de Brasília.

Neste setor ocorrem dois tipos principais de rochas, pouco aflorantes, os metassiltitos e os quartzitos pertencentes à Formação Ribeirão Piçarrão, do Grupo Paranoá. Estas duas tipologias rochosas exigem distintas formas de estaqueamento de fundações dos prédios, assim torna-se essencial o conhecimento da estruturação do subsolo na área dos novos empreendimentos imobiliários.

Neste trabalho objetiva-se verificar a eficiência do GPR na delimitação das camadas de quartzito, e a identificação de estruturas geológicas em grande escala.

Contexto Geológico

O Distrito Federal está localizado na região central da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos Brasília. Na sua transição entre as porções interna e externa, as unidades regionais estão superpostas por importantes sistemas de falhas (cavalgamentos e empurrões; Campos, 2010).

As rochas encontradas na região são pertencentes aos Grupos Bambuí, Canastra, Araxá e Paranoá, porém na porção central do Distrito Federal onde está presente a área de estudo há predominio do Grupo Paranoá (Figura 1) que corresponde a uma sucessão psamo-pelítica-carbonatada depositada em condições plataformais .

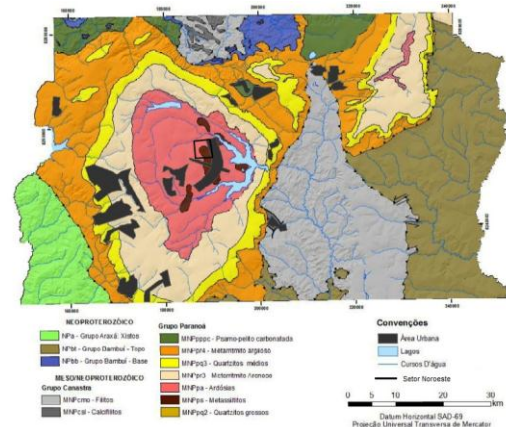


Figura 1 – Mapa geológico do Distrito Federal (Freitas e Silva, 1995) com o polígono da área do trabalho.

A Formação Ribeirão Piçarrão (antiga Unidade S) do Grupo Paranoá corresponde as principais litologias presentes no local estudado, este pacote possui uma espessura máxima de 500m, e divide-se em cinco litofácies. Na área de estudo estão presentes as litofácies da base desta unidade que é denominada como sublito fácies Metassilito Argiloso que corresponde a um metassilito com intercalação de quartzitos médios a grossos, e lentes de metarriltitos (Campos et al, 2013).

O contexto geológico estrutural do Distrito Federal é totalmente condicionado pelo padrão de dobramentos em superposição e pelos arranjos dos sistemas de cavalgamento Paranoá, São Bartolomeu/Maranhão e Descoberto (Campos et al, 2013).

A estruturação do DF divide-se em cinco fases deformacionais com as fases F₁ a F₄ definidas a partir de estruturas lineares e planares associadas aos dobramentos D₁ a D₄ e aos cavalgamentos; e F₅ correspondendo a estruturas de regime extensional

ocasionadas durante a descompressão final da deformação.

Nos grupos Paranoá e Bambuí, a fase F_1 é marcada pela incipiente recristalização de filossilicatos (S_1) paralela ao plano do acamamento (S_0) com uma gênese possivelmente relacionada a um deslizamento interestratal D_1 (Freitas-Silva e Campos, 1995).

A Fase F_2 corresponde a principal deformação observada nas rochas do Grupo Paranoá e Bambuí, sendo caracterizada como dobras de deslizamento flexural D_2 (Ramsay e Huber, 1986) em todas as escalas, com amplitude de comprimento da ordem de centenas de metros.

As dobras D_2 apresentam estilo predominantemente em *chevron*, geralmente assimétricos com flanco curto e longo; muitas vezes com flancos invertidos abertos e até apertados, as dobras D_2 apresentam suas linhas de charneira na direção N-S.

A terceira fase é caracterizada por dobras de deslizamento flexural D_3 com direção axial N-S, inicialmente as dobras possuem estilo *Chevron* similares as da Fase F_2 , porém ao final da Fase F_3 mais atenuada, são geradas dobras amplas, ondulações e arqueamentos.

As dobras D_2 e D_3 se mostram bem similares em determinados locais, a superposição dessas estruturas pode ser evidenciada pela relação das intersecções de foliações e redobramentos que apresentam um padrão similar ao de laço, podendo ser identificado em mapas como na região das bordas dos domos estruturais do Pipiripau e de Sobradinho.

Na fase de deformação F_4 , com a atenuação progressiva da deformação inicia-se a propagação de dobras D_4 , representada por dobramentos suaves a moderados e/ou monoclinais, os quais raramente desenvolvem uma clivagem espaçada. A escala desde dobramento varia de submilimétrica até flexurais com comprimento de onda quilométrico, em geral de baixa amplitude.

Os Eixos E_4 orientam-se em sua maioria para N80W/18, porém também apresentam mergulho para SE.

As dobras D_4 apresentam superposição temporal com as dobras D_3 tardias correspondendo dessa forma a dobras conjugadas posicionadas de maneira ortogonais entre si, ocasionadas por uma diminuição de tensão no tensor principal σ_1 até que sua intensidade se torne igual ao do tensor de deformação intermediário σ_2 permitindo a geração simultânea das dobras D_3 tardias e as D_4 .

A superposição das dobras D_2/D_3 e as dobras D_4 resultaram no padrão típico em domos e bacias do Distrito Federal.

Após a Fase F_4 , a compressão tectônica diminui fortemente e toda a Faixa Brasília inicia um regime de descompressão franca e a deformação se torna rúptil ocorrendo fraturamentos e falhamentos normais generalizados, gerando sistemas de diaclase e juntas e reativando zonas de fraquezas anteriores, esse evento caracteriza a Fase de descompressão F_5 .

O padrão de fraturamento que ocorre na região é o mesmo da fase final de estruturação de orógenos apresentando duas direções preferenciais, mais ou menos ortogonais.

Aquisição de dados

Os principais métodos utilizados na aquisição de dados neste trabalho foi a realização de seções de GPR para identificação das estruturas em subsuperfície, e o mapeamento geológico tradicional de superfície.

No campo a equipe realizou quatro perfis de GPR, totalizando aproximadamente 7,7 Km de extensão, com objetivo de correlacionar as estruturas geológicas (Figura 2).

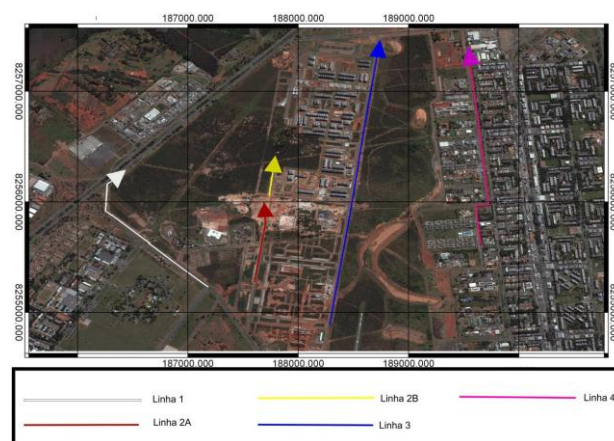


Figura 2 – Imagem aérea do Setor Noroeste (DF), com o posicionamento e a direção das linhas GPR.

Para adquirir os dados a equipe usou o sistema SIR-3000 (GSSI), acoplado a uma antena blindada de 200MHZ juntamente com uma roda odométrica (Figura 3). Durante a coleta de dados aplicou-se a técnica do afastamento comum (common offset), registrando-se os traços a cada 5 cm, com uma janela temporal de 300 ns, 1024 amostras por traço (*Scan Unit*), e intervalo de amostragem temporal de 0,29 nanosegundos.



Figura 3 – Foto evidenciando a aquisição de dados de GPR com a antena blindada de 200MHz, na área do Setor Noroeste de Brasília.

Processamento dos dados de GPR

Esta etapa teve como objetivo a eliminação de ruídos aleatórios e o realce das estruturas geológicas em subsuperfície.

No processamento dos dados usou-se o software ReflexW, versão 7.5 (Sandmeier, 2014). A rotina aplicada a todos os dados consistiu na correção estática, para correção do tempo zero. Esta mesma função também foi utilizada para incorporação das cotas topográficas nos dados, obtidas com o software Google Earth.

Em seguida aplicou-se a remoção dos ganhos de *display* inseridos nos dados durante a aquisição em campo.

Posteriormente realizou-se a aplicação do Filtro 2D Subtração de Média. Este filtro age sobre um número selecionável de traços para cada etapa de tempo, suprimindo a energia coerente horizontalmente e enfatizando os sinais que variam lateralmente. A aplicação deste filtro mostrou-se eficiente para a remoção de ruídos coerentes pois os refletores relacionados aos planos das rochas terem mergulhos acima de 10 graus.

Para minimizar o efeito de atenuação do sinal em decorrência do aumento de profundidade, foi dado um ganho de decaimento de energia, por meio da aplicação de uma curva de ganho no perfil baseada na amplitude média de uma curva de decaimento (Sandmeier, 2014).

O próximo passo foi a utilização do Filtro FK que atenua os ruídos de refletores de alta frequência e ressalta os refletores com mergulhos.

Por fim para eliminação dos ruídos de baixa frequência utilizou-se o Filtro 1D Dewow onde um valor médio é calculado para cada traço de acordo com a janela de tempo escolhido.

Velocidade do meio

No cálculo da velocidade de propagação da onda eletromagnética para a área, usou-se uma seção de GPR obtida sobre um alvo com profundidade conhecida (uma manilha de concreto). O alvo mostrou um padrão hiperbólico de reflexão na seção de GPR, no tempo de 30 nanossegundos, na posição de 12,6 metros no perfil de GPR (Figura 4). Com a profundidade do alvo (1,5 metros), calculou-se a velocidade do meio (0,1 m/ns) usando-se a equação do tempo duplo de trânsito com afastamento nulo entre as antenas ($v=2h/t$; v é a velocidade, h é a profundidade do alvo, e t é o tempo duplo de trânsito).

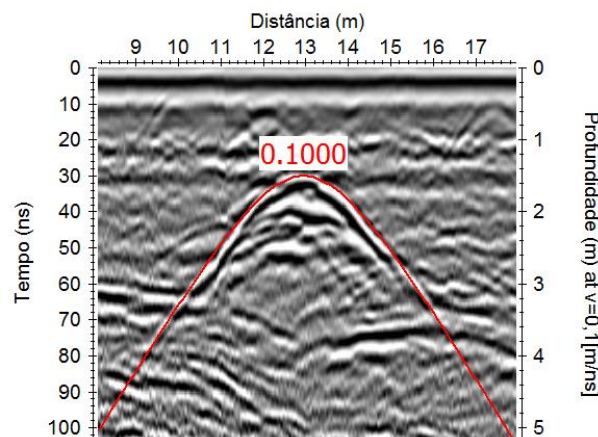


Figura 4 – Radargrama com a posição do refletor hiperbólico relacionado à tubulação usada para a obtenção da velocidade da onda eletromagnética no meio.

Resultados

Os resultados de GPR mostraram inúmeros padrões de reflexão, que foram individualizados com o objetivo de correlacioná-los com unidades geológicas distintas. Assim registraram-se quatro padrões distintos de reflexão (P1, P2, P3 e P4, relacionado às radarfácies presentes na área (Figura 5).

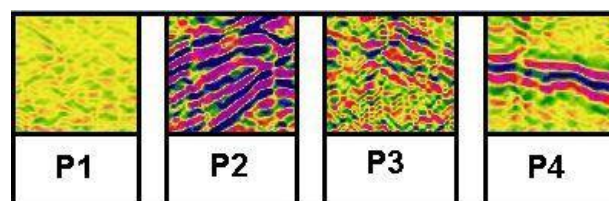


Figura 5 – Padrões de radarfácies reconhecidos na área investigada e que foram usadas na análise e na interpretação das seções de GPR.

O padrão de reflexão P1 não apresenta refletores ou quase não apresenta, possuindo baixa amplitude. Os refletores paralelos, contínuos inclinados (com mergulho) com alta amplitude representam o padrão P2. Os

refletores com padrão P3 são semelhantes ao padrão P2, porém apresentam moderada continuidade e baixa amplitude. Em locais com a presença de poucos refletores horizontais inseridos em áreas sem refletores foi caracterizada como padrão P4.

O padrão P1 apresentou-se como uma camada homogênea de baixa amplitude com espessura variando de 0,5 até 6,0m, este padrão foi interpretado como uma camada de latossolo vermelho, evidenciada durante as etapas de campo. Os latossolos em geral apresentam alto teor de argila, cerca de 15 a 80%, e são homogêneos, o que causa a atenuação do sinal eletromagnético.

Os refletores lineares, contínuos e inclinados, classificados como padrão P2, relacionam-se a uma camada espessa, visto que ocorre até o registro final do GPR (*time window*). Este padrão ocorre logo abaixo da camada de latossolo (P1). Nos registros dos radargramas nota-se um aumento abrupto de amplitude na transição P1 para P2 ocasionado por um grande contraste elétrico entre os materiais. Em função das características de P2, atribui-se este padrão ao pacote de camadas de quartzitos da Formação Ribeirão Piçarrão. Atribui-se também, o forte refletor do topo de P2, ao contraste entre o latossolo de composição argilosa (baixa resistividade), e a rocha arenosa que apresenta maior resistividade elétrica (Figura 6).

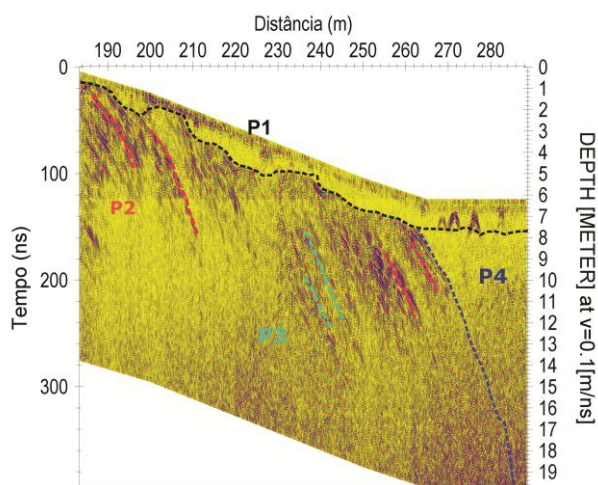


Figura 6 – Corte do radargrama referente a linha 3, com a identificação e os limites entre os padrões de reflexão encontrados na área.

O padrão P3 é similar ao P2, entretanto possui descontinuidades, e sua amplitude é menor. Este padrão também relaciona-se às camadas do quartzito representados por P2, sendo que a diminuição da continuidade e da amplitude dos refletores foram consequências da atenuação do sinal eletromagnético, quando ocorreu a passagem do radar de solo sobre aterros, locais de construção de estradas e sobre o asfalto além de possíveis intercalações com materiais argilosos que foram constatados em afloramentos na área.

Os refletores descontínuos e horizontais de média amplitude, entre regiões com ausência de refletores, caracterizam o padrão P4. Este padrão é atribuído aos metassiltitos da Formação Ribeirão Piçarrão, o que sugere um contato abrupto com as camadas de quartzito.

O dobramento é evidenciado nos radargramas pela posição relativa das camadas inclinadas e a geometria da estrutura no quartzito sendo assim interpretadas como um dobramento aberto assimétrico com o plano axial levemente inclinado (Figura 7).

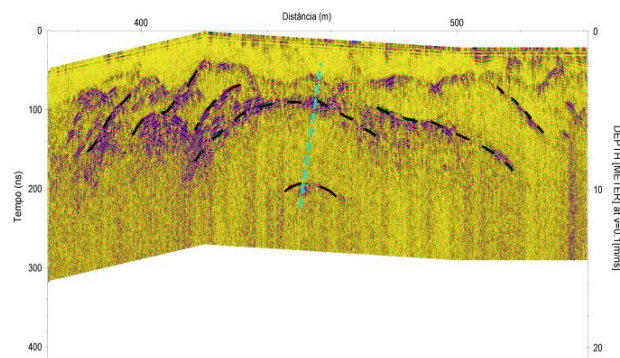


Figura 7 – Corte do radargrama referente a linha 4, com identificação das radarfácies P2 e P3 (linha preta) que caracterizam um dobramento e identificação no plano axial da dobra (linha azul).

Em todas as quatro seções de GPR obtidas na área, identificam-se refletores com mergulhos contrários, principalmente os refletores dos padrões P2 e P3. Os refletores, após o cálculo do mergulho verdadeiro, mostram inclinações distintas. A maioria mostra mergulho aparente em torno de 30° para norte, e a minoria com mergulho aparente para 20° sul (Figura 8).

No mapeamento geológico da área somente as camadas que mergulham para direção norte nos radargramas estão aflorantes e apresentaram medidas em torno de 340°/35° (*dip direction*).

Conclusões

As seções de GPR obtidas na área do setor Noroeste de Brasília, mostraram-se eficientes na delimitação dos limites entre o pacote de camadas de quartzitos e o pacote de camadas de metassiltitos, além da identificação de macroestruturas geológicas (dobras e planos axiais), bem como a delimitação da espessura do solo local.

O quartzito apresentou um dobramento aberto assimétrico com plano axial inclinado. Com a conexão dos planos axiais da dobra, nos radargramas, obtém-se a direção aproximada do eixo do dobramento apesar de não ser um eixo reto apresentou valores em torno da direção N50E.

O dobramento apresentou direções de eixo, vergência e geometria concordantes com o contexto estrutural do Distrito Federal. Os valores registrados com o GPR sugerem uma geração das estruturas relacionada a fase deformacional F4.

O mapeamento geológico com subsídio do GPR é de grande utilidade em áreas pouco aflorantes, tanto para

delimitação de contatos de rochas quanto para reconhecimento de estruturas em subsuperfície, visto que um dos flancos da dobra não é aflorante na área, assim auxiliando no mapeamento da lente de quartzito do Setor Noroeste (Figura 9).

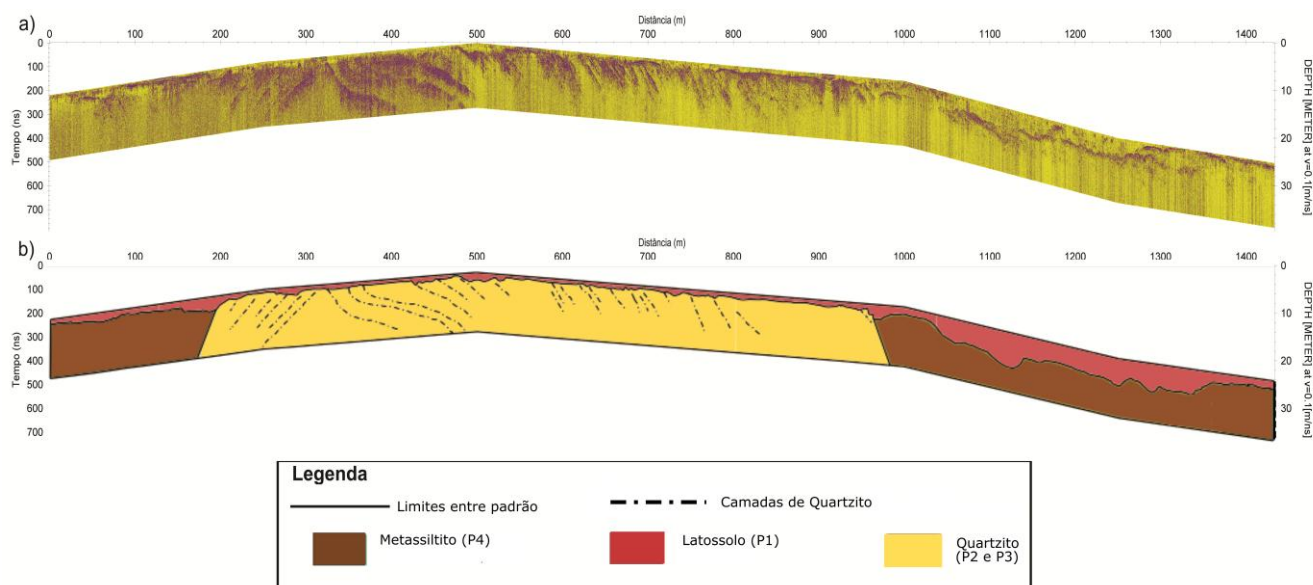


Figura 8 – (a) Seção de GPR da Linha 1. (b) Modelo geológico elaborado com a seção de GPR.



Figura 9 – Imagem aérea com delimitação do quartzito no Setor Noroeste, com eixo do dobramento e locais que foram obtidas medidas aferidas em afloramentos e por dados GPR.

A área de ocorrência do quartzito delimitada com o GPR, mostrou-se maior que a desenhada no mapa geológico do Distrito Federal (Figura 10), logo recomenda-se a revisão do mapa, com a extensão da ocorrência da Formação Ribeirão Piçarrão para as direções SW e NE.

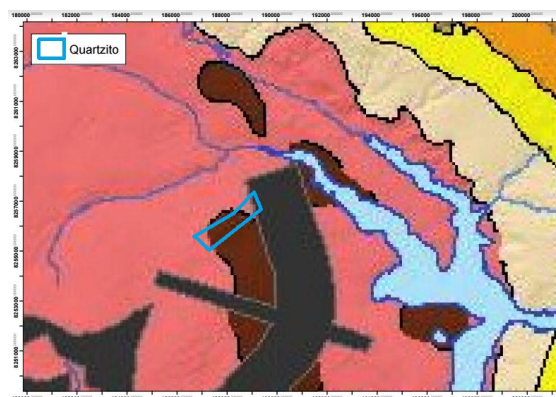


Figura 10 – Mapa geológico do DF com os limites do quartzito identificado com o GPR.

Referências

- CAMPOS, JEG; DARDENNE, MA; FREITAS-SILVA, FH; MARTINS-FERREIRA. 2013. Geologia do Grupo Paranoá na porção externa da Faixa Brasília. *Brazilian Journal of Geology*, 43(3): 461-476.
- CAMPOS, JEG. 2010. Geologia do DF. In Relatório do Meio Físico e Biótico, Zoneamento Ecológico-Econômico do DF, Distrito Federal, Brasília. Disponível em: <http://www.zee-df.com.br>.
- FREITAS-SILVA, FH; CAMPOS, JEG. 1995. Geologia do Parque Nacional de Brasília - DF. *Boletim de Geociências do Centro-Oeste* 18(1/2): 32-43.
- SANDMEIER, KJ. 2014. Program for the processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software 03, Karlsruhe, Germany.