



Experimento de Refração Sísmica Profunda nas Interfaces entre Bacia do Paraná-Dobramentos Brasília-Cráton São Francisco: Resultados Preliminares

Fábio A. Perosi, Jesus A. Berrocal, Célia Fernandes, Ana C. Medrado

Instituto Astronômico e Geofísico – Universidade de São Paulo

Abstract

Deep Seismic Sounding is the main method to characterize the great structures of the crust and terrestrial upper mantle. In this work we describe the procedures of field recognition and acquisition of data of the first experiment on deep seismic refraction made in the Brazilian Territory using passive sources of energy. The bulk of the data is being processed at this moment, therefore we shall present some preliminary result. The main objective of this experiment is to study the interface between the Parana Basin, the Brasilia Foldings and the Sao Francisco Craton by using the P-wave velocity model in this region.

INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte do projeto temático de equipe “Estudos Geofísicos e Modelo Tectônico dos Setores Central e Sudeste da Província Tocantins, Brasil Central”, financiado pela FAPESP. Os levantamentos de refração sísmica profunda no projeto temático, foram realizados em duas áreas diferentes: a primeira no setor central da província tocantins e a segunda no setor sudeste dessa província.

Os resultados deste levantamento serão processados, utilizando métodos geofísicos e dados geológicos, visando-se obter modelos tectônicos de velocidades para esses setores desta província. Estes modelos possibilitarão a localização de hipocentros suficientemente precisas para serem utilizadas em interpretações sismotectônicas da região.

A área de interesse deste trabalho está situada no setor sudeste da Província Tocantins, a qual compreende o Triângulo Mineiro e a porção central do Estado de Minas Gerais, cruzando as interfaces da Bacia do Paraná com a Faixa Brasília e da Faixa Brasília com o Cráton do São Francisco. Estes levantamentos de refração sísmica são pioneiros no Brasil, tanto no tamanho das linhas auscultadas e número de registradores quanto ao fato de serem utilizadas fontes de energia controladas, somente para este fim.

DESCRIÇÃO DA LINHA

A região auscultada compreende o Triângulo Mineiro e porção central do estado de Minas Gerais, que é atravessada por uma linha sísmica denominada Linha L3, no setor sudeste da Província Tocantins. Essa se inicia na divisa entre os estados de São Paulo e Minas Gerais, próximo do Reservatório de Volta Grande, passa por Uberaba, Perdizes, Patrocínio, passa perto de Patos de Minas e termina nas proximidades do lugarejo conhecido como Varjão (Figura 1). Essa linha possui direção aproximada SW-NE, e começa na porção NE da Bacia do Paraná, atravessa a faixa de Dobramentos Brasília, terminando no Cráton do São Francisco.

A linha tem aproximadamente 300 km de extensão e 120 pontos de registro, separados a cada 2,5 km, em média, distribuídos ao longo de estradas principais e secundárias. A cada 50 km, aproximadamente, foi realizada uma explosão. Os poços para as explosões tinham 6 polegadas de diâmetro e as cargas eram acomodadas conforme a Tabela 1.

O explosivo utilizado é uma emulsão gelatinosa denominada IBEMUX. Ele era bombeado para dentro dos poços até encher 2/3 da profundidade de poço; a densidade do explosivo, para o transporte, era $1,35 \text{ g/cm}^3$, porém era reduzida quimicamente para $1,25 \text{ g/cm}^3$, afim de torná-lo mais energético, com velocidade de detonação de 5.200 m/s. O explosivo foi fornecido por IBQ Indústrias Químicas Ltda., que além do fornecimento, foi encarregada do transporte e do preenchimento dos furos.

Poço	Profundidade	Carga	Localização
1	65 m	1.000 kg	Volta Grande
2	55 m	800 kg	Uberaba
3	41 m	600 kg	Santa Juliana
4	41 m	500 kg	Quebra Anzol
5	41 m	600 kg	S. João da S. Negra
6	55 m	800 kg	Patos de Minas
7	65 m	1.000 kg	Varjão

Tabela 1 – Localização das Explosões na Linha L3

Refracao Sismica Profunda no Setor Sudeste da Provincia Tocantins

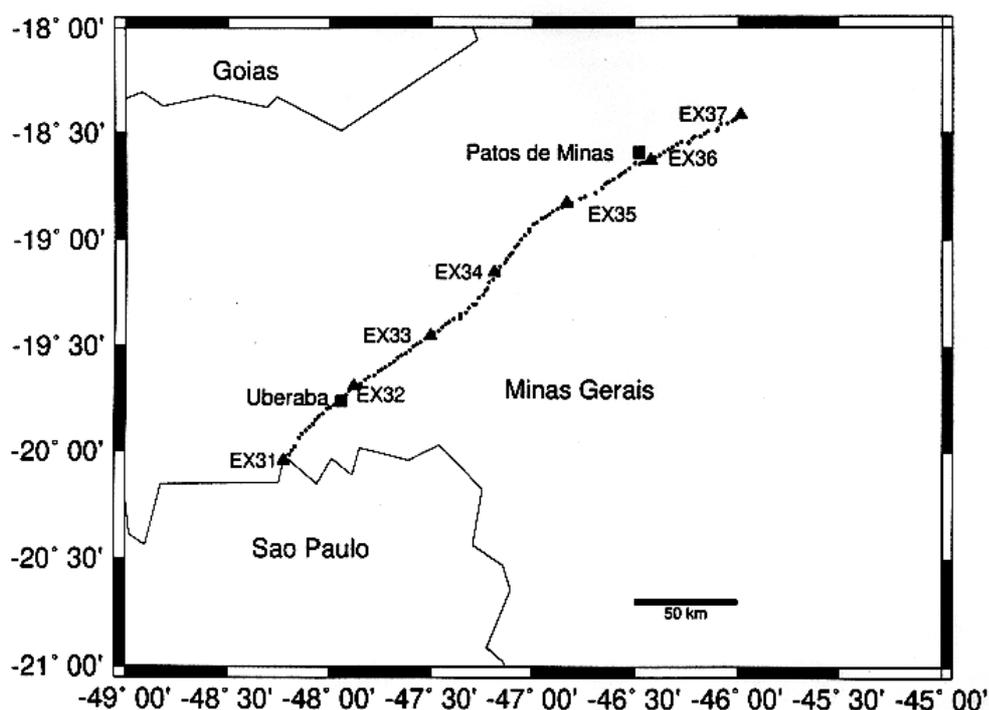


Figura 1 – Mapa de Localização da linha L3

METODOLOGIA

Foram realizadas várias viagens preparatórias à Minas Gerais afim de reconhecer a região: locais dos poços de explosão, locais dos pontos dos sismômetros e estradas de acesso. Nessas viagens foram feitos contatos importantes com os proprietários das terras onde seriam perfurados os poços, prefeitos dos municípios onde seriam realizadas as explosões, bem como, alguns contatos com a população afim de prestar esclarecimentos sobre o projeto.

Na segunda etapa realizou-se a aquisição dos dados. A maioria dos sismômetros, registradores e equipamentos auxiliares como unidades de tiro e "master clocks", utilizados neste experimento, foram fornecidos pela Universidade de Stanford, Califórnia-EUA (Projeto PASSCAL). Ela forneceu 111 registradores SGR (Seismic Group Recorder) e sismômetros L4-A e o restante, 13 sismógrafos, foi fornecido pelo IAG/USP (sismômetros L4-A e registradores Pragmática e SSR-1). Os sismômetros L4-A são caracterizados por serem sensores verticais de período curto ($T_0=0,5s$). Os veículos, computadores e gps's foram fornecidos pelo IAG/USP e pelo Observatório Sismológico da UnB.

O tempo dispensado para realizar o trabalho na linha L3 foi de 5 dias, entre reconhecimento da área, instalação do equipamento, execução das explosões e retirada do equipamento. Cabe ressaltar a programação para realizar as explosões: a memória dos SGR's possibilitavam a programação de 16 janelas de 90 segundos cada, então programavam-se 14 janelas para uma noite (7 janelas para os horários inicialmente escolhidos e 7 janelas de reserva para abrirem 40 minutos depois dos horários inicialmente escolhidos, caso houvesse algum problema) e as outras 2 janelas eram programadas para a noite seguinte, como uma reserva adicional, caso alguns dos tiros não pudessem ser realizados na primeira noite (Tabela 2). Isto era necessário para evitar a remoção do equipamento para uma reprogramação. Os registradores Pragmática necessitavam de reprogramação porque possuem menor capacidade de memória.

Neste tipo de trabalho é imprescindível o conhecimento da localização precisa dos sismômetros, para esta finalidade utilizou-se o método de gps diferencial (DGPS).

Madrugadas dos dias 6 e 7 de Setembro de 1998

GMT	Hora Local	Shotpoint	Dia Juliano
03:00	00:00	1 (EX31)	250
03:10	00:10	7 (EX37)	250
03:30	00:30	4 (EX34)	250
03:40	00:40	1 alternativo	250
03:50	00:50	7 alternativo	250
04:10	01:10	4 alternativo	250
05:00	02:00	2 (EX32)	250
05:10	02:10	6 (EX36)	250
05:40	02:40	2 alternativo	250
05:50	02:50	6 alternativo	250
07:00	04:00	3 (EX33)	250
07:10	04:10	5 (EX35)	250
07:40	04:40	3 alternativo	250
07:50	04:50	5 alternativo	250
03:00	00:00	alternativo	251
03:10	00:10	alternativo	251

Tabela 2 – Programação das explosões da linha L3



Neste método um gps funciona como “base” e outro(s) funciona(m) como “campo”, ambos aparelhos geram arquivos simultâneos que são posteriormente processados, afim de retirarmos a imprecisão da coordenada (*Selective Availability*). Após o processamento destes dados pode-se chegar a uma precisão de 2 ou 3 metros em torno do ponto de medição. Para este trabalho uma precisão em torno de uma dezena de metros é satisfatória.

A linha foi dividida em 6 setores de 50 km; cada setor ficou sob a responsabilidade de uma equipe de duas ou três pessoas que instalaram 20 sismógrafos por setor. Também foram designados três grupos para efetuar as explosões e mais um grupo para administrar a aquisição das coordenadas de posicionamento. Perfazendo um total de 22 pessoas.

ANÁLISE DOS DADOS

No laboratório de Sismologia do USGS, Menlo-Park, Califórnia, os dados tiveram que ser transferidos das fitas onde foram originalmente registrados para um ambiente de estações de trabalho num formato apropriado para leitura e processamento no Laboratório de Sismologia do IAG/USP. Por esse motivo a etapa de redução e análise preliminar dos dados foi iniciada em Fevereiro de 1999, quando os dados registrados nos equipamentos americanos, terem chegado ao Brasil. Na parte de interpretação dos dados serão utilizados os métodos usuais de interpretação para refração sísmica profunda na identificação da forma e posição das camadas refratoras (Dobrin, 1985; Giese, 1976; Sheriff, 1982). Uma idéia da eficiência da operação do equipamento somente será conhecida após o processamento dos dados chegados dos Estados Unidos. Os dados registrados com o equipamento do IAG perfazem 10% do total dos registros armazenados, porém do resultado de sua análise e pelos primeiros contatos com os registros vindos dos Estados Unidos, indicam a eficácia do experimento, pois temos registros razoáveis a grandes distâncias (Figura 2 e Tabela 3).

Estação	Dist. (km)	t (s)	V (km/s)
L3030	74	12.358	5.99
L3056	138	23.566	5.96
L3069	171	28.358	6.03
L3090	220	33.746	6.52

Tabela 3

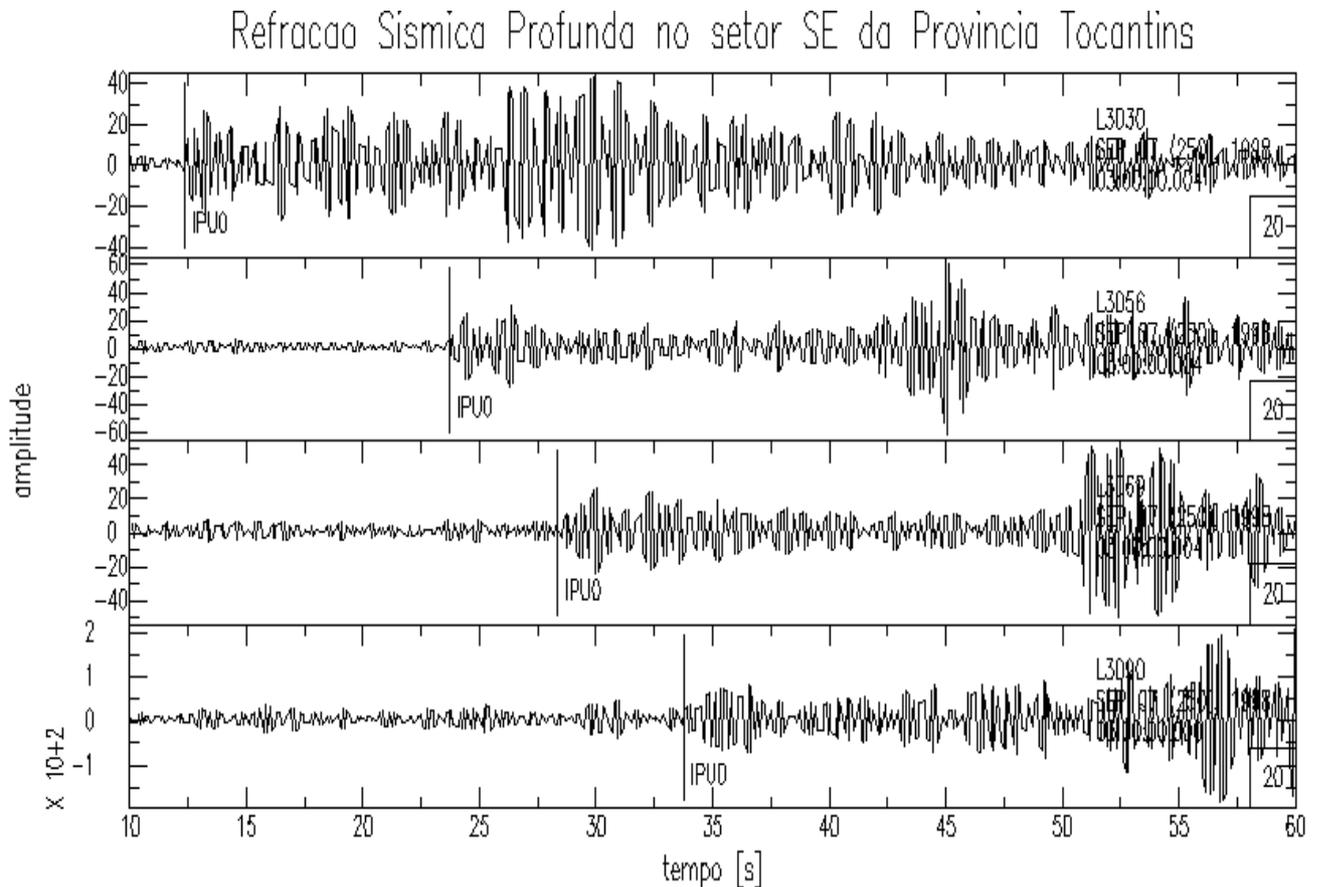


Figura 2 – Sinais registrados com o equipamento do IAG/USP

CONCLUSÕES

Este experimento é pioneiro no Brasil, tanto pela extensão da linha sísmica e número de pontos de registro, quanto pela utilização de fontes controladas e específicas para este experimento. Por ser uma linha extensa, ela está sujeita a diversos problemas técnicos, entretanto espera-se uma eficiência de 90% dos aparelhos que registram os dados com sucesso. Na Figura 3, podemos observar algumas chegadas, mesmo os dados estando em fase inicial de processamento.

Esta etapa de processamento de dados em conjunto com a etapa de interpretação irá se estender além da data do congresso, porém durante o 6º CISBGf resultados mais concretos serão apresentados, incluindo seções sísmicas com todos os dados (IAG e PASSCAL) obtidos no levantamento de Refração Sísmica Profunda nesta linha do setor Sudeste da Província Tocantins.

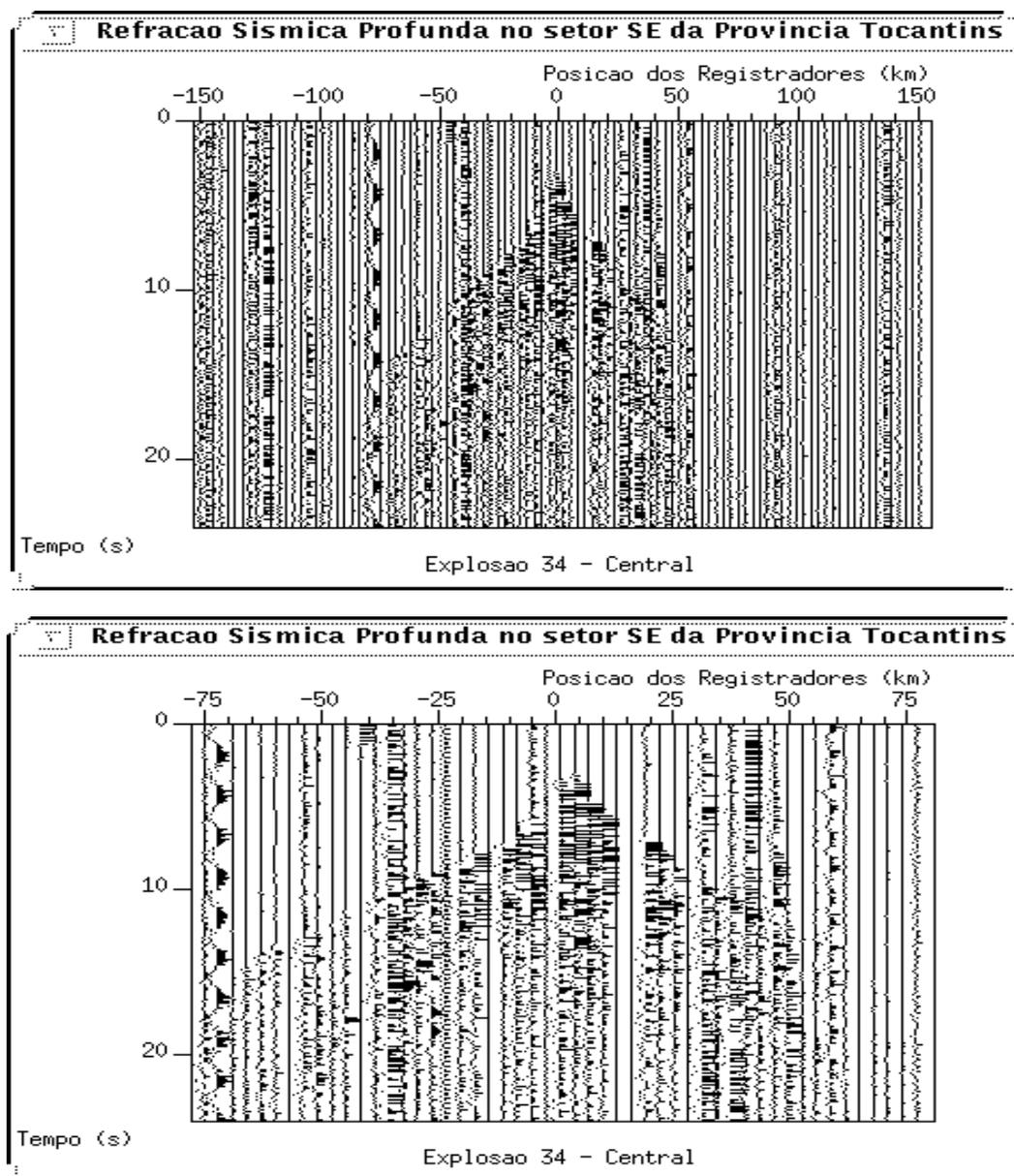


Figura 3 – Seção Sísmica preliminar em relação ao ponto central (esquerda) e detalhe (direita). Dados registrados com o equipamento do Projeto PASSCAL

REFERÊNCIAS

- Dobrin, M. B., *Introduction to Geophysical Prospecting*, McGraw-Hill, Inc., Singapore, 630p, 1985 (3th edition).
 Giese, P., Prodehl, C. & Stein, A., *Explosion Seismology in Central Europe*, Springer-Verlag, Berlin, p. 419, 1976 .
 Sheriff, R. E. & Geldart, L. P., *Exploration Seismology*, Vol. 1 e 2, Cambridge University Press, 1982.

AGRADECIMENTOS

Gostariamos de agradecer a FAPESP por financiar este projeto (processo nº 96/1566-0) e pelas bolsas concedidas (processos nº 98/00156-9 e nº 98/03612-5). Também somos gratos aos técnicos, alunos de graduação e professores que participaram do experimento e aos colegas que estão nos auxiliando na fase de processamento dos dados.