

SÍSMICA DE REFRAÇÃO NO DOMO ESTRUTURAL DE PITANGA, RIO CLARO (SP)

João Carlos DOURADO¹; César Augusto MOREIRA²; Walter Malagutti FILHO³; Mariana Aparecida FERNANDES⁴

- (1) Prof. Livre Docente, Departamento de Geologia Aplicada – IGCE – Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro, Av. 24-A nº 1515 Bela Vista Caixa Postal 178 – CEP 13506-900 - Rio Claro/SP, Fone: (19) 35269297. Endereço eletrônico: jdourado@rc.unesp.br.
- (2) Prof. Assistente Doutor, Departamento de Geologia Aplicada – IGCE – Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro, Av. 24-A nº 1515 Bela Vista Caixa Postal 178 – CEP 13506-900 - Rio Claro/SP, Fone: (19) 35269314. Endereço eletrônico: moreirac@rc.unesp.br.
- (3) Prof. Livre Docente, Departamento de Geologia Aplicada – IGCE – Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro, Av. 24-A nº 1515 Bela Vista Caixa Postal 178 – CEP 13506-900 - Rio Claro/SP, Fone: (19) 35269309. Endereço eletrônico: malaguti@rc.unesp.br.
- (4) Doutoranda em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE – Universidade Estadual Paulista - UNESP - Rio Claro, Av. 24-A nº 1515 Bela Vista Caixa Postal 178 – CEP 13506-900 - Rio Claro/SP, Fone: (19) 35249562. Endereço eletrônico: mariana.fernandes03@gmail.com.

Introdução
Metodologia
 Revisão teórica
 Trabalho de campo
Resultados
 Processamento dos sinais e interpretação
 Interpretação tradicional (plus-minus)
 Interpretação tomográfica
Conclusões
Agradecimentos
Referências

RESUMO - Este trabalho apresenta a interpretação dos ensaios de sísmica de refração executado no Alto Estrutural Domo de Pitanga., localizado entre as cidades de Rio Claro e Piracicaba, nordeste do Estado de São Paulo. Foi executada uma seção de refração sísmica com aproximadamente 14.100m de comprimento onde foram dispostos 12 conjuntos de geofones e registradores digitais. Como fontes de ondas sísmicas foram utilizadas explosões de pedreiras localizadas nas extremidades da seção. Os resultados obtidos com a interpretação tomográfica e a do método plus-minus mostrou a existência de um alto do embasamento da Bacia do Paraná localizado em 1000m e 4000 m da Pedreira Bonança, foi também detectado um grande corpo de diabásio próximo à Pedreira Stávias. O alto estrutural encontrado pode ter sido causado por esforços compressivos resultantes das intrusões básicas. Este alto pode ter elevado a coluna de sedimentos, expondo sedimentos mais antigos.

Palavras-Chave: sísmica de refração, alto estrutural, domo de Pitanga.

ABSTRACT - This paper presents the results of refraction studies carried out in Pitanga's structural dome, located between Rio Claro and Piracicaba city, NE São Paulo State. The refraction section has approximately 14,100m length with twelve set of geophones-records. The seismic sources were the quarry explosion located at extremities of the section, in two mines of non-metallic minerals. The results of tomographic and plus-minus interpretation show that in the area has a high of basement between 1,000 and 4,000 m from Bonança mine, they also show a large body of diabase near Stávias mine. This structural high may have been done by the compressive stress caused by basic intrusion. This may also have lifted the sediment column exposing ancient sediments.

Keywords: Refraction seismic, structural high, Pitanga dome.

INTRODUÇÃO

A Bacia Sedimentar do Paraná está localizada na porção centro-leste da América do Sul, descrita nos estados brasileiros do Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, num total de cerca de 1.000.000km² em área. O embasamento desta bacia é formado por blocos cratônicos limitados por extensas faixas

móveis, interpretados por Milani (1997), como suturas tectônicas de idade neoproterozóica-eopaleozóica.

A bacia sedimentar do Paraná consiste numa vasta bacia intracratônica sul-americana, desenvolvida completamente sobre crosta continental, preenchida por rochas sedimentares e vulcânicas (Almeida, 1964). A estratigrafia

desta bacia é representada por cinco seqüências deposicionais principais, que variam do Ordoviciano ao Cretáceo. O preenchimento sedimentar é predominantemente siliciclástico, recoberto por representativos derrames de lavas basálticas. Este conjunto de rochas representa a superposição de pacotes depositados de ao menos três diferentes ambientes tectônicos, que ocorreu durante a dinâmica de placas durante a evolução do Gondwana (Zalán *et al.* 1990).

O padrão de estrutural e tectônico orientado segundo a direção geral NW e NE, é reconhecido por Soares *et al.* (1982) em um estudo detalhado de imagens LANDSAT e de radar da parte central e oriental da bacia.

Este padrão regional é descrito por Zalán *et al.* (1987) por feições lineares marcadamente cruzadas, divididas em nos grupos principais NW-SE, NE-SW, E-W. As duas orientações mais importantes são de direção NW-SE e NE-SW, que podem constituir falhas simples ou extensas zonas de falhas e indicam zonas de fraqueza antigas, mas com atividades recorrentes ao longo da evolução da bacia.

A estruturação geral representada por lineamentos com direções principais NE-SW nas porções centro-sul e norte da bacia, N-S junto ao atual flanco oeste, e NW-SE na parte nordeste é descrita em Milani (1997). Este padrão demonstra a existência de blocos cratônicos limitados por extensas faixas móveis, resultado da cinemática heterogênea da crosta sob a bacia, promovido pelos diversos campos de tensões ativos em sua história e resultando em importantes períodos de subsidência.

A evolução da bacia do Paraná esteve basicamente associada ao movimento de estruturas de direção NW-SE, cuja cinemática resultou na geração de estruturas derivadas de maior porte, como as falhas de Itú, Piraí, Curucu e Cachoeira (Pires Neto, 1996).

A partir dessas estruturas, se desenvolveram os altos estruturais, que ocorrem na borda leste da Bacia do Paraná,

representados no Estado de São Paulo pelos altos de Pitanga, Ártemis, Pau d'Alho e Jibóia (Sousa, 2002), expõem sedimentos mais antigos em suas porções centrais.

São apresentadas duas hipóteses para a origem destes altos estruturais por Soares (1974). A hipótese tectônica é baseada em esforços horizontais ou verticais associados à reativação neojurássica-eocretácea, sin ou pós-tectônica ao evento vulcânico básico. As estruturas derivadas sugerem esforços tectônicos que resultaram em arqueamento provocado por compactação diferencial sobre irregularidades paleotopográficas e por rochas intrusivas concordantes.

O trabalho de Fulfaro *et al.* (1982), sugere que tais altos estruturais sejam contemporâneos ao soerguimento Jurássico-Cretáceo da região costeira adjacente à Bacia de Santos. Sugere também a existência de fase tectônica compressiva ativa no final do Permiano, originando a Estrutura de Pitanga e as falhas inversas associadas, reativadas no Neojurássico–Eocretáceo.

A região em estudo apresenta rochas de idades que variam desde o Permo-Carbonífero (Grupo Itararé, Formação Tatuí, Formação Irati e Formação Corumbataí) até o Cretáceo Superior, incluindo os derrames de rochas básicas (Formação Pirambóia, Formação Botucatu, Formação Serra Geral e Formação Itaqueri) e ainda os sedimentos Neocenozóicos (Formação Rio Claro e coberturas associadas, e aluviões) (Figura 1).

O Domo de Pitanga constitui um alto estrutural, que juntamente com outras feições estruturais localizadas na unidade geomorfológica denominada de Depressão Periférica, tem despertado interesse nos geocientistas desde o final século XIX. Este interesse aumentou bastante à partir da década de 20 do século passado, com o aumento participação do petróleo na matriz energética mundial (Oliveira, 1920, 1940) e o conseqüente aumento no interesse econômico.

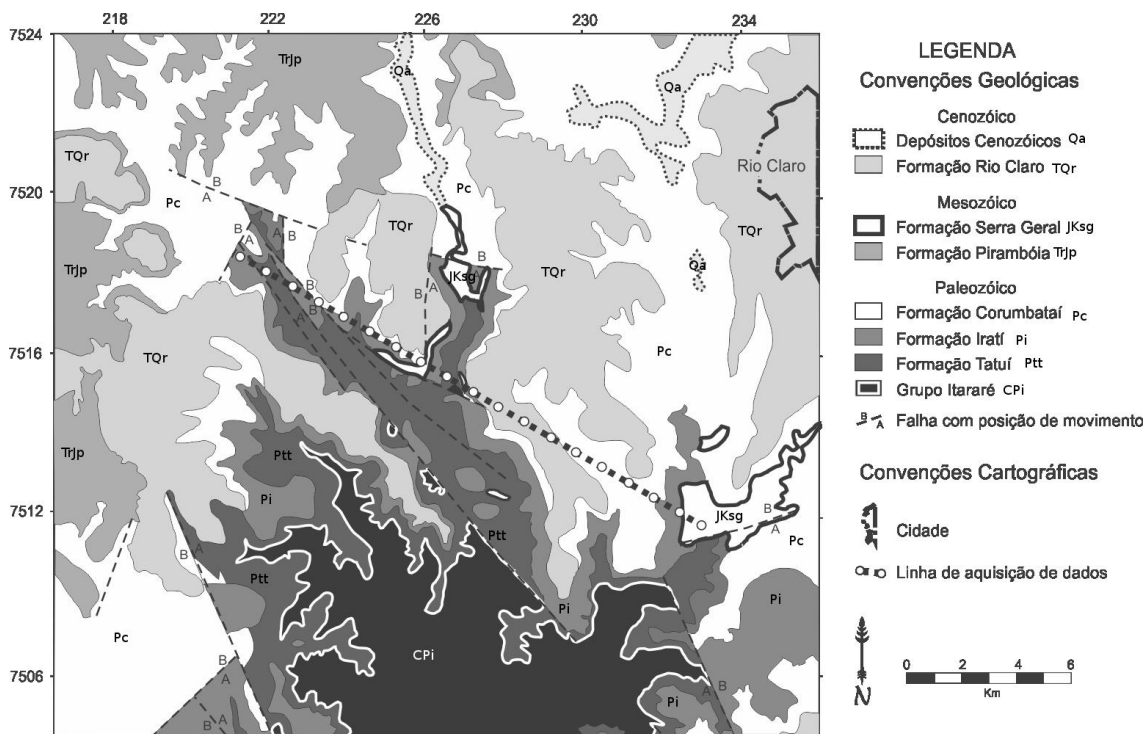


Figura 1. Mapa geológico (CPRM, 2001) mostrando as principais estruturas determinadas por Souza (2002). A Linha pontilhada com círculos mostra a localização da seção de sismica refração levantada.

Essas estruturas que se localizam na borda leste-nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, além do interesse inicial da indústria petrolífera, têm despertado o interesse dos pesquisadores, uma vez que constituem testemunhos da evolução tectônica regional. Desta forma, a região e em particular estas estruturas já foram objeto de vários estudos, cujo enfoque principal sempre foi o condicionamento geológico-estrutural e tectônico, como por exemplo, os trabalhos de Riccomini (1992), Sousa (2002) e Fries (2008).

Durante trabalhos de mapeamento geológicos de detalhe na região de Rio Claro e Piracicaba, descritos em Andrade & Soares (1971), foram encontrados alçamento de camadas mais antigas com o sistema de falhas Rio das Pedras-Piracicaba-Ipeúna de direção aproximada N10°W e sistema de falhas Passa Cinco-Cabeça, direcionado N45°W, definindo a Estrutura de Pitanga. Em Riccomini *et al.* (1991), são caracterizados importantes movimentos transcorrentes dextrais e sinistrais

em falhamentos localizados nas bordas da estrutura e em seu interior.

Para Sousa (1997), o domo de Pitanga é uma feição assimétrica com borda oeste delimitada por falhamentos e borda leste caracterizada por inclinação de camadas em baixo ângulo, com estruturas de basculamento limitadas por falhas e inclinação de camadas em seu interior. Esta autora reconhece sucessivas etapas de evolução estrutural local, iniciada por falhas normais com distensão aproximada E-W, sucedida por falhas sin-deposicionais à Formação Rio Claro com indicação de tectônica distensiva e a terceira marcada por falhas inversas e transcorrentes que atuaram na Formação Rio Claro.

A utilização da sismica de refração, cortando uma região bastante estruturada do Domo de Pitanga, visa determinar o comportamento do embasamento e contribuir para o entendimento dos mecanismos que geraram este alto.

METODOLOGIA

Revisão teórica

Os métodos sísmicos da refração e da reflexão surgiram nas primeiras décadas do

século XX e foram utilizados na então iniciante indústria do petróleo. No decorrer do desenvolvimento da prospecção petrolífera a

sísmica de reflexão se mostrou mais adequada aos estudos das bacias potencialmente produtoras e experimentou um grande desenvolvimento devido aos grandes investimentos advindos da indústria.

Por outro lado a sísmica de refração passou a ser utilizada em estudos mais rasos principalmente na área de aplicação da Geologia de Engenharia e em estudos mais profundos da geofísica crustal.

Com os princípios teóricos aparentemente mais complexos do que os da reflexão, a refração possui interpretação dos sismogramas mais simples, baseada na maior facilidade de identificação da onda refratada, que constituem, na maioria das técnicas de interpretação, a primeira chegada da onda longitudinal no sismograma.

Para a sísmica de refração rasa, existe uma grande quantidade de técnicas que consideram as primeiras chegadas das ondas como o princípio da interpretação. Pode-se citar como exemplo a técnica do Delay Time desenvolvida em 1939 por Gardner, em 1958 surgiu a técnica “Hales”, em 1959 surgiu a

técnica Plus-Minus, desenvolvida por Hagedoorn (1965) e Palmer (1980) introduziu o método GRM (Generalized Reciprocal Method).

Mais recentemente técnicas tomográficas foram desenvolvidas para a técnica de sísmica de refração rasa, também considerando o tempo de propagação das refrações. De maneira geral a utilização das técnicas tomográficas envolve a criação de um modelo inicial de velocidade onde um algoritmo que utiliza traçado de raios (ray tracing) segue iterativamente calculando os tempos das ondas refratadas e comparando com os dados observados no campo e repetindo o processo até a diferença seja adequada aos estudos.

Trabalho de campo

Para a realização da seção de refração sísmica foi escolhido um perfil localizado entre as Pedreiras Stavias e Bonança, a primeira localizada no município de Ipeúna (SP) e a segunda localizada no município de Rio Claro (SP) (Figura 2).

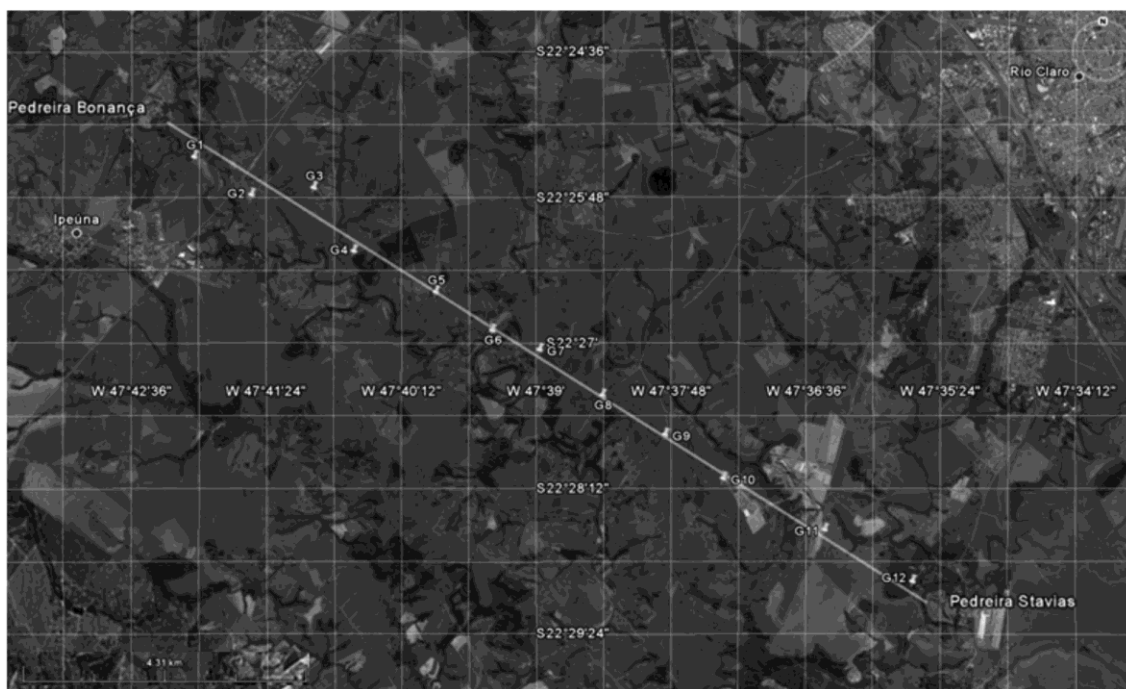


Figura 2. Imagem com a localização do perfil ensaiado mostrando as localizações dos doze geofones e das duas pedreiras. Pedreira Bonança localizada a NW e Pedreira Stavias localizada na extremidade SE da seção.

O perfil ensaiado possui um comprimento de aproximadamente 14100m, sendo que a Pedreira Stavias localizada na parte SW do perfil extrai brita de uma intrusão de

diabásio da Formação Serra Geral e a Pedreira Bonança extrai calcáreo dolomítico da Formação Irati. A escolha deste perfil teve como finalidade utilizar as explosões,

necessárias para o desmorte da rocha, como fonte de ondas sísmicas para os estudos de refração.

Os equipamentos utilizados para a aquisição de campo constituem de 12 conjuntos de registradores-digitalizadores TEXAN Modelo 125a da REFTEK com geofones da Mark Inc. de 4Hz de frequência natural.

Os critérios utilizados para determinar o sítio de instalação para cada um dos 12 geofones com os respectivos registradores levaram em conta:

- distância e espaçamento: os pontos de aquisição devem estar aproximadamente equidistantes entre si e espaçados de forma a cobrir todo o perfil estudado.

- acessibilidade: o local de instalação de ser de fácil acesso, pois se necessita instalar os equipamentos no menor tempo possível.

- segurança: na rotina de aquisição de dados está previsto que os equipamentos poderão ficar instalados por vários dias, portanto o local deve ser seguro tanto do ponto de vista das condições climáticas como do ponto de vista da possibilidade de roubo ou vandalismo.

O conjunto geofone e registrador-digitalizador foram enterrados em furo revestido por tubo de PVC com 20cm de diâmetro, posteriormente tampado e recoberto por solo da área (Figura 3).



Figura 3. Foto do geofone e do registrador Texan instalados dentro da perfuração e protegidos pelo tubo de PVC.

RESULTADOS

Processamento dos sinais e interpretação

Para que fosse possível fazer os registros dos sinais sísmicos, foram feitos contatos com os administradores das duas pedreiras citadas, de forma que os equipamentos fossem instalados com um período de tempo suficiente para realizar a gravação dos sismogramas.

Ressalta-se que devido a problemas climáticos (chuvas) e a imprevistos técnicos nem sempre foi possível registrar os sinais sísmicos como o esperado, podendo-se dizer que esta foi a parte mais difícil do projeto.

Os sinais registrados no Texan foram inicialmente convertidos para o formato segy

através de rotina fornecida pela REFTEK e posteriormente convertido para o formato sac. Os sinais foram então processados e analisados nos programas PQL, SAC (Goldstein, Snoke, 2005), GSAC e Seisgram, de forma a melhorar a relação sinal/ruído, possibilitando uma melhor definição dos tempos de propagação das ondas de interesse.

A Figura 4 mostra um sismograma obtido com o programa GSAC através da rotina PRS (plotrecordsection) que mostra os traços sísmicos de uma explosão localizada na Pedreira Stavias, próximo do ponto de registro g12.

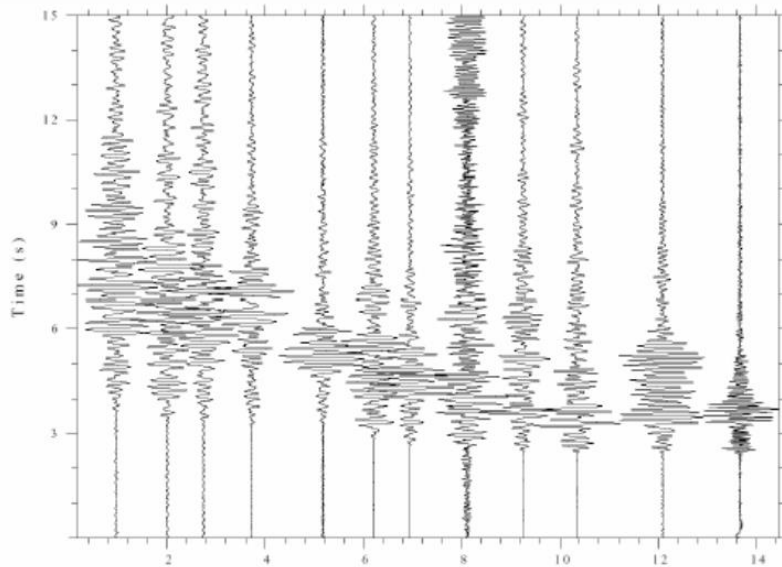


Figura 4. Sismograma obtido da explosão da Pedreira Stavias, que se localiza próxima do geofone 12. O eixo x corresponde às distâncias em quilômetro.

Interpretação tradicional (plus-minus)

De posse dos tempos de leituras, o primeiro procedimento adotado neste trabalho foi fazer uma interpretação tradicional, e o método escolhido foi o plus-minus (Hagedoorn, 1965).

Por este método o T_i (intercept time) é determinado pela fórmula:

$$T_i = T_{\text{ tiro_direto }} + T_{\text{ tiro_inverso }} - T_{\text{ total }}$$

Onde:

$T_{\text{ tiro_direto }}$ = tempo de propagação da explosão da Pedreira Bonança até o geofone

$T_{\text{ tiro_inverso }}$ = tempo de propagação da explosão da Pedreira Stavias até o geofone

$T_{\text{ total }}$ = tempo estimado de propagação entre as duas pedreiras.

Após o cálculo do T_i é possível se determinar a profundidade h do refrator para cada geofone, através da fórmula:

$$h = \frac{T_i * V_1}{2 * \cos(ic)}$$

Onde:

V_1 = velocidade da camada superior

ic = ângulo crítico

A Figura 5 mostra o gráfico tempo x distância (dromocrônica), obtido com os tempos de propagação, juntamente como o T_i determinado.

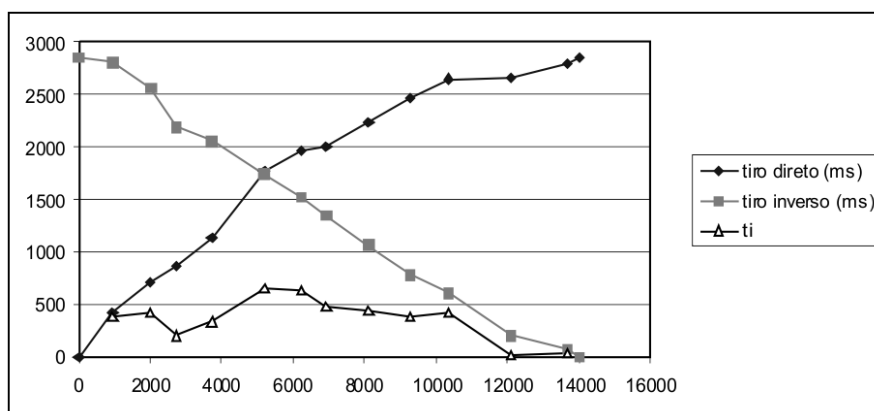


Figura 5. Gráfico tempo x distância mostrando nos pontos em losângulo os tempo de propagação das primeiras chegadas das ondas P para a explosão da Pedreira Bonança, nos pontos em quadrado os tempos para a explosão da Pedreira Stavias e em triângulo o T_i . No eixo X esta a distância em m e no eixo do Y o tempo ms.

Com os dados obtidos foi calculada uma seção sísmica para área (Figura 6). A seção sísmica “plus-minus” foi obtida considerando-se uma velocidade média de 2,5 km/s para os sedimentos da Bacia do Paraná e de 5,5km/s para o embasamento.

Esta seção mostra que o embasamento refrator possui um comportamento bastante irregular possuindo profundidades variando de poucos metros na sua porção esquerda, até quase 900m na parte central.

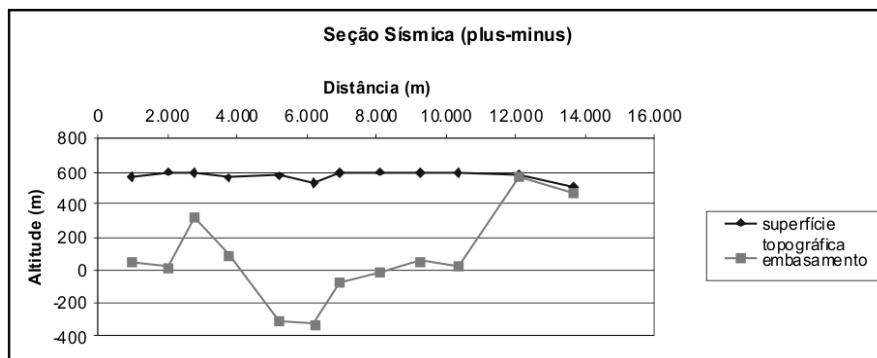


Figura 6. Seção sísmica obtida a partir do método plus-minus

O alto do refrator na extremidade direita da seção não é, provavelmente, constituído de rochas cristalinas Pré Cambrianas, mas de intrusivas básicas do Mesozóico pertencentes ao Grupo São Bento, constituindo os diabásios aflorantes na Pedreira Stavias. O alto localizado próximo ao lado esquerdo da seção pode também ter a mesma constituição.

Interpretação tomográfica

Devido à alta irregularidade do refrator, optou-se neste trabalho fazer também um processamento tomográfico para auxiliar na interpretação geológica das estruturas presentes.

Para a realização do processamento tomográfico foi utilizado o software SeisImager, onde inicialmente foram colocados os tempos de propagação das primeiras chegadas das ondas P, conforme os dados utilizados no gráfico da Figura 5.

Este programa utiliza algoritmos para imageamento tomográfico baseado no método de solução iterativa dos mínimos quadrados necessitando, portanto de um modelo inicial. O modelo inicial adotado foi um modelo com camadas horizontais com velocidade crescente da superfície para interior da Terra, com velocidade variando de 2 km/s a 5.5km/s (Figura 7).

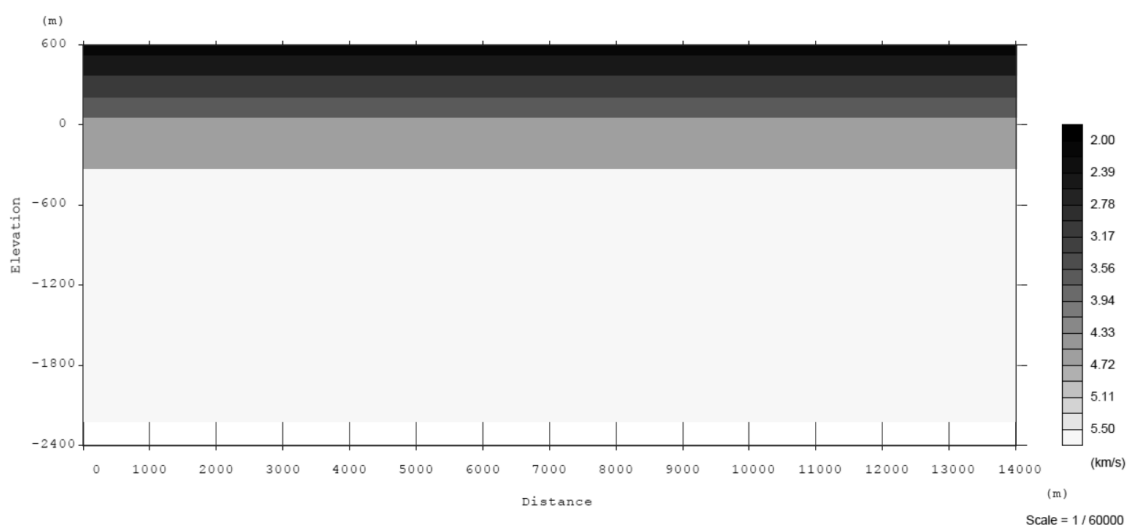


Figura 7. Modelo inicial para o processamento tomográfico.

Com o modelo inicial definido, foi então rodado o programa e após 10 iterações

resultou modelo de células (Figura 8).

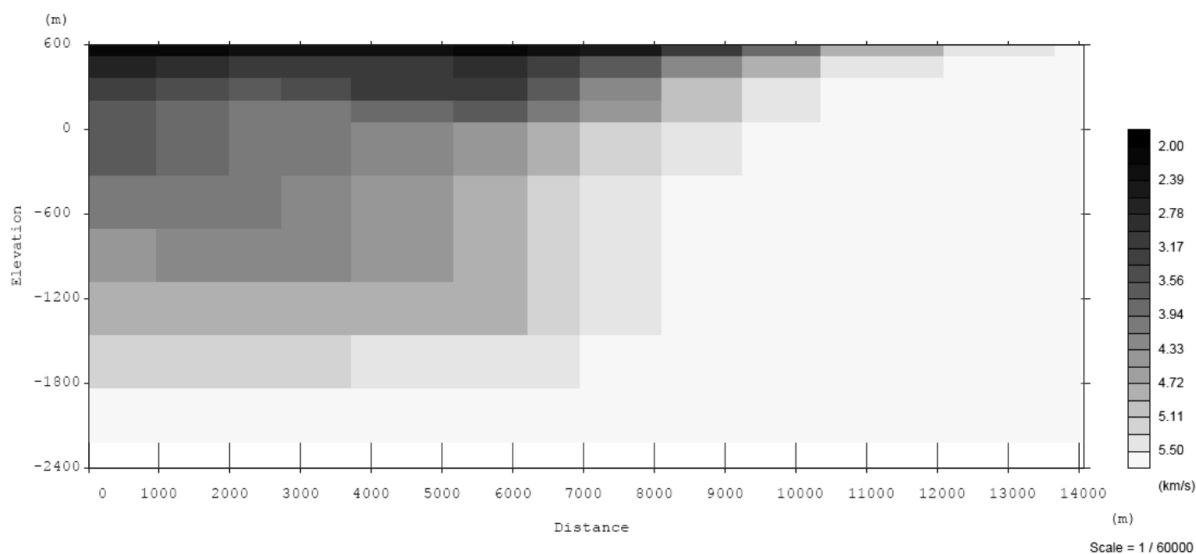


Figura 8. Modelo de velocidade obtido após 10 iterações, mostrando as células com as velocidades.

A figura 9 mostra o modelo células de velocidade com o traçado dos raios (Ray

tracing) à partir das posições da pedreiras.

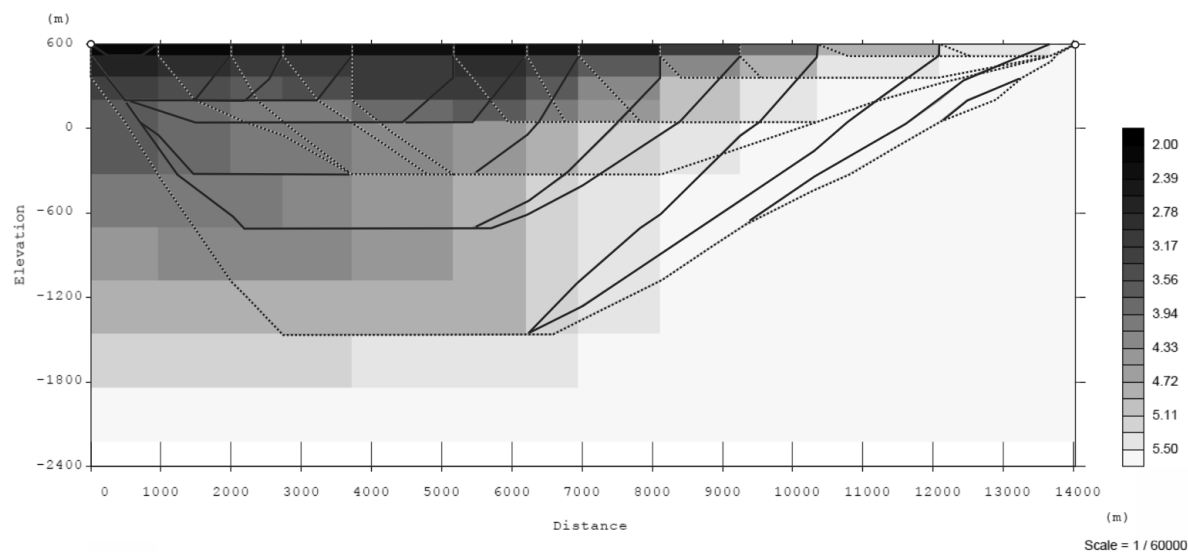


Figura 9. Modelo de células de velocidade com o *Ray-tracing*, sendo que os raios sísmicos provenientes da Pedreira Bonança são representados por linhas pretas, enquanto que os traços sísmicos provenientes da Pedreira Stavias são representados por linhas cinzas.

A figura 10 representa o modelo de células suavizado, mostrando uma imagem mais análoga.

Analisando-se a imagem tomográfica da variação da velocidade mostrada tanto no

modelo suavizado da Figura 9 como no modelo de células de velocidade da Figura 7 podemos verificar uma forte correlação com a seção sísmica obtida pelo método “plus-minus” (Figura 6).

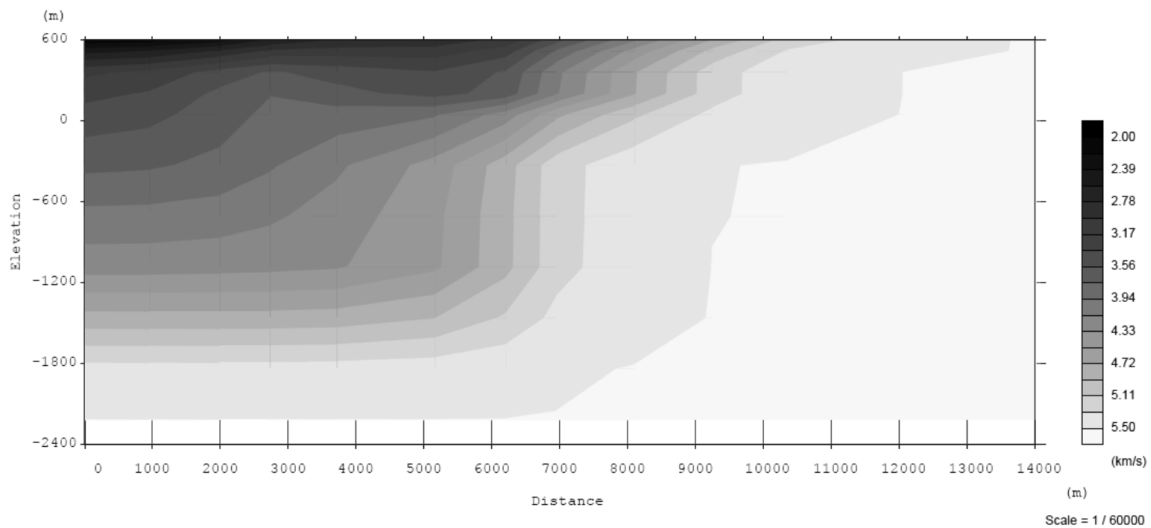


Figura 10. Imagem suavizada do modelo de velocidade.

Nestas figuras podemos notar que existe uma maior profundidade do embasamento entre as distâncias de 4000 m e 7000 m e um alto entre 2000 m e 3000 m, estas semelhanças entre as seções obtidas com dois métodos distintos de interpretação mostram que os resultados são bastante coerentes.

Outra feição notável nesta seção sísmica é a presença de um grande corpo de diabásio que é aflorante na Pedreira Stavias. A figura 11

mostra uma seção geológica esquemática ao longo da linha de refração. Nesta figura o contato sub-vertical do corpo intrusivo localizado na extremidade direita do perfil é inferido pois, com o ensaio de refração, não é possível detectar camadas de sedimentos abaixo do diabásio, uma vez que os sedimentos possuem velocidades de propagação de ondas sísmicas menores do que a rocha intrusiva.

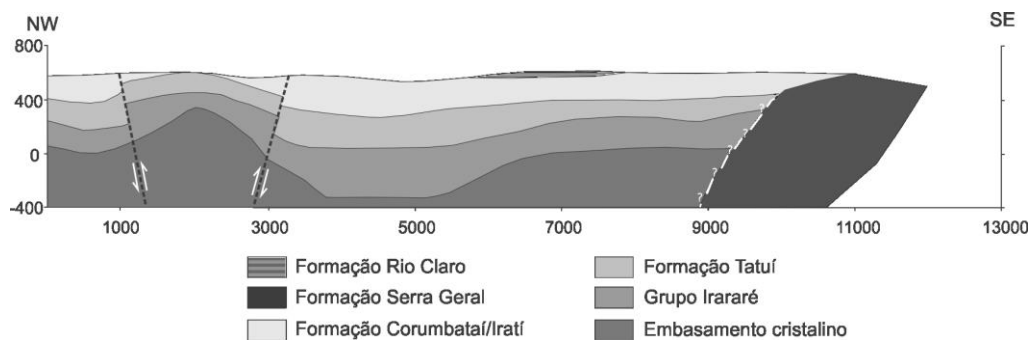


Figura 11. Seção Geológica esquemática

CONCLUSÕES

Os produtos resultantes da linha sísmica revelaram resultados satisfatórios quanto à detecção de um alto estrutural, descrito de forma preliminar em mapeamentos geológicos para a região de estudos.

Os litotipos alçados do centro da estrutura são caracterizados por áreas com velocidade sísmica relativamente elevadas. Este alto estrutural é consistente com modelamento gravimétrico realizado por Fernandes (2007), em áreas adjacentes.

Esta porção do domo estrutural pode estar associada ao alto da descontinuidade da Moho, determinado para esta região através da função do receptor para a estação sísmológica de Rio Claro - RCLB, por Dourado *et al.*(2007).

O modelo estrutural interpretado a partir de levantamentos geológicos e de refração sísmica descreve o posicionamento de litotipos da Formação Tatuí em contato lateral rochas da

Formação Irati e Corumbataí, condicionado por falhamentos com direção NNE/SWS.

Foram calculadas espessuras máximas da ordem de 900m de rochas sedimentares para o centro do alto estrutural. Os estilos estruturais interpretados a partir dos modelos sísmicos permitem sugerir uma estruturação gerada por processos compressionais.

As hipóteses aventadas por Soares (1974) e Fulfaro et al. (1982) são plausíveis

diante da morfologia de uma estrutura produzida por tectônica compressiva. Contudo, suas relações eventos de atividade tectônica ocorridos na plataforma Sul-americana iniciadas no final do Permiano seguida por reativações Juro-cretácicas, ou associados com tectônica sin ou pós-intrusões de corpos ígneos em posições rasas da crosta durante o evento Serra Geral, são questões abertas e passíveis de estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP que financiou esta pesquisa através do processo Nº 2006/01468-2 e ao Técnico Francisco Barrera pela incansável colaboração no campo.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, F. F. M. 1964. Fundamentos Geológicos do relevo paulista. Bol. IGG, São Paulo, n. 41, 169-263p.
2. ANDRADE, S.M.; SOARES, P.C. Geologia do Centro Leste do Estado de São Paulo.
3. Ponta Grossa: PETROBRAS, 1971. (Relatório DESUL, n. 407).
4. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. 2001. Mapa geológico do Brasil. In: Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas - SIG e Mapas na escala 1:2.500.000.
5. DOURADO, J. C.; ASSUMPCÃO, M.; MALAGUTTI, W. & BIANCHI, M. 2006. Feições crustais determinadas pela análise azimutal da função do receptor, na região da estação sísmológica de Rio Claro (RCLB). Revista Brasileira de Geofísica, vol. 25, p. 399-411.
6. FERNANDES, M. 2007. Levantamento Gravimétrico da região do Domo de Pitanga. Monografia de Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Geociências e Ciências Exatas Universidade Estadual Paulista, 56p.
7. FULFARO, V. J.; SAAD, A. R.; SANTOS, M. V.; VIANNA, R. B. Compartimentação e evolução tectônica da Bacia do Paraná. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 12, n.4, p. 590-610, 1982.
8. GARDNER, L. W., 1939. An areal plan of mapping subsurface structure by refraction shooting: Geophysics, v.39, p. 292-301.
9. GOLDSTEIN, P. & SNOKE, A. 2005. "[SAC Availability for the IRIS Community](#)", Incorporated Institutions for Seismology Data Management Center Electronic Newsletter.
10. HAGEDOORN, J. G. 1965. The Plus-Minus method of interpreting seismic refraction sections. Geophysical Prospecting, vol. 7, p. 158-182.
11. MILANI, E. 1997. Evolução tectono-estratigráfica da Bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozóica do Gondwana Sul-Occidental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Tese de Doutorado, 254 p.
12. OLIVEIRA, E. P. 1920. Rochas petrolíferas do Brasil. Rio de Janeiro. Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, p.101-102.
13. OLIVEIRA, E. P. 1940. História da pesquisa de petróleo no Brasil. Rio de Janeiro. Serviço de Publicidade Agrícola, 208p.
14. PALMER, D. 1980. The Generalized Reciprocal Method of Seismic Refraction Interpretation. Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, OK, 104 p.
15. PIRES NETO, A. G. Estudo Morfotectônico das Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá e áreas adjacentes no Planalto atlântico e Depressão Periférica. 1996. 70 f. (Projeto Pós-Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
16. RICCOMINI, C. 1992. Estilos estruturais da região do Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. Boletim IG-USP, Publicação Especial, n. 12, p. 93-94.
17. RICCOMINI, C.; MANCINI, F.; HASEBE, F. K.; RIDENTE JR.; J. L., SANTA'ANNA, L. G.; FAMBRINI, G. L. Evidências de neotectonismo no vale do Rio Passa Cinco, Domo de Pitanga, Bacia do Paraná, SP. In: Simpósio de Geologia do Sudeste, 2., São Paulo, 1991, Atas... São Paulo: SBG, 1991. p.27-28.
18. SOARES, P. C. Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 28., 1974, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBG, 1974. v.4, p.107-121.
19. SOARES, P.C. BARCELLOS, P.E. CSORDAS, S.M. Lineamentos em imagens de landsat e radar e suas implicações no conhecimento tectônico da Bacia do Paraná. In: INPE/CNPq. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1982. Anais...p. 143-167.
20. SOUZA, M. O. L. 2002. Evolução tectônica dos altos estruturais de Pitanga, Ártemis, Pau d'Alho e Jibóia – Centro do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 206f.
21. SOUSA, M.O.L. 1997. Caracterização estrutural do Domo de Pitanga – SP. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, Dissertação de Mestrado, 116 p.
22. ZALÁN, P.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J. C. J.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; APPI, V. T.; ZANOTTO, O. A. P. Tectônica e sedimentação da Bacia do Paraná. In: Simpósio Sul-Brasileiro de Geologia, 3., 1987, Curitiba. Atas ... Curitiba: SBG, 1987. 441p.
23. ZALÁN P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T. 1990. Bacia do Paraná. In: G.P. RAJA GABAGLIA & E.J. MILANI (ed.) Origem e evolução de bacias sedimentares. PETROBRAS, Rio de Janeiro, p. 135-164.

Manuscrito recebido em: 15 de março de 2013
Revisado e Aceito em: 07 de junho de 2013