



Características sísmicas da litosfera do Domínio Ceará Central, Província Borborema, Ceará

Noelia Izidora M. Mejia*; José Eduardo P. Soares;
Reinhardt A. Fuck; Edson J. Tavares

Laboratório de Estudos da Litosfera/IG/UnB (LabLitos)
noeliamejia@unb.br, soares@unb.br, reinhardt@unb.br,
edson.jtavares@gmail.com

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no IV Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 14 a 17 de novembro de 2010. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do IV SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

A litosfera do domínio Ceará Central foi caracterizada a partir do processamento de parte dos dados da linha de refração sísmica profunda da Província Borborema. Modelagens realizadas separadamente dos subdomínios Arco de Santa Quitéria e SE Ceará Central mostram que a Moho é uma superfície irregular, com comportamento diferenciado, de forma geral se apresenta mais fina sob o subdomínio SE Ceará Central (~29 km) e mais espessa em direção ao Arco de Santa Quitéria (~35 km) o que sugere afirmar que a crosta do Domínio Ceará Central foi significativamente estirada no Cretáceo, durante a separação de Pangea e abertura do Oceano Atlântico Sul.

Introdução

A Província Borborema, nordeste do Brasil, tem sido uma das primeiras regiões brasileiras a ter sua litosfera investigada por meio do método de refração sísmica profunda. Em novembro/2008 foi realizado experimento de refração profunda ao longo de perfil de 880 km de extensão na direção NW-SE, desde Granja-CE até Serinhaém-PE, cruzando os Domínios Médio Coreá, Ceará Central, Orós-Jaguaribe, sul do Rio Grande do Norte e Zona Transversal (Instituto do Milênio CNPq/MCT).

Para a caracterização da litosfera do Domínio Ceará central foram utilizados os dados do extremo NW da linha de refração (tiros de 1 a 8), um segmento de 400 km, localizado entre as cidades de Granja e Jaguaratama-CE (Figura 1).

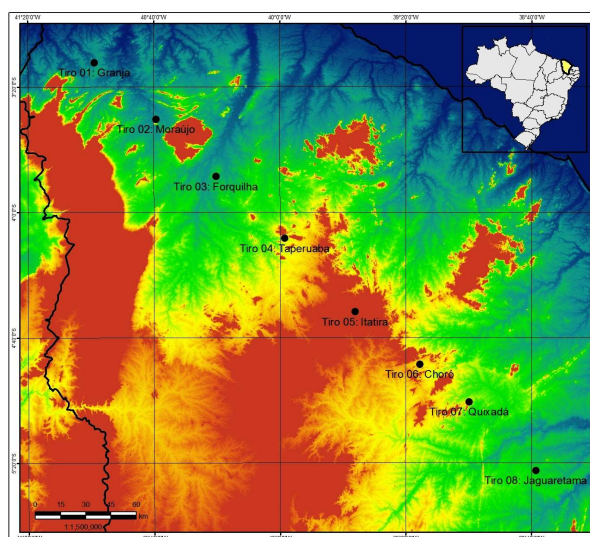


Figura 1 - Mapa topográfico da área de estudos com a localização dos oito primeiros pontos de tiros da linha de refração sísmica profunda, utilizados para modelagem do domínio Ceará Central.

O Domínio Ceará Central é caracterizado pelos subdomínios: Arco de Santa Quitéria a NW e SE Ceará Central a SE. O Arco Magmático de Santa Quitéria, ao longo da linha sísmica, localiza-se entre as cidades de Sobral e Itaitira. É formado por gnaisses migmatíticos parcialmente recobertos por rochas metamórficas supracrustais do Grupo Ceará em direção a SE. A NW faz limite com o Domínio Médio Coreá através do Lineamento Transbrasiliano e a SE com o subdomínio SE Ceará Central, marcado por expressiva variação topográfica, passando de região de alto (800 m) para região de baixo topográfico (250 m) (Figura 2). O subdomínio SE Ceará Central é limitado pelos terrenos do subdomínio Arco de Santa Quitéria a oeste, e pela zona de cisalhamento Senador Pompeu a leste. É caracterizado por embasamento de rochas ortognaissicas Paleoproterozóicas, localmente recoberto por seqüências supracrustais de diferentes idades Proterozóicas, intrudidos por granitos Neoproterozóicos tardios (Almeida et al., 1981; Jardim de Sá, 1994; Van Schmus et al., 1995; Brito Neves et al., 2001).

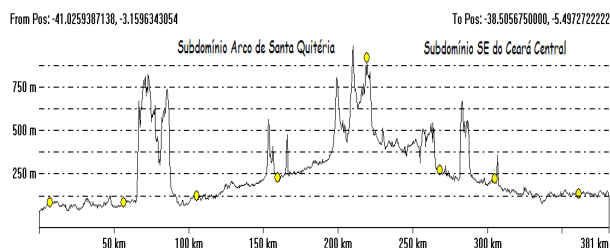


Figura 2 - Perfil topográfico cruzando o domínio Ceará Central ilustrando a variação topográfica entre os subdomínios Arco de Santa Quitéria e SE do Ceará Central. Os pontos amarelos representam os oito pontos de tiro da linha de refração sísmica utilizados neste trabalho.

Metodologia

O método de refração sísmica profunda é um método de fonte controlada, historicamente utilizado no estudo da estrutura da crosta continental por propiciar bom controle da distribuição de velocidade das ondas sísmicas (P e S) no meio e determinação das principais discontinuidades crustais (Fountain e Christensen, 1989; Christensen, 1996; Mussachio *et al.*, 1997). A refração profunda trabalha com o alinhamento de fases das ondas direta, refratadas e refletidas no ângulo crítico e acima deste (Figura 3).

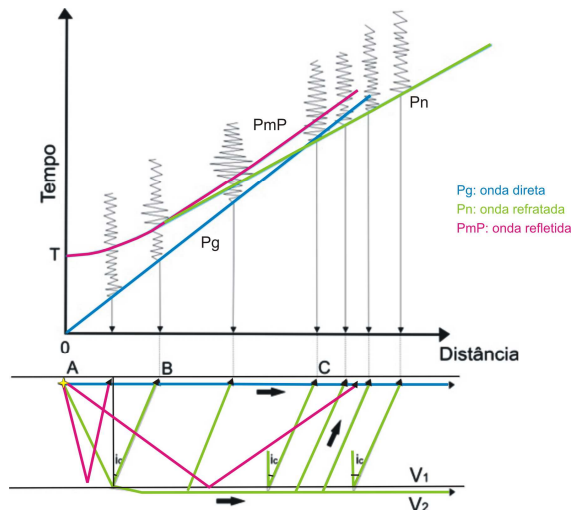


Figura 3 - Sismograma hipotético mostrando o comportamento das curvas tempo-distância de ondas direta, refratadas e refletidas, para um modelo de uma interface. As letras A, B e C representam a fonte, o ponto crítico e o ponto onde a refração se torna primeira chegada.

Após a aquisição, os dados foram submetidos a etapas de pré-processamento e processamento, incluindo:

- 1) conversão do formato dos dados;
- 2) correção da deriva de tempo;
- 3) edição dos cabeçalhos;
- 4) construção das seções sísmicas de onda P reduzidas a velocidades de 8.0 km/s e filtradas na banda passante de 1-10 Hz;
- 5) identificação e classificação dos alinhamentos primários (onda direta-Pg; onda refratada na crosta intermediária-Pi; e onda refratada na discontinuidade de Moho-Pn), e secundários (reflexões da crosta intermediária-PiP; de Moho-PmP; e do manto superior-P3P) (Figura 4);
- 6) leitura do tempo de chegada das fases;
- 7) modelagem 1D (programa *SEIS88* – Cervený, 1972); e
- 8) modelagem 2D (programa *rayinvr* - Zelt e Smith, 1992).

Resultados

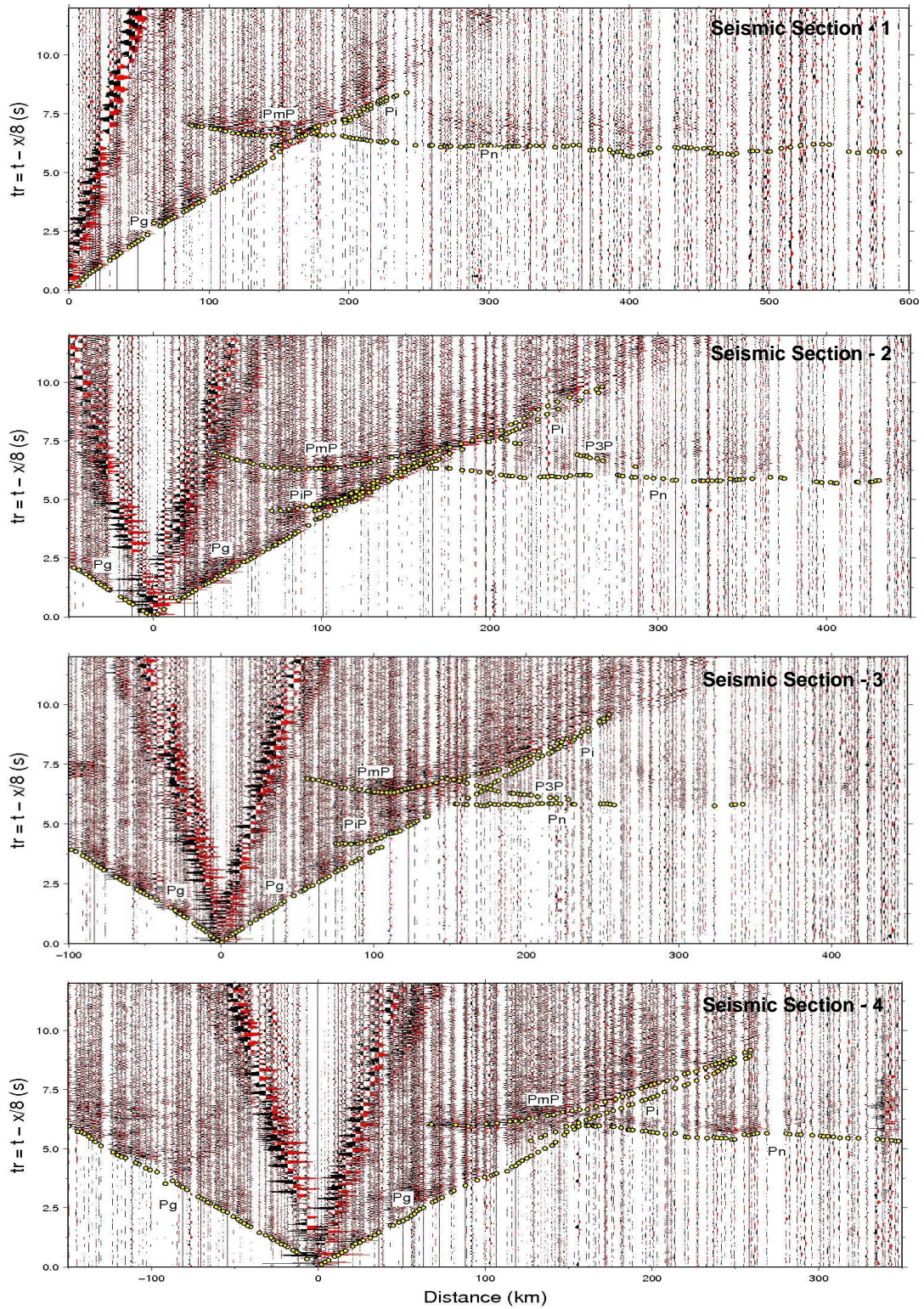
Subdomínio Arco de Santa Quitéria

A modelagem sísmica mostra que a crosta do Arco de Santa Quitéria apresenta parte superior e inferior bem definida (discontinuidade de Conrad) e pode ser dividida, lateralmente, em compartimentos NW e SE (Figura 5).

O compartimento NW, localizado entre Sobral e oeste de Taperuaba, possui crosta superior com espessura de 21 km, formada por camada superficial de 1,5 km e V_p de 5,86 km/s, e uma segunda camada de 19,5 km e V_p de 6,2 km/s. A crosta inferior possui 12 km de espessura e velocidade média de 6,57 km/s.

O compartimento SE, do oeste de Taperuaba a Itaira, possui crosta superior com 16 km de espessura formada por camada superior de 2,3 km e velocidade de onda P de 6,06 km/s, e uma segunda camada de 13,7 km e velocidade de 6,24 km/s. A crosta inferior possui 19 km de espessura, e velocidade média de onda P de 6.5 km/s.

As principais diferenças entre os compartimentos são o espessamento marcante da crosta inferior para sudeste e a mudança da Moho de 32 para 35 km de profundidade. A velocidade média da crosta é de 6,22 km/s, e a velocidade do manto litosférico é de aproximadamente 8,0 km/s (Figuras 5 e 6).



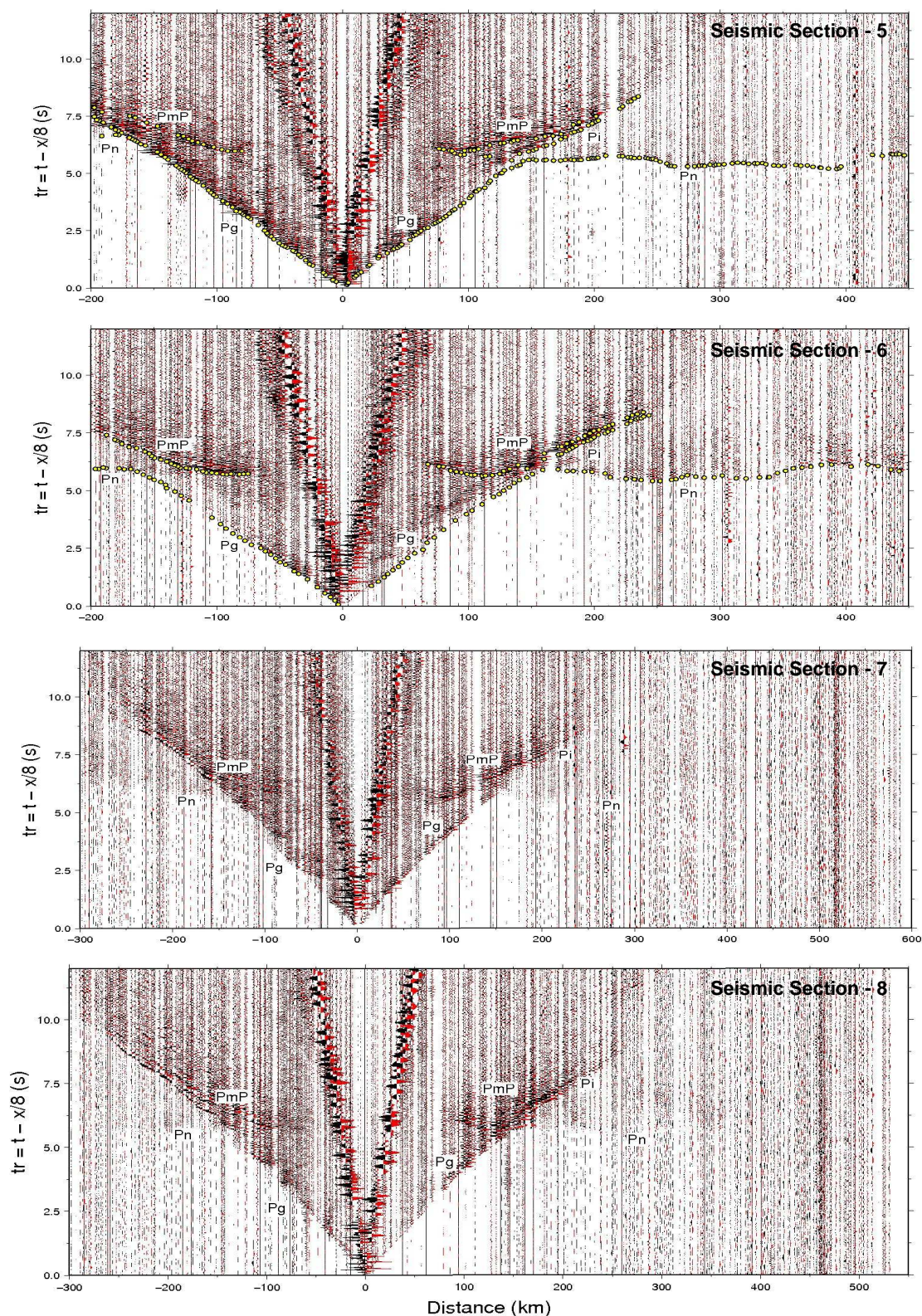


Figura 4 – Seções sísmicas de ondas P dos tiros 1-8 da linha de refração profunda do Projeto Institutos do Milênio, com a identificação e classificação dos alinhamentos primários e secundários (P_g : onda direta; P_i : onda refratada na crosta intermediária; P_n : onda refratada na Moho; P_{mP} : onda refletida na Moho; P_{3P} : onda refletida no manto superior). As seções foram montadas com o programa GMT (The Generic Mapping Tools) disponível no site: <http://gmt.soest.hawaii.edu/>, reduzidas a velocidade de 8.0 km/s e filtradas na banda passante de 1-10 Hz.

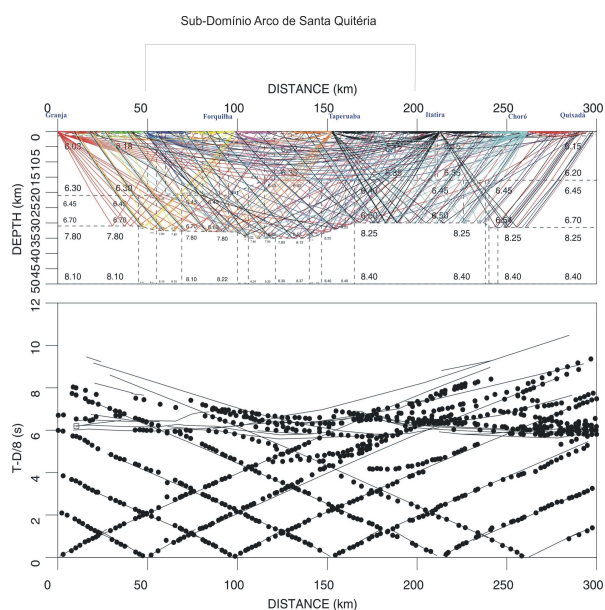


Figura 5 - Traçado de raios (parte superior) e o ajuste de fases (parte inferior) obtido para o subdomínio Arco de Santa Quitéria. O programa de modelagem utilizado foi o rayinv (Zelt, 1999).

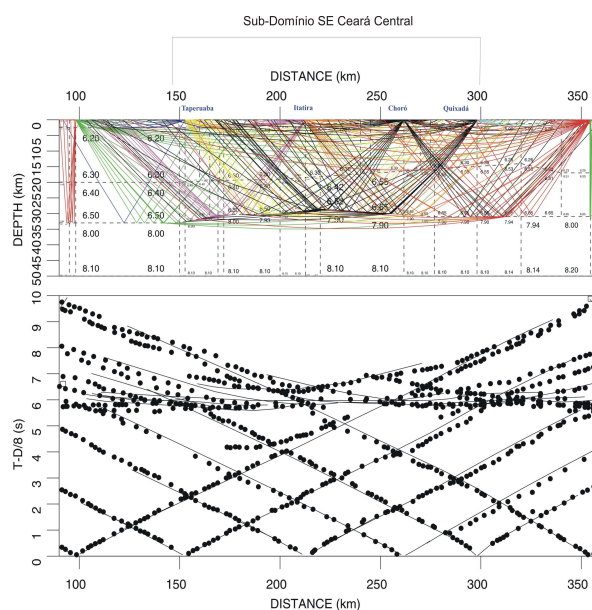


Figura 7 - Traçado de raios (parte superior) e o ajuste de fases (parte inferior) obtido para o subdomínio SE Ceará Central. O programa de modelagem utilizado foi o rayinv (Zelt, 1999).

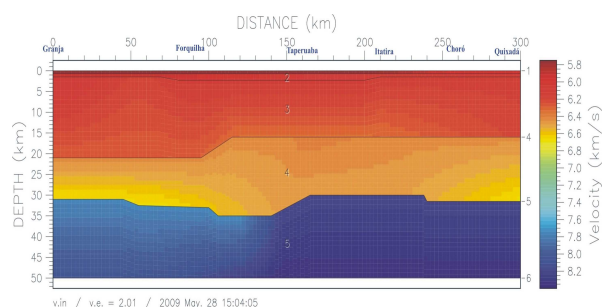


Figura 6 - Modelo da litosfera para o subdomínio Arco de Santa Quitéria.

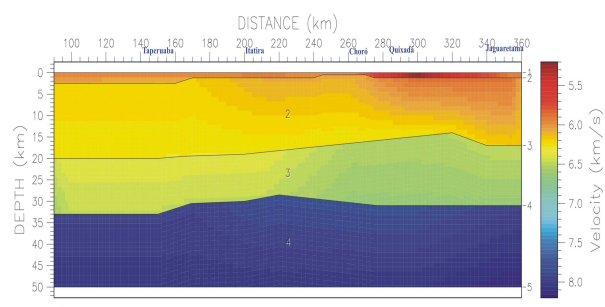


Figura 8 - Modelo da litosfera para o subdomínio SE Ceará Central.

Subdomínio SE Ceará Central

A crosta do subdomínio SE Ceará Central também é marcada por segmentos bem definidos de crosta superior e inferior (descontinuidade de Conrad). A crosta superior apresenta duas camadas: uma de 1,2 km de espessura e V_p de 5,9 km/s, e a segunda camada com 12,8 km de espessura e V_p de 6,2 km/s. A crosta inferior possui 14,4 km de espessura com V_p média de 6,6 km/s (Figura 7). A descontinuidade de Conrad está a 14 km e a Moho 28,5 km de profundidade. A V_p média da crosta é 6,33 km/s. O manto litosférico apresenta velocidade uniforme de 8,1 km/s. A transição para os domínios vizinhos, Arco de Santa Quitéria a oeste e Orós-Juagaribe a leste, são marcadas por espessamento da crosta (Figura 8).

Discussão e Conclusões

Os resultados parciais apresentados foram integrados e estão apresentados na forma de seção crustal mostrada na Figura 9.

Os resultados sísmicos de refração profunda considerados permitem tecer as seguintes considerações gerais:

- i) a Moho é uma superfície irregular, com comportamento diferenciado entre os subdomínios;
- ii) de forma geral se apresenta mais fina sob o subdomínio SE Ceará Central (~29 km) e mais espessa em direção ao Arco de Santa Quitéria (~35 km);

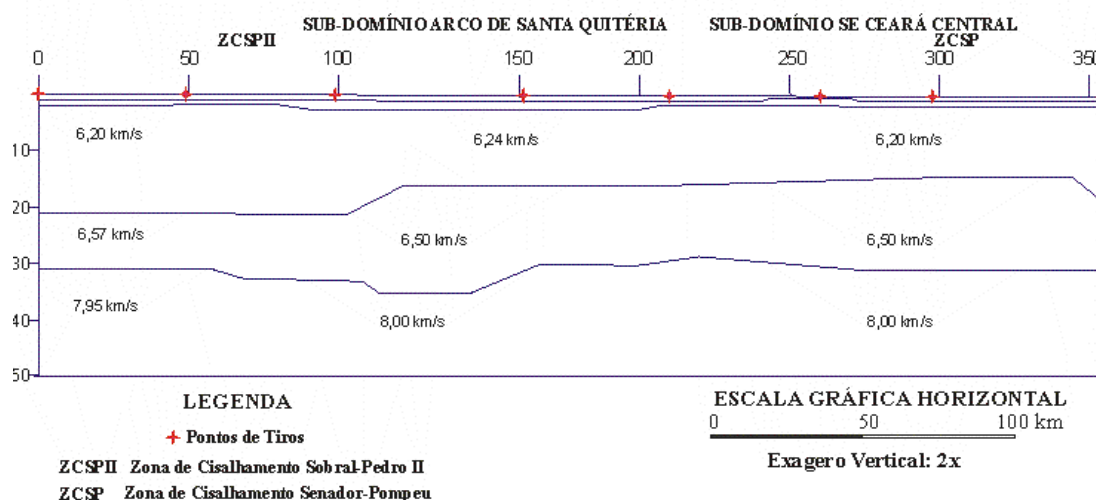


Figura 9 - Modelo da litosfera do Domínio Ceará Central, localizado na porção NW da linha de refração sísmica profunda da Província Borborema, obtido a partir da compilação dos resultados da modelagem sísmica realizada para os subdomínios Arco de Santa Quitéria e SE Ceará Central.

iii) a distribuição de V_p é relativamente homogênea ao longo da crosta, com pequenas diferenças entre os subdomínios;

iv) uma característica marcante é a divisão bem definida da crosta em crosta superior e inferior, caracterizando a descontinuidade de Conrad;

v) o manto litosférico aparenta ser bastante homogêneo, com V_p entre 8,0 e 8,1 km/s;

O conjunto de evidências permite concluir/afirmar que a crosta do Domínio Ceará Central foi significativamente estirada no Cretáceo, durante a separação de Pangea e abertura do Oceano Atlântico Sul. Aparentemente, o Arco de Santa Quitéria funcionou como região de maior resistência ao estiramento, fazendo com que o afinamento crustal fosse mais expressivo no subdomínio SE do Ceará Central. Do ponto de vista reológico o Arco de Santa Quitéria deve ser diferente dos domínios vizinhos, mas essa diferença não está expressa na distribuição de V_p .

Referências

- Almeida F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A., 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth Science Reviews*, 17(1):1-29.
- Brito Neves B.B., Campos Neto M.C., Van Schmus W.R., Santos E.J. 2001. O Sistema Pajeu-Paraíba e o Maciço São José do Campestre no Leste da Borborema. *Rev. Bras. Geoc.* 31:173-184.
- Cervený V., Molotkov J. & Psencik I. 1977. Ray Methods in Seismology. Charles University, Prague.

Christensen N.I. 1996. Poisson's ratio and crustal seismology. *Journal of Geophysical Research*, 101, B2, p. 3139-3156.

Fountain M.D. and Christensen N.I. 1989. Composition of the continental crust and upper mantle. A review. *In: Pakiser, L.C. and Mooney, W.D., Geophysical framework of the continental United States (Memoir 172), Geological Society of America, Inc., Boulder, Colorado, chapter 30, p. 711-742.*

Jardim de Sá E.F. 1994. A Faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Pan-Africana. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, 803 p.

Musacchio G., Mooney W.D., Luetgert J.H. and Christensen N.I. 1997. Composition of the crust in the Grenville and Appalachian provinces of North America inferred from V_p/V_s ratios. *Journal of Geophysical Research*, July 10, 102, B7, 15.225-15.241.

Van Schmus W. R.; Brito Neves B. B.; Hackspacher P. C. & Babinsk M. 1995. U/Pb and Sm-Nd geochronologic studies of the eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. *Journal of South American Earth Sciences*, vol 8; 3/4; p.267-288.

Zelt C.A. 1999. Modelling strategies and model assessment for wide-angle seismic travelttime data. *Geophysics Journal International*, 139: 183-204.

Zelt, C. A., Smith, R. M., 1992. Seismic travelttime inversion for 2-D crustal velocity structure. *Geophysical International Journal*, 108. 16-3.