

P
ARA CONHECER
A TERRA
MEMÓRIAS E NOTÍCIAS
DE GEOCIÊNCIAS
NO ESPAÇO LUSÓFONO

Lopes, F. C., Andrade, A. I.,
Henriques, M. H., Quinta-Ferreira, M.,
Barata, M. T. & Pena dos Reis, R.
Coordenação

COMPARAÇÃO ENTRE A FUNÇÃO DO RECEPTOR
NO DOMÍNIO DO TEMPO E DA FREQUÊNCIA
PARA O CÁLCULO DE ESPESSURA CRUSTAL

COMPARISON BETWEEN RECEIVER FUNCTIONS
IN TIME DOMAIN AND FREQUENCY DOMAIN
TO CALCULATE CRUSTAL THICKNESS

R. T. G. da Silveira¹, D. F. Albuquerque¹,
C. G. Pavão¹, G. S. França¹ & I. G. dos Santos¹

Resumo – A Função do Receptor tem sido largamente utilizada para a determinação de espessura crustal e razão V_p/V_s . Neste trabalho foram utilizadas sete estações pertencentes ao Observatório Sismológico da Universidade de Brasília (Brasil) para calcular a espessura crustal e a razão V_p/V_s : BRA7 (Brasília-DF), CAN3 (Palmeirópolis-GO), FOR1 (Fortaleza-CE), JAN7 (Itacarambi-MG), PDRB (Porto dos Gaúchos-MT), SFA1 (Catalão-GO), TUCA (Tucuruí-PA). A Função do Receptor foi aplicada nos domínios do tempo (LIGORRÍA & AMMON, 1999) e da frequência (LANGSTON, 1979; OWENS, 1984; AMMON, 1991). Por meio destes métodos, foi estabelecido um comparativo entre os resultados obtidos por cada um.

Palavras-chave – Função do receptor; Espessura crustal; Razão V_p/V_s ; Domínio do tempo; Domínio da frequência

Abstract – *The Receiver Function has been widely used to determine the crustal thickness and the V_p/V_s ratio. In this work seven stations belonging to Seismological Observatory of Brasília University (Brazil) were used to calculate the crustal thickness and V_p/V_s ratio: BRA7 (Brasília-DF), CAN3 (Palmeirópolis GO), FOR1 (Fortaleza-CE), JAN7 (Itacarambi-MG), PDRB (Porto dos Gaúchos-MT), SFA1 (Catalão-GO), TUCA (Tucuruí-PA). The Receiver Function was applied in time domain (LIGORRÍA & AMMON, 1999) and in frequency*

¹ Observatório Sismológico, Instituto de Geociências, Universidade de Brasília; toscanisilveira@gmail.com; diogofarrapo@gmail.com

domain (LANGSTON, 1979; OWENS, 1984; AMMON, 1991). Through these methods, we established a comparison between the results obtained by each one.

80

Keywords – Receiver function; Thickness of the crust; V_p/V_s ratio; Time domain; Frequency domain

1 – Introdução

A Função do Receptor (FR) é uma técnica geofísica que utiliza registros telessísmicos para estudar as diversas estruturas que compõem a subsuperfície. Basicamente, esta técnica é utilizada para estimar a espessura da crosta e a razão V_p/V_s logo abaixo de uma estação sismográfica.

O presente trabalho traz a estimativa das espessuras crustais e da razão V_p/V_s para as estações BRA7 (Brasília-DF), CAN3 (Palmeirópolis-GO), FOR1 (Fortaleza-CE), JAN7 (Itamcarambi-MG), PDRB (Porto dos Gaúchos-MT), SFA1 (Catalão-GO) e TUCA (Tucuruí-PA) (Fig. 1).



Fig. 1 – Localização das estações sismográficas utilizadas no estudo.

Esses resultados foram obtidos por meio da Função do Receptor (FR) no domínio do tempo (LIGORRÍA & AMMON, 1999) e da frequência, sendo o programa PWSS (Phase Weighted Slant Stacking, BIANCHI, 2008) utilizado para as estimativas de espessura crustal e razão V_p/V_s no domínio do tempo e o *HK-Stacking* (ZHU & KANAMORI, 2000) para

o domínio da frequência. Foram comparados com estudos prévios no domínio da frequência e, assim, foram considerados satisfatórios. O trabalho pretende contribuir para futuras discussões geológicas, oferecendo mais informações de qualidade sobre a espessura crustal. Pretende-se também melhorar a acurácia dos resultados obtidos e, ainda, compreender e disseminar o uso da metodologia da Função do Receptor no domínio do tempo e da frequência.

2 – Metodologia

A Função do Receptor (FR) é composta por uma série temporal calculada nas três componentes de um sismograma. A FR se baseia no fenômeno da refração sísmica que ocorre quando a onda Primária (P) atinge a descontinuidade Mohorovičić (limite entre a crosta e o manto) e tem parte de sua energia convertida em onda S (fase Ps) e em diversas reflexões múltiplas (PpPms). Através da deconvolução no domínio da frequência ou do tempo e a rotação no sistema de eixos radial-tangencial, temos a Função do Receptor, que mostra um registro em que o maior pico será correspondente à onda P direta, enquanto os picos seguintes serão a fase Ps e as reflexões múltiplas, respectivamente (Fig. 2).

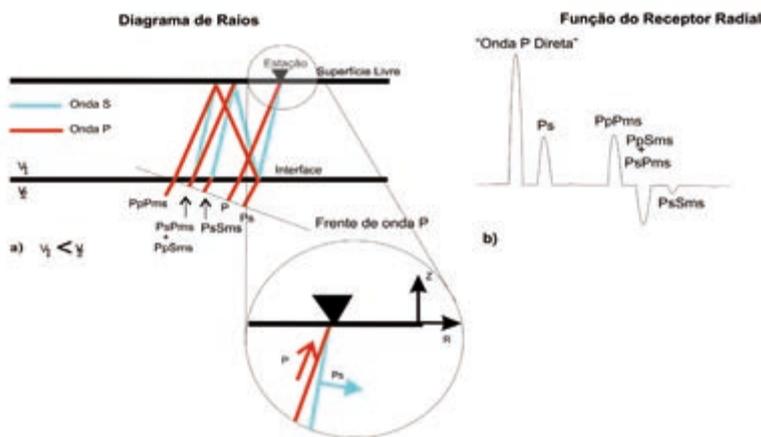


Fig. 2 – a) Diagrama de raios que ilustra a conversão da onda P para S (fase Ps);
b) Registro radial, apresentando as fases P, Ps e múltiplas (FRANÇA, 2003).

Foram escolhidos telessismos com distâncias epicentrais variando de 30° a 100° e magnitudes maiores ou iguais a 4,5 M_b (Fig. 3) (Para maiores informações sobre esses sismos verificar a lista no link <http://www.4shared.com/office/SJuCQQwx/file.html>). A inspeção visual dos eventos foi realizada por meio do programa SAC (Seismic Analysis Code; GOLDSTEIN & SNOKE, 2005). O programa PWSS (BIANCHI, 2008) foi utilizado para o processo de empilhamento no domínio do tempo, e o *HK-Stacking* (ZHU & KANAMORI, 2000) para o domínio da frequência. Já a deconvolução no domínio do tempo foi executada pelo programa *interdecon* (AMMON, 1997) e na da frequência pelo *pwaveqn* (AMMON, 1991).

Por meio dos programas *Getlist* e *Getevts* foi baixado e organizado um catálogo de eventos sísmicos comparando com os registros das estações da rede IRIS (*Incorporated Research Institutions for Seismology*).

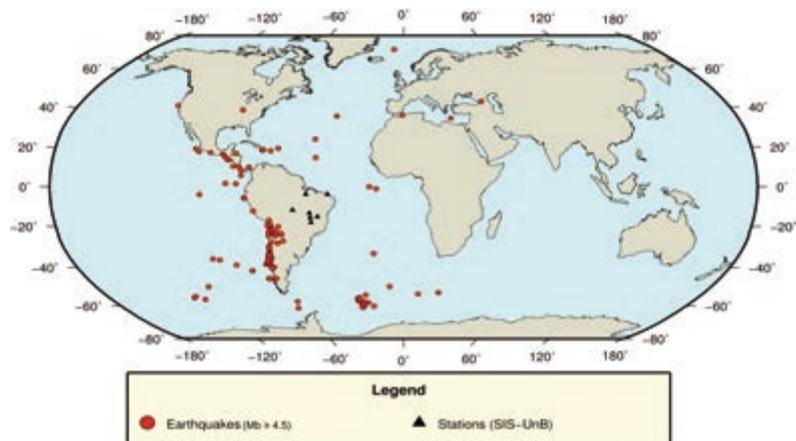


Fig. 3 – Localização dos epicentros dos telessismos e das estações sismográficas utilizadas no estudo. Note a maior ocorrência de sismos oriundos do sudoeste sul americano (região da Cordilheira dos Andes).

3 – Resultados

Os valores de espessura crustal (H) e razão V_p/V_s obtidos por meio de cada método estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de espessura crustal e razão V_p/V_s .

Estação	H (Km) Domínio do tempo	H (Km) Domínio da Frequência	V_p (Km/s)	V_p/V_s Domínio do tempo	V_p/V_s Domínio da frequência
BRA7	$42,64 \pm 0,74$	$41,7 \pm 0,6$	6,4	$1,68 \pm 0,02$	$1,69 \pm 0,02$
CAN3	$39,31 \pm 2,26$	$40,0 \pm 1,6$	6,4	$1,64 \pm 0,07$	$1,64 \pm 0,03$
FOR1	$34,23 \pm 1,50$	$32,4 \pm 0,8$	6,4	$1,69 \pm 0,06$	$1,75 \pm 0,02$
JAN7	$39,83 \pm 0,00$	$40,2 \pm 0,4$	6,4	$1,73 \pm 0,00$	$1,71 \pm 0,01$
PDRB	$31,81 \pm 0,25$	$37,5 \pm 2,2$	6,4	$2,03 \pm 0,01$	$1,80 \pm 0,12$
SFA1	$43,89 \pm 0,74$	$37,2 \pm 2,4$	6,4	$1,69 \pm 0,02$	$1,69 \pm 0,06$
TUCA	$37,22 \pm 0,50$	$39,9 \pm 1,6$	6,4	$1,81 \pm 0,02$	$1,74 \pm 0,03$

Em todos os resultados da Função do Receptor, as fases P e Ps são claramente identificáveis, tanto no domínio do tempo quanto da frequência. Um dos problemas encontrados foi a ambiguidade do resultado de espessura crustal causado pela concentração de azimutes dos eventos detectados pela estação sismográfica CAN3 (AMMOM *et al.*, 1990). A explicação para isso reside no fato de todos os eventos trazerem informação apenas de uma direção, não sendo corroborados por telessismos de outras direções. Infelizmente, a localização desta estação não permite que haja grande variação na direção azimutal.

As figuras abaixo mostram a Função do Receptor no domínio do tempo e no domínio da frequência para as estações BRA7 e FOR1. Note que a fase Ps está bem visível em cada registro selecionado (Figs. 4 e 5).

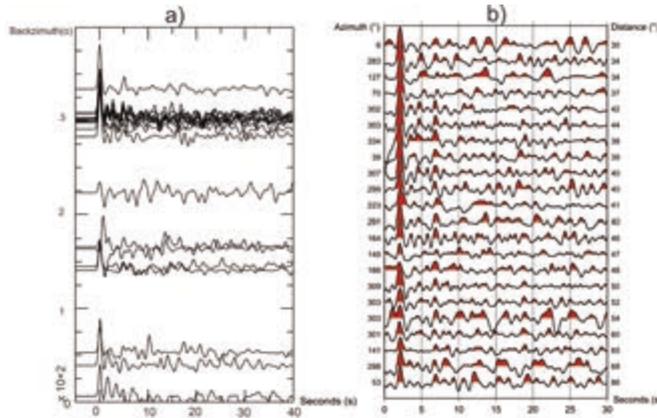


Fig. 4 – Resultado da FR para a estação BRA7 de acordo com a distribuição azimutal:
a) Domínio do tempo; b) Domínio da frequência.

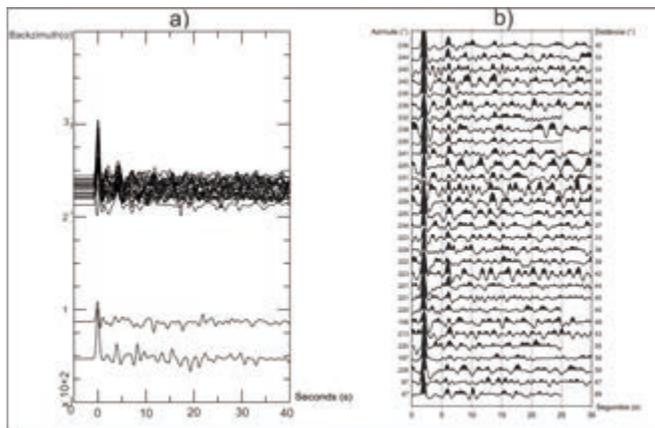


Fig. 5 – Resultado da FR para a estação FOR1 de acordo com a distribuição azimutal:
a) Domínio do tempo; b) Domínio da frequência.

No domínio do tempo, as Figs. 6 (a) e 7 (a) mostram as estimativas para a espessura crustal e a razão V_p/V_s obtidas pelo programa PWSS para as estações BRA7 e FOR1, respectivamente. Os valores para as demais estações não apresentaram fases Ps e múltiplas coerentes. Entretanto, mesmo com erros relativamente altos, estimamos a espessura da crosta e a razão V_p/V_s para que sirvam, pelo menos, como dados preliminares, sendo necessário a vinculação com os resultados obtidos no domínio da frequência.

No domínio da frequência, para todas as estações foram obtidas as espessuras crustais e razão V_p/V_s . Dois dos resultados onde as fases Ps e múltiplas foram mais claras são visualizados nas estações BRA7 e FOR1, mostrados nas figuras 6 (b) e 7 (b).

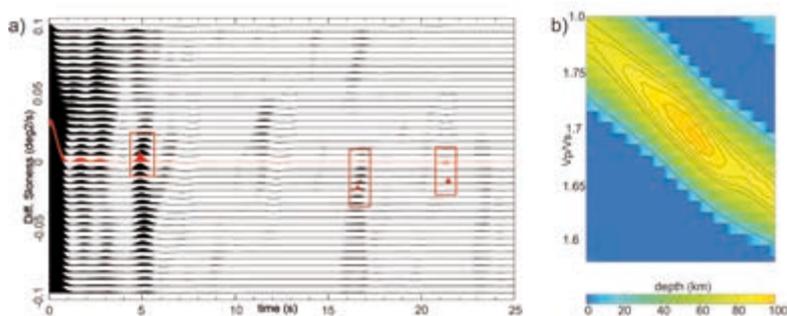


Fig. 6 – a) Resultado do PWSS para a estação BRA7. Os retângulos vermelhos indicam a onda Ps e as reflexões múltiplas (Ppps e Pps+Pps); b) Resultado do *HK-Stacking* para a estação BRA7. A elipse vermelha indica a variação nos valores da espessura crustal e da razão V_p/V_s .

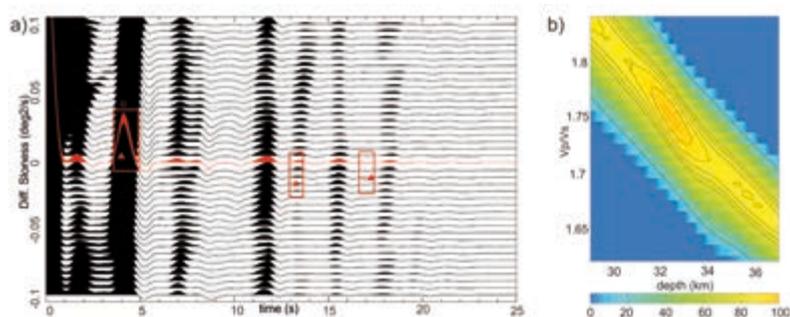


Fig. 7 – a) Resultado do PWSS para a estação FOR1. Os retângulos vermelhos indicam a onda Ps e as reflexões múltiplas (Ppps e Pps+Pps); b) Resultado do *HK-Stacking* para a estação FOR1. A elipse vermelha indica a variação nos valores da espessura crustal e da razão V_p/V_s .

4 – Conclusão

O estudo apresenta as estimativas de espessura crustal e de razão V_p/V_s por meio da Função do Receptor nos domínios do tempo e da frequência, sendo os programas PWSS

e *HK-Stacking* usados para o empilhamento inclinado ponderado pela fase. Nas estações BRA7 e FOR1 o empilhamento produzido pelo PWSS mostrou as fases Ps e as reflexões múltiplas evidentes. Já nas estações CAN3, JAN7, PDRB, SFA e TUCA, o PWSS não obteve essas fases de maneira clara. Embora a maioria das estações não apresente um empilhamento de fases claro, foram calculadas as estimativas da espessura da crosta e a Vp/Vs. Para isso, houve necessidade de relacionar esses dados com os valores obtidos no domínio do tempo para as mesmas estações sismográficas (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010) ou na mesma província geológica (BIANCHI, 2008).

Já os resultados obtidos no domínio da frequência foram mais abrangentes, pois foi possível fazer o empilhamento para todas as estações sismográficas.

Vale salientar que os valores encontrados são conectados diretamente com alguns fatores, os quais podem afetar a interpretação dos dados, sendo esses: a baixa razão sinal ruído, a baixa quantidade de telessimos no registro de algumas estações, a possível má calibração do sismômetro ou a concentração de sismos em um mesmo azimute. Esse último fator é de fácil observação na própria FR (figuras 4 (a) e 5 (b)), onde se nota uma maior concentração de sismos provenientes da região andina (região limítrofe de placas tectônicas e região sismologicamente ativa). Para amenizar esses problemas seria necessário um maior período de captação de dados.

A pesquisa mostrou que a Função do Receptor nos domínios do tempo e da frequência pode ser usada como uma ferramenta importante na definição da espessura crustal, pois quando utilizadas conjuntamente, torna-se possível aumentar a acurácia, em que cada método pode corroborar os resultados do outro, ou até mesmo levantar questionamentos sobre as espessuras crustais anteriormente calculadas.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, D. F., PAVÃO, C. G., FRANÇA, G. S. & SILVA, P. G. N. (2010) – O Estudo da espessura crustal e razão Vp/Vs para as estações da Rede Sismográfica Nacional (RSN-SIS-UnB). IV Simpósio Brasileiro de Geofísica.
- AMMON, C. J. (1991) – The isolation effects from teleseismic P-waveforms. *Bull. Seism. Soc. Am.* 81, p. 2504-251.
- AMMON, C. J. (1997) – An overview of Receiver-Function Analysis. Disponível em: < <http://eqseis.geosc.psu.edu/~cammon/HTML/RftnDocs/rftn01.html> >. (Consultado em 2012.03.26).
- AMMOM, C. J., G. E. RANDALL & G. ZANDT (1990) – On the nonuniqueness of receiver functions inversions, *J. Geophys. Res.*, 95, p. 15303-15318.
- BIANCHI, M. (2008) – Variação da estrutura da crosta, litosfera e manto para a plataforma Sul Americana através de funções do receptor para ondas P e S. Tese de Doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas-USP (São Paulo, Brasil), 133 p.
- FRANÇA, G. S. L. (2003) – Estrutura da crosta no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil usando a Função do Receptor. Tese de Doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas-USP (São Paulo, Brasil), 143 p.
- GOLDSTEIN, P. & SNOKE A. (2005) – SAC Availability for the IRIS Community, Incorporated Research Institutions For Seismology, Data Management Center, Eletronic Newsletter.
- LANGSTON, C. A. (1979) – Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves. *J. Geophys. Res.* 85, p. 4749-4762.

LIGORRIA, J. P. & AMMON, C. J. (1999) – Iterative deconvolution and receiver function estimation. *Bulletin of the Seismological Society of America* 89, p. 1395-1400.

OWENS, T. J., ZANDT, G., & TAYLOR, S. R. (1984). Seismic evidence for an ancient rift beneath the Cumberland Plateau, Tennessee: a detailed analysis of broadband teleseismic P waveforms. *Journal of Geophysical Research*, 89, p. 7783-7795.

ZHU, L. & KANAMORI, H. (2000) – Moho depth variation in southern California from teleseismic receiver functions. *Journal of Geophysical Research*, 105, p. 2696-2980.