

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

JÉSSICA NASCIMENTO DE LIMA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE FUNÇÃO DO RECEPTOR PARA DETERMINAÇÃO
DA ESTRUTURA DA CROSTA E MANTO SUPERIOR SOB A REGIÃO SUL DO
BRASIL**

**Caçapava do Sul
2016**

JÉSSICA NASCIMENTO DE LIMA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE FUNÇÃO DO RECEPTOR PARA DETERMINAÇÃO
DA ESTRUTURA DA CROSTA E MANTO SUPERIOR SOB A REGIÃO SUL DO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geofísica da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geofísica.

Orientador: Marcus Vinicius Aparecido
Gomes de Lima

Coorientador: José Eduardo Pereira
Soares

**Caçapava do sul
2016**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

L732a Lima, Jéssica Nascimento de
APLICAÇÃO DO MÉTODO DE FUNÇÃO DO RECEPTOR PARA
DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DA CROSTA E MANTO SUPERIOR SOB A
REGIÃO SUL DO BRASIL / Jéssica Nascimento de Lima.
68 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Universidade
Federal do Pampa, GEOFÍSICA, 2016.

"Orientação: Marcus Vinicius Aparecido Gomes de Lima".

1. Função do Receptor. 2. Estações sismográficas. 3.
Descontinuidade. I. Título.

JÉSSICA NASCIMENTO DE LIMA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE FUNÇÃO DO RECEPTOR PARA DETERMINAÇÃO
DA ESTRUTURA DA CROSTA E MANTO SUPERIOR SOB A REGIÃO SUL DO
BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Geofísica da
Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Geofísica.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado : __, __ e __.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Marcus Vinicius Aparecido Gomes de Lima
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. Felipe Guadagnin
UNIPAMPA

Prof. Me. Hasan Lopes Shihadeh
UNIPAMPA

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me deu forças para terminar o curso.

Aos meus pais e a meu irmão, que me apoiaram em todas as decisões que tomei na vida.

Ao meu estimadíssimo orientador Marcus Vinicius, por todo suporte, confiança, paciência e ensinamentos durante esses anos. Ao meu coorientador, José Eduardo Pereira Soares, simplesmente, por aceitar sê-lo.

Ao Bruno Collaço pelo suporte dado em relação aos dados utilizados neste trabalho.

A todos os meus amigos, em especial Tio Ozzy, Mariana, Maria, Miloca, Natália, Drica, Jamile, Moríá e Alane que me ajudaram e escutaram as minhas lamentações durante esses anos. A Cíntia Rocha, por toda ajuda.

Aos meus professores, em especial Prof. Mario, Tiago Gregory, Aline, Felipe G., Felipe C. e Éverton, sem o suporte de vocês, este trabalho não seria possível.

RESUMO

Atualmente, a maior parte dos estudos sismológicos realizados no Brasil se concentram nas regiões Sudeste e Nordeste do país. Contudo, a porção sul das províncias Paraná e Mantiqueira, bem como, a transição entre estes domínios ainda não foram adequadamente amostrados por estações sismográficas, de modo que sua estrutura profunda (crosta e manto superior) não é conhecida com resolução suficiente. Neste projeto foram utilizados dados de três estações permanentes, pertencentes a Rede Sismográfica Brasileira (RSBR) localizadas no estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Canela, Caçapava do Sul e Pedras Altas/ Pelotas, nomeadas de CNLB, CPSB e PLTB, respectivamente. O objetivo do trabalho é utilizar o método da Função do Receptor (FR), que tem sido amplamente empregado em estudos de investigação da crosta e manto superior, afim de obter um modelo da estrutura da crosta e do manto superior, em termos da razão entre as velocidades sísmicas (V_p/V_s) e espessura crustal, abaixo das estações sismográficas localizadas no Escudo Sul-Rio-Grandense e Bacia do Paraná. Este método utiliza frentes de ondas planas do tipo P provenientes de terremotos distantes, que ao incidir sobre uma descontinuidade, como a descontinuidade Mohorovicic, abaixo da estação sismográfica com um ângulo próximo a vertical, se converte em onda S (P_s) e reflexões de onda S (múltiplas, predominante na radial). Estas ondas quando atingem as estações, trazem adicionalmente informação sobre a fonte e o percurso no manto. Aplicando-se a deconvolução nos registros da componente radial pela componente vertical, consegue-se remover estes efeitos, obtendo-se na forma de uma série temporal, a resposta equivalente a estrutura interna da Terra sob a estação sismográfica, denominada FR. A partir da análise de um conjunto de traços de Função do Receptor, foi obtido para a estação: CPSB - espessura crustal de $35,0 \pm 0,2$ km e razão $V_p/V_s = 1,78 \pm 0,00$; CNLB – espessura crustal de $40 \pm 0,4$ km e razão $V_p/V_s = 1,75 \pm 0,00$; PLTB – espessura crustal $36 \pm 0,1$ km e razão $V_p/V_s = 1,81 \pm 0,00$. O método da Função do Receptor apresentou excelentes resultados, de forma a contribuir com algumas informações geológicas sob as estações CNLB, PLTB e CPSB em estudo.

Palavras chaves: Função do Receptor, estações sismográficas, descontinuidade

ABSTRACT

Currently, most of the seismological studies carried out in Brazil are concentrated in the Southeast and Northeast regions of the country. However, the southern portion of the Paraná and Mantiqueira provinces, as well as the transition between these domains have not yet been adequately sampled by seismographic stations, so that their deep structure (crust and upper mantle) is not known with sufficient resolution. In this project, we were used data from three permanent stations, belonging to the Brazilian Seismographic Network (RSBR) located in the state of Rio Grande do Sul, in the towns of Canela, Caçapava do Sul and Pedras Altas / Pelotas, named CNLB, CPSB and PLTB, respectively. The objective of the work is to use the Receiver Function (FR) method, which has been widely used in research studies of the crust and upper mantle, in order to obtain a model of the structure of the crust and the upper mantle, in terms of the ratio between The seismic velocities (V_p / V_s) and crustal thickness, below the seismographic stations located in the South-Rio-Grandense Shield and the Paraná Basin. This method uses P-type flat-wave fronts from distant earthquakes, which, when incident on a discontinuity, such as Mohorovicic discontinuity, below the seismographic station with an angle close to vertical, converts to S wave (P_s) and wave reflections S (multiple, predominant in radial). These waves, when they reach the stations, also bring information about the source and the course in the mantle. Applying the deconvolution in the records of the radial component by the vertical component, it is possible to remove these effects, obtaining in the form of a time series, the equivalent response to the internal structure of the Earth under the seismographic station, denominated FR. From the analysis of a set of traces of the Receiver Function, CPSB - crustal thickness of 35.0 ± 0.2 km and V_p / V_s ratio = 1.78 ± 0.00 ; CNLB - crustal thickness of 40 ± 0.4 km and ratio $V_p / V_s = 1.75 \pm 0.00$; PLTB - crustal thickness 36 ± 0.1 km and V_p / V_s ratio = 1.81 ± 0.00 . The receiver function method presented excellent results in order to contribute with some geological information under the CNLB, PLTB and CPSB stations under study.

keywords: Receptor function, seismographic stations, discontinuity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa geológico simplificado do Rio Grande do Sul	12
Figura 2- Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná	14
Figura 3- Mapa de espessura crustal da América do Sul, com destaque para o Sul do Brasil, mostrando a pouca resolução para o estado do Rio Grande do Sul.....	17
Figura 4-Rotação dos eixos e movimento das partículas. A esquerda, exemplo de rotação dos eixos e a direita diagrama mostrando o movimento da partícula com incidência da onda P na direção vertical e SV na direção radial	19
Figura 5- Diagrama de raio da Função do Receptor (FR). a) Diagrama de raio simplificado mostrando as principais conversões da onda P em onda S que compreende a FR radial para um semi-espaço. b) Registro da FR radial correspondente as reflexões do diagrama em (a). Com exceção da primeira chegada, as letras maiúsculas denotam o percurso para baixo, as letras minúsculas denotam o percurso para cima, m denota a interface de reflexão, por exemplo a Moho.....	19
Figura 6- Zona de triplicação proposto por SHEARER & LAWRENCE (2006)	22
Figura 7-Diagrama de raio para a o onda P que percorre o manto no núcleo externo	23
Figura 8- Refração de uma onda incidindo em uma interfase com velocidades diferentes	24
Figura 9 - Esquema da onda P incidente em uma superfície horizontal. ΔS é o percurso da onda e ΔX o equivalente na superfície. O ângulo θ é denominado ângulo de incidência.....	24
Figura 10 - Fluxograma de processamento do dados	27
Figura 11- Localização dos eventos telessísmicos durante o ano de 2013 a 2015. .	28
Figura 12- Registro sísmico nas componentes horizontais (HHE e HHN) e vertical (HHZ); e das componentes rotacionadas (transversal e radial) da estação CPSB, de um evento ocorrido no dia 9 de fevereiro de 2013.....	30
Figura 13- Exemplo do espectro de amplitude com a utilização do nível de água. A esquerda apresenta um espectro de amplitude com nível d'água real, e a direita o espectro de amplitude após o nível de água	31
Figura 14- Gráfico da função do filtro gaussiano para três valores distintos de a. Em a=20 em preto, a = 10 em vermelho e a = 5 em azul	32

Figura 15- Escolha dos melhores traços da função do receptor feito no FuncLab....	32
Figura 16- Localização dos eventos selecionados para o cálculo no FuncLab, correspondente as estação CPSB, PLTB e CNLB.	33
Figura 17- Janela para entrada dos parâmetros do cálculo H-K.	34
Figura 18 - Distribuição por azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo H-K.	35
Figura 19 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismográfica CPSB.	36
Figura 20 - Seção empilhada da componente radial da função do receptor para estação sismográfica CPSB.	36
Figura 21- Seção empilhada da componente radial da função do receptor para estação sismográfica CPSB, com destaque em amarelo para a anomalia de velocidade.	38
Figura 22- Distribuição por azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo H-K.	38
Figura 23 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismográfica CNLB.	39
Figura 24- seção empilhada da componente radial da função do receptor para a estação CNLB.	39
Figura 25 - Distribuição conforme azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo HK.	41
Figura 26 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismográfica PLTB.	42
Figura 27- Seção empilhada da componente radial da função do receptor para a estação sismográfica PLTB.	42
Figura 28- Mapa do perfil sismológico feito entre as estações sismológicas em comparação com o mapa geológico simplificado.	44

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral	11
2.2 Objetivos específicos	11
3 JUSTIFICATIVA	11
4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	11
4.1.1 Bacia do Paraná	12
4.1.1.1 Estratigrafia da Bacia do Paraná	13
4.1.2 Escudo Sul-rio-grandense	15
4.2 Estudos Geofísicos	16
5 MÉTODO	18
5.1 Princípios da Função do Receptor	20
5.2 Efeitos da distância entre a fonte e o receptor	21
5.3 Teoria do parâmetro de Raio	23
5.4 Teoria da velocidade aparente horizontal	24
5.5 Tempo de percurso, razão V_p/V_s e espessura da crosta	25
5.6 Programa Hk-Stacking analysis GUI do Funclab	26
6 PROCESSAMENTO DOS DADOS	27
6.1 Preparação do banco de dados e seleção dos eventos telessísmicos	28
6.2 Preparação dos dados	29
6.3 Deconvolução	30
6.3.1 Filtros	30
6.3.1.1 Filtro “Nível d’água”	30
6.3.1.2 Filtro Gaussiano	31
7 RESULTADOS	34
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	46
ANEXO A- Tabela de eventos selecionados em cada estação	53

1 INTRODUÇÃO

O interior da Terra é caracteristicamente estratificado, devido às suas propriedades químicas e físicas distintas. A litosfera, por exemplo, é a porção mais externa da Terra composta pela crosta e o manto superior. No entanto, a investigação das estruturas mais profundas da Terra não pode ser realizada através de observações diretas.

Neste sentido, a Sismologia desempenha um papel fundamental, pois através da propagação de ondas sísmicas, P (primárias/compressivas) e S (secundárias/cisalhantes) geradas por terremotos, permite identificar descontinuidades, ou seja, regiões onde ocorrem variações abruptas das propriedades sísmicas.

Neste trabalho, a principal descontinuidade de interesse é denominada como Mohorovičić (ou Moho), que marca a transição entre a crosta e o manto superior. Essa descontinuidade foi descrita pelo sismólogo Andrija Mohorovičić, em 1909, que ao observar a propagação de ondas sísmicas geradas por terremotos na Europa, registrou uma mudança na inclinação do alinhamento das primeiras chegadas das fases sísmicas com o aumento da distância da fonte, que foi interpretado como mudança na velocidade das ondas sísmicas P e S, Cook et. al. (2009).

Estudar o mapeamento da espessura da crosta é importante para compreensão de fenômenos como compensação isostática ou regime de tensões intraplaca, ou para entender evolução crustal de uma determinada região (ASSUMPÇÃO et al., 2013). Ademais, fornece vínculos para os modelos de propagação de ondas em estudos sísmicos globais e regionais e que podem ser correlacionados com fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, como soerguimento e subsidência.

Dentre os diversos métodos sismológicos, o método da Função do Receptor (FR) é um método que se destaca por fornecer informações sobre a profundidade da Moho, bem como, inferir a existência de descontinuidades intracrustais ou o contato limite litosfera-astenosfera (ASSUMPÇÃO et al., 2013; PAVÃO et al., 2013)

No Brasil, os primeiros estudos sismológicos datam do início da década de 90 e são resultantes da implantação do Projeto BLSP (*Brazilian Lithospheric Seismic*

Project). Desde então, a estrutura crustal profunda e do manto superior da região Sudeste e Nordeste tem sido amplamente estudada, principalmente por métodos sismológicos passivos (ASSUMPÇÃO et al., 2006; SOARES et al, 2001. & PAVÃO, 2010; entre outros).

Atualmente, vem sendo implantado no Brasil uma rede permanente de monitoramento sismográfico (RSIS) com aproximadamente 30 estações. Este projeto, intitulado BRASIS (*BRAzilian Seismographic Integrated Systems*), foi financiado pela Rede Temática de Geotectônica da Petrobras, com apoio complementar do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Deste conjunto de estações, três estão localizadas no estado do Rio Grande do Sul, nomeadas CNLB, CPSB e PLTB; situadas nos municípios de Canela, Caçapava do Sul e Pedras Altas, respectivamente.

Assumpção et al. (2013) apresentam um mapa de espessura da crosta para a América do sul com base na compilação de diversos trabalhos sobre o tema, assim como novas medições. Para a compilação desse mapa foram utilizados dados das estações localizadas no estado do Rio Grande do Sul (PLTB, CPSB e CNLB), assim como das demais regiões do Brasil. No entanto, mesmo havendo estimativas sobre a espessura crustal sob as estações sismográficas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, esses valores não foram comparados com a geologia regional.

Neste trabalho, foram utilizados dados disponíveis das estações sismográficas PLTB, CPSB e CNLB, tendo como foco de investigação a região Sul da Bacia do Paraná e da Província Mantiqueira, diferindo do objetivo do trabalho do Assumpção et al. (2013) que visava apenas a determinação da espessura crustal sob a região. Nesse contexto, utilizou-se do método Função do Receptor para obter estimativas da profundidade da descontinuidade Moho e a razão de velocidades V_p/V_s sob as estações sismográficas. Pois, as FRs quando associadas aos dados geológicos e estruturais, forneceu informações adicionais sobre aspectos da evolução tectônica da região estudada.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Obter um modelo da estrutura da crosta e do manto superior, em termos da razão entre as velocidades sísmicas (V_p/V_s) e espessura crustal, a partir dos dados das estações sismográficas localizadas no estado do Rio Grande do Sul, dispostas sobre o Escudo Sul-rio-grandense (ESrg) e Bacia do Paraná.

2.2 Objetivos específicos

Determinar, a partir do processamento de dados sismológicos utilizando a técnica Função do Receptor: i) perfil da profundidade da descontinuidade Moho e razão V_p/V_s ; ii) e comparar este mapa de parâmetros sismológicos obtido com as características geológicas presentes em superfície relacionadas ao ESrg e Bacia do Paraná.

3 JUSTIFICATIVA

Levando em consideração que a região sul do Brasil apresenta certa complexidade em sua evolução estrutural e tectônica, relativa ao seu contexto geológico, e que a região em questão ainda não foi mapeada com resolução suficiente, pretendemos melhorar as informações relativas aos valores de V_p/V_s e a profundidade da descontinuidade Moho sob as estações localizadas no Rio Grande do Sul.

A realização deste trabalho nos permitirá contemplar, do ponto de vista geofísico, diversos problemas de interpretação e reconhecimento de feições estruturais em níveis profundos associadas ao arcabouço tectono-estratigráfico, tendo como foco principal o ESrg e a Bacia do Paraná.

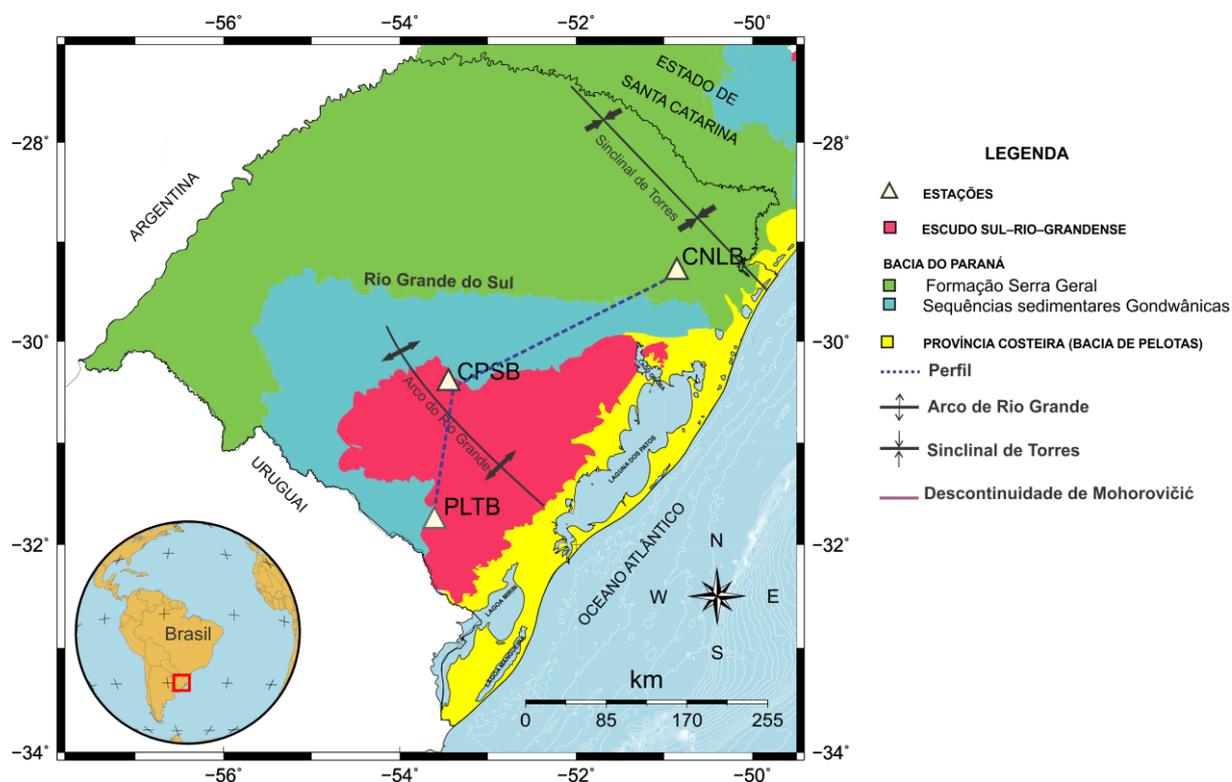
4 CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Geologia Regional

O Rio Grande do Sul pode ser subdividido geologicamente em Planície costeira, Bacia Paraná e Escudo Sul-rio-grandense. As estações foram instaladas sobre duas dessas unidades: a Bacia do Paraná e o Escudo Sul-rio-grandense, conforme mostra a Figura 1. Próximo a essas estações existem duas feições estruturais bem importantes, o Arco do Rio Grande e a Sinclinal de Torres.

O Arco do Rio Grande é um alto estrutural, que possui aproximadamente 150 km de extensão com direção N50°W, soerguendo as unidades do Escudo Sul Rio-grandense e da Bacia do Paraná. É delimitado na porção norte pelo sistema de falhas Jaguari - Mata e ao Sul pelas Falhas Alegrete e Ibaré (BRUCKMANN et al., 2015). Já a Sinclinal de Torres, possui orientação NW-SE com leve caimento para a porção NW, e faz o ligamento entre o arco de Ponta Grossa e o arco do Rio Grande (CARDOZO, 2011).

Figura 1- Mapa geológico simplificado do Rio Grande do Sul



Fonte: modificado da CPRM (2010)

4.1.1 Bacia do Paraná

A bacia do Paraná possui um formato “ovalado” com eixo na direção NE-SW,

compreendendo cerca de 1,2 milhões de quilômetros quadrados no Brasil, se estendendo em territórios da Argentina, Paraguai e Uruguai. Marcada por sucessões sedimentares-magmáticas com idades entre o Neo-Ordoviciano e o Neocretáceo (ALMEIDA et. al.,1984).

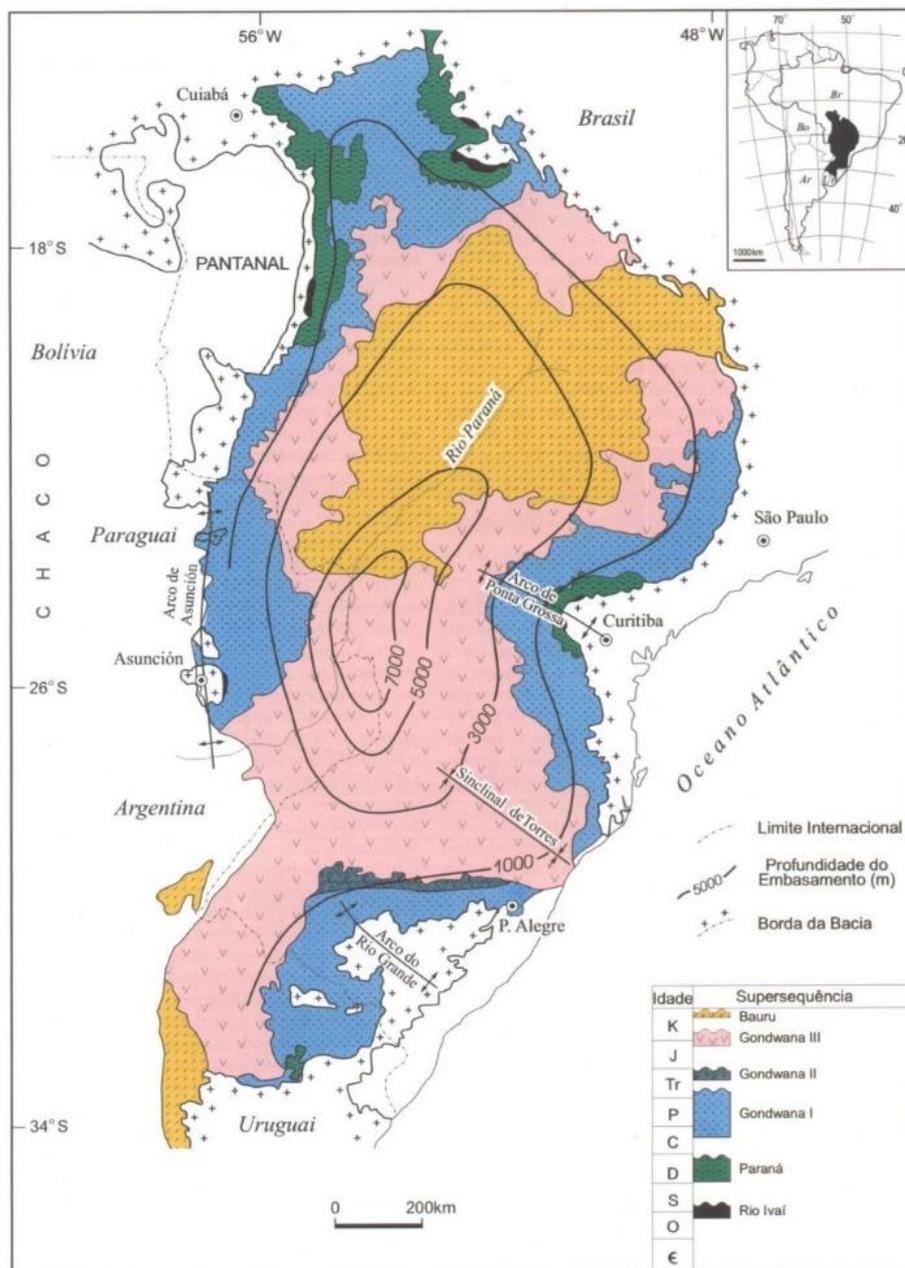
O flanco leste da Bacia do Paraná, que compreende a região sudeste do Brasil, sofreu um soerguimento crustal, associado ao rifte do atlântico-sul, o que expôs profundamente o seu embasamento cristalino, acarretando em um ambiente esculpido por fortes erosões (ZANOTTO, 1993). Para o oeste, o flanco da Bacia é limitada pelo arco da Assunção, e apresenta uma feição estrutural positiva provocada possivelmente pela sobrecarga litosférica imposta ao continente pelo cinturão orogênico andino (SHIRAIWA, 1994).

Registros estratigráficos da Bacia do Paraná demonstram que a sua deposição se deu por meio das zonas de fraqueza do embasamento do arcabouço brasileiro, gerando espaço para acomodação da primeira unidade cratônica da bacia. Além disso os registros mostram que a bacia é formada por um pacote sedimentar-magmático com espessura de no máximo 7 km, que coincide geograficamente com o depocentro estrutural da sinéclise com a região da calha do rio Paraná (MILANI,1997).

4.1.1.1 Estratigrafia da Bacia do Paraná

Milani (1997) subdividiu a Bacia do Paraná em seis supersequências (Figura 2): Rio Ivaí (ordoviciano), Paraná (Devoniano), Gondwana I (Carbonífero-Eotriássico), Gondwana II (Meso a Neotriássico), Gondwana III (Neojurássico-Eocretáceo) e Bauru (Neocretáceo). As três primeiras supersequências ocorrem em um período marcado por sucessões sedimentares provocadas pelos ciclos transgressivos-regressivos ligados à oscilação do nível relativo do mar no Paleozoico. Já as demais supersequências, são caracterizadas por sedimentos continentais associados a rochas ígneas.

Figura 2- Mapa geológico simplificado da Bacia do Paraná



Fonte: modificado de Milani & Ramos (1998)

Ainda segundo o autor, no estado do Rio Grande do Sul ocorrem as supersequências Gondwana I, II e III, ocupando a área central e norte do estado. A acumulação sedimentar da supersequência Gondwana I é marcada, inicialmente, pelo ápice das condições glaciais. A ressedimentação nessa supersequência é retornada com o degelo, que funcionou como mecanismo de transporte e deposição do fluxo de massa, retrabalhando o substrato e definindo um estilo particular para a seção, marcada por para-conglomerados, arenitos muito finos, siltitos, argilitos e ritmitos.

Seguindo, esse ciclo é marcado por episódios de transgressões marinhas, representadas por arenitos, pelitos, pelitos carbonosos e camadas de carvão de deposição em ambiente litorâneo da Formação Rio Bonito, sucedidos por heterolitos e arenitos de deposição em ambiente marinho da formação Palermo e folhelhos e calcários pirobetuminosos da Formação Irati. No seu último estágio de inundação, a bacia passa a receber sedimentos do tipo folhelhos, argilitos e siltitos marinhos (MILANE,1997).

A fase regressiva da bacia do Paraná é marcada por heterolitos cinza-esverdeados e arenitos finos plataformais. A fase da supersequência Gondwana I foi marcada pelo fechamento da Bacia do Paraná.

A Supersequência Gondwana II é marcada pelo processo distensivo generalizado na porção Sul do Paleocontinente Gondwana, ocorrido no início do Triássico. Possui sedimentação do tipo gráben, caracterizada pelos arenitos fluviais e pelitos lacustres fossilíferos de cores avermelhadas da Formação Santa Maria, arenitos róseos a avermelhados fluviais da Formação Caturrita e arenitos e pelitos bege a róseos flúvio-deltaicos e lacustre, conforme Wildner et al.(2010).

Milani et al. (1994) denominaram a supersequência Gondwana III como “Sequências Jurássicas-Eocretácicas”, que são formadas por sedimentos eólicos da formação Botucatu e magmatismo registrado por derrames e intrusões de rochas básicas e ácidas de idade eocretácica da Formação Serra Geral.

4.1.2 Escudo Sul-rio-grandense

O Escudo Sul-rio-grandense (ESrg; CHEMALE, 2000) é limitado pela Bacia do Paraná e Bacia de Pelotas, ocupando a região central do estado, fazendo parte da porção meridional da Província Mantiqueira (ALMEIDA & HASUI, 1984). Sendo constituído por associações de rochas ígneas de composição predominantemente graníticas, as quais, normalmente, são intrusivas em um conjunto de rochas metamórficas, representadas por extensos complexos de gnaisses ortoderivados, rochas máfico-ultramáficas de assoalho oceânico, xistos e mármore de composição metapelítica, recobertas por um pacote sedimentar de 5000m de espessura de rochas sedimentares, intercaladas com rochas vulcânicas, segundo Wildner *et al.* (2000).

O ESrg de acordo com Hartmann *et al.* (2007), formou-se a partir de processos de geração e deformação da crosta continental, sendo que as suas maiores

contribuições ocorreram nos ciclos orogênicos de idade paleoproterozoica (2,26 -2,00 Ga) e o ciclo neoproterozoica (900-535 Ma). Em cada um desses ciclos são registrados a construção de crosta oceânica com a presença de micro-continentes e formações de arcos de ilhas e margens ativas. Essas associações de rochas colidiram e contribuíram para o crescimento da porção sul do continente sul-americano, além de estarem diretamente ligadas ao desenvolvimento de sistema de falhas profundas, ou regiões de fraqueza.

O ESrg pode ser compartimentado em quatro grandes unidades geotectônicas: Bloco Taquarembó, Cinturões Vila Nova, Tijucas e Dom Feliciano (CHEMALE, 2000). O Bloco Taquarembó é limitado ao norte pelo lineamento de Ibaré, sendo composto principalmente por rochas paleoproterozoicas Vulcano-sedimentares de alto grau do Complexo Granítico Santa Maria Chico (NARDI & HARTMANN, 1979).

No Cinturão Vila Nova são reconhecidas duas assembleias petrotectônicas, o Terreno Metamórfico de Acresção Palma e a Associação Vulcano-Plutono-Sedimentar Seival. Sendo que a primeira é formada por gnaisses de composição monzonítica, granodiorítica, diorítica, tonalítica, intercaladas com anfíbolitos médio a inferior do Complexo Cambaí. E por rochas Vulcano sedimentares metamorfizadas em fácies xisto-verde a anfíbolito inferior, do Supercomplexo Vacacaí. Já a Associação Vulcano-Plutono-Sedimentar Seival é composta por rochas Vulcano-sedimentares pertencentes a Bacia do Camaquã e por intrusões graníticas.

O Cinturão Tijucas é composto por uma associação de rochas metassedimentares e metavulcânicas de fácies xistos verdes a anfíbolitos, que datam do Mesoproterozóico ao Neoproterozoico (HARTMANN et al. 2007).

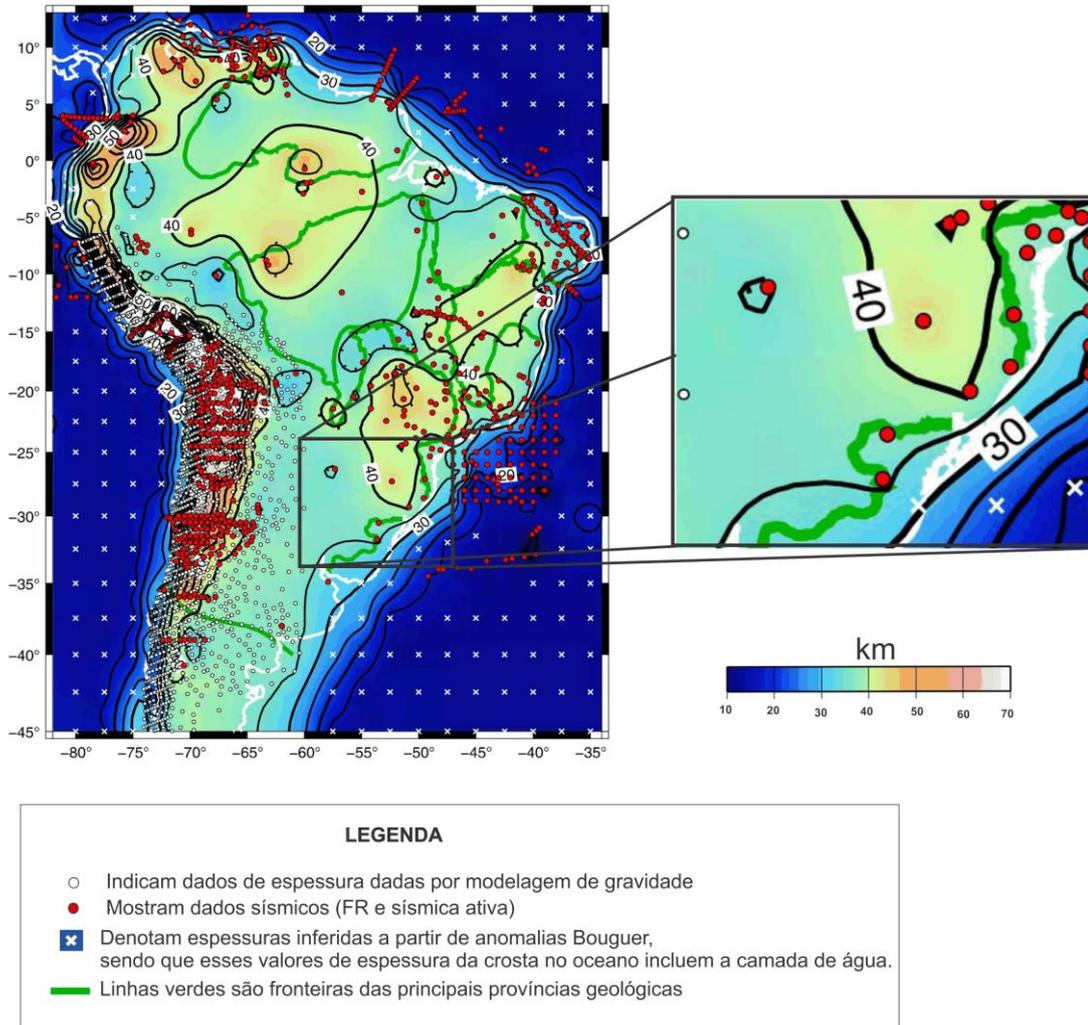
No cinturão Dom Feliciano predominam associações de rochas granito-gnáissicas-migmatíticas, em um embasamento predominantemente paleoproterozóico (BABINSKI et al., 1996)

4.2 Estudos Geofísicos

Assumpção et al. (2013) apresentam um mapa da espessura da crosta para a América do Sul com base na compilação de diversos trabalhos sobre o tema. Os dados utilizados são provenientes de experimentos de refração sísmica profunda, análise de Função do Receptor, inversão das curvas de dispersão de ondas

superficiais e dados gravimétricos. A **Figura 4** destaca a região Sul do Brasil, de forma a enfatizar que a mesma ainda não foi amostrada adequadamente em termos de cobertura sismográfica.

Figura 3- Mapa de espessura crustal da América do Sul, com destaque para o Sul do Brasil, mostrando a pouca resolução para o estado do Rio Grande do Sul.



Fonte: modificado de Assumpção et al.(2013)

Assumpção et. al (2013), a partir de dados de função do receptor, determinaram a profundidade da Moho sob as estações sismológicas do projeto BRASIS, pertencentes a RSIS, dentre elas CNLB, CPSB e PLTB.

Os valores da espessura crustal e razão V_p/V_s obtidos para estas estações, considerando as incertezas de cada medida relacionadas ao parâmetro de raio e o back-azimuth do evento, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1-Valores de espessura crustal para as estações localizadas no Rio Grande do Sul, conforme Assumpção et al. (2013).

Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	H (km)	dH (km)	K = Vp/Vs	dk
CNLB	-29,3143	-50,8527	41,0	2,3	1,73	0,06
CPSB	-30,5119	-53,4905	36,6	1,4	1,78	0,03
PLTB	-31,7546	-53,6456	36,4	1,4	1,81	0,03

Fonte: Assumpção et al. (2013)

Moreira (2013), aplicou também o método da função do receptor em estações localizadas no município de Anita Garibaldi (SC) e Pinhal da Serra (RS), obtendo uma espessura crustal para a região de $41,8 \pm 2,0$ km e uma razão Vp/Vs de $1,76 \pm 0,04$. Valores esses que serão comparados com a espessura crustal obtida sob a estação de Canela (CNLB), utilizada neste trabalho.

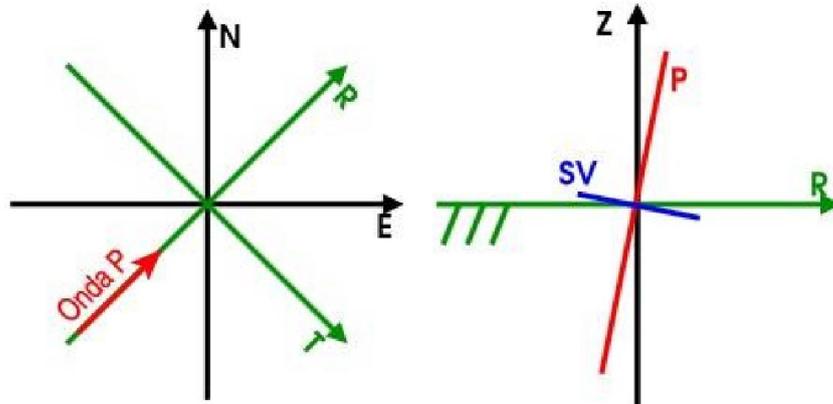
5 MÉTODO

A função do receptor, inicialmente denominada de *P wave equalization* por Langston (1979), é um método sismológico que busca inferir a estrutura de velocidade da crosta sob as estações sismográficas, como por exemplo a descontinuidade Mohorovicic.

Quando uma onda sísmica incide numa interface com ângulo menor que 40° , o seu registro sismográfico será predominantemente na vertical. Logo, em algumas formas de processamento é necessário que o eixo das coordenadas de registros da estação (Vertical, Norte-Sul, Leste-Oeste) sejam rotacionados, para o sistema ZRT (Vertical, Radial e Transversal), conforme ilustrado na Figura 4.

Nesse sistema, além da componente radial ser posicionada perpendicularmente a tangencial, é também posicionada paralelamente ao evento, priorizando a componente SV gerada após incidir na descontinuidade.

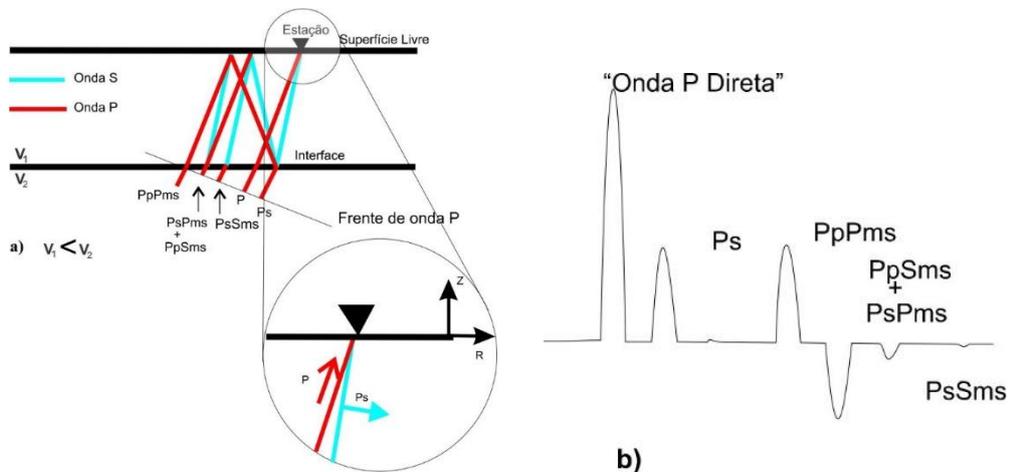
Figura 4-Rotação dos eixos e movimento das partículas. A esquerda, exemplo de rotação dos eixos e a direita diagrama mostrando o movimento da partícula com incidência da onda P na direção vertical e SV na direção radial



Fonte: Moreira (2013)

Quando uma frente de onda P de um telessismo atravessa uma descontinuidade sob uma estação sismográfica, parte de sua energia é convertida em ondas S (Ps) e a outra parte sofre reflexões múltiplas. Normalmente, esse tipo onda possui um ângulo de incidência na interface crosta-manto próximo a vertical, o que acarreta na onda P sendo registrada preferencialmente na componente vertical e a onda S na componente radial. A Figura 5 mostra as principais conversões da onda P.

Figura 5- Diagrama de raio da Função do Receptor (FR). a) Diagrama de raio simplificado mostrando as principais conversões da onda P em onda S que compreende a FR radial para um semi-espaco. b) Registro da FR radial correspondente as reflexões do diagrama em (a). Com exceção da primeira chegada, as letras maiúsculas denotam o percurso para baixo, as letras minúsculas denotam o percurso para cima, m denota a interface de reflexão, por exemplo a Moho



Fonte: França (2003)

5.1 Princípios da Função do Receptor

O método da Função do Receptor é usado para obter uma estimativa da espessura e razão V_p/V_s da estrutura crustal sob as estações sismográficas. Como as fases de onda P e Ps possuem velocidades distintas, é possível inferir a profundidade da descontinuidade Moho devido a diferença de tempo de registro. Porém, essas ondas quando atingem as estações, trazem adicionalmente informação sobre a fonte e o percurso no manto. Langston (1997), afim de isolar a resposta equivalente a estrutura da Terra, desenvolveu o método da função do receptor, que consiste na deconvolução do registros da componente radial e tangencial pela componente vertical.

O sinal de um evento telessísmico pode ser representado teoricamente no domínio do tempo, pelas equações de deconvolução, abaixo, considerando as suas três componentes (Vertical, Radial e Tangencial):

$$R_v t = I(t) * S(t) * H_v(t) \quad (1)$$

$$R_R t = I(t) * S(t) * H_R(t) \quad (2)$$

$$R_T t = I(t) * S(t) * H_T(t) \quad (3)$$

Onde, $R_v(t)$, $R_R(t)$ e $R_T(t)$ correspondem a componente vertical, radial e tangencial, respectivamente, $I(t)$ é a resposta do instrumento, $S(t)$ representa a resposta da fonte e $H_v(t)$, $H_R(t)$ e $H_T(t)$ são as respostas geradas pelas estruturas próximas a estação em suas respectivas componentes.

Segundo Langston (1979), uma onda P telessísmica com ângulo de incidência próximo a vertical, gera uma resposta com pico inicial maior na componente vertical, que é seguida de alguns picos menores, dessa forma, pode-se desprezar esses picos menores e fazer uma aproximação da resposta da componente vertical:

$$H_v(t) \cong \delta(t). \quad (4)$$

Quando se aproxima a resposta gerada pelas estruturas próximas a estação da componente vertical a função impulso, a componente vertical passe a representar somente os efeitos do caminho, do instrumento e da fonte do evento, já que no

processo de convolução a função impulso, $\delta(t)$, não modifica o resultado final. Podendo ser escrita agora conforme a Equação 5.

$$R_v t = I t * S t \quad (5)$$

Para obter informações da estrutura sob a estação sismológica, aplica-se a transformada de Fourier, que coloca as equações no domínio do tempo referentes a convolução no domínio da frequência. Troca-se também, a operação de convolução pela multiplicação de espectros de amplitude:

$$R_v w \cong I(w)S(w) \quad (6)$$

$$R_R w = I(w)S(w)H_R(w) \quad (7)$$

$$R_T w = I(w)S(w)H_T(w) \quad (8)$$

Permitindo a divisão da componente radial e transversal pelo espectro do sinal vertical (Equação 9, 10), obtendo respostas referentes a estrutura:

$$H_R(w) \cong \frac{R_R(w)}{R_v(w)} \quad (9)$$

$$H_t(w) \cong \frac{R_t(w)}{R_v(w)} \quad (10)$$

Vale ressaltar que essas aproximações só são possíveis quando o ângulo de incidência é próxima à normal da interface.

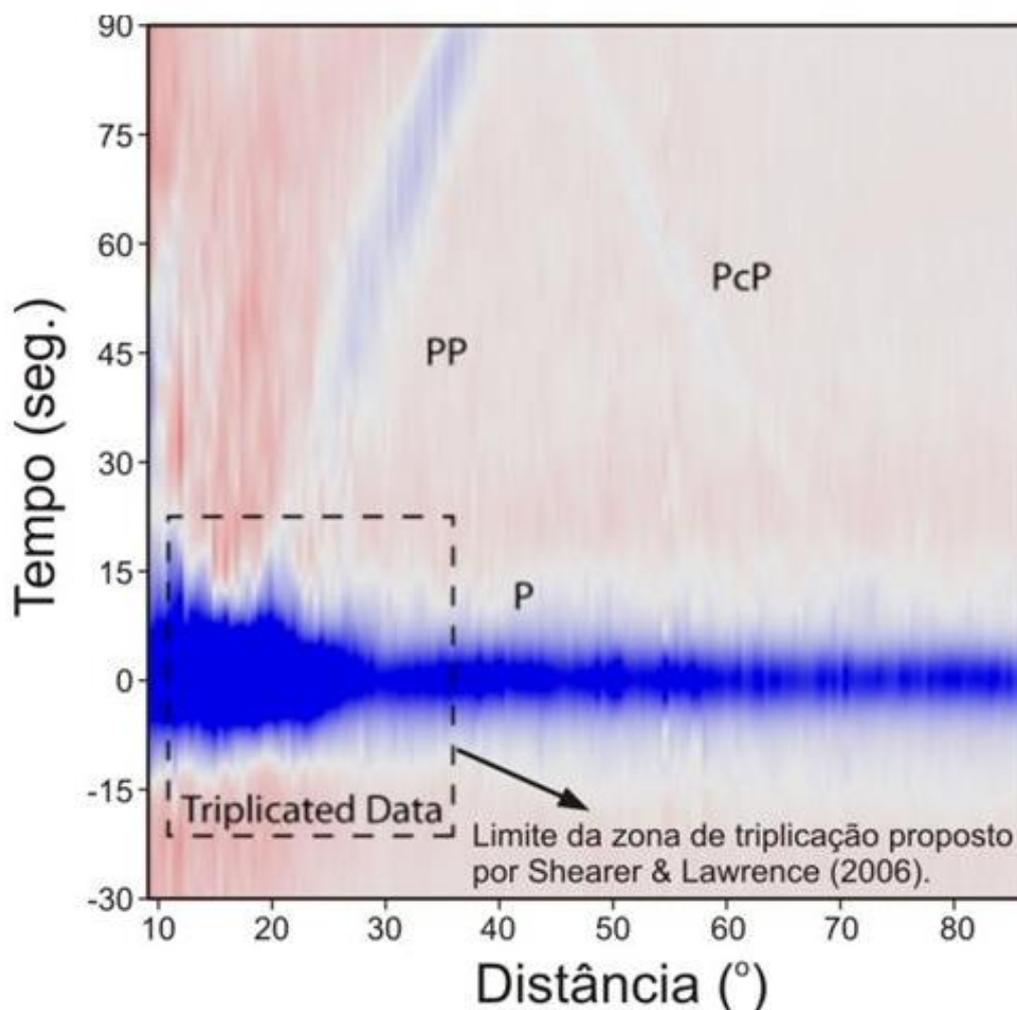
5.2 Efeitos da distância entre a fonte e o receptor

A amplitude e os tempos de chegada das ondas P convertidas em S dependem da distância dos eventos à estação, logo, na escolha dos eventos telessísmicos é essencial descartar eventos que estão na zona de sombra e os que sofreram com triplicação do sinal sísmico, Langston (1979).

A triplicação do sinal sísmico é a chegada de reflexões e refrações adicionais com diferentes parâmetros de raio na estação sismológica, que ocorrem devido as duas mudanças abruptas na velocidade da onda P no Manto superior, são elas as descontinuidades de 410 km ($\sim 20^\circ$) e de 670 km ($\sim 30^\circ$).

Essa zona de triplicação pode ser percebida devido ao aumento da energia sísmica, provocada pela alteração da estrutura cristalina dos minerais no manto que aumentam as velocidades das ondas sísmicas em até 4 % e 6% para a descontinuidade de 410 km e 660 km, respectivamente. A exemplo tem-se a Figura 6 que representa esse efeito.

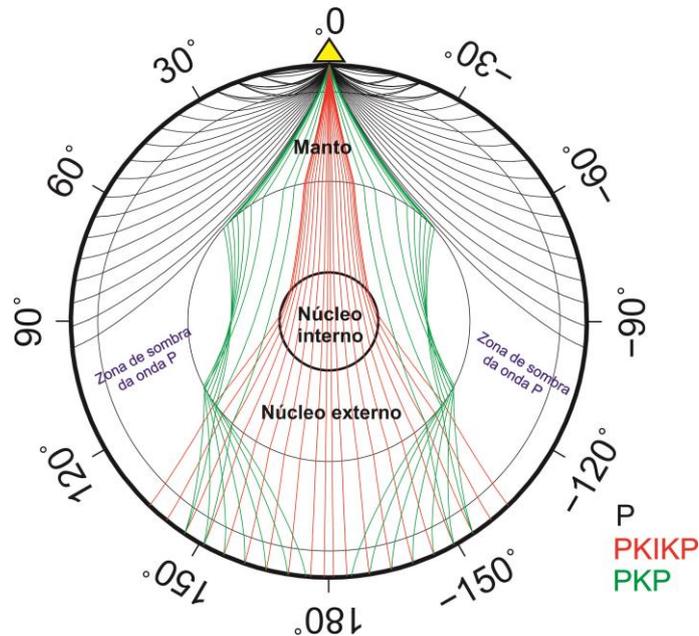
Figura 6- Zona de triplicação proposto por SHEARER & LAWRENCE (2006)



Fonte: Assumpção (2010)

Além do efeito de triplicação, não se utiliza eventos da zona de sombra, localizadas entre 103° à 144°, pois não há registro de onda P que percorre o manto, Figura 7.

Figura 7-Diagrama de raio para a onda P que percorre o manto no núcleo externo



Fonte: Autora (2016)

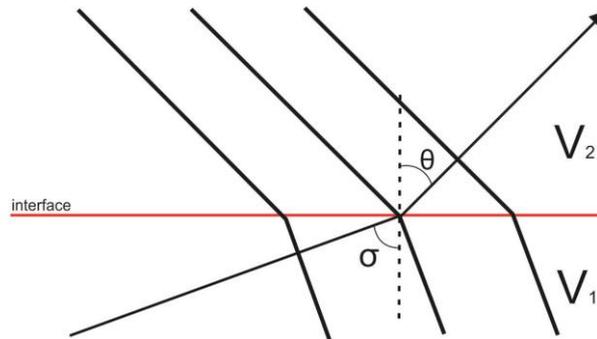
Algumas Funções dos Receptores são e foram determinadas com distâncias menores que 30° , neste caso procura-se compensar a distância, com eventos que tem seu hipocentro com profundidades maiores que 100 km e magnitudes maiores que 5 Mb.

5.3 Teoria do parâmetro de Raio

A Teoria do Parâmetro de raio sísmico tem como base o cálculo do tempo de trânsito de raios sísmicos através de um determinado meio. A teoria do raio sísmico é amplamente utilizado na sismologia devido a sua simplicidade e aplicabilidade em uma variedade de problemas, como localização de terremotos, inversão para estruturas de velocidades na crosta e no manto e determinação de mecanismos focais de ondas de corpo (SHEARER, 2009).

Quando uma onda plana atravessa a interface entre dois meios homogêneos (Figura 8) com variações nas velocidades de propagação de onda P e S, sua energia é dividida numa fração transmitida e noutra refletida, nesta situação aplica-se a lei de Snell-Descartes, que equivale ao parâmetro de raio de eventos sísmicos e será constante para todo percurso da onda do hipocentro até a estação (Equação 11), Miranda et al (2010).

Figura 8- Refração de uma onda incidindo em uma interface com velocidades diferentes



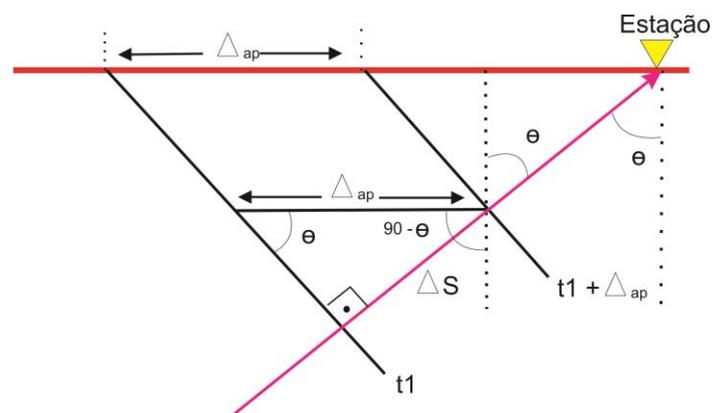
Fonte: Autor (2016)

$$\frac{\sin(i)}{v_1} = \frac{\sin(r)}{v_2} = \frac{1}{v_{ap}} = p \quad (11)$$

5.4 Teoria da velocidade aparente horizontal

A incidência da frente de onda não é exatamente na vertical, por isso, é necessário considerar o parâmetro de raio e a velocidade aparente da mesma. Então considerando uma onda plana, que se propaga em um meio uniforme (Figura 9):

Figura 9 - Esquema da onda P incidente em uma superfície horizontal. ΔS é o percurso da onda e ΔX o equivalente na superfície. O ângulo θ é denominado ângulo de incidência



Fonte: Autora (2016)

Temos que:

$$\Delta_s = \Delta_{ap} \sin \theta \quad (12)$$

Onde:

V_0 =velocidade real da onda, gerada pela diferença de tempo entre as frentes de ondas;

Δ_s = distância real que separa as frentes de onda;

θ = ângulo de incidência da onda em relação a distância real percorrida e à aparente;

Δ_{ap} = distância aparente.

Como a velocidade de propagação da onda é considerada constante ao longo do percurso:

$$v = \frac{\Delta_s}{\Delta_t} \quad (13)$$

Logo :

$$v = \frac{\Delta_{ap} \sin \theta}{\Delta_t} \quad (14)$$

Assim, substituindo a equação (13) em (14), obtém-se a equação (15) correspondente a velocidade aparente da frente de onda que se propaga na superfície e não necessariamente igual a velocidade real da onda.

$$V_{ap} = \frac{v}{\sin \theta} \quad (15)$$

5.5 Tempo de percurso, razão V_p/V_s e espessura da crosta

As fases da onda direta P: P_s , $P_p P_s$, $P_p S_s$, $P_p S_s + P_s P_s$ levam tempos diferentes para percorrer as mesmas camadas, isso ocorre devido as velocidades médias da onda P (V_p), razão V_p/V_s na camada, espessura da camada (h) e o parâmetro de raio (ρ) do evento. A relação entre as velocidades é definida por Zandt et al. (1995) como:

$$t_{ps} - t_p = h \left[(V_s^2 - \rho^2) - (V_p^{-2} - \rho^2)^{1/2} \right] \quad (16)$$

$$t_{PpPms} - t_p = 2h \left(\frac{1}{V_p^2} - p^2 \right)^{1/2} \quad (17)$$

Onde:

t_{ps} = tempo de chegada da onda Ps;

t_p = tempo de chegada da onda P;

t_{PpPms} = tempo de chegada da primeira múltipla.

A razão entre as Equações (16) e (17) irá fornecer a Equação (18) que determina a relação entre V_p e V_s .

$$\frac{V_p}{V_s} = \left\{ (1 - p^2 V_p^2) \left[2 \left(\frac{t_{ps} - t_p}{t_{PpPms} - t_p} \right) + 1 \right]^2 + p^2 V_p^2 \right\}^{1/2} \quad (18)$$

Para obter uma boa estimativa da razão V_p/V_s sob a estação, utilizando a equação 18, é necessário ter conhecimento prévio em relação a velocidade média da onda P sob a estação, e identificar o tempo de chegada para as fase Ps e PpPms.

Já para obter a espessura (h) crustal é necessário informa os valores de V_p/V_s e V_p , conforme relação abaixo:

$$h = \frac{V_p(t_{ps} - t_p)}{\sqrt{\frac{V_p^2}{V_s^2} - p^2 V_p^2} - \sqrt{1 - p^2 V_p^2}} \quad (19)$$

5.6 Programa Hk-Stacking analysis GUI do Funclab

O Funclab compreende um conjunto de ferramentas construídas dentro do ambiente MATLAB para análise de Funções do Receptor (EAGAR & FOUCH 2011). Através do algoritmo Hk-Stacking analysis é possível fazer a inversão que realiza inspeção em *grid* no banco de dados de função do receptor, fornecendo valores da espessura média da crosta em função da razão V_p/V_s . Sendo esse cálculo fundamentado na equação de Zhu & Kanamori (2000), abaixo:

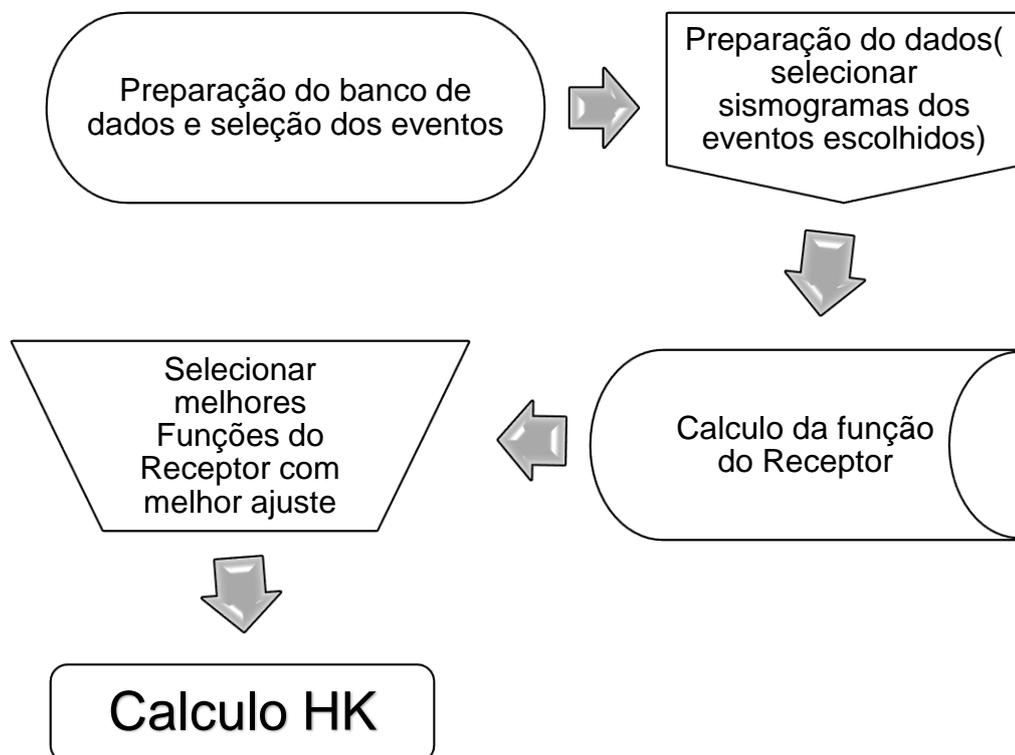
$$s(H, K) = \sum_i w_1 r_i(Ps) + w_2 r_i(PpPs) - w_3 r_i(PpSs + PsPs) \quad (20)$$

Onde: i =indica cada uma das Funções do receptor; $r_i(Ps)$, $r_i(PpPs)$ e $r_i(PpSs + PsPs)$ = Valores de amplitude do traço radial da função do receptor para os tempos teóricos das fazes Ps , $PpSs$ e $PpSs + PsPs$; w_1, w_2 e w_3 = São os pesos das fases Ps , $PpSs$ e $PpSs + PsPs$, respectivamente. O pesos devem ser atribuídos de forma que sua somatória não ultrapasse o valor de 1.

6 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Seguir um fluxo de processamento dos dados é de extrema importância para a aplicação bem sucedida da análise de Função do Receptor. Em função disso, segue abaixo uma figura ilustrando os procedimentos adotados no processamento e cálculo das Funções do Receptor deste trabalho (Figura 10):

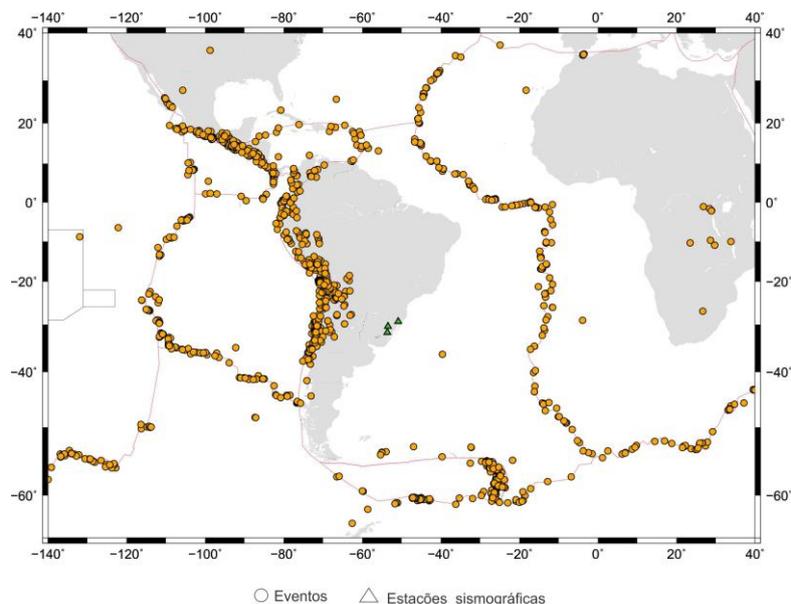
Figura 10 - Fluxograma de processamento do dados



6.1 Preparação do banco de dados e seleção dos eventos telessísmicos

Foram selecionados aproximadamente 1250 telessismos que ocorreram durante o ano de 2013 à 2015. As informações destes eventos foram retirados do *site* do Serviço Geológico Americano (USGS), Figura 11.

Figura 11- Localização dos eventos telessísmicos durante o ano de 2013 a 2015.



Fonte: Autora (2016)

A partir desta base inicial de eventos, gerou-se um catálogo para cada estação cumprindo os seguintes critérios:

- 1) Sismos com distâncias epicentrais entre 30° e 90°, ou com distâncias epicentrais em torno de 20° com profundidades maiores que 100 km;
- 2) e magnitude maior que 5 Mb.

Após esta seleção, dos 1250 eventos, foram obtidos 536 para a estação PLTB, 748 para a CNLB e 654 para a CPSB.

Os dados de forma de onda (sismogramas) foram fornecidos pelo Centro de Sismologia do IAG-USP, e correspondem ao mesmo período de tempo dos eventos. Esses dados foram registrados pelas estações CNLB, CPSB e PLTB que operam desde 2011, com uma taxa de 100 amostras por segundo, sendo as estações do tipo banda larga.

Os sismogramas são obtidos em arquivo com formato *MSEED* (padrão de formato de dado bruto sismológico) e consistem de três arquivos, correspondendo as três componentes: vertical (HHZ) e 2 componentes horizontais - Leste-Oeste (HHE) e Norte-Sul (HHN).

Para o processamento dos sismogramas é necessário fazer a conversão dos arquivos *MSEED* para *SAC* (*Seismic Analysis Code*), através do programa *mseed2sac*.

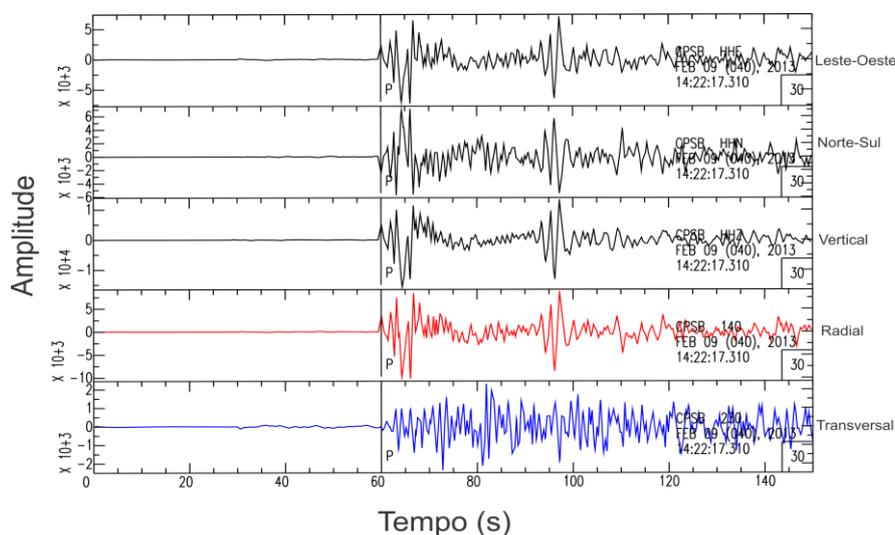
O formato de arquivo *SAC* consiste de um cabeçalho que representa os metadados e uma série temporal que corresponde ao registro sismográfico (HELLFRICH et al., 2013). No cabeçalho é fundamental conter informações sobre a localização da estação e do evento, pois estas informações servirão para rotacionar os sismogramas das componentes horizontais (HHE e HHN) nas direções radiais e tangenciais, que são utilizados na deconvolução da análise da FR.

6.2 Preparação dos dados

Para cada evento listado na etapa anterior é feita a redução da janela de registro. Neste caso, a janela “cortada” corresponde a 120 s, sendo 30 s antes e 90 s depois do tempo teórico de percurso da primeira chegada da onda P.

O processamento preliminar consiste na remoção da média e tendência linear dos dados, afim de minimizar possíveis ruídos de longo período e o *offset* do instrumento. Feito isso, cada registro pode ser rotacionado para o sistema de coordenadas ZRT, Figura 12.

Figura 12- Registro sísmico nas componentes horizontais (HHE e HHN) e vertical (HHZ); e das componentes rotacionadas (transversal e radial) da estação CPSB, de um evento ocorrido no dia 9 de fevereiro de 2013



Fonte: Autora (2016)

6.3 Deconvolução

A deconvolução dos sismogramas foi executada através do programa *pwaveqn* (AMMON, 1997), utilizando os seguintes parâmetros de entrada: filtro gaussiano definido por $a = 5$ (equivalente a frequência de 2,5 Hz) e nível de água, fator $c = 0,001$.

6.3.1 Filtros

6.3.1.1 Filtro “Nível d’água”

Como a deconvolução no domínio da frequência é uma divisão espectral de séries temporais, esse tipo de cálculo ocasiona uma instabilidade quando o denominador possui um amplitude muito baixa. Logo, para estabilizar este efeito Ammon et al. (1990) utilizaram a método de nível de água desenvolvido por Clayton & Wiggins (1976).

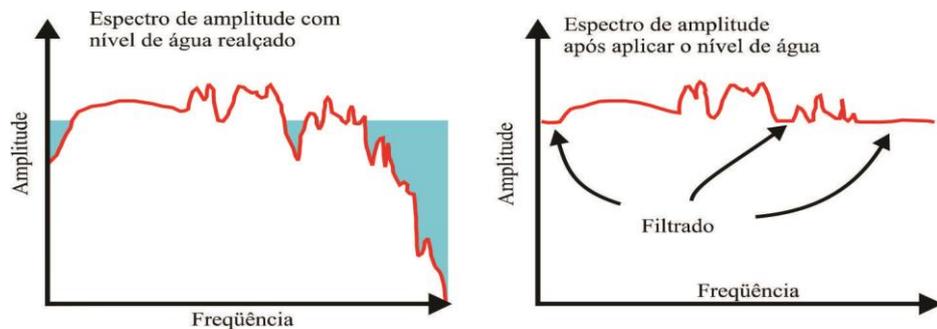
O nível de água é definido como uma fração “ c ” de máxima amplitude do denominador, onde determina a amplitude mínima que é permitida no denominador

da Equação 21, sendo que este valor é estabelecido de acordo com o nível de ruído, variando entre 0 e 1.

$$E_R = \frac{D_R D_V^*}{\max\{D_V(w) D_V^*(w), c \max\{D_V(W) D_V^*(W)\}\}} \quad (21)$$

A substituição de maiores valores no denominador da Equação 21, acarreta em uma atenuação de frequências para as quais a componente vertical tem pequena amplitude (Figura 13).

Figura 13- Exemplo do espectro de amplitude com a utilização do nível de água. A esquerda apresenta um espectro de amplitude com nível d'água real, e a direita o espectro de amplitude após o nível de água



Fonte: França (2003)

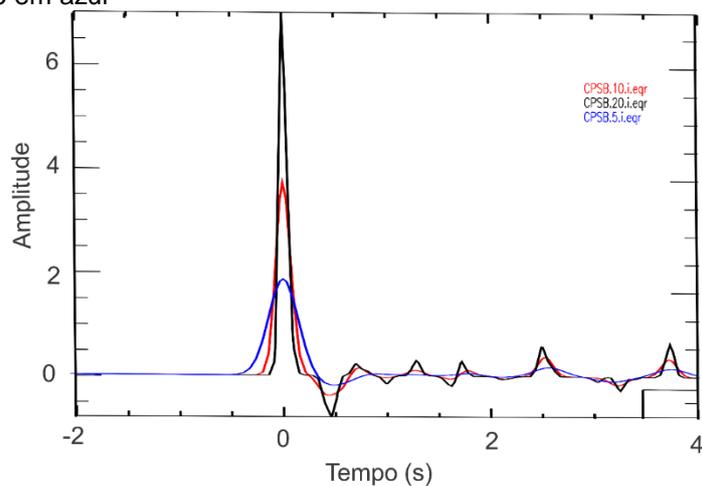
6.3.1.2 Filtro Gaussiano

O filtro Gaussiano passa-baixa elimina ruídos de alta frequência e espelhamentos causados por heterogeneidades da crosta e é definido pela Equação (22):

$$G(w) = e^{\frac{-w^2}{4a^2}} \quad (22)$$

onde a é um fator de extensão do filtro gaussiano e w é a frequência. A Figura 14 representa a aplicação do filtro gaussiano com os fatores $a = 20$ (em preto), $a=10$ (em vermelho) e $a=5$ (azul), que eliminam frequências superiores a 10, 5 e 2,5 Hz, respectivamente.

Figura 14- Gráfico da função do filtro gaussiano para três valores distintos de a . Em $a=20$ em preto, $a = 10$ em vermelho e $a = 5$ em azul

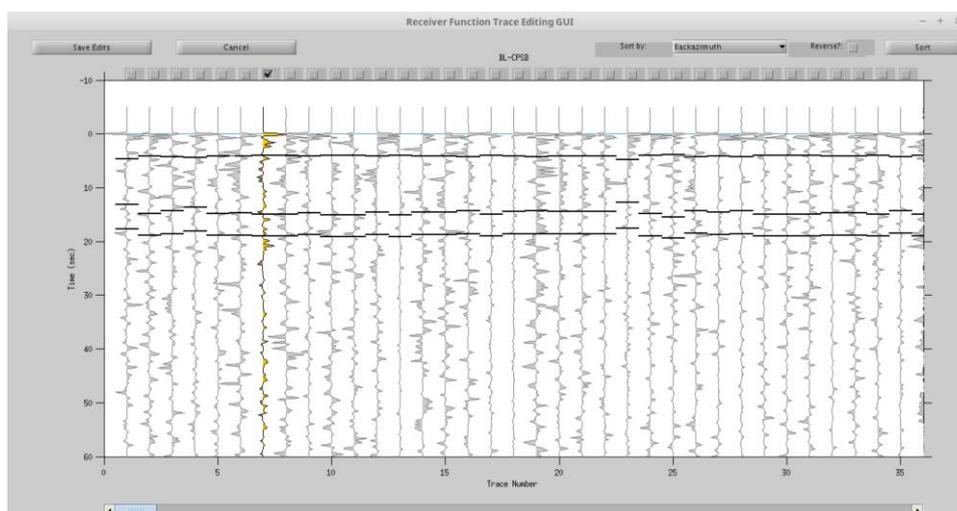


Fonte: Autora (2016)

6.5 Método HK-stack

A aplicação do método HK-stack foi realizada através do programa *FuncLab*. Porém, antes do cálculo H-K é necessário escolher as melhores respostas de função do receptor de cada estação, Figura 15.

Figura 15- Escolha dos melhores traços da função do receptor feito no FuncLab.

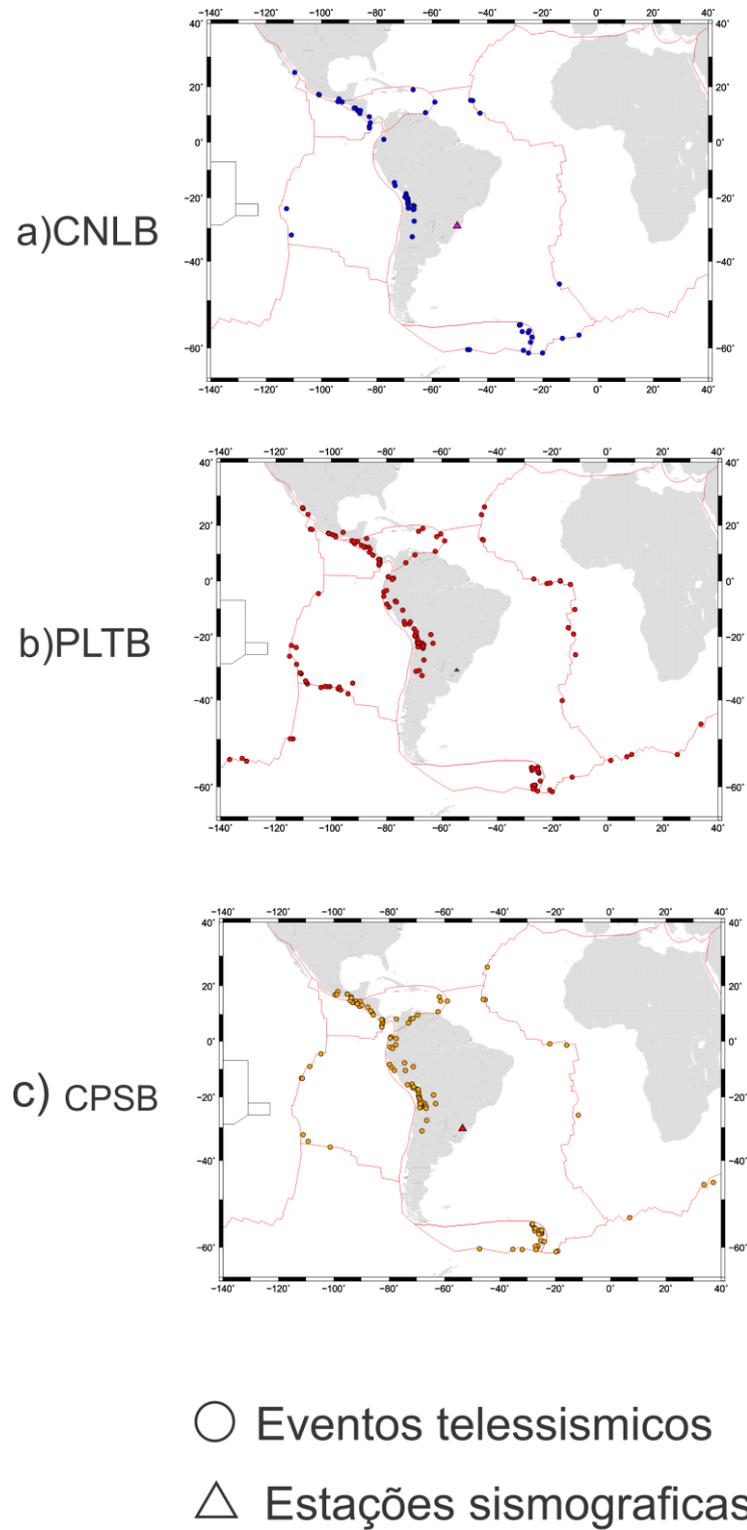


Fonte: Autora (2016)

Depois desta seleção, restaram para o procedimento do HK-stack, 149 sismogramas para a estação PLTB, 130 para CPSB e 60 para a CNLB. As

informações dos eventos selecionados para o cálculo HK são mostradas no Anexo A, e a representação geográfica na Figura 16.

Figura 16- Localização dos eventos selecionados para o cálculo no FuncLab, correspondente as estação CPSB, PLTB e CNLB.



Para se obter os valores de espessura crustal e razão V_p/V_s por meio do *HK-stack* é necessário definir alguns parâmetros de entrada, como por exemplo, velocidade média da crosta para onda P e os pesos das fases múltiplas, a Figura 17 mostra a janela onde são adicionadas essas informações no FuncLab.

Figura 17- Janela para entrada dos parâmetros do cálculo H-K.

Fonte: Autora (2016)

Para todas as estações foi assumido uma velocidade média de 6,4 km/s (aproximadamente o valor médio como apresentado pelo modelo IASP91 para a crosta) com as fases múltiplas ponderadas da seguinte forma: 0,7 para Ps, 0,2 PpPs e de 0,1 para PsPs+PpSs.

7 RESULTADOS

Os resultados referentes a espessura crustal e razão V_p/V_s , com parâmetro raio variando de $4^\circ/s$ à $8^\circ/s$ e *back-azimuth* variando de 0 a 360° obtidos para cada estação estão sumarizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores da profundidade da Moho e razão V_p/V_s obtidos para cada estação.

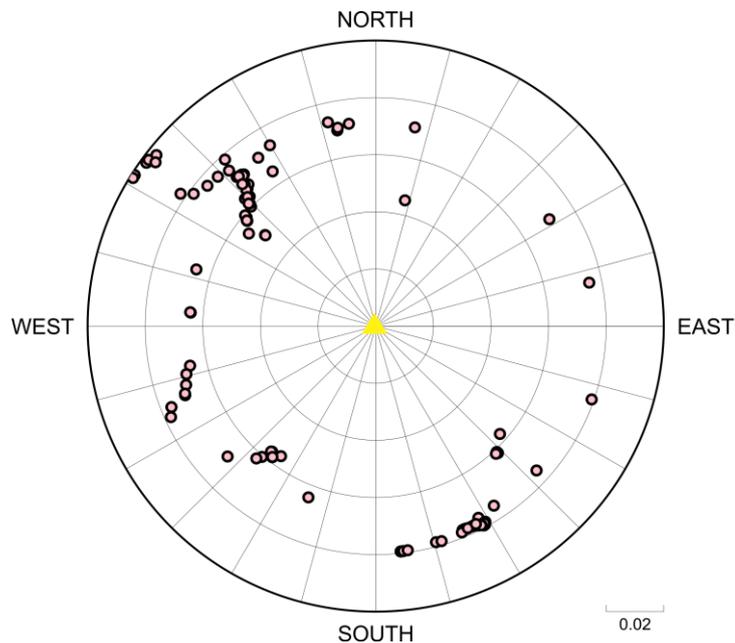
Estação	Profundidade da Moho (km)	Vp/Vs
CPSB	$35,0 \pm 0,2$	1.78
CNLB	$40 \pm 0,4$	1.75
PLTB	$36 \pm 0,1$	1,81

Fonte: Autora (2016)

6.4.1 Aplicação do método *HK-stack* para a estação CPSB

Para a estação CPSB, os traços foram empilhados levando apenas em consideração a variação de parâmetro de raio, que neste caso foi de até $4s^0$ (Figura 18).

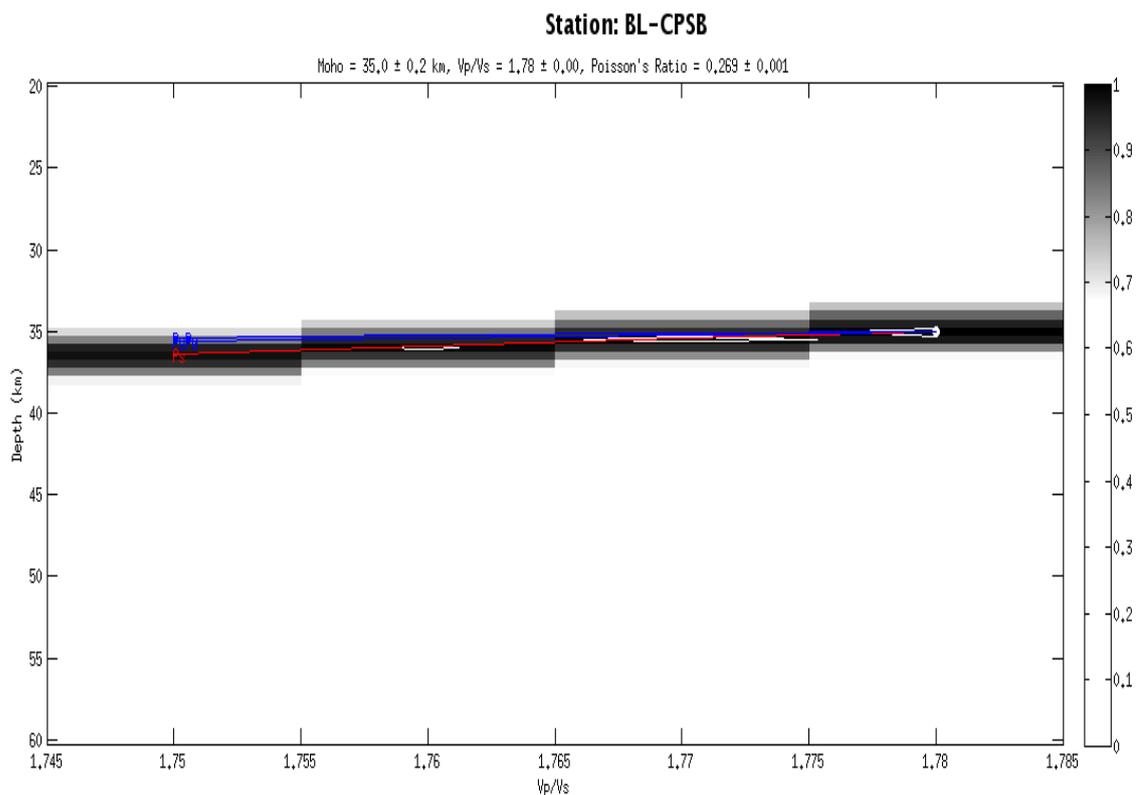
Figura 18 - Distribuição por azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo H-K.



Fonte: Autor (2016)

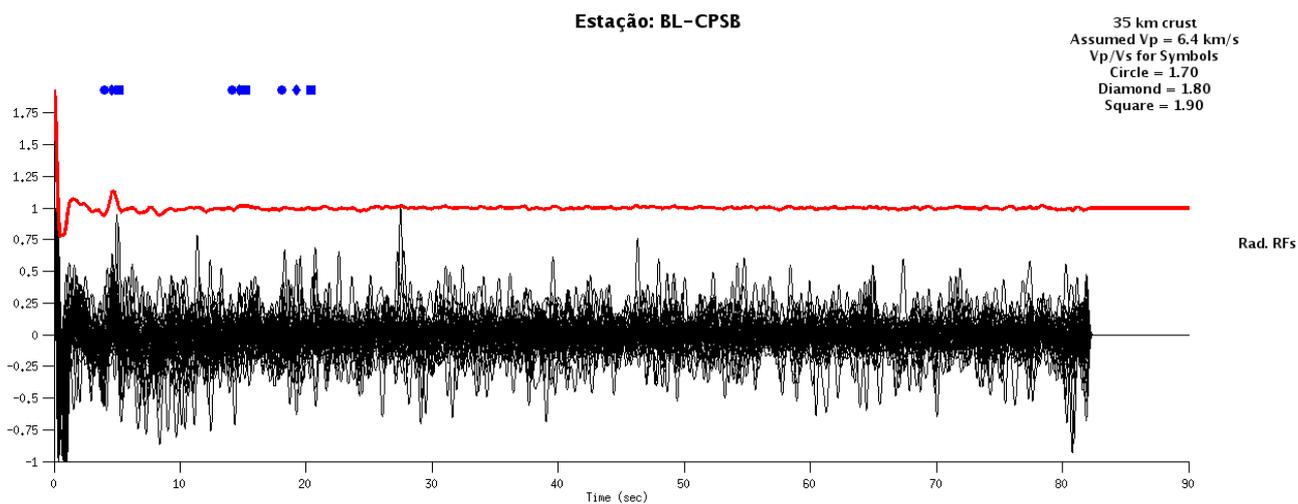
As Figuras 19 e 20 mostram os resultados do empilhamento H-K destes traços e a seção empilhada da componente radial da função do receptor, respectivamente.

Figura 19 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismográfica CPSB.



Fonte: Autor (2016)

Figura 20 - Seção empilhada da componente radial da função do receptor para estação sismográfica CPSB



Fonte: Autor (2016)

O cálculo HK-*stack* para a estação CPSB apresentou uma grande incerteza, pois as curvas referentes aos valores das fases das ondas P, estão praticamente na horizontal em um determinado intervalo, sendo assim o valor de espessura pode estar variando entre 35 km à 38 km.

Logo, com o objetivo de minimizar essa incerteza e verificar se a estação apresentavam variação azimutal, calculou-se os valores de espessura crustal para diferentes *back-azimuth* com base na Figura 18, e obtivemos uma média da espessura crustal sob a estação com base nesses valores, os resultados são sumarizados na Tabela 3.

Tabela 3- Valores de espessura crustal para a estação CPSB, conforme a variação do *back-azimuth*.

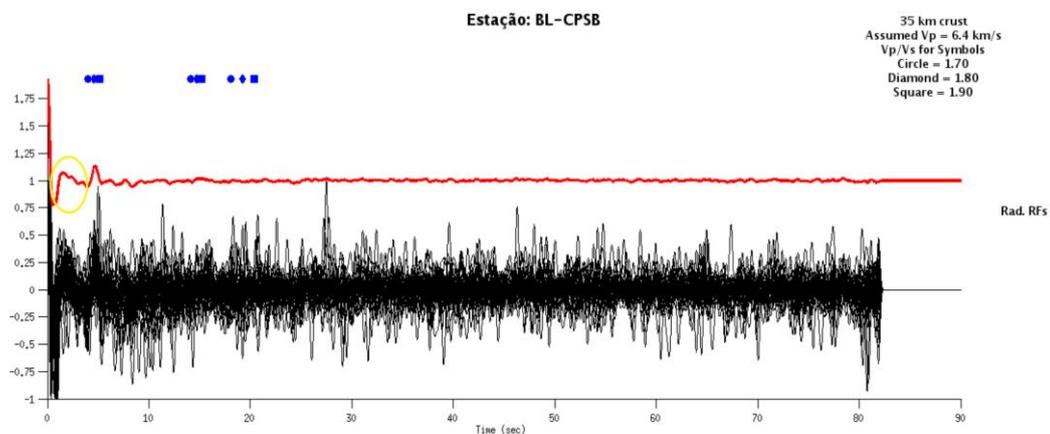
<i>Back-azimuth</i> (°)	H (km)	Vp/Vs
45 – 90	35,5 ± 0.6	1,78 ± 0,02
120 – 180	37,5 ± 0.2	1,78 ± 0,00
210 – 270	36,0 ± 0,06	1,78 ± 0,6
270 – 320	36,5 ± 0,5	1,76 ± 0,01
Valor médio	36,4 ± 0,82	1,77 ± 0,01

Fonte: Autora (2016)

A estação CPSB apresentou variação na espessura crustal conforme mudança azimutal, por isso adotou-se para a interpretação o valor de $36,4 \pm 0,82$ km e razão $Vp/Vs=1,77 \pm 0,01$ para a espessura crustal sob a estação. A estação sismográfica CPSB encontra-se próximo do limite entre a Bacia do Paraná e a Província Mantiqueira. Aparentemente, estes valores são consistentes e típicos de uma crosta de composição máfica. Além do que, se aproxima do valor de espessura de $36,6 \pm 1,4$ km e $Vp/Vs=1,78$ obtidos por Assumpção et. al (2013), para esta mesma estação.

Contudo, observando a seção empilhada da função do receptor na radial (Figura 21), percebe-se que antes da chegada da fase Ps, ocorre um sinal com amplitude bem marcante, provocado possivelmente por uma anomalia superficial de velocidade, que neste caso, pode ter sido acarretado pela presença do batólito granítico, denominado Complexo Granítico Caçapava do Sul (CGCS).

Figura 21- Seção empilhada da componente radial da função do receptor para estação sismográfica CPSB, com destaque em amarelo para a anomalia de velocidade.

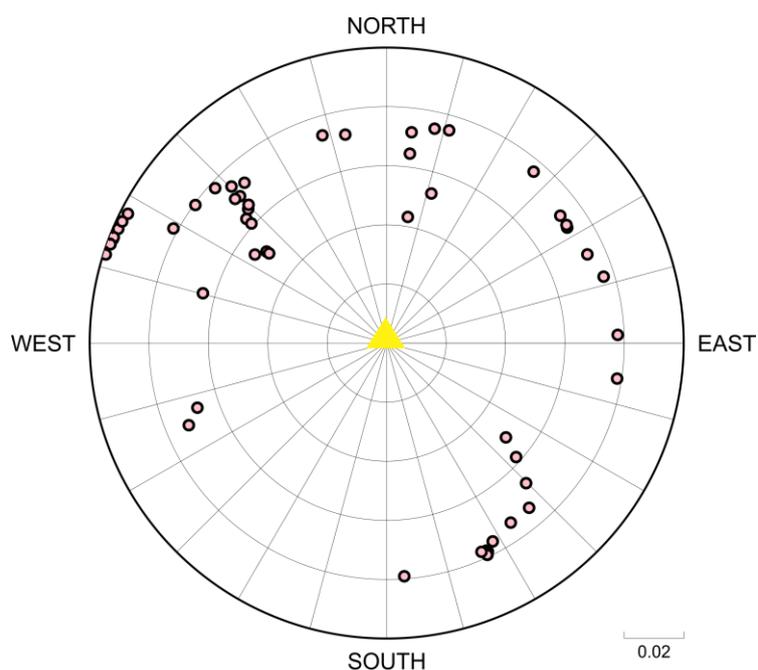


Fonte : Autora (2016)

6.4.2 Aplicação do método HK-stack para a estação CNLB

Para a estação CNLB, seguimos os mesmos procedimentos adotados para estação CPSB (Figura 22).

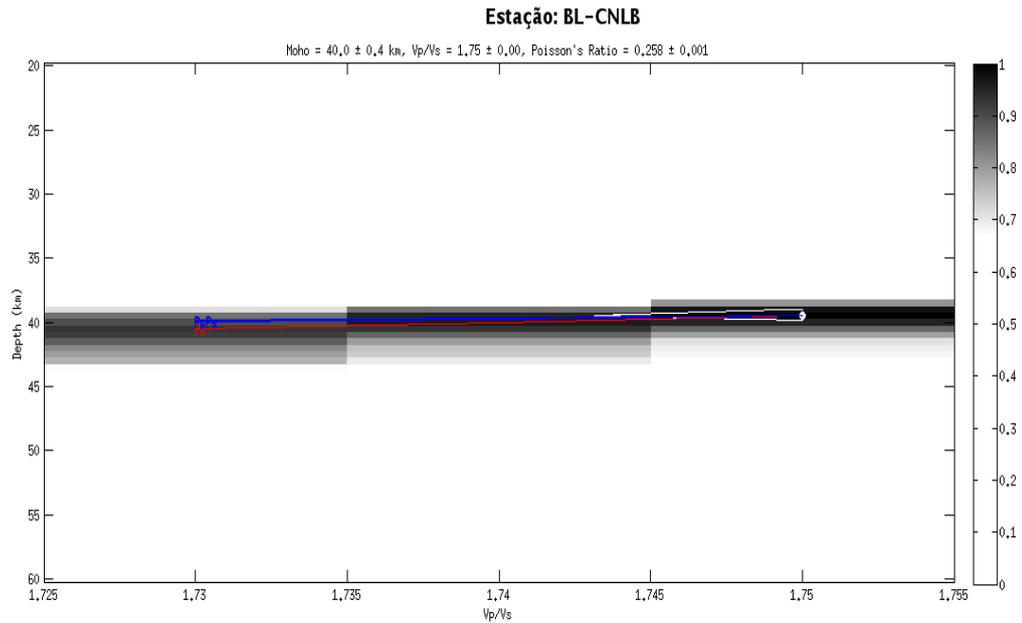
Figura 22- Distribuição por azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo H-K.



Fonte: Autora (2016)

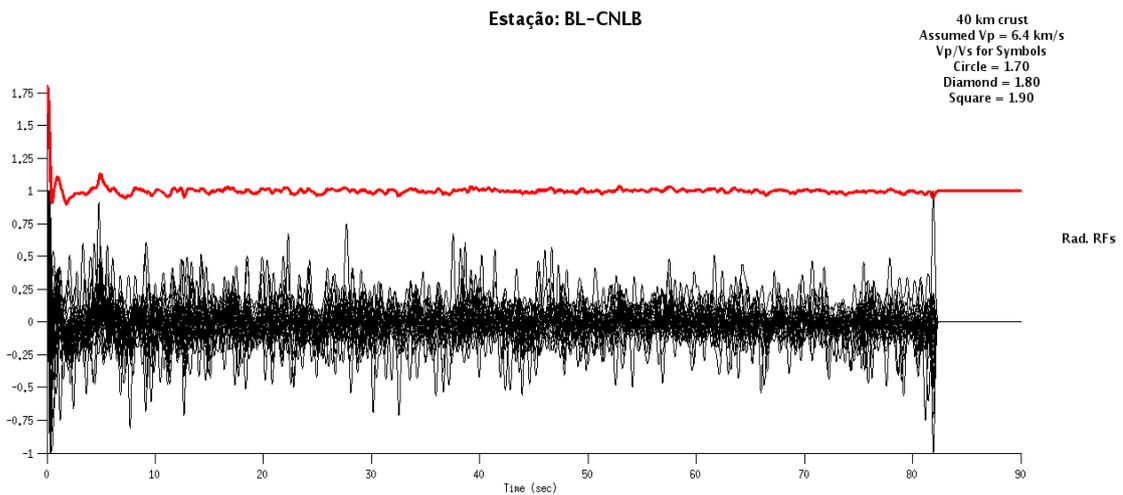
A Figura 23 e 24 mostra o resultado do empilhamento H-K destes traços e a seção empilhada da componente radial da função do receptor, respectivamente.

Figura 23 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismográfica CNLB



Fonte: Autor (2016)

Figura 24- seção empilhada da componente radial da função do receptor para a estação CNLB



Fonte: Autora (2016)

O cálculo *HK-stack* para a estação CNLB também apresentou uma grande incerteza, pois as curvas referentes aos valores das fases das ondas P, estão praticamente na horizontal em um determinado intervalo, sendo assim o valor de espessura pode estar variando entre 40 km à 42 km e a razão V_p/V_s entre 1,73 à 1,75.

Por meio da Figura 22, calculou-se os valores de espessura crustal para diferentes azimutes da estação CNLB (Tabela 4), e através desses valores obteve-se um valor médio para a espessura crustal sob a estação sismográfica.

Tabela 4- Valores de espessura crustal para a estação CNLB, conforme a variação do back-azimute

Back-azimute (°)	H (km)	V_p/V_s
100- 160	39.9 ± 0.6	1,75 ± 0.00
270- 340	41.7 ± 0.5	1.75 ± 0.00
45- 100	41.5 ± 0.1	1,74 ± 0.01
Valor médio	41.03 ± 0.98	1.746 ± 0.005

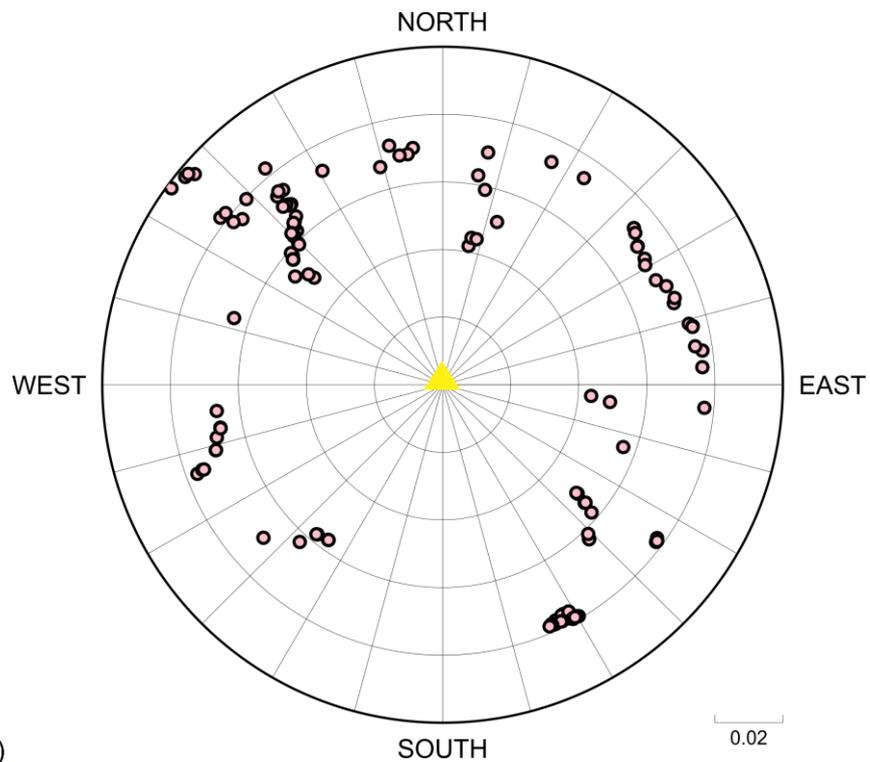
Fonte: Autora (2016)

A estação CNLB apresentou variação azimutal significativa, por isso adotou-se para a interpretação o valor de $41.03 \pm 0,98$ km e $V_p/V_s = 1,746 \pm 0.005$, para as estruturas sob a estação. Os valores determinados são consistentes com os resultados de outros trabalhos localizadas na mesma região, como o trabalho de Moreira (2013) que obteve uma espessura média $41,8 \pm 2,0$ km e V_p/V_s de $1,76 \pm 0,04$ para estações localizadas sobre a formação Serra Geral e Bacia do Paraná, e de Assumpção et. al (2013) que obteve para a mesma estação espessura crustal de $41 \pm 2,3$ km e $V_p/V_s = 1,78 \pm 0.03$.

6.4.3 Aplicação do método *HK-stack* para a estação PLTB

A estação PLTB está localizada próxima ao limite entre a Bacia do Paraná e o Escudo Sul-rio-grandense. Para essa estação aplicou-se a mesma metodologia das anteriores e obteve uma espessura crustal média de $36 \pm 0,1$ km e $V_p/V_s = 1,81$.

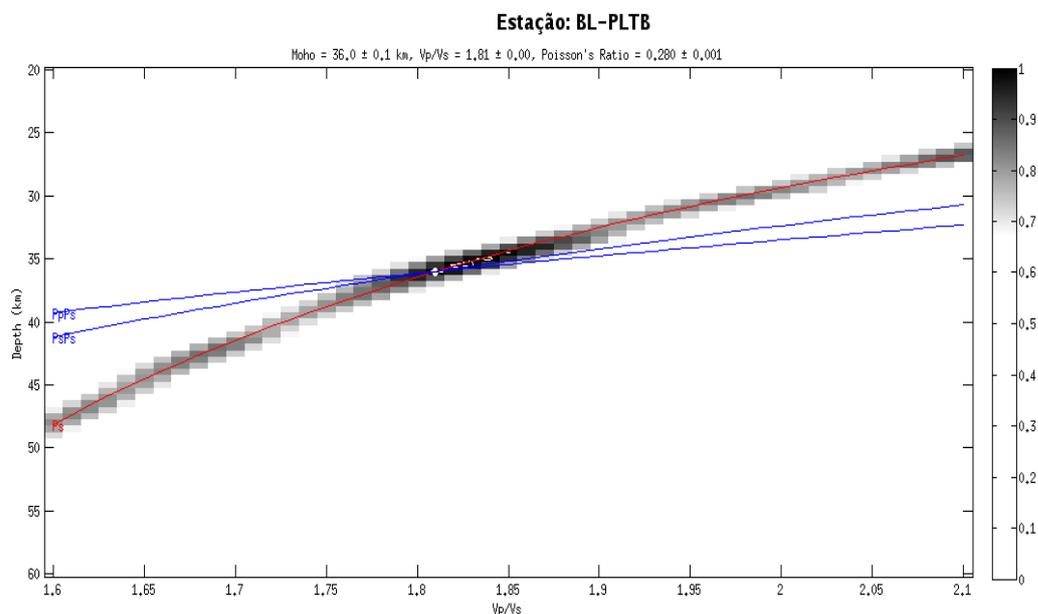
Figura 25 - Distribuição conforme azimute e parâmetro de raio dos eventos selecionados para o cálculo HK



Fonte: Autora (2016)

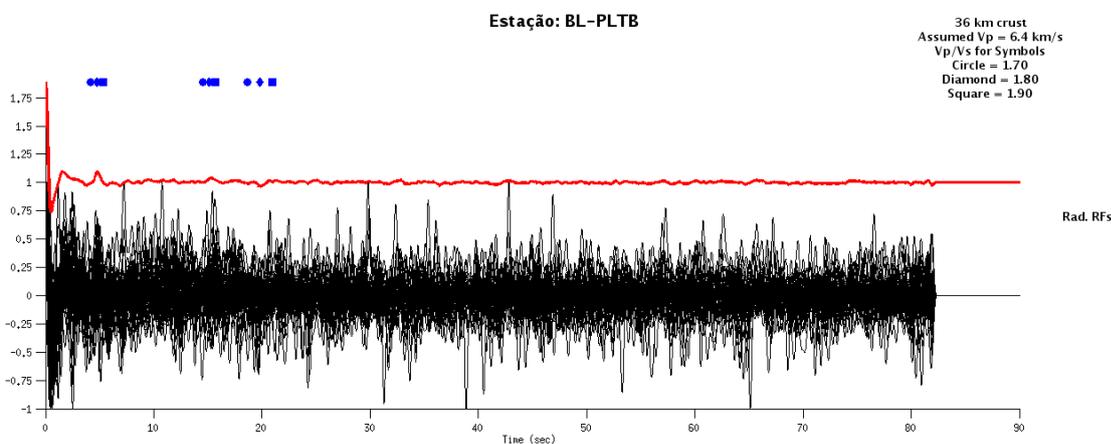
A Figura 26 e 27 apresenta os resultados do cálculo *HK-stack* e o sismograma empilhado da componente radial da função do receptor.

Figura 26 - Mapa do cálculo HK-stack para a estação sismografica PLTB



Fonte: Autora (2016)

Figura 27- Seção empilhada da componente radial da função do receptor para a estação sismográfica PLTB



Fonte: Autora (2016)

O cálculo HK-stack para a estação PLTB apresentou um bom ajuste nas curvas, porém ao calcular os valores de espessura crustal para diferentes *back-azimuth* da estação PLTB, ela apresentou variação azimutal, Tabela 5.

Tabela 5- Valores de espessura crustal para a estação PLTB, conforme a variação do back-azimuth

Back-azimuth (°)	H (km)	Vp/Vs
0 – 45	37,5 ± 1,3	1,78 ± 0,03
45 – 90	36,0 ± 0,1	1,81 ± 0,00
225 - 270	38,5 ± 1.5	1,81 ± 0,02
270 -315	36,0 ± 0,9	1,81 ± 0,02
315 - 360	35 ± 0,4	1,83 ± 0,01
113 -158	35,5 ± 0,5	1,75 ± 0,01
Valor médio	36.42 ± 1.3	1.8 ± 0.03

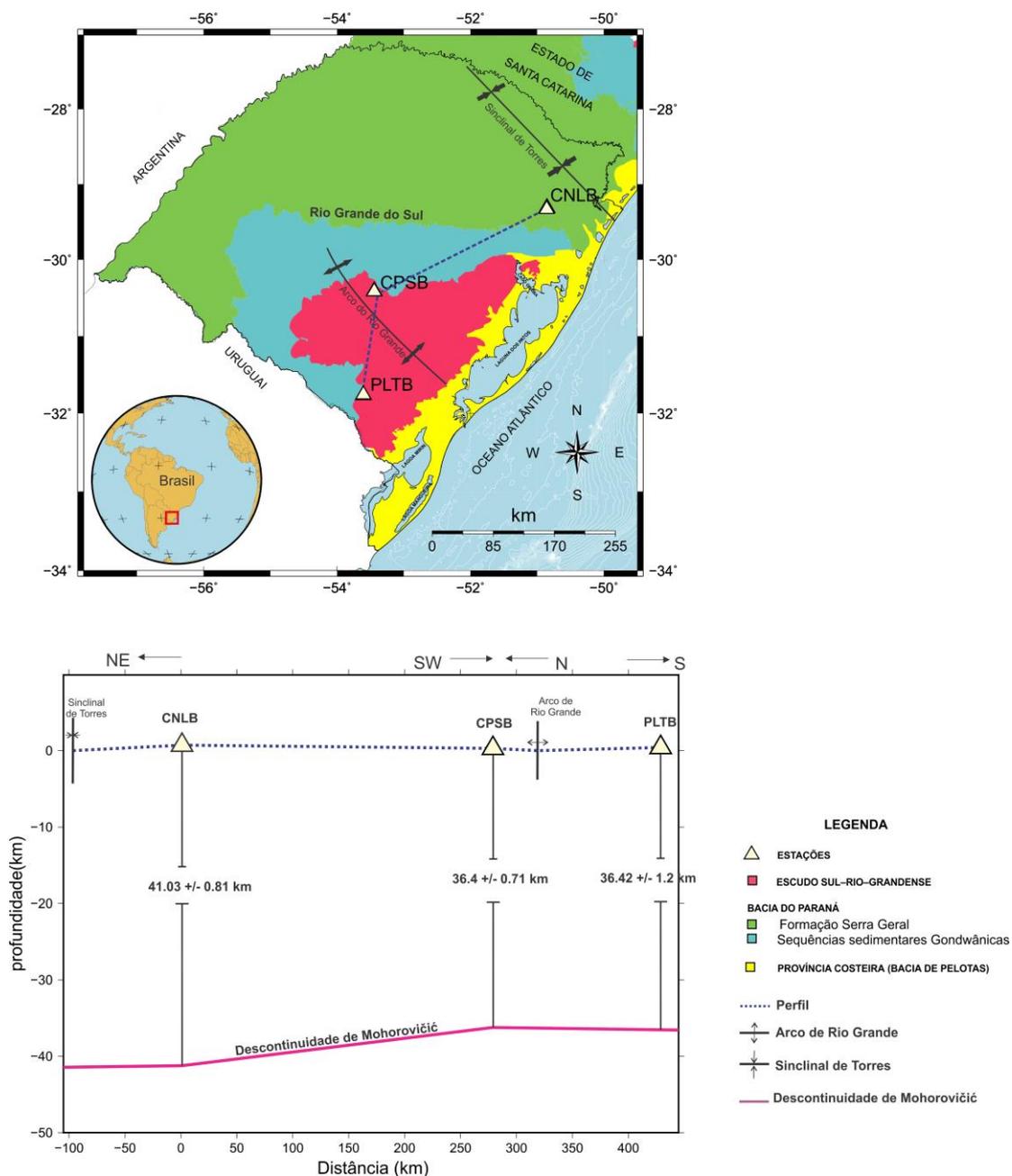
Fonte: Autora (2016)

Sendo assim adotou-se o valor médio de espessura crustal de 36.42 ± 1.3 km e $Vp/Vs = 1,8 \pm 0.03$ sob a estação. Essa estação sismográfica encontra-se próximo do limite entre a Bacia do Paraná e a Província Mantiqueira. Estes valores são consistentes e se aproxima do valor de espessura de $36,4 \pm 1,4$ km e $Vp/Vs=1,81 \pm 0.03$ obtidos por Assumpção et al. (2013) para esta mesma estação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método da Função do Receptor apresentou resultados satisfatórios, fornecendo informações quantitativas sobre a estrutura crustal da região estudada. O perfil na Figura 28 mostra a variação da espessura crustal entre as estações e algumas feições estruturais importantes, como o arco do Rio Grande e a Sinclinal de Torres.

Figura 28- Mapa do perfil sismológico feito entre as estações sismológicas em comparação com o mapa geológico simplificado.



Fonte: Autora (2016)

Como pode ser observado, a estação CNLB encontra-se próximo a Sinclinal de Torres, e marca um espessamento da crosta no perfil de estações, conforme esperado, já que nesta região a crosta teria sofrido uma subsidência, provocando a sedimentação da Bacia do Paraná nesta região (CARDOSO, 2011).

Já as estações CPSB e PLTB, encontram-se próximas do arco de Rio Grande, onde ocorreu um soerguimento da crosta. Os valores obtidos também são consistentes, pois era esperado valores mais baixos de espessura crustal,

principalmente na estação CPSB que encontra-se mais próximo a estrutura do arco de Rio Grande.

Para uma melhor detalhamento sobre essas feições estruturais, será necessário a instalação de mais estações sismográficas perpendiculares ao arco do Rio Grande e Sinclinal de Torres.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E.F.M. & HASUI, Y., 1984. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Blücher, 378p.

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y., DE BRITO NEVES, B.B; FUCK, R.A. **Brazilian structural provinces: an introduction**. Earth-Sci. Rev., 17: 1—29, 1981.

AMMON, C.J.; RANDALL, G.E.; ZANDT, G., **On the nonuniqueness of receiver function inversions**. J. Geophys. Res., 95, 15303-15318, 1990.

ARTEMIEVA, I. 2011. **The Lithosphere: Na intersdisciplinary approach**. Cambridge:Cambridge University Press.

ASSUMPÇÃO, M., JAMES, D.; SNOKE, A. **Crustal thicknesses in SE Brazilian shield by receiver function analysis: implications for isostatic compensation**. J. Geophys. Res., 107(B1), 2006 doi:10.1029/2001JB000422, 2002.

ASSUMPÇÃO, M.; FENG, M.; TASSARA, A.; JULIÀ, J. **Models of crustal thickness for South America from seismic refraction, receiver functions and surface wave dispersion**. Tectonophys., on-line, 2013b. doi: 10.1016/j.tecto.2012.11.014.

BABINSKI, M; CHEMALE, F.; HARTMANN, L; VAN SCHMUS, SCHMUS, W.; SILVA, L. da 1996. **Juvenile accretion at 750-700 Ma in southern Brazil**. *Geology*, 24(5):439-442.

BASSINI, A.M., 1986. **Levantamento sismográficos na região sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas/USP (São Paulo, SP, Brasil), 163p.

BIANCHI, M.B. de, 2003, **Um estudo do empilhamento da Função Receptor para a determinação da razão V_p/V_s na crosta**. Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

BIANCHI, M. B. de .**Variações da estrutura da crosta, litosfera e manto para a plataforma Sul Americana através de funções do receptor para ondas P e S**. 2008. Tese (Doutorado em Geofísica) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14132/tde-22092008-121708/>>. Acesso em: 2016-07-04.

BICCA, MARCOS MÜLLER. **Tectônica e Proveniência do Grupo Santa Bárbara, Região de Minas do Camaquã-RS**. 2013. Tese de Doutorado. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS.

BONGIOLO, E. M. **Integração de dados mineralógicos, isótopos estáveis (O, H) e porosidade de rochas (^{14}C -PMMA) no reconhecimento da evolução da alteração no sistema hidrotermal de Lavras do Sul/RS, Brasil**. 2006. Tese de Doutorado. PhD Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 188p.

BIZZI, L. A. et al, **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil (Textos, Mapas e Sig)**. 1ª Edição, pp. 071--074, Editora da Universidade de Brasília, 2003.

BLITZKOW, D., M. MANTOVANI, P. GASPARINI & N. C. S´ a, 1979. **Crustal structure of SE Minas Gerais deduced from gravity measurements**, Rev. Bras. Geociências,9, 39–43.

BRUCKMANN, M.; PHILIPP, P.;ZVIRTES, G.; F. FACCINI, U.2015. **Caracterização estrutural do Arco de Rio Grande na seção Santana do LivramentoRosário do Sul-Jaguari, RS**, Salão UFRGS 2015: SIC - XXVII salão de iniciação científica da UFRGS

CARDOZO T.;2011. **Caracterização do arcabouço estrutural da bacia de pelotas e da área emersa adjacente**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

CHEMALE Jr. F., 2000. **Evolução Geológica do Escudo Sul-rio-grandense**. In: Holz, M. & De Ros, L.F. (Ed.): Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 13-52.

CHRISTENSEN, I. & W. D. MOONEY, 1995. **Seismic velocity structure and composition of the continental crust: A global view**, *J. Geophys. Res.* 100, 9761–9788.

CLAYTON, R. W. & R. A. WIGGINS, 1976. **Source shape estimation and deconvolution of teleseismic body waves**, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 47, 151–177.

CONSTABLE, S. C., R. L. PARKER & C. G. CONSTABLE, 1987. **Occam's inversion: A practical algorithm for generating smooth models from electromagnetic sounding data**, *Geophysics*, 52, 289–300.

COOK F.A., WHITE D.J., JONES A.G., EATON D.W.S., HALL J., CLOWES R.M. 2009. **How the crust meets the mantle: Lithoprobe perspectives on the Mohorovičić discontinuity and crust– mantle transition**. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 47:315–351.

DURRHEIM, R.J. & W.D. MOONEY, 1991. **Archean and Proterozoic crustal evolution: Evidence from crustal seismology**. *Geology*, 19, 606–609.

FENG, M.; LEE, S. V. der; ASSUMPÇÃO, M. **Upper mantle structure of south america from joint inversion of waveforms and fundamental-mode group velocities of rayleigh waves**. *J Geophys Res*, 2006.

FENG, M., (2004). **Tomografia de Ondas de Superfície na América do Sul: Inversão Conjunta de Velocidade de Grupo e Forma de Onda**. PhD tese, IAG, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

FRANÇA G.S.L.A. 2003. **Estrutura da crosta no Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, usando função do receptor**. Tese de Doutorado, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 163 pp.

GIESE, P. & J. SCHUTTE, " 1975. **Preliminary report on the results of seismic measurements in the Brazilian coastal mountains** in March/April 1975, 12p, Free Univ. of Berlin, Berlin, Germany.

HARTMANN, L. A.; CHEMALE JR., F.; PHILIPP, R. P., 2007. **Evolução Geotectônica do Rio Grande do Sul no Pré-Cambriano**. In: Iannuzzi, R. & Frantz, J.C. (Ed.): 50 ANOS de Geologia: Instituto de Geociências. Contribuições, p. 97-123.

HELFFRICH, G. ;WOOKEY, J. ; BASTOW, I., 2013 **The Seismic Analysis Code: A Primer and User's Guide**. Cambridge University Press.

HOLBROOK, W.S, W.D. MOONEY & N.I. CHRISTENSEN, 1992. **The seismic velocity structure of the deep continental crust**. In **Continental Lower Crust**, Dev. In Geotectonics , vol 23 editado por D.M. Fountain, R. Arculus & R.W. Kay, p. 1–34, Elsevier Sci., New York.

JULIÀ, J.; ASSUMPÇÃO, M. **Investigating the nature of the 520-km discontinuity with P520s conversions: case studies in South America**. Abstract, IASPEI General Assembly, Gothenburg, Sweden: July, 2013.

LANGSTON, C. A., 1979. **Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves**, J. Geophys. Res., 85, 4749–4762.

MEIJDE, M.; LEE, V. D.; GIARDINI, D. **Crustal structure beneath broad-band seismic stations in the mediterranean region**, Geophys. J. Int., 152, 729-739, 2003.

MEISSNER, Rolf. **The continental crust: a geophysical approach**. 1986.

MILANI, E. J. **Evolução tecnoestratigráfica da bacia do Paraná e seu relacionamento com a geodinâmica fanerozoica do Gondwana sulocidental**. 1997. 255 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

MILANI, E. J.; FRANÇA, A. B.; SCHNEIDER, R. L. **Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da PETROBRÁS**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p. 69-82, jan./mar. 1994.

MILANI, E. J.; MELO, J. H.; SOUZA, P. A.; FERNANDES, A. F.; FRANÇA, A. B. **Bacia do Paraná**. B. Geoci. Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, maio/nov. 2007.

MIRANDA, J. M.; LUÍS, J. F.; COSTA, P. T.; SANTOS, F.; MATIA, L. (2010). **Fundamentos de geofísica**.

MOREIRA, L. D. (2013). **Aplicação da função receptor de alta frequência em estações sismográficas da região sul do Brasil**. Trabalho de conclusão de curso, São Paulo, Brasil.

PACCA, I. G. ; MCREATH, I.A. 2000. **A Composição e o Calor da Terra**. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T.R.; Taioli, F.. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo:Oficina de Textos, p. 83-96.

NARDI, L.V.S. & Harmann, L. A. 1979. **O complex Santa Maria Chico do Escudo Sul-riograndense**. Acta Geológica Leopoldensia, 6:45-75.

SHAW, P. R. & J. A. ORCUTT, 1985. **Waveform inversion of seismic refraction data and applications to young Pacific crust**, Geophys. J. R. Astron. Soc., 82, 375–414.

SHEARER, P.M. 2009. **Introduction to Seismology. 2nd Edition. Cambridge University Press, Cambridge.**

SHIRAIWA, S. **Flexura da litosfera continental sob os Andes centrais e a origem da Bacia do Pantanal**. 1994. 85 p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SOARES, J. E. P., BERROCAL, J. & ANTUNES, J. A., 2001. **The Cavalcante and Minaçu-Brasília deep seismic refraction lines: a travel time interpretation of crustal structure in Central Brazil**. 7th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Resumos expandidos. Salvador, Brazil. PS5, 1341-1344.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; VILLWOCK, J. A.; BARBOZA, E.G.; BACHI, F. A.; DEHNHARDT, B. A.; ROSA, . L. C. C. **Sistemas deposicionais e evolução geológica da planície costeira do Rio Grande do Sul: uma síntese**. In: IANNUZZI, R.; FRANTZ, J. C. (Ed.). 50 anos de geologia: Instituto de Geociências, contribuições. Porto Alegre: Comunicação e Identidade, 2007. p. 327-340.

United States Geological Survey (USGS)
<<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>> Acessado em 01 de julho de 2016.

VIERO, Ana C.; SILVA D.. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. *Organização Ana Cláudia Viero [e] Diogo Rodrigues Andrade da Silva.*—Porto Alegre: CPRM(2010).

VILLWOCK, J. A. ; TOMAZELLI, J. L. . **Planície Costeira do Rio Grande do Sul: Gênese e Paisagem Atual.** Disponível em:< http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/arquivos/cap_2_lagoa_casamento.pdf >. Acesso em: 21 mar. 2016.

WILDNER, W. **Associação vulcanoplutônica taquarembó: magmatismo alcalino ácido-básico no Cambriano do escudo sul-rio-grandense.** 2000. 175 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

WILDNER, W.; LIMA, E. F.; NARDI, L. V. S.; SOMMER, C.A. **Volcanic cycles and setting in the Neoproterozoic III to Ordovician Camaquã basin succession in southern Brazil: characteristics of post-collisional magmatism.** Journal of volcanology and Geothermal Research, n. 118, p. 261-283, 2002.

WILSON, D.; ASTER, R. **Imaging crust and upper mantle seismic structure in the southwestern United States using teleseismic receiver functions.** The Leading Edge, 22(3), 232-237, 2003.

WILSON, D.; LOPES, R. da C. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul: Evolução Geológica do Paleoproterozoico ao recente. Cap. 2.** *Organização Ana Cláudia Viero [e] Diogo Rodrigues Andrade da Silva.–Porto Alegre: CPRM(2010).*

ZANDT G. S. & C. J. AMMON, 1995. **Continental crust composition constrained by measurements of crustal Poisson's ratio,** Nature , V374, 152–154.

ZANOTTO, O. A. **Erosão pós-Cretáceo na Bacia do Paraná, com base em dados de reflectância da vitrinita.** In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 5., 1993, Curitiba. Resumos. Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, 1993. p. 58.

ANEXO A- Tabela de eventos selecionados em cada estação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	0,002	-17,057	10	2013	12	21:50:17	5,1
PLTB	25,773	-110,126	10	2013	13	17:50:13	5,4
PLTB	16,491	-98,491	12,2	2013	15	19:20:27	5
PLTB	-35,254	-108,563	10	2013	27	13:50:36	5,1
PLTB	-34,748	-108,964	10	2013	27	19:32:40	5,2
PLTB	-56,163	-25,234	40,9	2013	36	15:40:07	5
PLTB	1,135	-77,393	145	2013	40	14:16:07	6,9
PLTB	-27,774	-66,425	155	2013	51	11:18:53	5,1
PLTB	-58,892	-24,331	20	2013	78	03:28:58	5,9
PLTB	14,487	-90,463	189	2013	84	23:02:12	6,2
PLTB	-57,376	-24,838	35,1	2013	86	05:59:45	5,4
PLTB	-57,324	-24,868	38	2013	86	06:42:50	5,3
PLTB	-36,094	-100,432	10	2013	88	23:15:26	5,4
PLTB	-9,492	-79,054	35	2013	89	17:30:47	5,4
PLTB	15,52	-87,159	3,5	2013	100	19:14:01	5,4
PLTB	-34,343	-109,213	10	2013	108	21:26:36	5,5
PLTB	-54,78	1,173	11	2013	110	05:11:57	5,8
PLTB	-54,58	-136,737	10	2013	124	23:39:04	5,5
PLTB	-15,69	-73,33	105	2013	134	23:39:15	5,5
PLTB	-59,884	-26,305	30	2013	197	23:05:13	5,1
PLTB	-21,4513	-68,5181	115,82	2013	231	19:39:45	5,3
PLTB	16,8784	-99,498	21	2013	233	12:38:29	6,2
PLTB	-22,2741	-68,5927	111	2013	235	08:34:06	5,8
PLTB	15,1836	-45,232	10	2013	248	04:01:36	6
PLTB	10,5988	-86,0997	19	2013	248	12:29:15	5,9
PLTB	14,6056	-92,1207	66	2013	250	00:13:29	6,4
PLTB	-4,5472	-104,578	10,52	2013	254	12:44:13	6,1
PLTB	-49,9585	-113,744	10	2013	268	06:51:24	6,1

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	-22,5859	-68,0596	117,15	2013	268	13:14:40	5,2
PLTB	-36,7267	-97,4761	10,28	2013	279	21:33:19	6,2
PLTB	-22,1415	-67,1284	159,32	2013	282	17:03:46	5,2
PLTB	10,9048	-62,315	63	2013	285	02:10:27	6
PLTB	26,0913	-110,321	9,45	2013	292	17:54:54	6,6
PLTB	-58,153	-12,7964	22,87	2013	297	19:25:10	6,7
PLTB	-56,2581	-27,4062	109,43	2013	298	21:51:57	5,3
PLTB	-15,4358	-71,7232	130,53	2013	302	12:51:05	5
PLTB	-23,6357	-112,596	9,98	2013	306	15:52:46	6
PLTB	-54,9278	-130,573	10	2013	314	21:13:49	5,6
PLTB	-10,329	-11,8343	10	2013	321	17:37:14	5,5
PLTB	-31,3939	-69,2994	113	2013	344	00:51:27	5,3
PLTB	13,1334	-89,0898	67,59	2013	347	04:45:11	5,6
PLTB	-7,2759	-76,7646	61,8	2013	349	12:55:16	5,2
PLTB	-35,0119	-92,1953	10	2013	355	08:23:48	5,3
PLTB	-56,4333	-142,541	10	2013	362	06:43:37	5,6
PLTB	19,0428	-66,8096	20	2014	13	04:01:03	6,4
PLTB	-31,1362	-68,1214	104,66	2014	15	08:38:08	5,2
PLTB	-53,9902	6,9807	10	2014	16	21:38:00	5,2
PLTB	9,511	-84,857	18,94	2014	17	21:02:41	5,2
PLTB	26,3228	-44,5103	10	2014	18	22:19:28	5,4
PLTB	-19,2592	-63,9189	600,21	2014	27	16:42:37	5,6
PLTB	-18,5087	-69,3735	120,03	2014	29	10:01:50	5,6
PLTB	-56,8269	-27,3391	129,97	2014	32	03:58:43	6,1
PLTB	-22,174	-68,757	104,5	2014	41	11:00:10	5,2
PLTB	-37,0718	-96,4872	10	2014	41	11:41:42	5
PLTB	-22,9553	-114,33	12	2014	45	07:44:15	5,6
PLTB	14,6682	-58,9272	14,83	2014	49	09:27:13	6,5
PLTB	9,6143	-69,667	10	2014	50	11:10:12	5,3

Continua na próxima página

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	12,5559	-87,6879	60	2014	61	09:37:54	6,2
PLTB	12,4187	-87,815	71,82	2014	61	09:41:23	5
PLTB	1,6575	-79,3537	6	2014	68	20:29:52	5,6
PLTB	16,0414	-98,3358	8,41	2014	69	00:38:15	5,8
PLTB	-60,8623	-19,9775	10	2014	70	02:44:05	6,4
PLTB	-53,5105	25,2378	11,29	2014	73	20:32:09	5,5
PLTB	-5,5745	-80,9709	29	2014	74	23:51:32	6,3
PLTB	-60,731	-25,3287	10	2014	78	20:17:43	5,5
PLTB	-0,848	-21,9196	12	2014	88	07:46:50	5,9
PLTB	-19,511	-69,174	114,5	2014	90	12:53:06	5,6
PLTB	7,94	-82,34	25	2014	92	16:13:26	6
PLTB	12,4029	-86,3783	13	2014	100	23:27:45	6,1
PLTB	11,642	-85,8779	135	2014	101	20:29:12	6,6
PLTB	-53,4967	8,722	11,18	2014	105	03:57:01	6,8
PLTB	-36,0868	-101,243	10	2014	105	13:31:32	5,6
PLTB	17,397	-100,972	24	2014	108	14:27:24	7,2
PLTB	-26,5546	-115,022	10	2014	110	01:54:11	5,9
PLTB	-59,6641	-26,1414	35	2014	114	12:46:09	5,4
PLTB	-1,1669	-13,4579	10	2014	120	15:52:40	5,7
PLTB	-36,1703	-97,054	16,83	2014	126	20:52:28	6,3
PLTB	17,2349	-100,746	17,09	2014	128	17:00:14	6,4
PLTB	17,2192	-100,812	23	2014	130	07:36:01	6
PLTB	-49,9403	-114,799	10,47	2014	132	18:38:36	6,5
PLTB	7,2096	-82,3045	10	2014	133	06:35:24	6,5
PLTB	-56,9375	-25,0594	9,7	2014	133	14:40:53	5,3
PLTB	-22,7239	-66,4407	213,12	2014	134	03:38:21	5,6
PLTB	7,3972	-82,4067	10	2014	134	09:46:14	5,3
PLTB	17,0863	-60,3648	5,34	2014	136	11:01:40	5,9
PLTB	-23,4456	-68,5388	104,95	2014	136	17:08:32	5,5

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	-56,2451	-27,534	90	2014	137	21:28:16	5,5
PLTB	-57,0334	-25,1486	10	2014	139	22:47:12	5,7
PLTB	-57,0689	-25,2358	51,61	2014	140	15:48:33	5
PLTB	18,045	-68,3509	90	2014	148	21:15:06	5,8
PLTB	18,7876	-107,469	5	2014	151	11:53:46	6,2
PLTB	-29,1504	-112,483	10	2014	156	17:22:05	5,9
PLTB	1,6444	-79,2557	14,97	2014	167	06:39:32	5,7
PLTB	14,724	-92,4614	53	2014	188	11:23:54	6,9
PLTB	23,724	-45,5809	10	2014	208	01:28:37	6
PLTB	17,6818	-95,6533	107	2014	210	10:46:14	6,3
PLTB	-19,0592	-12,2931	16,43	2014	211	02:24:27	5,2
PLTB	-3,9248	-80,9204	16,03	2014	215	21:02:39	5,4
PLTB	-23,9047	-66,7371	197,09	2014	223	04:49:07	5
PLTB	0,8373	-26,6869	10	2014	225	10:07:28	5,4
PLTB	-20,1745	-69,0385	100	2014	235	04:45:32	5,6
PLTB	-14,598	-73,5714	101	2014	236	23:21:45	6,8
PLTB	-19,653	-69,769	109,2	2014	280	05:09:10	5,4
PLTB	23,8441	-108,331	10	2014	281	02:40:53	6,1
PLTB	-32,1648	-110,836	10	2014	283	04:07:50	5,6
PLTB	12,5262	-88,1225	40	2014	287	03:51:34	7,3
PLTB	0,6623	-77,8895	10	2014	293	19:33:21	5,6
PLTB	14,9514	-44,9415	10	2014	295	21:56:55	5,3
PLTB	-10,5571	-74,0836	125	2014	299	10:45:31	5,7
PLTB	-7,6047	-76,3621	17,59	2014	304	18:42:18	5,4
PLTB	-31,9202	-111,107	10	2014	305	10:05:43	5,8
PLTB	-31,852	-111,244	10	2014	305	10:59:54	6
PLTB	-21,631	-68,725	111,3	2014	314	11:38:59	5,6
PLTB	-17,2351	-69,917	152,68	2014	319	05:20:37	5
PLTB	-36,0008	-102,197	19,08	2014	321	11:27:06	5,5

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	-46,3484	33,8037	10	2014	321	16:52:46	6,1
PLTB	7,9824	-82,7339	15	2014	340	17:21:49	6
PLTB	13,6717	-91,4731	32	2014	341	21:16:35	6,1
PLTB	7,9401	-82,6865	20	2014	342	08:54:52	6,6
PLTB	-56,6279	-25,3698	10	2014	352	20:10:53	5,5
PLTB	16,1951	-61,8091	118,07	2014	353	19:49:30	5,6
PLTB	-54,1054	-146,094	14	2014	356	07:19:41	5,8
PLTB	6,5189	-82,3463	10	2014	360	23:52:15	5,9
PLTB	-0,6519	-20,7392	10	2014	361	22:31:18	5,3
PLTB	-56,3262	-27,0891	112,99	2014	362	05:05:13	5
PLTB	-59,7673	-27,1541	113,7	2014	362	20:30:54	5,2
PLTB	-36,3215	-103,672	10	2015	7	03:06:45	5,2
PLTB	5,9045	-82,6576	8	2015	7	05:07:07	6,5
PLTB	-21,6328	-68,5339	108,78	2015	10	17:55:02	5,5
PLTB	-3,3787	-79,9723	79,03	2015	16	11:39:23	5,1
PLTB	-22,237	-63,1461	557,17	2015	17	18:41:42	5,6
PLTB	-32,7183	-67,1231	172	2015	33	10:49:48	6,3
PLTB	0,203	-17,1288	10	2015	40	07:59:31	5,3
PLTB	-23,5605	-66,7204	202,49	2015	42	13:01:15	5,5
PLTB	-23,1125	-66,688	223	2015	42	18:57:22	6,7
PLTB	18,6766	-106,848	5	2015	53	14:23:12	6,2
PLTB	-40,088	-16,3752	10	2015	56	13:48:31	5
PLTB	-38,1586	-93,8636	10	2015	58	00:47:38	5,3
PLTB	6,5308	-82,6541	11	2015	68	02:48:45	5,8
PLTB	6,7757	-72,9875	155	2015	69	20:55:44	6,2
PLTB	-26,0814	-11,6066	15,08	2015	74	22:47:35	5,4
PLTB	-18,3534	-69,1663	130	2015	82	04:51:38	6,4
PLTB	-22,2167	-68,6175	112	2015	87	16:36:53	5,6
PLTB	-21,0794	-68,6264	122	2015	103	22:16:20	5,2

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
PLTB	-14,7636	-71,3539	153	2015	111	19:00:21	5,3
PLTB	-8,3237	-79,8322	22	2015	116	23:35:29	5,6
PLTB	-60,3933	-26,9077	10	2015	120	10:19:08	5,8
PLTB	-60,5228	-20,8594	10,21	2015	137	19:43:34	5,4
PLTB	14,4906	-91,8153	86,23	2015	138	20:05:45	5,1
PLTB	-16,8025	-14,1651	10	2015	139	10:14:10	5,2
PLTB	-54,3312	-132,162	7,2	2015	139	15:25:21	6,7
PLTB	-16,855	-14,1708	10	2015	144	04:53:23	6,3
PLTB	-59,653	-26,4546	34	2015	144	21:06:41	5,8
PLTB	-22,057	-68,5076	124	2015	146	10:32:03	5,6
CPSB	-18,011	-69,451	123,9	2013	9	18:38:45	5
CPSB	1,135	-77,393	145	2013	40	14:16:07	6,9
CPSB	-60,377	-31,9	14,6	2013	43	20:17:46	5,2
CPSB	-27,774	-66,425	155	2013	51	11:18:53	5,1
CPSB	12,811	-90,64	8	2013	69	10:18:15	5,5
CPSB	-58,892	-24,331	20	2013	78	03:28:58	5,9
CPSB	14,487	-90,463	189	2013	84	23:02:12	6,2
CPSB	-57,376	-24,838	35,1	2013	86	05:59:45	5,4
CPSB	-57,324	-24,868	38	2013	86	06:42:50	5,3
CPSB	-9,492	-79,054	35	2013	89	17:30:47	5,4
CPSB	-40,445	45,382	9	2013	92	14:34:55	5,9
CPSB	-34,343	-109,213	10	2013	108	21:26:36	5,5
CPSB	-15,69	-73,33	105	2013	134	23:39:15	5,5
CPSB	-59,884	-26,305	30	2013	197	23:05:13	5,1
CPSB	-21,4513	-68,5181	115,82	2013	231	19:39:45	5,3
CPSB	16,8784	-99,498	21	2013	233	12:38:29	6,2
CPSB	-22,2741	-68,5927	111	2013	235	08:34:06	5,8
CPSB	15,1836	-45,232	10	2013	248	04:01:36	6
CPSB	10,5988	-86,0997	19	2013	248	12:29:15	5,9

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CPSB	-19,617	-69,299	100,1	2013	250	19:13:31	5
CPSB	-4,5472	-104,578	10,52	2013	254	12:44:13	6,1
CPSB	-22,5859	-68,0596	117,15	2013	268	13:14:40	5,2
CPSB	-22,1415	-67,1284	159,32	2013	282	17:03:46	5,2
CPSB	10,9048	-62,315	63	2013	285	02:10:27	6
CPSB	-56,2581	-27,4062	109,43	2013	298	21:51:57	5,3
CPSB	-56,2802	-27,3631	115,97	2013	301	20:36:01	5
CPSB	-15,4358	-71,7232	130,53	2013	302	12:51:05	5
CPSB	14,6437	-92,0592	78	2014	11	13:10:51	5,5
CPSB	-31,1362	-68,1214	104,66	2014	15	08:38:08	5,2
CPSB	-54,0729	6,9359	10	2014	16	20:02:45	5,2
CPSB	26,3228	-44,5103	10	2014	18	22:19:28	5,4
CPSB	-19,2592	-63,9189	600,21	2014	27	16:42:37	5,6
CPSB	-18,5087	-69,3735	120,03	2014	29	10:01:50	5,6
CPSB	-56,8269	-27,3391	129,97	2014	32	03:58:43	6,1
CPSB	-22,174	-68,757	104,5	2014	41	11:00:10	5,2
CPSB	14,6682	-58,9272	14,83	2014	49	09:27:13	6,5
CPSB	9,6143	-69,667	10	2014	50	11:10:12	5,3
CPSB	-60,2444	-47,2746	10	2014	53	22:39:32	5,5
CPSB	12,5559	-87,6879	60	2014	61	09:37:54	6,2
CPSB	14,1833	-93,1535	18,47	2014	61	22:17:14	6
CPSB	14,18	-93,23	10	2014	61	22:26:07	5,1
CPSB	-60,6515	-19,056	9,16	2014	67	18:29:08	5,4
CPSB	1,6575	-79,3537	6	2014	68	20:29:52	5,6
CPSB	-60,7641	-19,6945	10	2014	72	17:12:32	5,3
CPSB	-0,848	-21,9196	12	2014	88	07:46:50	5,9
CPSB	-19,511	-69,174	114,5	2014	90	12:53:06	5,6
CPSB	7,94	-82,34	25	2014	92	16:13:26	6
CPSB	-36,0868	-101,243	10	2014	105	13:31:32	5,6

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CPSB	-59,6641	-26,1414	35	2014	114	12:46:09	5,4
CPSB	7,2096	-82,3045	10	2014	133	06:35:24	6,5
CPSB	-56,9375	-25,0594	9,7	2014	133	14:40:53	5,3
CPSB	-23,4456	-68,5388	104,95	2014	136	17:08:32	5,5
CPSB	-56,2451	-27,534	90	2014	137	21:28:16	5,5
CPSB	-56,9868	-24,9198	10	2014	139	03:56:43	5,4
CPSB	-57,0334	-25,1486	10	2014	139	22:47:12	5,7
CPSB	17,121	-95,0729	120,3	2014	141	10:06:15	5,8
CPSB	1,6444	-79,2557	14,97	2014	167	06:39:32	5,7
CPSB	-16,68	-71,43	114	2014	212	18:09:17	5
CPSB	-55,4278	-28,3088	7,24	2014	214	14:02:18	5,6
CPSB	-20,1745	-69,0385	100	2014	235	04:45:32	5,6
CPSB	-10,5571	-74,0836	125	2014	299	10:45:31	5,7
CPSB	-21,631	-68,725	111,3	2014	314	11:38:59	5,6
CPSB	-17,2351	-69,917	152,68	2014	319	05:20:37	5
CPSB	-46,3484	33,8037	10	2014	321	16:52:46	6,1
CPSB	7,9824	-82,7339	15	2014	340	17:21:49	6
CPSB	13,7465	-91,3822	28	2014	341	12:11:31	5,9
CPSB	13,6717	-91,4731	32	2014	341	21:16:35	6,1
CPSB	-56,6279	-25,3698	10	2014	352	20:10:53	5,5
CPSB	16,1951	-61,8091	118,07	2014	353	19:49:30	5,6
CPSB	6,5189	-82,3463	10	2014	360	23:52:15	5,9
CPSB	-59,7673	-27,1541	113,7	2014	362	20:30:54	5,2
CPSB	-56,659	-24,8509	19,03	2014	363	17:41:49	5,6
CPSB	5,9045	-82,6576	8	2015	7	05:07:07	6,5
CPSB	-22,237	-63,1461	557,17	2015	17	18:41:42	5,6
CPSB	5,2856	-82,5906	10,58	2015	31	18:57:48	5,1
CPSB	8,24	-72,14	5	2015	36	04:21:50	5,3
CPSB	-23,5605	-66,7204	202,49	2015	42	13:01:15	5,5

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CPSB	52,6487	-31,9016	16,68	2015	44	18:59:12	7,1
CPSB	-55,52	-28,2591	13	2015	47	22:00:53	6,2
CPSB	-55,4044	-28,1851	11,24	2015	48	03:06:30	5,3
CPSB	-56,3493	-27,0752	109,49	2015	59	19:27:30	5,4
CPSB	-20,358	-69,145	106,2	2015	62	12:45:19	5,2
CPSB	6,7757	-72,9875	155	2015	69	20:55:44	6,2
CPSB	-26,0814	-11,6066	15,08	2015	74	22:47:35	5,4
CPSB	18,0325	-98,5135	52	2015	79	22:30:07	5,4
CPSB	-1,2012	-77,5836	195,03	2015	86	21:59:39	5,5
CPSB	-22,2167	-68,6175	112	2015	87	16:36:53	5,6
CPSB	-10,5415	-78,0795	48	2015	91	16:45:21	5,3
CPSB	13,1992	-89,7846	29	2015	98	15:44:45	5,4
CPSB	-21,0794	-68,6264	122	2015	103	22:16:20	5,2
CPSB	-8,3237	-79,8322	22	2015	116	23:35:29	5,6
CPSB	-2,0856	-79,6231	89	2015	118	11:19:50	5,4
CPSB	17,1089	-95,0355	111	2015	118	18:56:53	5,5
CPSB	-60,3933	-26,9077	10	2015	120	10:19:08	5,8
CPSB	14,8388	-94,0135	9	2015	130	00:50:18	5,6
CPSB	-7,8252	-74,3982	144,75	2015	136	01:19:50	5,1
CPSB	-22,057	-68,5076	124	2015	146	10:32:03	5,6
CPSB	-58,6445	-25,1788	32	2015	146	23:26:58	5,4
CPSB	1,22	-79,57	13	2015	150	06:26:05	5,3
CPSB	-32,3433	-111,065	14,95	2015	160	13:17:23	5,1
CPSB	-22,4	-68,4323	124	2015	161	13:52:09	6
CPSB	-21,7797	-68,1744	122,04	2015	173	11:42:07	5,1
CPSB	-60,322	-35,2706	13,76	2015	182	18:24:42	5,3
CPSB	-13,329	-111,632	10	2015	188	07:01:42	5,9
CPSB	-13,3864	-111,302	10	2015	188	16:08:03	5,7
CPSB	8,2309	-77,3152	12	2015	210	00:10:24	5,9

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CPSB	-57,4999	-25,8754	32	2015	238	13:51:35	5,8
CPSB	15,2767	-45,9886	10	2015	261	15:59:42	6
CPSB	-23,8028	-66,6126	219	2015	271	15:28:05	5,9
CPSB	-2,5015	-78,7623	97,13	2015	288	10:07:28	5,4
CPSB	-45,8146	37,1711	10	2015	296	04:04:18	6
CPSB	8,4672	-71,3957	15,12	2015	311	06:58:30	5,3
CPSB	-17,3194	-69,4287	159,86	2015	312	08:13:37	5,7
CPSB	-23,5755	-68,9458	101	2015	313	04:46:27	5,3
CPSB	-22,2254	-68,7099	109,34	2015	314	17:48:23	5,3
CPSB	-9,1387	-108,644	10	2015	315	06:26:33	5,6
CPSB	9,692	-85,6755	36,12	2015	315	12:08:51	5,1
CPSB	16,9762	-98,9116	34	2015	327	20:41:21	5,6
CPSB	-9,1825	-71,2574	602,75	2015	330	05:45:18	6,7
CPSB	-16,379	-71,1123	117,31	2015	335	13:39:55	5
CPSB	-58,88	-23,9062	10	2015	344	12:05:14	5,7
CPSB	15,8015	-93,633	85	2015	351	19:49:53	6,6
CPSB	-1,3395	-15,8313	10	2015	352	11:46:48	5,4
CPSB	14,6571	-61,3454	150	2015	362	06:55:29	5,6
CPSB	11,1535	-86,6205	20	2015	365	10:56:58	5,8
CNLB	1,135	-77,393	145	2013	40	14:16:07	6,9
CNLB	-27,774	-66,425	155	2013	51	11:18:53	5,1
CNLB	-58,892	-24,331	20	2013	78	03:28:58	5,9
CNLB	-20,996	-68,673	132,6	2013	132	12:51:53	5,2
CNLB	-15,69	-73,33	105	2013	134	23:39:15	5,5
CNLB	-57,511	-6,799	10,1	2013	136	05:57:00	5,6
CNLB	9,416	-82,638	9,2	2013	147	09:41:14	5,7
CNLB	-22,588	-66,691	215	2013	159	12:25:08	5,6
CNLB	-21,89	-68,5	132,8	2013	162	09:37:07	5,1
CNLB	11,763	-86,926	30	2013	166	17:34:27	6,5

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CNLB	-23,851	-66,516	198,9	2013	183	20:04:55	5,6
CNLB	-60,857	-25,07	11	2013	196	14:03:39	7,3
CNLB	-57,915	-23,841	13	2013	207	21:32:59	6,3
CNLB	-21,4513	-68,5181	115,82	2013	231	19:39:45	5,3
CNLB	15,1836	-45,232	10	2013	248	04:01:36	6
CNLB	10,5988	-86,0997	19	2013	248	12:29:15	5,9
CNLB	10,9048	-62,315	63	2013	285	02:10:27	6
CNLB	-58,153	-12,7964	22,87	2013	297	19:25:10	6,7
CNLB	-23,6357	-112,596	9,98	2013	306	15:52:46	6
CNLB	-60,2627	-47,0621	9,97	2013	320	03:34:31	6,9
CNLB	-60,2738	-46,4011	10	2013	321	09:04:55	7,7
CNLB	19,0428	-66,8096	20	2014	13	04:01:03	6,4
CNLB	-18,5087	-69,3735	120,03	2014	29	10:01:50	5,6
CNLB	-56,8269	-27,3391	129,97	2014	32	03:58:43	6,1
CNLB	14,6682	-58,9272	14,83	2014	49	09:27:13	6,5
CNLB	12,5559	-87,6879	60	2014	61	09:37:54	6,2
CNLB	-60,8623	-19,9775	10	2014	70	02:44:05	6,4
CNLB	-19,511	-69,174	114,5	2014	90	12:53:06	5,6
CNLB	11,642	-85,8779	135	2014	101	20:29:12	6,6
CNLB	17,397	-100,972	24	2014	108	14:27:24	7,2
CNLB	17,2349	-100,746	17,09	2014	128	17:00:14	6,4
CNLB	17,2192	-100,812	23	2014	130	07:36:01	6
CNLB	7,2096	-82,3045	10	2014	133	06:35:24	6,5
CNLB	-22,7239	-66,4407	213,12	2014	134	03:38:21	5,6
CNLB	-23,4456	-68,5388	104,95	2014	136	17:08:32	5,5
CNLB	-57,0334	-25,1486	10	2014	139	22:47:12	5,7
CNLB	-46,0293	-13,8844	6,42	2014	164	19:30:29	5,8
CNLB	-55,4703	-28,3669	8	2014	180	07:52:55	6,9
CNLB	14,724	-92,4614	53	2014	188	11:23:54	6,9

Continua na próxima pagina

Continuação

Estação	lat (graus)	lon (graus)	Prof (km)	Ano	Dia Juliano	Hora (HH:SS:MM)	Mag (MB)
CNLB	-20,2267	-68,6776	118,73	2014	204	21:39:08	5,6
CNLB	-23,9047	-66,7371	197,09	2014	223	04:49:07	5
CNLB	-20,1745	-69,0385	100	2014	235	04:45:32	5,6
CNLB	-14,598	-73,5714	101	2014	236	23:21:45	6,8
CNLB	-23,8009	-66,6321	224	2014	267	11:16:15	6,2
CNLB	-19,653	-69,769	109,2	2014	280	05:09:10	5,4
CNLB	-32,1648	-110,836	10	2014	283	04:07:50	5,6
CNLB	12,5262	-88,1225	40	2014	287	03:51:34	7,3
CNLB	-21,631	-68,725	111,3	2014	314	11:38:59	5,6
CNLB	-56,659	-24,8509	19,03	2014	363	17:41:49	5,6
CNLB	5,9045	-82,6576	8	2015	7	05:07:07	6,5
CNLB	5,2856	-82,5906	10,58	2015	31	18:57:48	5,1
CNLB	-32,7183	-67,1231	172	2015	33	10:49:48	6,3
CNLB	-23,5605	-66,7204	202,49	2015	42	13:01:15	5,5
CNLB	-23,1125	-66,688	223	2015	42	18:57:22	6,7
CNLB	52,6487	-31,9016	16,68	2015	44	18:59:12	7,1
CNLB	-55,52	-28,2591	13	2015	47	22:00:53	6,2
CNLB	-22,2167	-68,6175	112	2015	87	16:36:53	5,6
CNLB	-60,3933	-26,9077	10	2015	120	10:19:08	5,8
CNLB	14,8388	-94,0135	9	2015	130	00:50:18	5,6
CNLB	24,913	-109,623	10	2015	256	08:14:08	6,7
CNLB	15,2767	-45,9886	10	2015	261	15:59:42	6
CNLB	-23,8028	-66,6126	219	2015	271	15:28:05	5,9
CNLB	15,8015	-93,633	85	2015	351	19:49:53	6,6

Fonte: Modificado do USGS (<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>)