

**RESUMOS DE TESES E DISSERTAÇÕES
ABSTRACTS OF THESES AND DISSERTATIONS**

SISTEMÁTICA ISOTÓPICA DE Os-Nd-Pb-Sr E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAÇO LITÓFILOS E SIDERÓFILOS DE BASALTOS DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO PARANÁ

Eduardo Reis Viana Rocha Júnior

ESTUDO DO SINAL ELÉTRICO DE POTENCIAL ESPONTÂNEO ASSOCIADO AO FLUXO DE ÁGUA EM MEIOS POROSOS

Nilton Silva

SÍSMICA DE REFLEXÃO RASA MULTICOMPONENTE: AQUISIÇÃO E INVERSÃO DE TEMPOS DE TRÂNSITO E AMPLITUDES

Oleg Bokhonok

CARACTERIZAÇÃO GEOELÉTRICA NA REGIÃO DE BEBEDOURO-SP POR MEIO DE SONDAGENS ELETROMAGNÉTICAS NO DOMÍNIO DO TEMPO (TDEM)

Emerson Rodrigo Almeida

INVERSÃO CONJUNTA 1D DE DADOS DE SEV E TDEM: APLICAÇÕES EM HIDROGEOLOGIA

Cassiano Antonio Bortolozo

MODELAGEM GEOFÍSICA DO COMPLEXO ALCALINO DE ITAPIRA-MG

Vanessa Biondo Ribeiro

ESTUDO DA CAMADA DE BASALTO EM BEBEDOURO, BACIA DO PARANÁ, COM FUNÇÃO DO RECEPTOR – IMPLICAÇÕES PARA A SISMICIDADE INDUZIDA POR POÇOS PROFUNDOS

Fábio Luiz Dias

SISTEMÁTICA ISOTÓPICA DE Os-Nd-Pb-Sr E GEOQUÍMICA DE ELEMENTOS TRAÇO LITÓFILOS E SIDERÓFILOS DE BASALTOS DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO PARANÁ

Eduardo Reis Viana Rocha Júnior

Orientador: Dra. Leila Soares Marques (IAG-USP)

153 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 06.01.2011

RESUMO. O objetivo primário deste estudo é aprimorar o conhecimento acerca das fontes do manto e dos mecanismos envolvidos na gênese dos basaltos da Província Magmática do Paraná, que constitui uma das maiores manifestações de basaltos continentais do mundo. Para tanto, foram determinadas as concentrações de terras raras (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb e Lu), outros elementos traço (Cs, Rb, Ba, U, Th, Ta, Hf, Co e Sc) e elementos altamente siderófilos (Os, Ir, Ru, Pt, Pd e Re), juntamente com razões isotópicas dos sistemas Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb e Re-Os em basaltos com alto-Ti (Parapanema e Pitanga) que ocorrem no norte da PMP. Além disso, foram determinadas as concentrações de elementos altamente siderófilos e as razões isotópicas de $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ amostras representativas de basaltos com baixo-Ti (Esmeralda) do sul da PMP. Os dados geoquímicos e as razões isotópicas de Sr, Nd e Pb obtidos são consistentes com dados da literatura, porém, refinam as variações (extremos) isotópicas dos magmas-tipo Parapanema e Pitanga. Esses dados, juntamente com as concentrações de elementos altamente siderófilos e das razões isotópicas de Os, inéditas na literatura, sugerem que as fontes dos basaltos (astenosfera ou manto litosférico subcontinental) sofreram metassomatismo significativo, com a intrusão de veios piroxeníticos, relacionado a antigas subduções e/ou processos de delaminação.

ABSTRACT. The primary goal of this study is to improve the understanding about the mantle sources and the mechanisms involved in the basalt genesis from Paraná Magmatic Province (PMP), which is one of the largest known continental flood basalts of the world. Therefore, the concentrations of rare earths (La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb and Lu), other trace elements (Cs, Rb, Ba, U, Th, Ta, Hf, Co and Sc) and highly siderophile elements (Os, Ir, Ru, Pt, Pd and Re) were determined, along with isotope ratios regarding Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb and Re-Os systematics in high-Ti basalts (Parapanema and Pitanga) from northern PMP. In addition, the highly siderophile element concentrations, as well as $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ isotope ratios, were measured in selected samples of low-Ti basalts (Esmeralda) from southern PMP. The geochemical and Sr-Nd-Pb isotope results of the present study are consistent with literature data, but refine the isotope variations (extreme) for the Parapanema and Pitanga magma-types. These data, along with the concentrations of highly siderophile elements and Os isotope ratios, suggest that the basalt mantle sources (asthenosphere or subcontinental lithospheric mantle) were affected by significant metasomatism (pyroxenitic vein hybridization), related with old subduction and/or delamination processes.

ESTUDO DO SINAL ELÉTRICO DE POTENCIAL ESPONTÂNEO ASSOCIADO AO FLUXO DE ÁGUA EM MEIOS POROSOS

Nilton Silva

Orientador: Dr. Carlos Alberto Mendonça (IAG-USP)

110 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 10.02.2011

RESUMO. Tem crescido o interesse na inversão de anomalias de Potencial Espontâneo (PE) para se determinar a distribuição de fontes de corrente e obter informações quantitativas e qualitativas a respeito de processos dinâmicos em atividade no substrato geológico. Para anomalias interpretadas com base em modelos de geobateria, tal como na prospecção de corpos minerais condutivos e caracterização de sítios contaminados, a polaridade da distribuição de corrente é indicativa das reações terminais anódico-catódicas e a intensidade da corrente é função da taxa destas reações. Tanto a intensidade quanto distribuição das fontes de corrente são importantes parâmetros para caracterizar a distribuição espacial dos sistemas envolvidos. Na caracterização do fluxo da água subterrânea, a polaridade de corrente indica pontos de infiltração/exudação ou interfaces com contrastes de propriedades físicas (hidráulicas e elétricas) e a intensidade de corrente pode ser associada com a velocidade de infiltração, que são parâmetros importantes na avaliação hidrogeológica remota. Todavia, as expectativas atuais depositadas na inversão de dados de PE baseado em suas de fontes de correntes depende profundamente da confiabilidade nas quais a polaridade e a intensidade da distribuição de corrente podem ser determinadas, considerando a incerteza do problema inverso que se coloca e o nível de ruído observado em dados de campo. Contudo, não encontramos nenhum protocolo na literatura especializada que se adaptasse aos estudos que a abordagem teoria desenvolvida exigia, assim construímos um aparato e uma metodologia experimental adequada. Com um dos resultados traçamos um procedimento que pode ser aplicado em condições de campo (se poços estiverem disponíveis) para calibrar os parâmetros de inversão de dados para melhor mapear uma distribuição das correntes. Além disso, os experimentos em tanque permitiram investigar a possibilidade de se utilizar as fontes de corrente geradas pelo fluxo hidráulico e fontes de corrente artificiais em condições controladas para se recuperar parâmetros físicos do substrato percolado. Esta possibilidade é recorrente na literatura especializada, mas foi sugerida de forma explícita apenas recentemente (2007). A esta possibilidade, aqui experimentada, denominamos “Imageamento Hidrogeoeletrico”.

ABSTRACT. There is a growing interest in the inversion of Self-Potential (SP) anomalies in terms of their causative distribution of currents as a way to obtain qualitative and quantitative information about dynamical processes taking place in the Earth's subsurface. For anomalies interpreted with concepts based on geobattery models (as in mineral prospecting and characterization of contaminated sites) current polarity is indicative of terminal anodic-cathodic reactions and current strength is a function of rate reactions, important parameters in characterizing the spatial distribution of related systems. For groundwater flow, the current polarity indicates infiltration/exudation points or interfaces with contrasting physical properties and current strength can be associated to seepage velocity, again important parameters to remotely assess groundwater hydrology. Nevertheless promising rewards from SP inversion for current sources deeply rely on the reliability in which polarity and strength for current distributions can be determined considering the uncertainty of the related inverse problem and noise level in common data sets. However, we found any protocol in the literature that has adapted to the studies that the approach developed theory demanded, so we built an experimental apparatus and an appropriate methodology. One of the results we design a procedure that can be applied under field conditions (if wells are available) to calibrate the parameters of inversion of data to better map the distribution of currents. Furthermore, experiments in tank allowed us to investigate the possibility of using the current sources generated by the hydraulic flow and artificial current sources in controlled conditions to recover physical parameters of the percolated substrate. This possibility is recurrent in literature and was more directly suggested by Minsley (2007). This possibility, tested here, we called “Hydrogeoelectric Imaging”.

SÍSMICA DE REFLEXÃO RASA MULTICOMPONENTE: AQUISIÇÃO E INVERSÃO DE TEMPOS DE TRÂNSITO E AMPLITUDES

Oleg Bokhonok

Orientador: Dra. Líliliana Alcazar Diogo (IAG-USP)

162 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 25.02.2011

RESUMO. Neste trabalho avaliou-se a potencialidade do uso da sísmica rasa de reflexão multicomponente para investigação geológica-geotécnica. Foram abordados vários aspectos relacionados à aquisição dos dados sísmicos de reflexão multicomponente, com o objetivo de entender as vantagens, dificuldades e limitações do método para aplicação em investigações de subsuperfície rasa. Os ensaios de campo foram realizados em duas áreas, ambas em terrenos da Bacia Sedimentar de São Paulo, em área urbana da cidade de São Paulo. Para a interpretação dos dados sísmicos multicomponente foram investigados procedimentos de inversão não-linear dos tempos de trânsito e das amplitudes. Os testes realizados orientaram a escolha da aproximação não-hiperbólica mais apropriada para o cálculo dos tempos de trânsito visando à análise de velocidades do pacote acima do refletor. O estudo numérico desenvolvido para a inversão das amplitudes mostrou a viabilidade da estimativa das velocidades e densidades, acima e abaixo do refletor, empregando-se as equações de Zoeppritz para as ondas refletidas PP, PSv, SvP e SvSv, antes e depois do ângulo crítico. Dada a complexidade da inversão não-linear das amplitudes, se fez necessário elaborar uma estratégia estocástica de otimização e desenvolver uma nova abordagem para análise da função objetivo multidimensional, garantindo confiabilidade ao resultado da inversão não-linear. Os resultados deste trabalho mostraram o potencial da sísmica de reflexão rasa multicomponente para caracterização geológica-geotécnica, possibilitando um melhor entendimento das camadas superficiais.

ABSTRACT. This thesis aims to evaluate the usefulness of the multicomponent seismic methods for shallow investigations, mainly its potential for the geotechnical and geological characterization of the nearsurface. Several aspects regarding the acquisition and processing data of multicomponent seismic data are discussed. They were based on data set acquired in the urban area of São Paulo city, Brazil. Two different areas were investigated. Both located in sedimentary terrains belonging to the São Paulo Sedimentary Basin. We present a non-linear travel time and seismic amplitude inversion scheme to quantitative interpretation of multicomponent seismic data. Several tests were performed to guide the choice of non-hyperbolic equation more suitable for travel time inversion aiming the velocity analysis above the reflector. A numerical experiment developed to solve the non-linear inversion of seismic amplitudes showed the feasibility to estimate seismic interval velocities and layer densities above and below the reflector using the exact Zoeppritz equations for PP, PSv, SvP and SvSv reflected waves, before and after critical angle. Due to the apparent complexity of the non-linear seismic amplitude inversion, it was necessary elaborate the strategy for stochastic optimization and develop a new approach to analyze the multi-dimensional objective function, with different implications for the accuracy and efficiency of the non-linear inversion. The study shows the benefits of using the multicomponent seismic method for shallow geological-geotechnical characterization, improving the nearsurface understanding, once allows an integrated analyzes of a more complete record of the wave field.

CARACTERIZAÇÃO GEOELÉTRICA NA REGIÃO DE BEBEDOURO-SP POR MEIO DE SONDAGENS ELETROMAGNÉTICAS NO DOMÍNIO DO TEMPO (TDEM)

Emerson Rodrigo Almeida

Orientador: Dr. Jorge Luís Porsani (IAG-USP)

158 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 24.03.2011

RESUMO. O método Eletromagnético no Domínio do Tempo (TDEM) vem sendo amplamente empregado ao redor do mundo para estudos de hidrogeologia, devido à sua grande profundidade de investigação e à sensibilidade do método na detecção de camadas condutivas. No Brasil sua aplicação ainda é incipiente, havendo poucos estudos publicados. A presente pesquisa empregou o método TDEM sobre rochas da Bacia Sedimentar do Paraná, na região de Bebedouro (SP). Esta região vem apresentando a ocorrência de surtos de sismos desde o ano de 2005, os quais podem estar sendo induzidos por poços profundos perfurados para exploração de água subterrânea. Na região de estudo existem duas áreas de atividade sísmica: a área de Andes e a área de Botafogo. A pesquisa teve como objetivos mapear a estratigrafia geoeétrica destas áreas, com ênfase no mapeamento da camada de basaltos e das eventuais zonas de fraturas com água em seu interior a fim de contribuir com os estudos sobre a origem das atividades sísmicas na região de Bebedouro. Foram adquiridas e modeladas 86 sondagens TDEM em adquiridas em sete etapas de campo ocorridas durante os anos de 2007, 2008 e 2010. Nos trabalhos de campo de 2010 foi adquirido ainda um conjunto de 46 SEVs a fim de mapear o nível d'água no aquífero sedimentar raso e contribuir para a melhoria dos modelos geoeétricos provenientes dos dados TDEM. As sondagens TDEM permitiram mapear zonas fraturadas saturadas no interior da camada de basalto da Formação Serra Geral que coincidem com a profundidade estimada para os hipocentros dos tremores na região de estudos (Assumpção et al., 2010), bem como permitiram detectar o contato da base do basalto com o arenito saturado da Formação Botucatu (Aquífero Guarani). Algumas sondagens indicaram a presença de estruturas 2D nas áreas sísmicas, sobretudo próximo aos poços de grande vazão na região de Andes. Estas estruturas foram modeladas como degraus no topo da camada de basalto, mostrando variações bruscas na interface do basalto com as rochas da Formação Adamantina. A análise dos dados adquiridos em anos diferentes sugere que as zonas de fraturas no interior do basalto sejam muito localizadas e que o caráter migratório da concentração de eventos sísmicos observado na região pode estar associado à redução do volume de água que preenche algumas das zonas fraturadas do basalto. Os dados TDEM foram comparados com outros dados geofísicos, tais como sísmica de refração e perfilagem térmica. A interpretação integrada desses resultados deu suporte para o modelo geoeétrico elaborado para a região de estudos, o qual apresenta uma boa concordância com as informações litológicas de poços.

ABSTRACT. The Time-Domain Electromagnetics (TDEM) method has been widely employed worldwide for hydrogeological studies, due to its great depth investigation and its sensibility in conductive layers detection. In Brazil, the TDEM method is not very used, with few published studies. This research used TDEM method at Paraná Sedimentary Basin, in Bebedouro region (SP). This region has been showing the occurrence of seismic activity since 2005, which may be induced by deep wells drilled for groundwater exploration. In the study region there are two seismic activity areas: Andes (Area A) and Botafogo (Area B). The research has as objectives to map the geoelectrical stratigraphy in these areas, with emphasis on the mapping of the basalt layer and the possible fractured water-filled zones within the basalt layer in order to contribute with the studies about the origin of seismic activities in Bebedouro region. An amount of 86 TDEM soundings were acquired along seven field campaigns occurred during 2007, 2008 and 2010. During the campaigns in 2010, an amount of 46 VES were also acquired, aiming the mapping of the water table in the sedimentary aquifer and contributing to improve TDEM geoelectric models. The TDEM soundings allowed the mapping of the fractured zones within the basalt layer of the Serra Geral Formation, which matches to the depth estimated for quakes hypocenter in the studied region (Assumpção et al., 2010), and also allowed the detection of the contact between the basalt layer base and the saturated sandstone of Botucatu Formation (Guarani Aquifer). Some soundings showed the presence of 2D structures in seismic areas, especially next to wells with high flow of groundwater in Andes area. These structures were modeled as steps on the top of the basalt layer, showing abrupt variations between the basalt and the sediments of Adamantina Formation. The analysis of data acquired in different years suggests that the fractured zones filled with water within the basalt layer are very well located and that the migratory behavior of seismic events may be related to a reduction in the water volume that fills the fractures in basalt. TDEM data were compared with other geophysical data, such as refraction seismic and thermal profiling. The integration of these results gave support to the geoelectrical model developed for the studied region, which presents a good agreement with the lithological information from wells.

INVERSÃO CONJUNTA 1D DE DADOS DE SEV E TDEM: APLICAÇÕES EM HIDROGEOLOGIA

Cassiano Antonio Bortolozo

Orientador: Dr. Jorge Luís Porsani (IAG-USP)
102 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.03.2011

RESUMO. As sondagens elétricas verticais (SEV) e as sondagens eletromagnéticas no domínio do tempo (TDEM) são muito usadas em estudos ambientais, hidrogeológicos e em exploração mineral. A interpretação desses dados feita individualmente com modelos unidimensionais normalmente acarreta em resultados ambíguos. Isso acontece devido ao fato de que cada metodologia “enxerga” a subsuperfície de uma forma diferente. No caso da SEV as estruturas resistivas são bem detectadas, já no caso da sondagem TDEM as estruturas condutivas é que são detectadas com melhor precisão. Outra diferença é a capacidade da SEV conseguir identificar melhor as estruturas rasas, por outro lado, as sondagens TDEM permitem investigar as estruturas mais profundas. Nesta pesquisa foram exploradas as potencialidades das SEVs e das sondagens TDEM, visando obter uma interpretação dos dados mais consistentes. Neste sentido foi desenvolvido um programa em Matlab para a inversão conjunta 1D de dados de SEV e TDEM, na qual explora “o melhor” de ambos os métodos. O algoritmo desenvolvido foi testado inicialmente com dados sintéticos e posteriormente foi empregado em dados reais adquiridos na Bacia Sedimentar do Paraná, na região de Bebedouro no Estado de São Paulo. O resultado final da inversão conjunta de dados de SEV/TDEM permitiu obter um modelo geoeletrico que mais se assemelha às condições geológicas reais, e cujas ambiguidades, que são inerentes ao processo de interpretação, foram minimizadas. Os resultados, tanto com dados sintéticos quanto com dados reais, foram bastante promissores, mostrando uma melhor recuperação dos meios modelados e um grande potencial de aplicações em estudos geocientíficos, em particular em estudos hidrogeológicos.

ABSTRACT. Electrical (DC) and transient electromagnetic (TEM) soundings have been used in a great number of environmental, hydrological and mining exploration studies. The data interpretation usually is done individually by 1D models resulting in ambiguous results. This fact can be explained by how the two different methodologies observe the medium below the surface. The vertical electrical sounding (VES) is good at marking very resistive structures, while the transient electromagnetic sounding (TEM) is very sensitive to map conductive structures. Another difference is that the VES detects better shallow structures, while the TEM soundings can reach deeper ones. In this research we explore the potentials of the both VES and TEM soundings, in order to obtain a more consistent interpretation of the data. In this way, a Matlab program for the joint inversion for DC and TEM soundings was developed aiming explore the best of the both methods. Initially, the algorithm was tested with synthetic data and after were used real data from Paraná Sedimentary Basin in Bebedouro region, São Paulo State. The geoelectrical model obtained from joint inversion of DC and TEM data are more similar to the real geological condition and the ambiguities were minimized. The results with synthetic and real data show that the joint inversion of DC/TEM is better for recovering the simulated models and shows a great potential in geological studies, particularly in hydrogeological studies.

MODELAGEM GEOFÍSICA DO COMPLEXO ALCALINO DE ITAPIRA-MG

Vanessa Biondo Ribeiro

Orientador: Dra. Marta Silvia Maria Mantovani (IAG-USP)

117 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 19.04.2011

RESUMO. O complexo alcalino de Tapira é o mais meridional de uma série de intrusões contendo carbonatitos na região do Alto da Paranaíba, MG. Neste trabalho foram empregados os métodos gamaespectrométrico e aeromagnético, obtidos através de aerolevantamentos desenvolvidos pela CODEMIG (Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais) ao longo da região. A partir dos dados de aeromagnetometria foram feitos modelos com geometria 3D da alcalina em subsuperfície. Foram aplicados os métodos de Redução ao Polo, Amplitude do Campo Magnético Anômalo, Integral Vertical do Sinal Analítico e Sinal Analítico da Integral Vertical aos dados aeromagnéticos, visando minimizar ou atenuar a atuação da componente remanescente nestes antes da inversão 3D. Os modelos 3D gerados foram então comparados com o modelo obtido pela inversão dos dados gravimétricos terrestres e com as informações disponíveis sobre a geologia do domo alcalino. Os dados gamaespectrométricos foram utilizados para obter informações das principais estruturas e litologias ao longo da região estudada, assim como analisar a resposta radiométrica da porção aflorante da alcalina.

ABSTRACT. The alkaline complex of Tapira is the southernmost of a series of intrusions containing carbonatites in the Alto do Paranaíba region, Minas Gerais State, Brazil. The gammaspectrometric and magnetometric methods, achieved through aerosurveys developed by CODEMIG (Minas Gerais Economic Development Company) on Area 7 was used in this study. 3D geometrical models from aeromagnetometry data were used to represent the alkaline in subsurface. The methods of Reduction to the Magnetic Pole, Anomalous Magnetic Field Amplitude, Vertical Integral of the Analytic Signal and Analytic Signal of the Vertical Integral were applied to the aeromagnetic data, aiming minimizing or attenuating the remanent component before the 3D inversion. The generated 3D models were compared with the one obtained by the inversion of the ground gravimetric data using the available geological information over the alkaline dome. The gammaspectrometric data were used to identify the signature of the main structures through the studied region, so as to analyze the radiometric responder of the alkaline's outcrop portion.

**ESTUDO DA CAMADA DE BASALTO EM BEBEDOURO, BACIA DO PARANÁ,
COM FUNÇÃO DO RECEPTOR – IMPLICAÇÕES PARA A SISMICIDADE INDUZIDA
POR POÇOS PROFUNDOS**

Fábio Luiz Dias

Orientador: Dr. Marcelo Sousa de Assumpção (IAG-USP)
120 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 20.04.2011

RESUMO. Este trabalho consiste no estudo da estrutura sedimentar da Bacia do Paraná da região de Bebedouro utilizando função do receptor, ondas de superfície e sísmica de refração. Funções do Receptor (FR) mostram a resposta da estrutura geológica abaixo de uma estação sismográfica. Para diminuir a não unicidade na inversão do traço de uma FR, foram usadas curvas de dispersão de ondas de superfície como vínculos adicionais. Ondas de superfície foram também obtidas com a correlação cruzada de ruído sísmico ambiental. Esse método passivo permite a obtenção de dispersão em períodos intermediários entre os dados de telessismos e os dados de sísmica rasa auxiliando na determinação estruturas sedimentares. Foi usada a inversão conjunta de FR de alta e baixa frequência, dispersão de fase e grupo de períodos menores que 2 s e dispersão de ondas Love e Rayleigh continentais (períodos entre 10 e 100 s). Na inversão conjunta, foram usados vários modelos iniciais diferentes para garantir melhor cobertura do espaço de soluções possíveis. Os resultados mostram uma camada de basalto com uma espessura entre 200 e 400 m, sob uma camada superficial de arenito de 50-100 m. O embasamento da bacia está torno de 2,5-3,0 km. A espessura e razão Vp/Vs crustal da região foi estimada em 40 (± 1) km e 1,78 ($\pm 0,02$). Foi possível identificar zonas de baixa velocidade dentro do pacote de basalto, possivelmente relacionadas a zonas de fraturas ou camadas de basalto alterado. Estas camadas de baixa velocidade estão na parte sul próximas à área de maior sismicidade induzida e também relativamente mais perto dos poços profundos de maior vazão. Isto corrobora com a hipótese de que a sismicidade local está associada à exploração de poços e estrutura de falhas pré-existentes.

ABSTRACT. A study of the seismic structure of the Paraná Basin in Bebedouro, SP, was carried out with Receiver Functions (RF). Both low-frequency (with ~ 0.5 Hz low pass filter) and high-frequency (~ 10 Hz) RFs were jointly inverted with surface wave dispersion curves. Surface-wave data included: long-period group velocities of Rayleigh and Love waves from continental-scale tomography in the period range 10-100 s (useful to control crustal scale structure and Moho depth), intermediate period group velocities near 1 s period obtained from cross-correlation of ambient noise (useful to control sedimentary structure), phase velocities near 0.2-1 s obtained from local earthquakes, and phase velocities of Rayleigh waves from shallow seismic refraction data near ~ 0.1 s period (useful to control shallow layers). Joint inversion was obtained with several different initial models to better cover all possible solutions. The results indicate that the basalt layer is 200 to 400 m thick, beneath sandstones of about 50-100 m thick. The basin basement was detected between 2.5-3.0 km depth, consistent with expected values from regional borehole data in the Paraná Basin. Beneath several stations a low-velocity zone was detected in the middle of the basalt pack which is interpreted as a zone of fractured or altered basalt. This anomalous low-velocity layer was detected near the most seismically active zone in the Andes district. It is also relatively close to the deep wells with larger outflow. The existence of this low-velocity zone in the middle of the basalt layer is consistent with the model proposed for the water-well induced seismicity.