

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

SISMICIDADE E ESFORÇOS TECTÔNICOS NA ZONA SÍSMICA ACARAÚ, NORDESTE DO BRASIL

*Paulo Henrique Sousa de Oliveira*

INFLUÊNCIA DA ESTRATIGRAFIA MECÂNICA NO DESENVOLVIMENTO DE FALHAS DISTENSIONAIS EM BACIAS DO TIPO RIFTE: CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM FÍSICA

*Magda Estrela Oliveira*

ESTIMATIVA DA PERMEABILIDADE DE ROCHAS CARBONÁTICAS POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR: NOVAS ABORDAGENS

*Edmilson Helton Rios*

ASSINATURA ESTRUTURAL E GEOFÍSICA DA PORÇÃO NORTE (FRONTEIRA CEARÁ-PIAUÍ) NO LINEAMENTO TRANSBRASILIANO: REATIVAÇÃO NA BACIA DO PARNAÍBA

*Moisés Samuel João Bota Cacama*

REALCE E DETECÇÃO DE FEIÇÕES MAGNÉTICAS ATRAVÉS DO SINAL MONOGÊNICO NO ESPAÇO-ESCALA DE POISSON: FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS

*Marlon Cabrera Hidalgo-Gato*

CARTOGRAFIA GEOFÍSICA DO ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA BACIA POTIGUAR EMERSA, COM BASE EM DADOS GRAVIMÉTRICOS E MAGNÉTICOS

*Suelen Ferreira de Souza*

UTILIZAÇÃO DE SISMOS REGIONAIS PARA A DETERMINAÇÃO DE UM MODELO 1D DE VELOCIDADES DA ONDA P NA PROVÍNCIA BORBOREMA – NE DO BRASIL

*Hasan Lopes Shihadeh*

ANÁLISE DO GRAU DE PROTEÇÃO DO AQUÍFERO BARREIRAS EM PERÍMETROS SOB FERTILIZAÇÃO QUÍMICA A PARTIR DE DADOS HIDROGEOFÍSICOS – ÁREA DA BACIA DO RIO CATU–RN

*Alexandre Richardson Oliveira Monteiro*

ESTIMATIVA DE PARÂMETROS EM MEIOS VTI USANDO APROXIMAÇÕES DE SOBRETENPO NÃO HIPERBÓLICAS

*Rubervaldo Monteiro Pereira*

CÁLCULO DA POROSIDADE COM A REDE NEURAL COMPETITIVA ANGULAR

*Laura Yesenia Rosellon Guzman*

SEISMIC PHYSICAL MODELING BASED ON THE PHYSICAL SIMILITUDES: APPLICATION IN ISOTROPIC MEDIA

*Leo Kirchof Santos*

TYING SEISMIC TO WELL BASED ON DETERMINISTIC WAVELET ESTIMATIVE AND PREDICTIVE DECONVOLUTION: APPLICATION IN THE NORTH SEA SEISMIC/WELL DATA

*Isadora Augusta Santana de Macedo*

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF HUDSON AND ESHELBY-CHENG'S EFFECTIVE CRACK THEORY

*Jéssica Pena Henriques*

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS GRAVIMÉTRICO E MAGNETOTELÚRICO NA CONTRIBUIÇÃO DO ENTENDIMENTO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA BACIA DO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL

*Victor Carreira*

ENERGIA GEOTÉRMICA DE MEDIA E ALTA ENTALPIA NO BRASIL: AVALIAÇÕES DE RECURSOS E PERSPECTIVAS DE APROVEITAMENTO

*Fábio Pinto Vieira*

## SISMICIDADE E ESFORÇOS TECTÔNICOS NA ZONA SÍSMICA ACARAÚ, NORDESTE DO BRASIL

**Paulo Henrique Sousa de Oliveira**

Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (UFRN)

135 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 30.01.2015

**RESUMO.** A Zona Sísmica Acaraú (ZSA), região noroeste do estado do Ceará, é uma das principais áreas com sismicidade ativa dentro da Província Borborema, Nordeste do Brasil. A partir de janeiro de 2008, a atividade sísmica na região aumentou consideravelmente e foi instalada uma rede sismográfica com 11 estações digitais na Sena da Meruoca. Em 2009, outra sequência de abalos sísmicos iniciou-se e outra rede com 6 estações digitais foi instalada próximo à cidade de Santana do Acaraú. Os resultados apresentados nesta tese foram obtidos através da análise e interpretação dos dados registrados por estas duas redes na ZSA. As áreas epicentrais da ZSA estão localizadas na margem noroeste da Província Borborema, nas proximidades do Lineamento Transbrasiliano (LT), uma zona de cisalhamento com *trend* NE-SW que corta a região de estudo. Identificamos áreas sísmicas com hipocentros localizados entre 1 km e 8 km. Os mecanismos focais encontrados foram do tipo transcorrente, predominante na Província Borborema. Foi realizada uma integração entre dados sismológicos, geológicos e geofísicos (aeromagnéticos) e mostramos que, em um dos casos, as falhas sísmogênicas encontradas estão orientadas na mesma direção das estruturas frágeis locais observadas em campo e de lineamentos magnéticos. Essas estruturas podem desempenhar a função de indicador de sismicidade na ZSA. A direção do esforço máximo horizontal ( $SH_{max}$ ) na região foi estimada usando uma inversão de sete mecanismos focais. O esforço horizontal possui máxima compressão com orientação NW-SE ( $\sigma_1 = 292^\circ$  Az) e extensão com direção NE-SW ( $\sigma_3 = 202^\circ$  Az) e  $\sigma_2$  vertical. Os esforços nessas direções estão associados à superposição do esforço tectônico regional (devido à compressão da cordilheira meso-oceânica e dos Andes) com esforços tectônicos locais (devido à margem continental passiva) influenciando, dessa forma, na orientação dos esforços responsáveis pelos tremores na Zona Sísmica Acaraú. Apesar da proximidade da atividade sísmica na ZSA do LT não podemos afirmar que esta sismicidade é uma reativação do Lineamento Transbrasiliano. Na Província Borborema a correlação entre atividade sísmica e grandes feições geológicas é bastante rara, exceto em algumas partes do Lineamento Pernambuco.

**ABSTRACT.** Inside of the Borborema Province the Acaraú Seismic Zone is one of the most seismic active regions. In January, 2008 the ZSA seismic activity has increased and it was deployed a seismographic network with 11 digital stations. In 2009, another earthquake sequence began and it was deployed another seismographic network with 6 stations near the Santana do Acaraú town. This thesis presents the results obtained by analyzing the data recorded in these two networks. The epicentral areas are located near the northeastern part of the Transbrasiliano Lineament, a shear zone with NE-SW-trending that cuts the study area. The hypocenters are located between 1 km and 8 km. The strike-slip focal mechanisms were found, which is predominant in the Borborema Province. An integration of seismological, geological and geophysical data was performed and it show that, in one example, the seismogenic faults found are oriented in the same direction to the local brittle structures observed in field and magnetic lineaments. The maximum compressional stress ( $SH_{max}$ ) direction in ZSA was estimated using an Inversion of seven focal mechanisms. The horizontal maximum compression stress with orientation NW-SE ( $\sigma_1 = 292^\circ$ ) and extension with NE-SW ( $\sigma_3 = 202^\circ$ ) and  $\sigma_2$  vertical. These results are consistent with results of previous studies. The seismic activity recorded of the Acaraú Seismic Zone is not related to a possible reactivation of the Transbrasiliano Lineament.

## INFLUÊNCIA DA ESTRATIGRAFIA MECÂNICA NO DESENVOLVIMENTO DE FALHAS DISTENSIONAIS EM BACIAS DO TIPO RIFTE: CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM FÍSICA

**Magda Estrela Oliveira**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (UFRN)

64 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 16.03.2015

**RESUMO.** Nas últimas décadas, a modelagem analógica tem sido utilizada na geologia para melhorar o conhecimento sobre a nucleação de estruturas geológicas, como elas crescem e quais são os principais pontos importantes em tais processos. O uso desta ferramenta na indústria do petróleo, para ajudar a interpretações sísmicas e, principalmente, para procurar armadilhas estruturais, contribuíram para difundir o uso desta ferramenta na literatura. Atualmente a modelagem física tem um grande campo de aplicações, desde deslizamento de terra a alojamento de granitoides ao longo de zonas de cisalhamento. Neste trabalho, nós lidamos com modelagem física para estudar a influência da estratificação mecânica na nucleação e desenvolvimento de falhas e fraturas em um contexto de bacias oblíquas e ortogonais (à direção de distensão) conjugadas. Para simular uma estratigrafia mecânica usamos materiais diferentes, com propriedades físicas distintas, como pó de gesso, microesferas de vidro, argila seca e areia quartzosa. Alguns experimentos foram realizados com acompanhamento do PIV (*Particle Image Velocimetry*), um instrumento que mostra o movimento das partículas para cada momento de deformação. Foram estudadas duas séries de experimentos: i) Série MO: Testou-se o desenvolvimento de falhas normais em um contexto de uma bacia ortogonal (à direção de distensão). Os experimentos foram realizados levando-se em consideração a mudança de materiais e espessuras de camadas. Alguns experimentos foram feitos com sedimentação sintectônica. Foram registradas diferenças na nucleação e crescimento de falhas em camadas com diferente comportamento reológico. A camada de pó de gesso se comporta de um modo mais competente, o que gera um grande número de fraturas de alto ângulo. Essas fraturas evoluem para falhas que apresentam um mergulho mais acentuado do que quando elas atravessam as camadas menos competentes, como as de areia quartzosa. As camadas mais competentes exibem blocos falhados, dispostos em um típico arranjo em dominó. Brechas cataclásticas desenvolveram-se ao longo das falhas que afetam as camadas mais competentes e mostraram histórias evolutivas diferentes, dependendo da sequência estratigráfica sob deformação; ii) Série MO-S2: Falhas normais foram analisadas em sub-bacias conjugadas (oblíquas à direção de extensão), desenvolvidas em sequências com e sem contraste reológico. Em experimentos com contraste reológico, dois importantes grabens foram desenvolvidos ao longo das margens falhadas diferentemente do que ocorre nas sub-bacias com estratigrafia mecânica. Sistemas de falhas oblíquas foram desenvolvidos nos dois conjuntos de experimentos e, na área de intersecção das sub-bacias, as falhas geradas possuem traço bastante curvo.

**ABSTRACT.** In the last decades, analogue modelling has been used in geology to improve the knowledge of how geological structures are nucleated, how they grow and what are the main important points in such processes. The use of this tool in the oil industry, to help seismic interpretations and mainly to search for structural traps contributed to disseminate the use of this tool in the literature. Nowadays, physical modelling has a large field of applications, since landslide to granite emplacement along shear zones. In this work, we deal with physical modelling to study the influence of mechanical stratifications in the nucleation and development of faults and fractures in a context of orthogonal and conjugated oblique basins. To simulate a mechanical stratigraphy we used different materials, with distinct physical proprieties, such as gypsum powder, glass beads, dry clay and quartz sand. Some experiments were run along with a PIV (*Particle Image Velocimetry*), an instrument that shows the movement of the particles to each deformation moment. Two series of experiments were studied: i) Series MO: We tested the development of normal faults in a context of an orthogonal (to the extension direction) basin. Experiments were run taking into account the change of materials and strata thickness. Some experiments were done with sintectonic sedimentation. We registered differences in the nucleation and growth of faults in layers with different rheological behavior. The gypsum powder layer behaves in a more competent mode, which generates a great number of high angle fractures. These fractures evolve to faults that exhibit a higher dip than when they cross less competent layers, like the one of quartz sand. This competent layer exhibits faulted blocks arranged in a typical domino-style. Cataclastic breccias developed along the faults affecting the competent layers and showed different evolutionary history, depending on the deforming stratigraphic sequence; ii) Series MO-S2: Normal faults were analyzed in conjugated sub-basins (oblique to the extension direction) developed in a sequence with and without rheological contrast. In experiments with rheological contrast, two important grabens developed along the faulted margins differing from the subbasins with mechanical stratigraphy. Both experiments developed oblique fault systems and, in the area of sub-basins intersection, faults traces became very curved.

## ESTIMATIVA DA PERMEABILIDADE DE ROCHAS CARBONÁTICAS POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA NUCLEAR: NOVAS ABORDAGENS

**Edmilson Helton Rios**

Orientador: Dr. Irineu Figueiredo (ON)

118 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 27.03.2015

**RESUMO.** Rochas carbonáticas são meios porosos bastante complexos. A previsibilidade de suas propriedades petrofísicas é bastante limitada, principalmente em relação à permeabilidade. O conhecimento da permeabilidade é importante para exploração e produção de aquíferos e reservatórios de hidrocarbonetos, no entanto sua determinação *in situ* não é possível com a sísmica e nem com a geofísica de poço convencional. A ressonância magnética nuclear (RMN) é uma das poucas técnicas sensíveis à variação da permeabilidade, podendo ser utilizada tanto no laboratório quanto em campo, o que possibilita a correlação rocha-perfil. Entretanto, há inúmeros estudos de caso na literatura que relatam um baixo desempenho dos modelos clássicos de permeabilidade por RMN quando aplicados às formações carbonáticas. Nesse trabalho, novas metodologias foram desenvolvidas e testadas em diferentes bancos de dados de reservatório carbonáticos nacionais e internacionais, sendo empregado tanto dados laboratoriais quanto de poços. Os principais resultados foram publicados em três revistas indexadas e esses artigos compõem o corpo da tese.

**ABSTRACT.** Carbonate rocks are the most complex and less predictable porous media, particularly with respect to permeability. Permeability is a petrophysical parameter of utmost importance for exploration and production of aquifers and hydrocarbon reservoirs. However, *in situ* determination of permeability is neither possible with conventional borehole geophysics nor seismic. Nuclear magnetic resonance (NMR) is uniquely sensitive to permeability being possible in the laboratory, in the field or in both for core-logging integration. However, there are numerous case studies in the literature that reports a low performance of the classical models of NMR permeability mainly when applied to carbonate formations. In this work, novel methodologies were developed and tested in different databases from national and international carbonate reservoirs, being employed both laboratory and well logging data. The main results are published in three peer-reviewed journals and these papers make up the body of this thesis.

## ASSINATURA ESTRUTURAL E GEOFÍSICA DA PORÇÃO NORTE (FRONTEIRA CEARÁ-PIAUI) NO LINEAMENTO TRANSBRASILIANO: REATIVAÇÃO NA BACIA DO PARNAÍBA

**Moisés Samuel João Bota Cacama**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (UFRN)

92 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.05.2015

**RESUMO.** O Lineamento Transbrasiliano é uma importante zona de cisalhamento com direção NE-SW, relacionada orogênese Brasileira e que evoluiu em estágios de alta até baixa temperatura. No presente trabalho, investigou-se a assinatura estrutural e geofísica da porção norte do Lineamento Transbrasiliano (fronteira Ceará-Piauí), envolvendo a zona milonítica brasileira, o Graben de Jaibas e as reativações que afetam as sequências sedimentares pós-ordovicianas da Bacia do Parnaíba. Na literatura é comum a referência à reativação fanerozoica dessa estrutura, a qual teria originado diversos grabens tardi-brasilianos precedentes à sinclise paleozoica do Parnaíba, a exemplo do Graben de Jaibas. As falhas que seccionam as unidades estratigráficas da Bacia do Parnaíba, ao longo de toda a extensão do Lineamento Transbrasiliano, exprimem a sua reativação em eventos mais jovens. O mapa do campo magnético anômalo reduzido ao polo exibe anomalias com direção NE, interpretadas como a assinatura do Lineamento Transbrasiliano (e das estruturas brasileiras da Província Borborema) na sua expressão de alta temperatura. O Graben de Jaibas é marcado por uma faixa anômala retilínea com alta susceptibilidade magnética (interpretada como o predomínio de rochas ferromagnesianas, provavelmente vulcânicas), aparentemente sem continuidade expressiva no substrato da Bacia do Parnaíba. A análise geométrica e cinemática das estruturas da área enfocada, utilizando dados de sensores remotos e de campo, permitiu a caracterização de quatro fases de deformação frágil a dúctil-frágil  $D_n$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ . A fase deformacional  $D_n$ , de idade ediacarana-cambriana, ocorre de modo exclusivo no Graben de Jaibas, com desenvolvimento de estruturas de temperatura mais elevada (comparativamente aos eventos mais jovens), dúcteis-frágeis. As fases deformacionais  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$  ocorrem afetando tanto o Graben de Jaibas como as sequências paleozoicas da borda NE da Bacia do Parnaíba, com geração de estruturas em temperatura baixa, basicamente rúpteis/cataclásticas. A análise de imagens SRTM permitiu cartografar diversos lineamentos de direção NE, NW e E-W na Bacia do Parnaíba, cuja correlação com as estruturas mesoscópicas é discutida em termos da reativação do Lineamento Transbrasiliano em associação com os estágios de abertura do Atlântico e separação América do Sul-África, ou mesmo a eventos orogênicos distais no Paleozoico.

**ABSTRACT.** The Transbrasiliano Lineament is a major shear zone trending NE-SW, related to the Brazilian orogeny and evolved through high to low temperature stages. In this study, the structural and geophysical signature of the northern segment of Transbrasiliano Lineament was studied in its northern border, between Ceará and Piauí states, involving the Brazilian mylonite zone, the Jaibas Graben and reactivations affecting the sedimentary sequences post-ordovician of Parnaíba Basin. In the literature, is commonly the Phanerozoic reactivation of this structure referred, generating several late Brazilian grabens predating the Paleozoic Parnaíba synclises, like the Jaibas Graben. Faults that cut the stratigraphic units of the Parnaíba Basin along the entire length of the Transbrasiliano Lineament express its reactivation during younger events. The magnetic anomaly field reduced to the pole map exhibit anomalies NE-trending, interpreted as the signature of the Transbrasiliano Lineament (and Brazilian structures of the Borborema Province) in its high-temperature expression. The Jaibas Graben is marked by a straight anomalous track with high magnetic susceptibility (interpreted as a prevalence of ferromagnesian rocks, probably volcanic), apparently without significant continuity in the substrate of Parnaíba Basin. The geometric and kinematic analysis of the structures in the study area, using remote sensing and field data, led to the characterization of four deformation phases brittle to ductile-brittle  $D_n$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  and  $D_3$ . The  $D_n$  deformation phase of Ediacaran-Cambrian age, occurs exclusively in the Jaibas Graben, with the development of comparatively higher temperature (as regards to younger events) ductile-brittle structures.  $D_1$ ,  $D_2$  and  $D_3$  deformation phases affect both the Jaibas Graben as well as the Paleozoic sequences of the northeastern edge of Parnaíba Basin, generating structures developed at lower temperatures, basically brittle/cataclastic. The SRTM image analysis allowed mapping different NE, NW and E-W trending lineaments in Parnaíba Basin, whose correlation with mesoscopic structures is discussed in terms of the reactivation of Transbrasiliano Lineament in association with the stages of general Atlantic opening and separation between South America and Africa, or even the distal orogenic events in Paleozoic.

## REALCE E DETECÇÃO DE FEIÇÕES MAGNÉTICAS ATRAVÉS DO SINAL MONOGÊNICO NO ESPAÇO-ESCALA DE POISSON: FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS

**Marlon Cabrera Hidalgo-Gato**

Orientador: Dra. Valéria Cristina Ferreira Barbosa (ON)

72 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 29.07.2015

**RESUMO.** Neste trabalho apresentamos os princípios da decomposição de um dado potencial utilizando o sinal monogênico no espaço-escala de Poisson com filtro passa-banda e a sua aplicação na filtragem e realce de anomalias de baixa intensidade e com alto conteúdo de ruído. O sinal monogênico no espaço-escala de Poisson com filtro passa-banda é definido como um vetor tridimensional composto pelo dado representado no espaço-escala de Poisson filtrado por um passa-banda e pelas componentes  $r_x$  e  $r_y$  da sua transformada de Riesz de primeira ordem. No domínio do número de onda, mostramos que a transformada de Riesz de um dado potencial é definida pela multiplicação do filtro de derivação horizontal de primeira ordem pelo filtro de integração vertical de primeira ordem. Este cálculo é estável fazendo com que as componentes da transformada de Riesz de primeira ordem sejam insensíveis ao ruído dos dados. A representação no espaço-escala de Poisson do dado com filtro de passa-banda é realizada, no domínio do número de onda, calculando-se a diferença entre dois filtros de continuação para cima do dado a dois níveis de continuação distintos. A partir da representação em coordenadas Cartesianas do vetor sinal monogênico no espaço-escala de Poisson com filtro passa-banda são definidos três novos filtros: 1) a amplitude local, 2) a orientação local e 3) a fase local. Testes em dados sintéticos mostraram a vantagem de se utilizar a fase do sinal monogênico no espaço-escala de Poisson como um filtro de equalização de anomalias de diferentes intensidades. Adicionalmente, em dados magnéticos não reduzidos ao polo, este filtro é eficaz na delimitação de estruturas geológicas bidimensionais tais como, lineamentos, falhas e contatos. Teste com dados aeromagnéticos reais de alta resolução na Bacia do Pará-Maranhão na margem equatorial brasileira mostrou que a fase do sinal monogênico no espaço-escala de Poisson tem um melhor desempenho que o filtro "tilt-angle" no realce de lineamentos no sentido E-W associados à expressão magnética da zona de fratura de São Paulo que cortam a crosta continental.

**ABSTRACT.** We have presented the principles of potential-field data decomposition in the Poisson scale-space monogenic signal with a band-pass filter and its applications to enhance weak and noisy anomalies. The Poisson scale-space monogenic signal with a band-pass filter is a 3D vector whose elements are the Poisson representation of the band-pass filtered data and its  $r_x$  and  $r_y$  components of the first order Riesz transform. In the wavenumber domain, we showed that these components are the multiplication of the Fourier transform of the filtered data by a Fourier-domain kernel, which in turn is the multiplication of the first-order horizontal derivative filter by the first-order vertical integral filter. This operation is stable making the components of the first-order Riesz transform quite insensitive to noise. The Poisson scale-space representation of the band-pass filtered data is given, in the wavenumber domain, by the difference between two upward continuations of the data at two at two continuation heights. By representing the Poisson scale-space monogenic signal with a band-pass filter in Cartesian coordinates, we can define three new filters: 1) the amplitude, 2) the orientation and 3) the phase. Tests on synthetic data showed the advantage of using the phase in the Poisson scale-space monogenic signal to enhance both strong and weak anomalies. In addition, if the data has not been correctly reduced to the north magnetic pole, the phase in the Poisson scale-space monogenic signal can be used to delineate geological structures produced by 2D sources like lineaments, faults and geological contacts. We applied the phase in the Poisson scale-space monogenic signal to real magnetic data from the Pará-Maranhão Basin in the Brazilian equatorial margin. Our test showed that the local phase in the monogenic scale space has a better performance than the tilt-angle in enhancing the east-west lineaments produced by the magnetic expressions of the São Paulo Fracture Zone cutting the continental margin.

## CARTOGRAFIA GEOFÍSICA DO ARCABOUÇO ESTRUTURAL DA BACIA POTIGUAR EMERSA, COM BASE EM DADOS GRAVIMÉTRICOS E MAGNÉTICOS

Suelen Ferreira de Souza

Orientador: Dr. David Lopes de Castro (PPGG/UFRN)

86 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 12.08.2015

**RESUMO.** O estudo de bacias sedimentares envolve a integração de informações adquiridas a partir da aplicação de diversas metodologias. Os métodos potenciais, gravimétrico e magnético, representam uma metodologia eficaz no estudo do arcabouço tectônico de bacias sedimentares a um custo relativamente barato, se comparado aos demais métodos geofísicos. O presente trabalho apresenta a integração de diferentes técnicas avançadas de processamento geofísico em dados potenciais (Redução ao Polo, *Matched Filter*, Gradiente Horizontal e Inclinação do Sinal Analítico), que auxiliaram especialmente na caracterização da expressão geofísica das principais componentes estruturais do Rifte Potiguar e seu embasamento cristalino. Os resultados permitiram identificar claramente as bordas falhadas do Rifte Potiguar (Carnaubais, Apodi e Mulungu), assim como sua estruturação interna, os *horsts* Canudos, Serra do Carmo, Mossoró, Macau e Quixaba, e os grabens de Apodi, Umbuzeiro e Boa Vista. As expressivas zonas de cisalhamento do embasamento pré-cambriano (Senador Pompeu, Jaguaribe, Portalegre, Açú, Florânia-Angicos e Picuí João-Câmara) também foram evidenciadas pelo mapeamento geofísico como extensos alinhamentos sigmoidais de direção NE-SW. A integração de dados geofísicos e geológicos permitiu a identificação de oito domínios tectônicos-geofísicos relacionados aos principais blocos crustais da Província Borborema. A análise detalhada das anomalias e lineamentos geofísicos permitiu ainda a associação das estruturas acima citadas com as principais etapas de rifteamento, estabelecidas na literatura para a complexa evolução por qual passou a bacia. Os *trends* gravimétricos e magnéticos de direção NE-SW, que definem o principal padrão direcional mapeado nas regiões adjacentes ao Rifte Potiguar e também em seu interior, evidenciam uma forte influência de estruturas pré-cambrianas na formação da bacia, reativadas durante a evolução da margem continental leste. Assim como, a deformação NW-SE nos diques Rio Ceará-Mirim, o truncamento de estruturas NE pela Falha de Apodi, e também o deslocamento entre a Zona de Cisalhamento Portalegre e o Sistema de Falhas de Carnaubais, identificados com os resultados do mapeamento geofísico, sugerem uma influência tectônica no Rifte Potiguar, herdada dos processos de evolução da margem continental equatorial do Brasil.

**ABSTRACT.** The study of sedimentary basins involves integration of information acquired from the application of different methods. The gravity and magnetic potential methods represent an effective methodology to study the tectonic framework of sedimentary basins, at a relatively cheaper cost than another geophysical methods. The current work presents an integration of different advanced techniques of potential data processing (Reducing to Pole, Matched Filter, Horizontal Gradient and Tilt Derivative), which greatly contributed to the characterization of geophysical expression of the main structural components of Potiguar Rift and its tectonic framework. The results allowed clearly identifying the faulted edges of the Potiguar Rift (Carnaubais, Apodi and Mulungu faults), as well as its internal components, Canudos, Serra do Carmo, Mossoró, Macau and Quixaba horsts, and the Apodi, Umbuzeiro and Boa Vista grabens. The expressive shear zones of its basement (Senador Pompeu, Jaguaribe, Portalegre, Açú, Florânia-Angicos and Picuí João-Câmara) were also evidenced by geophysical mapping as extensive sigmoidal alignments of NE-SW direction. The integration of geophysical and geological data allowed the identification of eight tectonic geophysical domains, related to the main crustal blocks of the Borborema Province underlying the sedimentary package. The detailed analysis of geophysical anomalies and lineaments allowed an association of the aforementioned structures with the main rifting stages established in the literature for the complex evolution by which passed the basin. The gravity and magnetic NE-SW trends, which occur as major directional patterns mapped in regions adjacent to the Potiguar Rift and also in its interior, reveal the strong influence of Precambrian structures in the formation of the basin, due to reactivation of these Brazilian structures during the evolution of the East continental margin. As well as the NW-SE deformation of Rio Ceará Mirim dykes, the truncation of the NE structures by the Apodi Fault and also the gap between the Portalegre Shear Zone and the Carnaubais Fault System, also identified from geophysical mapping, suggest the tectonic influence in the Potiguar Rift, inherited from the evolutionary process of the continental equatorial margin of Brazil.

## UTILIZAÇÃO DE SISMOS REGIONAIS PARA A DETERMINAÇÃO DE UM MODELO 1D DE VELOCIDADES DA ONDA P NA PROVÍNCIA BORBOREMA – NE DO BRASIL

**Hasan Lopes Shihadeh**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (UFRN)

77 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 08.09.2015

**RESUMO.** Neste trabalho foi realizado um estudo para a obtenção de parâmetros para um modelo regional de velocidades 1D válido para a Província Borborema, NE do Brasil. Para tanto, foram utilizados eventos que ocorreram na mesma entre 2001 e 2013 com magnitude acima de  $2.9 m_b$  e que tiveram epicentros bem determinados por redes locais de estações ou *back azimuth*, quando os dados são de boa qualidade. Foram escolhidos 7 eventos ocorridos nas principais áreas sísmicas da Província Borborema. Os eventos selecionados foram, ao todo, registrados em 74 estações das redes: RSISNE, INCT-ET, Milênio, João Câmara – RN, São Rafael – RN, Caruaru – PE, São Caetano – PE, Castanhão – CE, Santana do Acarau – CE, Taiapu – RN e Sobral – CE e a estação RCBR da rede IRIS/USGS – GSN. Para a determinação dos parâmetros do modelo realizou-se a inversão do tempo de percurso através de um ajuste de retas aos tempos observados. A validação deste modelo se deu de modo independente através da comparação com outros modelos conhecidos (globais e regionais para o Brasil). O modelo final, nomeado MBB, apresenta um modelo crustal lateralmente homogêneo composto por duas camadas com crosta superior de 11,45 km de espessura e uma crosta com espessura total de 33,90 km, sendo a base da segunda camada limitada pela descontinuidade de Moho. A velocidade da onda P na crosta superior foi estimada em 6,00 km/s e na crosta inferior 6,64 km/s. A velocidade da onda P no manto superior foi estimada em 8,21 km/s com uma razão  $V_P/V_S$  de aproximadamente  $1,740 \pm 0,002$ .

**ABSTRACT.** In this work it was performed a study to obtain parameters for an 1D regional velocity model for the Borborema Province, NE Brazil. It was used earthquakes occurred between 2001 and 2013 with magnitude greater than  $2.9 m_b$  either from epicentres determined from local seismic networks or by back azimuth determination, when possible. We chose seven events which occurred in the main seismic areas in the Borborema Province. The selected events were recorded in up to 74 seismic stations from the following networks: RSISNE, INCT-ET, Milênio, João Câmara – RN, São Rafael – RN, Caruaru – PE, São Caetano – PE, Castanhão – CE, Santana do Acarau – CE, Taiapu – RN and Sobral – CE, and the RCBR (IRIS/USGS–GSN). For the determination of the model parameters were inverted via a travel-time table and its fit. These model parameters were compared with other known model (global and regional) and have improved the epicentral determination. This final set of parameters model, we called MBB is laterally homogeneous with an upper crust at 11,45 km depth and total crustal thickness of 33,9 km. The P-wave velocity in the upper crust was estimated at 6.0 km/s and 6.64 km/s for it lower part. The P-wave velocity in the upper mantle we estimated at 8.21 km/s with an  $V_P/V_S$  ratio of approximately 1.74.



## ANÁLISE DO GRAU DE PROTEÇÃO DO AQUÍFERO BARREIRAS EM PERÍMETROS SOB FERTILIZAÇÃO QUÍMICA A PARTIR DE DADOS HIDROGEOFÍSICOS – ÁREA DA BACIA DO RIO CATU–RN

**Alexandre Richardson Oliveira Monteiro**

Orientador: Dr. Leandson Roberto Fernandes de Lucena (UFRN)

110 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.09.2015

**RESUMO.** A utilização de fertilização química em perímetros agricultáveis proporciona um incremento da produtividade, embora eventualmente possa ocasionar uma depreciação qualitativa do manancial hídrico subterrâneo, sobretudo se este for de natureza não confinada. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta resultados referentes a uma análise do grau de proteção natural do Aquífero Barreiras em uma área situada no litoral leste do Estado do Rio Grande do Norte-Brasil. O referido aquífero é de natureza clástica e possui caráter hidráulico não confinado, fato este que naturalmente lhe confere uma susceptibilidade à contaminação, proveniente de eventuais cargas contaminantes impostas na superfície do terreno. Estes contaminantes estariam associados com a lixiviação de excedentes da fertilização não assimilados pela vegetação. A metodologia utilizada foi fundamentada na utilização conjunta de dados hidrogeofísicos, particularmente de modelos inversos de sondagens elétricas verticais-SEVs e informações de perfis de poços, possibilitando a obtenção de cartografias de condutância longitudinal (S) e vulnerabilidade do aquífero. Essas cartografias foram elaboradas com ênfase para a zona não saturada sobrejacente, ressaltando sobretudo sua espessura e ocorrência de litologias argilosas. Dessa forma, o mapa de condutância longitudinal e vulnerabilidade revelaram áreas mais susceptíveis à contaminação nos setores nordeste e centro-leste da área de estudo, com valores iguais ou inferiores a 10mS e maiores ou iguais a 0,50, respectivamente. Por outro lado, o setor sudoeste mostrou-se menos susceptível a contaminações, com valores de condutância longitudinal e índices de vulnerabilidade maiores ou iguais a 30mS e menores ou iguais a 0,40, respectivamente.

**ABSTRACT.** The use of chemical fertilization in arable perimeters provides increased productivity, though it can eventually lead to a qualitative depreciation of groundwater sources, especially if such sources are unconfined in nature. In this context, this thesis presents results from an analysis of the level of natural protection of the Barreiras Aquifer in an area located on the eastern coast of the Rio Grande do Norte State – Brazil. Such an aquifer is clastic in nature and has an unconfined hydraulic character, which clearly makes it susceptible to contamination from surface ground loads with contaminants associated with the leaching of excess fertilizers not absorbed by ground vegetation. The methodology used was based on the use of hydro-geophysical data, particularly inverse models of vertical electrical soundings (VES) and information from well profiles, allowing the acquisition of longitudinal conductance cartographies (S), data in mili-Siemens (mS), and the vulnerability of the aquifer. Such maps were prepared with emphasis to the unsaturated overlying zone, highlighting in particular its thickness and occurrence of clay lithologies. Thus, the longitudinal conductance and aquifer vulnerability reveal areas more susceptible to contamination in the northeast and east-central sections of the study area, with values equal to or less than 10mS and greater than or equal to 0.50, respectively. On the other hand, the southwestern section proved to be less susceptible to contamination, whose longitudinal conductance and vulnerability indices are greater than or equal to 30mS and less than or equal to 0.40, respectively.

## ESTIMATIVA DE PARÂMETROS EM MEIOS VTI USANDO APROXIMAÇÕES DE SOBRETENPO NÃO HIPERBÓLICAS

Rubervaldo Monteiro Pereira

Orientador: Dr. João Carlos Ribeiro Cruz (UFPA)

93 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 30.09.2015

**RESUMO.** Meios transversalmente isotrópicos (TI) representam um modelo mais realístico para processamento de dados sísmicos, por exemplo, em meios fraturados com direção de fratura preferencial ou meios composto de finas camadas. Em especial, os meios TI com eixo de simetria vertical (VTI) são amplamente usados como modelos para propagação de ondas  $qP$  em folhelhos, rocha abundante em reservatórios de hidrocarbonetos. Contudo, a propagação de onda  $qP$ , em meios homogêneos VTI, tem como características, depender de quatro parâmetros de rigidez e, também, por possuir: equação de velocidade de fase algebricamente complicada, equação de velocidade de grupo difícil de explicitar, e equação *moveout* não hiperbólica. Por isso, vários autores tem apresentado reparametrizações e obtido aproximações para estas equações dependendo somente de três parâmetros. Dentre estas, as aproximações de sobretempo têm sido amplamente usadas em métodos inversos para estimar parâmetros litológicos em meios homogêneos VTI. Tais métodos têm, em geral, obtido sucesso na estimativa da velocidade de empilhamento *normal moveout*  $v_n$  e do parâmetro de anelipticidade  $n$ , pois somente estes são necessários para se gerar modelos iniciais, para realizar as fases do processamento no domínio do tempo. Um dos métodos mais utilizados para se estimar parâmetros é a análise de velocidade baseada em semblance, porém, devido este método ser limitado a seções com pequena razão offset-profundidade, adaptações para meios anisotrópicos, considerando aproximações de sobretempo não hiperbólicas, são necessárias. Outra limitação da medida semblance é sua perda de precisão sob grandes variações na amplitude com o afastamento e sob inversão de fase. Devido a isto, vários autores têm modificado a medida semblance como formas de compensar estas variações. Neste trabalho, baseado na aproximação anelíptica *shifted-hyperbola*, apresento aproximações anelípticas racionais para as velocidades de fase e grupo, bem como aproximações de sobretempo não hiperbólicas, em meios homogêneos VTI, horizontalmente estratificados. A validade destas aproximações é feita comparando os respectivos erros relativos destas aproximações aos erros relativos de outras aproximações conhecidas da literatura. Análise de velocidades baseada em semblance é realizada para aferir a precisão das aproximações racionais de sobretempo na estimativa de parâmetros em meios VTI. Os resultados obtidos demonstram o grande potencial das aproximações racionais em problemas inversos. Visando adaptar para meios VTI, nós modificamos duas medidas de coerência por semblance, as quais são sensíveis a variações de amplitude e fase. A precisão e robustez das medidas de coerência adaptadas são validadas estimando parâmetros anisotrópicos em meios VTI.

**ABSTRACT.** Transversely isotropic (TI) media is a more realistic model for processing seismic data, for example, fractured media with preferred fracture direction, or composite by periodic thin layers. In particular, TI media with vertical symmetry axis (VTI) are widely used as models for P-wave propagation in shales, abundant rock in hydrocarbon reservoirs. However, the P-wave propagation in homogeneous media VTI have as their main characteristics, depend on four parameters of rigidity and also to possess: complicated algebraically phase velocity equation, difficult group velocity equation to explain and moveout equation nonhyperbolic. Therefore, several authors have presented parameterization and obtained approximations to these equations depending on three parameters only. Among these, the moveout approximations have been widely used in inverse methods to estimate lithological parameters in homogeneous media VTI. Such methods have generally been successful in estimated stacking velocity  $v_n$  and the anellipticity parameter  $n$ , since these are the only ones required for generating initial models for the steps of seismic processing in the time domain. One of the most used methods for estimating parameters is the basedsemblance velocity analysis, though, because this method is limited to sections with small offset-depth ratio, adaptations for anisotropic media, considering nonhyperbolic moveout approximations are required. In this paper, based on anelliptical approximation shifted hyperbola, anelliptical rational approximations are presented for: phase velocity, group velocity and moveout nonhyperbolic in homogeneous VTI horizontally layered media. The validity of these approximations is made by calculating their relative errors by comparing with other known approximations in the literature. To semblance-based velocity analysis is performed to measure the accuracy of the rational moveout approximations to estimate parameters in VTI media. The results demonstrate the great potential of rational approximations in inverse problems. In order to adapt to VTI media, we modify two coherence measurements by semblance which are sensitive to amplitude and phase variations. The accuracy and robustness of the adapted coherence measurements are validated by estimation of in anisotropic parameters in VTI media.

## CÁLCULO DA POROSIDADE COM A REDE NEURAL COMPETITIVA ANGULAR

**Laura Yesenia Rosellon Guzman**

Orientador: Dr. André José Neves Andrade (UFPA)  
64 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 28.10.2015

**RESUMO.** A porosidade é a propriedade petrofísica que quantifica o volume de fluido presente na constituição da rocha reservatório nas condições originais de subsuperfície. No entanto, o seu cálculo pelo método densidade-neutrônico é extremamente prejudicado no caso de poços não testemunhados, onde não se dispõe do conhecimento das propriedades físicas da matriz (densidade e porosidade neutrônica). Esta dissertação apresenta um método para a viabilização do método densidade-neutrônico em poços não testemunhados, apresentando uma estimativa realista das propriedades físicas da matriz de cada camada reservatório, com a utilização de uma rede neural competitiva angular. Para cada camada de interesse, o treinamento da rede é realizado no Gráfico Densidade-Neutrônico construído com os pontos da camada e a informação da densidade dos grãos (densidade da matriz), obtida na análise de testemunho. Este método é apresentado com dados sintéticos, que satisfazem o modelo petrofísico e dados reais de dois poços testemunhados, do Campo de Namorado, Bacia de Campos.

**ABSTRACT.** Porosity is the petrophysical property that quantifies the fluid volume in the reservoir rock under for subsurface original condition. However, its calculation by the density-neutron method is extremely difficult in non cored borehole by the lack of the knowledge about the matrix physical properties (density and neutron porosity). This work presents a method for enabling the use of density-neutron method in non cored boreholes, showing a realistic estimate of the matrix physical properties for each reservoir layer, using a angular competitive neural network. For each layer, network training is performed in the density-neutron plot built with the points of this layer and the information about the grain density (matrix density), obtained in the core analysis. This method is presented with synthetic data, which satisfy the petrophysical model and real data from two cored wells in the Namorado Field, Campos Basin.

## SEISMIC PHYSICAL MODELING BASED ON THE PHYSICAL SIMILITUDES: APPLICATION IN ISOTROPIC MEDIA

**Leo Kirchhof Santos**

Orientador: Dr. José Jadsom Sampaio de Figueiredo (UFPA)

52 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 02.12.2015

**RESUMO.** Ao longo de décadas a modelagem física tem sido usada para ajudar geofísicos a entenderem os fenômenos relacionados a propagação de onda elástica em meios isotrópicos e anisotrópicos. A maioria dos trabalhos publicados relacionados a modelagem física utilizam similitudes físicas entre modelo e campo (ambiente geológico) apenas no contexto geométrico e, as vezes, no contexto cinemático. A similaridade dinâmica é aproximadamente ou, na maioria das vezes, não obedecida devido a dificuldade de reproduzir, em laboratório, as forças e tensões que existem no interior da Terra quando ocorre a propagação de ondas elásticas. Neste trabalho, uma expressão analítica para a similaridade dinâmica em meios isotrópicos é derivada em função da similaridade cinemática, impedância elástica e/ou dos parâmetros de Lamé (ou tensor de rigidez elástica) no contexto de tensão dinâmica (tensão gerada quando da propagação de uma onda). A expressão resultante para a similaridade dinâmica mostra que este tipo de similaridade possui múltiplas soluções no contexto da tensão dinâmica (problema de não unicidade). Entretanto, a regularização deste problema pode ser alcançada com o controle da porosidade e do conteúdo de argila. Medidas ultrassônicas (elásticas) assim como medidas petrofísicas (densidade e porosidade) em amostras de arenitos sintéticos mostram o quanto é difícil reproduzir em laboratório as três similitudes físicas estudadas neste trabalho. Outro importante resultado da análise feita neste trabalho foi alcançar uma expressão que relaciona a frequência da fonte sísmica com as fontes ultrassônicas usadas em laboratório.

**ABSTRACT.** Throughout the decades seismic physical modeling has been used to help the geophysicists to understand the phenomena related to the elastic wave propagation on isotropic and anisotropic media. Most of the published works related to physical modeling, use physical similitudes between model and field (geological environment) only in the geometric, and sometimes, in the kinematics sense. The dynamic similitude is approximately or, most of the time, not obeyed due to the difficulty to reproduce, in laboratory, the forces and tensions that exist inside the Earth when elastic waves propagate. In this work, an analytical expression for dynamic similitude in isotropic media in the sense of dynamic stress (stress due wave propagation) was derived. The resulting expression for dynamic similitude shows that this type of similitude has multiple solutions in context of dynamic stress (non-unicity problem). However, the regularization of this problem can be reached by controlling porosity and clay content. Ultrasonic measurements (elastic) as well as petrophysical measurements (density, porosity and clay content) in synthetic sandstone samples show how difficult it is to reproduce in the laboratory the three physical similarities studied in this work. Other important result of our analysis (from the kinematic similitude), is the achievement of an expression that relates the seismic frequency source with ultrasonic sources which are used in laboratory.

## TYING SEISMIC TO WELL BASED ON DETERMINISTIC WAVELET ESTIMATIVE AND PREDICTIVE DECONVOLUTION: APPLICATION IN THE NORTH SEA SEISMIC/WELL DATA

**Isadora Augusta Santana de Macedo**

Orientador: Dra. Carolina Barros da Silva (UFPA)  
80 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 04.12.2015

**RESUMO.** A estimativa da *wavelet*, assim como a amarração poço-sísmica, são procedimentos importantes no processamento e na interpretação sísmica. Neste trabalho é desenvolvido um estudo comparativo de amarração dos dados de poço aos dados sísmicos. A comparação reside nas diferentes maneiras abordadas para realizar a estimativa da *wavelet*: uma abordagem determinística, baseada tanto nos dados sísmicos quanto nos dados de poço e uma abordagem estatística, baseada na deconvolução preditiva e nas suposições clássicas do modelo convolucional da Terra. Os testes com dados numéricos mostram a estimativa da *wavelet* com uma certa precisão em ambos os casos. A viabilidade desta abordagem é também verificada nos dados reais de sísmica e poço provenientes do Viking Graben, no Mar do Norte na Noruega. Os resultados também mostram a influência das zonas lavadas do poço na qualidade da amarração poço-sísmica.

**ABSTRACT.** Wavelet estimation as well as well-tie procedure are important tasks in seismic processing and interpretation. In this work we perform comparative study of the well-to-seismic tie. The comparison relies on different approaches to estimate the wavelet: a deterministic estimation, based on both seismic and well log data, and a statistical estimation, based on predictive deconvolution and the classical assumptions concerning the convolutional model. Tests with numerical data show the estimation of seismic wavelet with reasonable accuracy for both cases. The feasibility of this approach is also verified on the real seismic and well data from Viking Graben field, North Sea, Norway. The results also shown the influence of the washout zones on the well log data on the well to seismic tie.

## EXPERIMENTAL VERIFICATION OF HUDSON AND ESHELBY-CHENG'S EFFECTIVE CRACK THEORY

**Jéssica Pena Henriques**

Orientador: Dr. José Jadsom Sampaio de Figueiredo (UFPA)

57 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 04.12.2015

**RESUMO.** A modelagem física em escala reduzida de meios fissurados/fraturados em laboratório tem servido como uma ótima alternativa para compreender o comportamento de meios anisotrópicos. Neste trabalho foram realizadas medidas ultrassônicas em amostras com baixas densidades e diferentes razões de aspecto de fissura. O objetivo principal se deu em investigar o comportamento dos parâmetros elásticos (velocidade das ondas, parâmetros de Thomsen  $\epsilon$  e  $\gamma$ ) e dos coeficientes do tensor de rigidez elástica para meios transversalmente isotrópicos. Comparar os resultados obtidos com as previsões feitas pelos modelos de Hudson (1981) e Eshelby-Cheng (1993) também foi investigado neste trabalho. Foram confeccionadas doze amostras com dois tipos de densidade de fissuras, 5 e 8%. As fissuras que possuem três razões de aspecto diferentes (0,133, 0,1778 e 0,2667) eram formadas por inclusões de borrachas em uma matriz isotrópica homogênea de resina. Além disso, uma matriz puramente isotrópica foi construída apenas por resina epóxi. Dentre todas as amostras, seis (três para cada densidade) possuem apenas um tipo de razão de aspecto (puras), enquanto outras seis (três para cada densidade) possuem três tipos de razões de aspectos diferentes (mistas). Entre as previsões dos modelos, o de Eshelby-Cheng (1993) mostra um melhor ajuste em relação aos resultados experimentais para as amostras puras (para as duas densidades de inclusões). No entanto, nenhum dos modelos prevê com mínima precisão a tendência para as amostras mistas.

**ABSTRACT.** Physical modeling of cracked/fractured media in downscaled laboratory experiments has served as a great alternative for understanding the anisotropic media behavior. In this work, it was performed ultrasonic measurements on samples with low crack densities and different aspect ratios. The main goal was to investigate the experimental behavior of elastic parameters, such as: waves velocities and Thomsen parameters  $\epsilon$  and  $\gamma$  and elastic stiffness coefficients for transverse isotropic media. Comparison of the results with the predictions made by the effective models of Hudson (1981) and Eshelby-Cheng (1993), it was also investigated in this work. Twelve samples were prepared with two types of cracks density, 5 and 8%. The cracks that have three different aspect ratios (0.133, 0.1778 and 0.2667) were formed by rubber inclusions in a homogeneous isotropic matrix resin. Moreover, an isotropic matrix sample was constructed by only epoxy resin. Among all samples, six (three for each density) have only one aspect ratio type (samples with single crack), while another six (three for each density) have three types of different aspect ratio (mixed samples). Among the predictions of the models, the Eshelby-Cheng (1993) shows a better fit in relation to the experimental results for samples with single crack (for the two densities of inclusions). However, none of the models predicts accurately with minimal tendency for the mixed samples.

## **APLICAÇÃO DOS MÉTODOS GRAVIMÉTRICO E MAGNETOTELÚRICO NA CONTRIBUIÇÃO DO ENTENDIMENTO DAS ESTRUTURAS GEOLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA BACIA DO PARANÁ, CENTRO-SUL DO BRASIL**

**Victor Carreira**

Orientador: Dr. Emanuele Francesco La Terra (ON)  
73 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 09.12.2015

**RESUMO.** Apresenta-se, nesta dissertação, um modelo geológico-geofísico da região central da Bacia do Paraná, obtido a partir principalmente de modelos 2D da variação lateral e em profundidade da densidade, em complementação aos estudos magnetotelúricos que estão sendo promovidos pela Agência Nacional do Petróleo – ANP. O estudo das grandes estruturas do embasamento de bacias sedimentares são de suma importância para o entendimento de sua evolução tectônico-estratigráfica. A Bacia do Paraná, em especial, é uma bacia rasa, com depocentro estimado em 7000 m, aproximadamente. Duas grandes estruturas regionais são marcantes na área de estudo: o Arco de Ponta Grossa, que é uma feição de direção NW-SE; e o alto gravimétrico de Paranapanema, uma alongada anomalia positiva com direção NE-SW. A região contempla ainda grandes derrames de lava representados pelos basaltos da Formação Serra Geral. Intrusões de diques e soleiras de diabásio, que datam principalmente do Cretáceo, são igualmente marcantes na região. Estas intrusões aproveitaram os determinados grupos de lineamentos estruturais pretéritos para se instalarem. A superfície Bouguer da região de estudo foi representada por polinômio de 4º grau, para estimar a profundidade da Moho. O modelo gravimétrico 2D final proposto apresenta bom ajuste, com erro da ordem de 1,7 mGal e inclui a topografia regional. Sua parte mais rasa foi obtida levando em consideração dados de seis poços estratigráficos existentes na área e ainda integrando vínculos de modelos 1D da resistividade elétrica de novos dados magnetotelúricos medidos em perfil regional. As estruturas mais profundas do modelo, em especial a profundidade da Moho, foram vinculadas a partir de estudos de sísmica de refração profunda, análise da função receptor e dispersão de ondas superficiais. Teste com modelo magnetotelúrico sintético suportam o modelo geológico-geofísico proposto, que apresenta como características mais notáveis, a suavidade da interface crosta-manto, que varia em torno de 42 km. A crosta superior foi representada por dois blocos que correspondem, na porção noroeste, à crosta continental Pré-cambriana Paranapanema e, na porção sudeste, a uma faixa móvel também Pré-cambriana Rio Apiaí, caracterizada por anomalia gravimétrica residual positiva, em concordância com o contexto tectônico da região já descrito em estudos anteriores. O limite bacia embasamento, derivado do modelo MT, evidenciou uma superfície fraturada com profundidade média de 5,5 km. A porção sedimentar é diferenciada em suas já conhecidas superseqüências, mas não resolve os diques e soleiras do perfil estudado.

**ABSTRACT.** This work aims to define a geological-geophysical model for the central region of the Paraná Basin obtained from models of gravity with lateral variation of depth and density, complementing the magnetotelluric studies that are being promoted by the National Petroleum Agency of Brazil – ANP. Studies of the basement structures in sedimentary basin are important to understand how does the tectonic-stratigraphic evolution occurred. The Paraná Basin is a shallow basin with depocenter estimated at 7000 m. Two major regional structures are prominent in the study area: the Ponta Grossa Arch, which is a feature of NW-SE direction; and the Paranapanema gravimetric high, an elongated positive anomaly with NE-SW direction. The region also includes large lava flows represented by basalts of the Serra Geral Formation. Intrusions of diabase dikes and sills, dating from the Cretaceous Period, are common in the region. These intrusions have settled in certain ancient groups of structural lineaments. The Bouguer surface of the study area was represented by the 4th degree polynomial function to estimate the depth of the Moho. The gravimetric final model proposed shows good fit, with an error of around 1.7 mGal and includes the regional topography. Data from six stratigraphic wells and a 1D composed model of electric resistivity measured in a magnetotelluric survey were used to modelate the shallow part of the gravimetric model. The model deepest structures, in particular the depth of the Moho, were linked from studies of seismic refraction, analysis of the receiver function and scattering of superficial waves. Magnetotelluric and gravimetric syntetic tests were created to support the geophysical-geological model proposed, that presents as most notable features a smoothness of the mantle-crust interface, that ranges around 42 km. The upper crust was represented by two blocks that corresponds, in the northwest portion, to the Paranapanema Precambrian continental crust and, in the southeastern portion, to the Rio Apiaí Precambrian mobile belt that is characterized by a positive residual anomaly of gravity, in accordance with the tectonic context of the region, already described in previous studies. The limit between the basin and the basement was derived from the MT model that revealed a fractured surface with an average depth of 5.5 km. The sedimentary portion was differentiated in its well known super-sequences.

## **ENERGIA GEOTÉRMICA DE MEDIA E ALTA ENTALPIA NO BRASIL: AVALIAÇÕES DE RECURSOS E PERSPECTIVAS DE APROVEITAMENTO**

**Fábio Pinto Vieira**

Orientador: Dr. Valiya Mannathal Hamza (ON)  
257 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 17.12.2015

**RESUMO.** Os trabalhos desenvolvidos nesta tese têm como enfoque avaliação de recursos de energia geotérmica do tipo média e alta entalpia no Brasil. O trabalho se baseou na reavaliação de dados geotérmicos adquiridos em cerca de 1200 localidades, disponíveis no banco de dados do Laboratório de Geotermia do Observatório Nacional. Também foram reunidos para finalidade desta tese informações sobre recursos geotermiais dos países vizinhos. Esses serviram como condições de contorno nas avaliações de recursos dos Estados localizados na borda oeste do país. O mesmo procedimento foi adotado na região leste, onde se encontra margem continental brasileira, caracterizada por um sistema contínuo de bacias sedimentares. As análises integradas de dados geotérmicos e hidrogeológicos permitiram mapeamento de efeitos de interferência de fluxos laterais de águas subterrâneas no campo de temperaturas, em profundidades menores que 3 km. As avaliações de recursos foram efetuadas para camadas crustais em profundidades maiores que 3 km. Esses foram agrupados em duas categorias: os com temperaturas entre 90 e 150°C e aqueles com temperaturas maiores que 150°C. Na ausência de dados hidrogeológicos das camadas profundas esses foram considerados respectivamente como recursos de rocha quente úmida (HWR) e recursos de rocha quente seca (HDR). O recurso base da classe HWR pode chegar a valores médios estimados de 770 GJ, com parcela recuperável de aproximadamente 45 GJ dependendo da região. Alvos para exploração de recursos HWR foram identificados nos Estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Mato Grosso. Indícios de ocorrências de recursos HWR também foram avaliados com base em dados de levantamentos magnetotéluricos. O recurso base da classe HDR pode chegar a valores médios estimados de 4.300 GJ, com parcela recuperável de 44 GJ dependendo da região. Possíveis alvos para exploração de recursos HDR foram identificados na região Sul de Goiás, porção central da bacia Jatobá, na faixa norte-sul na parte central da bacia do Paraná e em bolsões isolados na região Nordeste. Indícios de ocorrências de recursos HDR também foram avaliados com base nas análises de dados de levantamentos aeromagnéticos das províncias Tocantins e São Francisco.

**ABSTRACT.** The focus of the work in this thesis is assessment of medium and high enthalpy geothermal resources in Brazil. The work is based on revaluation data available at the geothermal database of the National Observatory. It includes data collected on thermal profiles of boreholes and wells in 1200 localities. Use has also been made of the available information on geothermal resources of neighboring countries. These served as boundary conditions in resource assessments of States located in the western border of Brazil. Analysis of geothermal and hydro-geologic data at depths less than 3 km indicated perturbing effects of groundwater flows in thermal fields. Assessments of geothermal resources were carried out for crustal layers at depths greater than 3 km. These were grouped into two classes: those with temperatures in the range of 90 to 150°C and those with temperatures higher than 150°C. In the absence of detailed information on the physical and hydro-geologic properties of deep-seated layers, resources falling in these intervals were classified as hot wet rock (HWR) and hot dry rock (HDR). The resource base of HWR type is estimated to be 770 GJ, while the recoverable part is 45 GJ. Sites for exploration of HWR resources were identified in the States of Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Mato Grosso. Results of magnetotelluric studies were also employed in exploration of HWR resources. The resource base of HDR type is estimated, to be 4,300 GJ, while its recoverable part is 44 GJ. Sites for exploration of HDR resources were identified in the southern parts of the State of Goiás, central part of the Jatobá and Taubaté basins, north-south belts passing through the central part of Paraná basin and isolated pockets in the Northeastern Region. Attempts made to map HDR resources using aeromagnetic data have led to identification several small bodies at depths greater than 10km in the tectonic provinces of Tocantins and São Francisco.