

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

PROCESSAMENTO E IMAGEAMENTO SÍSMICO USANDO O CRS

*Felipe Astur Valdes Pena*

ATENUAÇÃO DO *GROUND ROLL* ATRAVÉS DA FILTRAGEM ADAPTATIVA SVD NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

*Danilo Santos Cruz*

MIGRAÇÃO REVERSA NO TEMPO (RTM) COM COMPENSAÇÃO DE ILUMINAÇÃO NO DOMÍNIO DE ONDAS PLANAS E POR MÍNIMOS QUADRADOS (LSM) NO DOMÍNIO DO TIRO

*Antônio Edson Lima de Oliveira*

MODELAGEM DIRETA DE DADOS DE ELETRORRESISTIVIDADE 3-D

*Maria Rosilda Lopes de Carvalho*

IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES EM PERFIS DE POÇO COM ALGORITMO INTELIGENTE

*Renata de Sena Santos*

DESENVOLVIMENTO DE UM MAGNETÔMETRO DE PRECESSÃO NUCLEAR DE PRÓTONS PARA TRABALHOS DE CAMPO EM GEOMAGNETISMO

*Alfredo Fleischman*

CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E ESTIMATIVA DO TEOR DE UMIDADE DE AQUÍFEROS COM GPR

*Marcy Argolo Borges*

MODELAGEM DIRETA BIDIMENSIONAL DO MÉTODO MAGNETOTELÚRICO COM O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS DE ARESTAS

*Felipe dos Anjos Neves*

CARACTERIZAÇÃO DE HIDRATOS DE GÁS A PARTIR DE DADOS GEOFÍSICOS DA REGIÃO DA BACIA TUMBES-PROGRESSO (PERU)

*Zoraida Roxana Tejada Soto*

MODELAGEM E INVERSÃO DE DADOS DE POTENCIAL ELETRODINÂMICO

*Suzan Sousa de Vasconcelos*

UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS ELÉTRICAS E ELETROMAGNÉTICAS PARA A PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM JACUNDÁ (PA)

*Marcelo Fernandes Mendes*

ESTUDO HIDROGEOLÓGICO ATRAVÉS DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS E SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV's) – SALINÓPOLIS-PA

*Boris Chaves Freimann*

DINÂMICA NÃO LINEAR DE ONDAS DE ROSSBY MHD NOS DÍNAMOS SOLAR E TERRESTRE

*Breno Raphaeldini Ferreira da Silva*

ANÁLISE DO EFEITO DA DISCRETIZAÇÃO DO MODELO DE VELOCIDADES NAS MIGRAÇÕES KIRCHHOFF E KIRCHHOFF-GAUSSIAN-BEAM 2D PRÉ-EMPILHAMENTO EM PROFUNDIDADE

*Marcelo Tavares Paixão*

MODELAGEM 1D E 2,5D DE DADOS DO MÉTODO CSEM MARINHO EM MEIOS COM ANISOTROPIA TRANSVERSAL INCLINADA

*Walleon Gomes dos Santos*

## PROCESSAMENTO E IMAGEAMENTO SÍSMICO USANDO O CRS

**Felipe Astur Valdes Pena**

Orientador: Dr. Lourenildo Williame Barbosa Leite (UFPA)

129 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 04.02.2014

**RESUMO.** Este trabalho teve como objetivo a aplicação de métodos do empilhamento superfície-de-reflexão-comum (CRS-convencional), do CRS-parcial e da inversão niptomográfica para gerar imagens sísmicas para a interpretação em dados relacionados a meios geologicamente complexos. O modelo construído, e denominado Duvneck-Astur, foi usado para simular um ambiente geológico com camadas limitadas por interfaces curvas e suaves, mas que a teoria paraxial do raio seja obedecida, diferentemente de outros modelos sintéticos onde existem falhas geológicas, e fortes variações verticais e horizontais de velocidade, como por exemplo o Marmousi e o Sigsbee, entre outros. Para analisar comparativamente a resolução dos métodos aplicados, foram realizados dois testes com dados sintéticos. Um teste constando de dados espaçados com o silenciamento aleatório de traços nas famílias CMP, e um outro teste com adição de ruído. Foi analisado computacionalmente o comportamento dos métodos de empilhamento na obtenção de uma distribuição de velocidade em profundidade pela inversão NIP-tomográfica, que utiliza o vínculo dos atributos cinemáticos do campo de onda para estimar um modelo coerente com o dado. Os resultados da NIP-tomografia são comparados entre si, e em relação ao modelo de velocidade obtido da análise convencional (*semblance*). As distribuições de velocidade em profundidade foram usadas na migração PSPI em profundidade para verificar a coerência dos resultados.

**ABSTRACT.** This work aimed at the application of the common-reflection-surface stack methods (CRS-conventional), of the CRS-partial method, and of the NIP-tomography inversion method, to generate seismic data images for the interpretation related to geologically complex areas. The constructed model, and named Duvneck-Astur, was used to simulate a geological ambient formed by layers limited by smooth surface reflector interfaces, but that the paraxial ray theory was attended, differently from other synthetic common models where the presence of geological faults, and of high horizontal and vertical gradients exist, like in the Marmousi and the Sigsbee models, among others. To analyze comparatively the resolution of the applied methods, two tests were performed with the synthetic data. One test consisted of decimated data with random muting of traces in the CMP families, and another test with addition of noise. It was computer analyzed the behavior of the different stack methods to obtain a depth velocity distribution by NIP-tomography inversion, that uses the kinematic wavefield attribute constraints to estimate a velocity model consistent with the data. NIP-tomography results were mutually compared, and also to the velocity model obtained from semblance velocity analysis. The velocity distribution were used in the PSPI migration to verify consistency in the results.

## ATENUAÇÃO DO *GROUND ROLL* ATRAVÉS DA FILTRAGEM ADAPTATIVA SVD NO DOMÍNIO DA FREQUÊNCIA

**Danilo Santos Cruz**

Orientador: Dr. Milton José Porsani (UFBA)  
77 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 06.02.2014

**RESUMO.** Os dados sísmicos terrestres geralmente apresentam baixa razão sinal-ruído devido, entre outros fatores, à presença do *ground roll*. Trata-se de um ruído dominado por altas amplitudes, baixas frequências e velocidades e de caráter dispersivo, representado no domínio  $x - t$  como eventos lineares. Este ruído se sobrepõe às reflexões e prejudica tanto o processamento quanto a interpretação dos dados. Para atenuação do *ground roll*, utilizamos uma técnica de filtragem adaptativa baseada no método *Singular Value Decomposition* (SVD) e aplicada nos domínios  $f - x$  e  $f - k$ . Como parte do pré-processamento dos dados foram aplicadas a correção estática, a correção de divergência esférica além da aplicação de um ganho com intuito de melhorar a qualidade do registro sísmico. Em seguida, as famílias de ponto de tiro comum foram levadas para os domínios  $f - x$  e  $f - k$  através da transformada de Fourier e a filtragem SVD foi aplicada na forma de janelas deslizantes confinadas a faixa de frequências dominada pelo *ground roll*. Os espectros  $f - x$  e  $f - k$  filtrados foram obtidos com a diferença entre o espectro original e o espectro SVD predito com a primeira autoimagem, e a família de traços filtrada no domínio  $x - t$  é obtida através da transformada inversa de Fourier. O método foi aplicado sobre uma linha sísmica terrestre da Bacia do Tacutu, localizada na parte norte do Brasil. Os resultados mostram que o método proposto é eficaz para atenuar o *ground roll* e fornece resultados melhores quando comparado aos métodos convencionais de filtragem  $f - x$  e  $f - k$ .

**ABSTRACT.** The land seismic data often have low signal-to-noise ratio due, among other factors, the presence of ground roll. It is a coherent noise present in seismograms that appears as linear events, with high frequencies and amplitudes, low velocities and, in most cases, overlapping the reflections and harm both the processing and the interpretation of the data. In this work we present a filtering approach to attenuate the ground roll, which is based on the Singular Value Decomposition (SVD) method applied in the frequency ( $f - x$  and  $f - k$ ) domain. Before filtering the data we applied the standard pre-processing procedure to the original: the static corrections, the spherical divergence and a gain to improving the quality of the seismic records. After application of the Fourier transform, the SVD is applied to a small frequency range using a sliding window approach. The  $f - x$  and  $f - k$  filtered spectrum are obtained with the difference between the original spectrum and the predicted ones and the family of filtered traces is obtained by performing an inverse Fourier transform. The method was applied on a land seismic line of Tacutu Basin located in north part of Brazil. The results show that the method is effective for mitigating the ground roll and provides better results when compared to conventional filtering method  $f - x$  and  $f - k$ .

## MIGRAÇÃO REVERSA NO TEMPO (RTM) COM COMPENSAÇÃO DE ILUMINAÇÃO NO DOMÍNIO DE ONDAS PLANAS E POR MÍNIMOS QUADRADOS (LSM) NO DOMÍNIO DO TIRO

**Antônio Edson Lima de Oliveira**

Orientador: Dr. Reynam da Cruz Pestana (UFBA)

93 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 12.02.2014

**RESUMO.** Uma das limitações das técnicas de imageamento é que, via de regra, os dados sísmicos registrados são incompletos. Isso impossibilita uma correta reconstituição dos refletores em subsuperfície. O método LSM<sup>1</sup> foi proposto com o objetivo de reduzir os artefatos de migração provenientes de dados com uma amostragem irregular. A técnica LSM mostra-se eficiente como ferramenta na obtenção de imagens nítidas, especialmente em áreas tipicamente críticas no que diz respeito ao imageamento, a exemplo daquelas afetadas por tectônica salífera. Em contrapartida, por conta da necessidade de cálculo e armazenamento da matriz Hessiana da solução LSM, a eficiência computacional do método é baixa. Com o objetivo de contornar tais dificuldades, testou-se duas alternativas neste trabalho. A primeira delas foi migrar os dados tendo como entrada seções de ondas planas, as quais foram sintetizadas a partir das seções de tiro comum. Desse modo, se pode obter seções migradas com o método RTM<sup>2</sup> com um número de ondas planas inferior àquele de tiros do dado original. Às imagens assim obtidas, aplicou-se um termo de compensação de iluminação, o qual é considerado como uma aproximação da matriz Hessiana. A segunda alternativa foi o emprego do método LSM associado ao operador de migração RTM, compondo assim o método LSRTM<sup>3</sup>. Para otimizar a busca dos modelos obtidos iterativamente, utilizou-se o método do decrescimento mais rápido (*steepest descent*). Como resultado, obteve-se imagens com redução do erro entre os dados modelados e o de entrada para diferentes números de iterações. As seções LSRTM obtidas mostram uma boa resolução e são mais próximas daquela do modelo de refletividade, quando comparadas com as seções RTM convencional.

**ABSTRACT.** One of the most important limitations of imaging methods is that, usually, the recorded seismic data are incomplete. It causes difficulties for the subsurface imaging techniques. The least-squares migration method (LSM) was proposed in order to reduce migration artifacts caused by incomplete data. The LSM technique shown to be an efficient tool for provide sharp images, especially in critical areas, such those affected by salt tectonics. However, the complete solution of LSM method requires the computing and storage of the Hessian matrix, and then its computational efficiency is low. In order to overcome such difficulties, we tested two alternatives in this work. The first one was the migration of the data in plane wave domain, which was synthesized from common shot gathers. Thus, we obtained RTM sections with a lower amount of data that one in shots domain. At these images we applied a compensation illumination term, which can be considered as an approximation of the Hessian matrix. So we got good images with a small number of the wave field extrapolation. In the second way, we used the Least-Squares Reverse Time Migration method in the shot domain. In order to optimize the iterative search of the best model we used the steepest descent method. As a result, we obtained images with a reduction in the error between the modeled and calculated data. The least-squares reverse time migration (LSRTM) sections showed a better resolution than those obtained with the conventional RTM method.

<sup>1</sup>Do inglês *Least-Squares Migration*.

<sup>2</sup>Do inglês *Reverse Time Migration*.

<sup>3</sup>Do inglês *Least-Squares Reverse Time Migration*.

## MODELAGEM DIRETA DE DADOS DE ELETRORRESISTIVIDADE 3-D

**Maria Rosilda Lopes de Carvalho**

Orientador: Dr. Marcos Welby Correa Silva (UFPA)  
45 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 14.02.2014

**RESUMO.** Dentre os métodos geofísicos, o da Eletrorresistividade é um dos mais tradicionais, com o seu desenvolvimento ocorrido há mais de 80 anos. Durante esse tempo o seu uso acompanhou o avanço no poder de processamento numérico e mais recentemente, a modelagem e inversão tornou-se uma possibilidade para o geofísico. Apresentamos, neste trabalho, a técnica de elementos finitos aplicada ao método da eletrorresistividade 3-D, através do cálculo do potencial secundário. Para o desenvolvimento da metodologia, simulamos o levantamento do método da eletrorresistividade 3-D com os arranjos Dipolo-Dipolo e Schlumberger, visando medir as variações laterais e verticais da resistividade aparente do solo. Estes arranjos consistem na injeção de corrente elétrica na superfície e de medidas de diferenças de potencial elétrico, resultante da interação da corrente elétrica com o solo. Sendo que, as fontes e receptores são localizados de acordo com os arranjos escolhidos para o levantamento. Neste trabalho, as curvas de sondagem e as pseudo-seções de resistividade aparente, são obtidas através da modelagem de eletrorresistividade 3-D, usando malha de elementos finitos regular. Para efeito de validação, os resultados são comparados com a resposta 3-D obtida a partir dos potenciais totais.

**ABSTRACT.** The Electrical Resistivity is one of the most traditional method in applied geophysics. Over 80 years its development has been taken beside the advances in numerical modelling and processing. Recently, the three-dimensional modeling and inversion has become part of the workflow of the geophysicists. We present in this work a 3-D finite element technique applied to the resistivity method by using the secondary electric potential. For the development of the methodology, we simulate surveys of the resistivity method with dipole-dipole and Schlumberger arrays, in order to measure the lateral and vertical variations of apparent resistivity. These arrays consist of the injection of electric current in the Earth's surface and measurement of electrical potential. In this work, the sounding curves and pseudo-sections of apparent resistivity, are obtained through modeling of 3-D resistivity, using regular finite element mesh. For purposes of validation, the results are compared with the responses available in the literature and have been shown satisfactory. We can thus consider it a reliable and robust algorithm.

## IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES EM PERFIS DE POÇO COM ALGORITMO INTELIGENTE

**Renata de Sena Santos**

Orientador: Dr. André José Neves Andrade (UFPA)  
55 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 17.02.2014

**RESUMO.** A identificação de fácies em um poço não testemunhado é um dos problemas clássicos da avaliação de formação. Neste trabalho este problema é tratado em dois passos, no primeiro produz-se a codificação da informação geológica ou da descrição das fácies atravessadas em um poço testemunhado em termos das suas propriedades físicas registradas nos perfis geofísicos e traduzidas pelos parâmetros  $L$  e  $K$ , que são obtidos a partir dos perfis de porosidade (densidade, sônico e porosidade neutrônica) e pela argilosidade ( $Vsh$ ) calculada pelo perfil de raio gama natural. Estes três parâmetros são convenientemente representados na forma do gráfico  $Vsh - L - K$ . No segundo passo é realizada a interpretação computacional do gráfico  $Vsh - L - K$  por um algoritmo inteligente construído com base na rede neural competitiva angular generalizada, que é especializada na classificação de padrões angulares ou agrupamento de pontos no espaço  $n$ -dimensional que possuem uma envoltória aproximadamente elipsoidal. Os parâmetros operacionais do algoritmo inteligente, como a arquitetura da rede neural e pesos sinápticos são obtidos em um gráfico  $Vsh - L - K$ , construído e interpretado com as informações de um poço testemunhado. Assim, a aplicação deste algoritmo inteligente é capaz de identificar e classificar as camadas presentes em um poço não testemunhado, em termos das fácies identificadas no poço testemunhado ou em termos do mineral principal, quando ausentes no poço testemunhado. Esta metodologia é apresentada com dados sintéticos e com perfis de poços testemunhados do Campo de Namorado, na Bacia de Campos, localizada na plataforma continental do Rio de Janeiro, Brasil.

**ABSTRACT.** Facies identification in an uncored borehole is a classic problem in formation evaluation. In this study, this problem is treated as the extraction of geological information or facies descriptions from a cored borehole in terms of their physical properties registered in well logs and perform their encoding through the parameters  $L$  and  $K$  calculated from porosity logs, and shaliness calculated using the natural gamma ray log to construct the  $Vsh - L - K$  plot. For interpretation is presented an intelligent algorithm based on the competitive generalized angular neural network, built for angular pattern classification or data clustering in  $n$ -dimensional space that have an approximately ellipsoidal envelope, which are the characteristics of clusters in the  $Vsh - L - K$  plot and make your visual interpretation extremely complex. The application of intelligent algorithm is able to identify and classify the layers present in uncored boreholes, in terms of the facies identified in the cored borehole or in terms of its main mineral, when it is absent in the cored borehole. This methodology is presented with synthetic data and well logs from cored boreholes in Namorado oil field, in the Campos Basin, located on the continental shelf of Rio de Janeiro, Brazil.

## DESENVOLVIMENTO DE UM MAGNETÔMETRO DE PRECESSÃO NUCLEAR DE PRÓTONS PARA TRABALHOS DE CAMPO EM GEOMAGNETISMO

**Alfredo Fleischman**

Orientador: Dr. Luiz Carlos de Carvalho Benyosef (ON)  
142 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 20.02.2014

**RESUMO.** Este trabalho descreve a construção de um magnetômetro de precessão nuclear de prótons (PPM), para medidas geomagnéticas em campos de baixa intensidade, característico do território brasileiro. Dentro do escopo deste trabalho foram abordados diversos tópicos de relevância em instrumentação geomagnética, tais como o levantamento histórico dos equipamentos utilizados em geofísica, a comparação e classificação desses diversos equipamentos, e a vantagem de se utilizar um instrumento absoluto como o magnetômetro de precessão protônica. O princípio de funcionamento deste equipamento foi ainda amplamente detalhado visando complementar a literatura existente. Este protótipo foi desenvolvido tendo como referência um magnetômetro comercial construído no início da década de 1970, razão pela qual muitos de seus componentes eletrônicos estão bastante defasados, sendo que alguns não estão mais comercialmente disponíveis. Neste estudo foi realizado um levantamento criterioso de todas as etapas do circuito do magnetômetro de referência com o intuito de aperfeiçoá-lo para nossas condições atuais. Assim, foram feitas atualizações na eletrônica com o objetivo de dispor de um equipamento confiável que apresentasse manutenção de custo reduzido e que pudesse operar em campos magnéticos de baixa intensidade (a partir de 19.000 nT), com resolução de 1 nT. Diante dos resultados obtidos, pode-se afirmar que os objetivos deste trabalho foram plenamente satisfeitos. Tanto os testes obtidos em laboratório quanto os testes comparativos medidos no campo mostraram resultados excelentes para o protótipo desenvolvido, com dados muito próximos aos de equipamentos modernos comerciais.

**ABSTRACT.** This work describes the construction of a nuclear proton precession magnetometer (PPM) for geomagnetic measurements on low intensity fields, typical of the Brazilian territory. In the scope of this work, many important topics in geomagnetic instrumentation have been approached, like a historical survey of geophysics equipments, the comparison and classification of those equipments, and the advantage of using an absolute instrument like the PPM. The working principle of this kind of instrument has been widely detailed with the intention of complementing the existing literature. This prototype was developed based on a commercial unit designed on the 1970s, and for this reason many of its electronic components are out of date, and some of them are no more commercially available. A careful mapping of all stages of the magnetometer circuits was made with the intention of improving it to nowadays conditions. Many updates were made on the electronics, with the purpose of having a reliable equipment of easy maintenance that works in low intensity fields (from 19,000 nT), with 1 nT resolution. Facing the results achieved, it can be said that the aims of this work have been completely fulfilled. Both the laboratory tests and the comparative field tests showed excellent results for the developed prototype, with data very close to those obtained from modern commercial units.

## CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E ESTIMATIVA DO TEOR DE UMIDADE DE AQUÍFEROS COM GPR

Marcy Argolo Borges

Orientador: Dr. Marco Antonio Botelho Barsottelli (UFBA)

143 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 24.02.2014

**RESUMO.** Neste trabalho emprega-se o método geofísico GPR para mapear a estratigrafia associada a pontos de afloramento do nível freático (fontes naturais de água), diferenciando zonas saturadas de zonas não saturadas levando-se em conta a proximidade das fontes e a topografia dos terrenos. A potencialidade do GPR para executar estas tarefas é testada em um terreno essencialmente arenoso e também em terrenos areno-argiloso e silto-arenoso. O terreno arenoso está localizado no Município de Salvador e os três terrenos areno-siltosos/argilosos estão em três diferentes localidades no município de São Sebastião do Passé, BA. Os levantamentos com GPR em terreno arenoso foram realizados no Parque Municipal da Lagoa do Abaeté, onde obteve-se imagens nítidas dos contatos dos corpos de areia das dunas eólicas com o substrato silto-argiloso do embasamento alterado; interfaces interdunas; estratificações cruzadas e o lençol freático. Usando a informação da velocidade de propagação do pulso de radar no solo, obtida por análise CMP ou ajuste de hipérbolas, podemos individualizar e estimar o teor de umidade nas diferentes camadas. As camadas saturadas encontradas no Parque do Abaeté apresentaram velocidades entre 0,057 m/ns e 0,07 m/ns o que corresponde a um teor de umidade entre 0,42 e 0,32. As camadas insaturadas apresentaram velocidades entre 0,14 m/ns e um teor de umidade em torno de 0,061 e 0,089. Os teores de umidade foram obtidos a partir das informações de velocidade empregando as Equações de Topp e de Roth, cujos resultados diferem menos que 3,73% entre si. Os levantamentos de GPR no Município de São Sebastião do Passé foram realizados em três (3) diferentes localidades: (a) Riacho Claro, onde afloram sedimentos aluviais quaternários e cuja zona saturada apresentou velocidades do pulso eletromagnético em torno de 0,06 m/ns, sugerindo uma saturação de  $0,4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ; na zona não saturada e parcialmente saturada, as velocidades variaram respectivamente de 0,1 a 0,08 m/ns, com estimativa do teor de umidade variando entre 0,16 e 0,26; aqui foi possível identificar um paleocanal, por onde escoava boa parte da água que vai abastecer as fontes e os banhos. Existe uma relação direta entre as amplitudes das reflexões e o maior teor de umidade, havendo crescimento das amplitudes na estrutura descrita como paleocanal. (b) Capivara, onde foram encontradas velocidades de 0,095 m/ns nos perfis adquiridos na parte alta do terreno, fornecendo um teor de umidade em torno de 0,19. Foram encontradas velocidades de 0,07 m/ns nos perfis adquiridos mais próximos da fonte de água, com teor de umidade de 0,32. Ainda obtiveram-se velocidades 0,06 m/ns, correspondente a um teor de umidade de  $0,04 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  na parte final dos perfis GPR, associado a fortes amplitudes de reflexões, relacionado à área encharcada em volta da fonte. (c) A localidade de Água Preta apresentou um teor de umidade que variou de 0,18 a 0,32; aqui também foi possível mapear o nível freático e contatos litológicos nos perfis de GPR. Na campanha geofísica, utilizou-se equipamentos de GPR associados a antenas com frequências centrais de 80 e 200 MHz, empregando configurações de afastamento constante e de CMP (*Common Mid Point*). Os dados GPR coletados receberam o tratamento básico comumente empregado, utilizando *software* Reflexw e aplicando correções do tempo zero, filtragem *dewow*, remoção do *background*, ganhos, filtragem e conversão em profundidade.

**ABSTRACT.** This paper employs the GPR geophysical method to map the stratigraphy associated with the upwelling of the water table (groundwater), differentiating saturated from unsaturated zones, taking into account the vicinity of sources and topography of the land. The potential of GPR to perform these tasks is tested in a mainly sandy soil and in sandy clay and silty-sandy terrains. The sandy terrain is located in Salvador and the three sandy-clayey silt land are in three different locations in the city of São Sebastião do Passé, BA. The surveys with GPR in sandy soil were performed in the Municipal Park of Abaeté Lagoon, where we obtained clear images of the contacts of the bodies of aeolian sand with silty-clayey soil of the weathered basement, of the interdunes interfaces, of cross-stratification and groundwater table. Using information propagation velocity of the radar pulse in the soil, obtained by CMP analysis or adjustment of hyperbole, we can distinguish and estimate the water saturation in the different layers. Saturated layers found in the Abaeté Park showed speeds of 0.057 m/s and 0.07 m/s, and a moisture content between 0.42 and 0.32. Unsaturated layers showed velocities around 0.14 m/s, and a moisture content of 0.061 to 0.089. From the velocity information, it is calculate the moisture content, using Topp and Roth Equations, whose results never differ by 3.73% with each other. The GPR surveys is performed in three (3) different locations of São Sebastião do Passé District: (a) The Riacho Claro, where crops Quaternary alluvial sediments and its saturated zones show the speed of the electromagnetic pulse around 0.06 m/ns, suggesting a saturation of  $0.4 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ; and the unsaturated zone, the velocities ranged from 0.1 to 0.08 m/s with estimated moisture content ranging between 0.16 and 0.26, here it was possible to identify a paleochannel, through which flow much of the water that will supply the fountains and baths nearby, down below the topography; there is a direct relationship between the amplitudes of reflections and higher moisture content, with growth of amplitudes in the structure described as paleochannel; (b) Capivara, found speeds of 0.095 m/ns in the profiles obtained in the upper part of the terrain providing a moisture content of around 0.19 also found speeds of 0.07 m/s in the profiles acquired closer to the source water, moisture content of 0.32. It is possible to gets up velocities of 0.06 m/s and corresponding moisture content of  $0.04 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$  in the final part of the GPR profiles; there we find strong amplitude reflections, which are associated to wetland area, around the fountain. (c) The town of Água Preta has a moisture content ranging from 0.18 to 0.32, here also was still possible to map the groundwater level and lithological contacts in the GPR profiles. The Geophysics campaign uses GPR equipment associated with antennas with center frequencies from 80 and 200 MHz, using settings of constant offset and CMP (Common Mid Point). The GPR data collected received basic treatment commonly employed using Reflexw software and patching time zero, dewow filtering, removal of background, gain, filtering and conversion to depth.



## MODELAGEM DIRETA BIDIMENSIONAL DO MÉTODO MAGNETOTELÚRICO COM O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS DE ARESTAS

**Felipe dos Anjos Neves**

Orientador: Dr. Victor Cezar Tocantins de Souza (UFPA)  
54 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 24.02.2014

**RESUMO.** Fizemos a modelagem direta 2D do método magnetotelúrico (MT) com o método dos elementos finitos (MEF) de arestas em termos dos campos primários e secundários. Para usarmos modelos de maior complexidade e diminuirmos o custo computacional utilizamos malhas não estruturadas. Nas malhas utilizadas, introduzimos quatro nós em torno de cada estação MT, constituindo um quadrado alinhado nas direções dos eixos cartesianos  $x$  e  $z$ . Por meio dos campos tangentes obtidos nas arestas de cada quadrado, efetuamos derivadas numéricas por diferenças finitas. Validamos nosso código comparando nossas respostas com a solução semi-analítica de uma falha aflorante na superfície. Avaliamos a eficiência do método comparado com o método dos elementos finitos nodais. Nossos resultados sugerem que o MEF de arestas foi menos eficiente na modelagem do MT 2D em termos dos campos primários e secundários, comparado com o MEF nodais, sobretudo por demandar maior armazenamento de memória e tempo de processamento para os modelos estudados.

**ABSTRACT.** We have modelled 2D magnetotelluric using the edge finite element method by formulating the problem in terms of primary and secondary fields. In order to explore more complex models and to reduce the computational effort we have used unstructured meshes. We constrain the mesh to include, around each MT station four nodes in a square-shaped arrangement, aligned to the Cartesian axis  $x$  and  $z$ . From the tangential fields evaluated on the edges of these squares we approximate the partial derivatives with finite differences. We validate our code comparing its responses with the semi-analytical solution of a fault. We evaluate the efficiency of the method compared to nodal based finite element method. Our results suggest that the edge finite element method was less efficient to modelling the 2D MT in terms of primary and secondary fields than the nodal based finite element method, mainly due the need of more memory storage and time of processing for the studied models.

## CARACTERIZAÇÃO DE HIDRATOS DE GÁS A PARTIR DE DADOS GEOFÍSICOS DA REGIÃO DA BACIA TUMBES-PROGRESSO (PERU)

**Zoraida Roxana Tejada Soto**

Orientador: Dra. Ellen de Nazaré Souza Gomes (UFPA)  
120 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 25.02.2014

**RESUMO.** O hidrato de gás é conhecido como uma fonte potencial de energia de hidrocarbonetos. Entretanto, a detecção e exploração desse tipo de recurso é ainda inexpressiva. Isto se deve a dois fatores: a dificuldade na detecção de áreas rentáveis em hidratos de gás e devido ao alto risco exploratório. Nesse trabalho, é apresentada uma análise para a detecção de prováveis áreas de ocorrência do hidrato de gás em uma região da Bacia Tumbes-Progresso (Peru), utilizando dados geofísicos: magnético, gravimétrico, sísmicos e de poço. Apresenta-se três abordagens para evidenciar as possíveis áreas de hidrato de gás: na primeira, as anomalias magnéticas e gravimétricas são analisadas com relação à geologia e à área de estudo que foi escolhida. Em seguida foi feito o imageamento sísmico da região de interesse e a identificação dos BSRs (*Bottom Simulating Reflector*), refletores que delimitam zonas de hidrato de gás e gás livre. Aos potenciais BSR foi aplicada a análise AVO (*Amplitude Versus Offset*). Por fim, na terceira abordagem, são avaliados os dados de poço, calculando-se a porosidade e saturação da rocha na zona de estabilidade de hidrato de gás. De acordo com a análise apresentada, verificou-se a ocorrência de hidrato de gás na área de estudo.

**ABSTRACT.** Gas hydrate is known as a potential source of hydrocarbon energy. However, the detection of exploitation of this resource is still inexpressive. This is due to two factors: the difficulty of detecting profitable areas of gas hydrates and due to the high risk involved in exploration. In this study, an analysis is presented to detect possible areas of gas hydrate occurrence in a region of Tumbes-Progresso Basin, using geophysical data: magnetic, gravity, seismic and borehole (well data). It presents three approaches to demarcate the possible zones of hydrate: First, magnetic and gravity anomalies analyzed with respect to the geology and the study area that was chosen. It was subsequently made a seismic imaging the region of interest and the gas hydrates has been identified based on the presence identification of BSR (Bottom Simulating Reflector), This reflector correspond to a limit between gas hydrate and free gas zone. BSR potential was applied the AVO analysis (Amplitude Versus Offset). Finally, in the third approach, well data are evaluated, calculating the porosity and saturation of the rock in the gas hydrate stability zone. According to the analysis presented, it was verified the occurrence of gas hydrate in the study area.

## MODELAGEM E INVERSÃO DE DADOS DE POTENCIAL ELETROCINÉTICO

**Suzan Sousa de Vasconcelos**

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

77 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 26.02.2014

**RESUMO.** Estudos teóricos sugerem que sinais geofísicos de potencial espontâneo, gerados em testes de bombeamento em aquíferos ou poços de produção (água ou petróleo), podem ser utilizados para caracterizar o meio geológico na vizinhança dos poços. Esta possibilidade mostra-se viável pois distorções no potencial elétrico associadas ao fluxo da água são induzidas em locais estratégicos do meio, a saber: nas terminações de bombeamento e no contato entre unidades ou heterogeneidades do meio. Em meios homogêneos prevê-se uma equivalência entre parâmetros de bombeamento e termos de corrente que geram a anomalia de potencial espontâneo. Esta propriedade não tem sido explorada experimentalmente apesar de promissora como critério para aferir a homogeneidade do meio e determinar parâmetros físicos do substrato. Nosso estudo desenvolve experimentos de laboratório simulando testes de bombeamento que mostram a correspondência entre fontes hidráulicas e elétricas em meios homogêneos e distorções causadas por heterogeneidades. Os dados experimentais são analisados com modelagem numérica por elementos finitos, simulando fluxos acoplados com transporte de água e carga elétrica em testes de bombeamento. A partir da relação de equivalência desenvolvemos procedimentos para caracterizar o ambiente ao redor de poços e localizar feições que afetam a circulação de água. Para aprimorar o imageamento das fontes de corrente (e com isso das feições heterogêneas) desenvolvemos um procedimento, denominado “inversão com vínculo de interface”, que utiliza a resistividade elétrica do meio na construção de vínculos para a inversão de dados. Os resultados obtidos são comparados com procedimentos normalmente utilizados na interpretação de dados de potencial espontâneo mostrando a utilidade da abordagem desenvolvida.

**ABSTRACT.** Theoretical studies suggest that geophysical self-potential signals, generated by pumping tests or production wells in aquifers and petroleum reservoirs, can be used to characterize the geological media in the vicinity of the wells. This possibility appears to be feasible because distortions producing self-potential signals under conditions of forced circulation of water are localized in very strategic places of the medium, either at well terminations with water inow or outow as distributed along interfaces among contrasting geological unities. For homogeneous media theoretical developments forecast a kind of equivalence between pumping parameters and source terms modulating the self-potential response. This property has not been explored experimentally despite promising to characterize homogeneity for permeable media and developed field procedures to estimate transport properties for testing substrates. Our study develops laboratory experiments simulating pumping tests in porous media that verify the equivalence between hydraulic and electrical sources for homogeneous terrains, developing experimental and analytical procedures to interpret distortions caused by heterogeneities. Our experimental data set is analyzed with numerical modeling simulating coupled of phenomena (water and charge) as expected in pumping tests. Based on the equivalence property among hydraulic and electrical sources we introduce procedures to characterize the surroundings of a testing well and localize heterogeneous features disturbing regular patterns in water circulation. To improve source imaging we develop an inversion approach termed as “interface locked constraint” that uses the background resistivity model as *a priori* information to data inversion. Results obtained with this technique are compared with procedures normally used to interpret self-potential data showing the usefulness of the presented approach.

## UTILIZAÇÃO DE MEDIDAS ELÉTRICAS E ELETROMAGNÉTICAS PARA A PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA EM JACUNDÁ (PA)

**Marcelo Fernandes Mendes**

Orientador: Dr. Marcos Welby Correa Silva (UFPA)  
37 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 27.02.2014

**RESUMO.** A cidade de Jacundá tem um sistema de abastecimento público de água incipiente, a partir de fonte superficial não perene, de pequena vazão e que atende menos de 20% da população. Poços abertos e tubulares rasos são fontes de uso particular, restrito e sazonal. No entanto, a vazão relativamente elevada de dois poços tubulares profundos, construídos na cidade, aponta para uma alternativa de abastecimento por água subterrânea, como uma alternativa para o abastecimento local. Esse fato justificou um estudo geofísico para determinação das seções aquíferas mais profundas. Foram utilizadas 9 sondagens elétricas verticais, cuja interpretação considerada foi guiada pela perfilagem geofísica executada em um furo. Como resultado, os modelos das SEVs identificaram dois pacotes de estratos distintos em resistividade: i) pacote superior, resistivo, de espessura total menor que 30 m, associado à Formação Itapecuru, o qual, embora predominantemente arenoso, possui baixa potencialidade hidrogeológica na área estudada e ii) substrato de baixa resistividade, correspondente provável aos folhelhos da Formação Codó. Esse resultado é apoiado pelos resultados obtidos com o método Slingram. O potencial hidrogeológico do segundo pacote está nas intercalações de arenito no folhelho, que pode significar a solução para a gestão do abastecimento de água na cidade.

**ABSTRACT.** The Jacundá city has a public water system supply in its infancy. From the source surface it is not perennial, small flow and serves less than 20% of the population. Open and shallow tube wells are sources of particular use, limited and seasonal. However, the flow of two deep wells, built in the city, gave evidence that alternative underground water could be a good solution for the local supply. This fact gave rise to a geophysical study to determine the deeper strata permeable. We used nine vertical electrical sounding, whose interpretation accepted was guided by the geophysical results obtained in a hole. As a result, the models of VES's packets identified two distinct layers resistivity: A package higher, more resistive a total thickness less than 30 meters, was associated with the Itapecuru formation which, is predominantly sandy hydrogeological and weak. And the other, a substrate of low resistivity, it was assumed corresponding to the Codó Formation shales. The interpretation of Slingram data support this result. The hydrogeological potential of this second package is in the shale interbedded sandstone, which may mean the solution for the management of water supply in the city.

## **ESTUDO HIDROGEOLÓGICO ATRAVÉS DE PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS E SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV's) – SALINÓPOLIS-PA**

**Boris Chaves Freimann**

Orientador: Dr. Marcos Welby Correa Silva (UFPA)  
47 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 27.02.2014

**RESUMO.** Foi realizada uma correlação de perfis geofísicos de poços das áreas de captação da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA) perfurados no município de Salinópolis-PA para o abastecimento local. O estudo foi realizado em várias áreas de captação, abrangendo 15 poços. Os parâmetros utilizados na correlação foram Potencial Espontâneo (SP), Resistência Elétrica (RE) e Raios Gama (RG). Também, para efeito de controle, utilizaram-se os perfis litológicos dos poços, obtidos através de amostras de calha. Essa correlação teve por objetivo avaliar a continuidade lateral das camadas permeáveis e impermeáveis, a fim de se elaborar seções da subsuperfície com alta precisão. Para efeito comparativo utilizou-se também Sondagens Elétricas Verticais (SEV's). Constatou-se a provável existência de dois grandes aquíferos que se encontram abaixo do horizonte de cota de -60 metros em relação ao nível do mar e que apresentam continuidade lateral por toda extensão da área estudada. Constatou-se, também, que o topo do embasamento na região estudada oscila em torno de 120 metros abaixo do nível do mar. Tais conclusões são de extrema importância para uma melhor avaliação construtiva e locação de futuros projetos de abastecimento na sede do município de Salinópolis.

**ABSTRACT.** It was realized a correlation of geophysical well logs from the Sanitation Company of Pará (COSANPA) drilled in the city of Salinópolis for the local supply. The study was conducted in many areas of impound, covering 15 wells. The parameters used in the correlation were Self Potential (SP), Electrical Resistivity (ER) and Gamma Ray (GR). Also, for control purposes, was used the lithological log of the wells obtained from samples of drill cutting. This correlation was conducted to evaluate the lateral continuity of permeable and impermeable layers, in order to develop sections of the subsurface with high accuracy. I was also used Vertical Electrical Sounding (VES) for comparison effect. It was found the probable existence of two major aquifers that lie 60 meters below sea level and have lateral continuity along the full extent of the studied area. It was also found that the top of the basement in the studied area is around 120 meters below sea level. These findings are extremely important for a better location and constructive evaluation for supply wells in the future projects in the city of Salinópolis-PA.

## DINÂMICA NÃO LINEAR DE ONDAS DE ROSSBY MHD NOS DÍNAMOS SOLAR E TERRESTRE

**Breno Raphaldini Ferreira da Silva**

Orientador: Dr. Carlos Frederico Mendonça Raupp (IAG-USP)

121 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 28.02.2014

**RESUMO.** Dois exemplos de dínamos naturais de grande importância são o dínamo solar e o dínamo terrestre. Em comum ambos campos magnéticos, do Sol e da Terra, apresentam uma complexa variação temporal em diversas escalas de tempo, incluindo reversões de polaridade do dipolo magnético. Estes campos magnéticos surgem num fluido condutor em movimento sob ação da força magnética e da força de Coriolis. Neste contexto ondas de Rossby magnetohidrodinâmicas surgem como soluções das equações que regem estes dínamos em sua forma linearizada. Mostramos primeiramente que ondas de Rossby fornecem uma explicação para estrutura espaço-temporal do ciclo solar comumente descrita pelo diagrama de borboleta, como o confinamento das manchas numa faixa que se estende entre  $-40^\circ$  e  $40^\circ$  e latitude, a migração da atividade solar em direção ao equador e a ciclicidade na escala decadal. No contexto do geodínamo mostramos que a troca de energia entre ondas de Rossby, com a inclusão de forçantes apropriadas e dissipação, pode reproduzir diversos aspectos do processo de reversões do campo geomagnético. Exploramos ainda a possibilidade de acoplamentos entre conjuntos de ondas de Rossby (clusters de ondas) com separação de escalas, produzirem fenômenos como modulações na escala secular nos ciclos solares, incluindo o Mínimo de Maunder, e as variações na frequência das reversões do campo geomagnético, incluindo o fenômeno dos superchrons.

**ABSTRACT.** Two of the most important examples of natural dynamos are the Solar and Terrestrial dynamos. In common, both magnetic fields of the Sun and Earth, present a complex temporal variation, including the reversal of the magnetic dipole. These magnetic fields are generated in a conducting fluid in movement, in which both magnetic and Coriolis forces act as restoring mechanism. In this context magnetohydrodynamic (MHD) Rossby waves arise as solutions of the equations governing the dynamos in its linearized form. First we show that MHD Rossby waves provide an explanation for the spatio-temporal structure of the solar cycle, usually depicted in the butterfly diagram, namely, the confinement of the sunspots in a latitudinal band extending from  $-40^\circ$  to  $40^\circ$ , the migration of the solar activity towards the equator and the cyclic behavior in the decadal scale. In the context of the geodynamo we show that the exchange of energy between Rossby waves, including effects of forcing and dissipation, are able to reproduce several aspects of the geomagnetic dipole reversals. Finally we explore the possibility of coupling between sets of Rossby waves with scales separation as a possible mechanism for phenomena such as secular modulations in the solar cycle, including the Maunder minimum, and variations in the frequency of geomagnetic reversals, including the geomagnetic superchrons.

## ANÁLISE DO EFEITO DA DISCRETIZAÇÃO DO MODELO DE VELOCIDADES NAS MIGRAÇÕES KIRCHHOFF E KIRCHHOFF-GAUSSIAN-BEAM 2D PRÉ-EMPILHAMENTO EM PROFUNDIDADE

**Marcelo Tavares Paixão**

Orientador: Dr. João Carlos Ribeiro Cruz (UFPA)  
75 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 28.02.2014

**RESUMO.** O Feixe Gaussiano (FG) é uma solução assintótica da equação da elastodinâmica na vizinhança paraxial de um raio central, a qual se aproxima melhor do campo de ondas do que a aproximação de ordem zero da Teoria do Raio. A regularidade do FG na descrição do campo de ondas, assim como a sua elevada precisão em algumas regiões singulares do meio de propagação, proporciona uma forte alternativa no imageamento sísmicos. Nesta dissertação, apresenta-se um novo procedimento de migração sísmica pré-empilhamento em profundidade com amplitudes verdadeiras, que combina a flexibilidade da migração tipo Kirchhoff e a robustez da migração baseada na utilização de Feixes Gaussianos para a representação do campo de ondas. O algoritmo de migração proposto é constituído por dois processos de empilhamento: o primeiro é o empilhamento de feixes (“beamstack”) aplicado a subconjuntos de dados sísmicos multiplicados por uma função peso definida de modo que o operador de empilhamento tenha a mesma forma da integral de superposição de Feixes Gaussianos; o segundo empilhamento corresponde à migração Kirchhoff tendo como entrada os dados resultantes do primeiro empilhamento. Pelo exposto justifica-se a denominação migração Kirchhoff-Gaussian-Beam (KGB). Afim de comparar os métodos Kirchhoff e KGB com respeito à sensibilidade em relação ao comprimento da discretização, aplicamos no conjunto de dados conhecido como Marmousi 2D quatro *grids* de velocidade, ou seja, 60 m, 80 m 100 m e 150 m. Como resultado, temos que ambos os métodos apresentam uma imagem muito melhor para o menor intervalo de discretização da malha de velocidade. O espectro de amplitude das seções migradas nos fornece o conteúdo de frequência espacial das seções das imagens obtidas.

**ABSTRACT.** The Gaussian Beam (GB) is an asymptotic solution of the elastodynamic equation in the paraxial vicinity of a central ray, which approaches better the wave field than the standard zero-order ray theory. The GB regularity in the description of the wave field, as well as its high accuracy in some singular regions of the propagation medium, provide a strong alternative to solve seismic modeling and imaging problems. In this dissertation, I present a new procedure for pre-stack depth migration with true-amplitude, combining the flexibility and robustness of Kirchhoff migration type using superposition of Gaussian beams to represent the wave field. The proposed migration algorithm comprises in two stacking process: the first is the beam stack applied to subsets of seismic data multiplied by a weight function defined such that stack operator has the same formulation of the integral of the Gaussian beams superposition; the second is a weighted diffraction stack by means of the Kirchhoff type integral having as input the stacked data. For these reasons it is called Kirchhoff-Gaussian-Beam (KGB) migration. In order to compare the Kirchhoff and KGB methods with respect to the sensibility on relation to the discretization length, we apply them to the well-know 2D Marmousi dataset using four velocity grids, i.e. 60 m, 80 m, 100 m and 150 m. As result we have that both methods present a much better image for smaller discretization interval of the velocity grid. The amplitude spectrum of the migrated sections provide us with the spatial frequency contents of the obtained image sections.

## MODELAGEM 1D E 2,5D DE DADOS DO MÉTODO CSEM MARINHO EM MEIOS COM ANISOTROPIA TRANSVERSAL INCLINADA

**Walleison Gomes dos Santos**

Orientador: Dr. Cícero Roberto Teixeira Régis (UFPA)  
80 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 28.02.2014

**RESUMO.** Neste trabalho apresentamos a solução do campo eletromagnético gerado por um dipolo elétrico horizontal em meios transversalmente isotrópicos com eixo de simetria vertical (TIV) e com eixo de simetria inclinado (TII). Para modelos unidimensionais, o campo eletromagnético foi obtido por duas metodologias distintas: (1) solução semi-analítica das equações de Maxwell com auxílio de potenciais vetores no caso TIV e (2) em modelos com anisotropia transversal inclinada o campo eletromagnético foi separado em primário e secundário, e então, o campo secundário foi calculado pelo método de elementos finitos no domínio  $(k_x, k_y, z)$  da transformada de Fourier. Para estruturas bidimensionais, foi aplicada a mesma metodologia usado nos modelos TII unidimensionais, onde o campo secundário foi calculado pelo método de elementos finitos no domínio  $(x, k_y, z)$ , da transformada de Fourier, com a utilização de malhas não estruturadas para discretização dos modelos. Estas respostas foram usadas para avaliar os efeitos da anisotropia elétrica nos dados CSEM marinho 1D e 2,5D.

**ABSTRACT.** In this work I present the solution to the electromagnetic field generated by a horizontal electric dipole in transversally isotropic media with vertical (TIV) as well as inclined (TII) symmetry axis. In one-dimensional models the electromagnetic field was obtained with two distinct methods: (1) For the TIV case, I have written a semi-analytical solution to the Maxwells equations, by using a vector potential formulation; (2) For the TII case, the field was represented as the composition of primary and secondary fields, where primary fields are those found in an underlying isotropic layered medium, and the secondary field is calculated numerically via the finite element method in the spatial Fourier transform domain  $(k_x, k_y, z)$ . This last methodology was also used to calculate the fields in two-dimensional structures, including inclined anisotropy in any region of the models. In this 2.5D case, I have applied the finite element method in the  $(x, k_y, z)$  domain. Here I have used unstructured meshes to discretise the media, and parallel programming to solve the linear systems of equations. The responses were used to study the effects of electrical anisotropy in marine CSEM data.