

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

ESTUDO EM LABORATÓRIO DA DINÂMICA DOS ISÓTOPOS DE URÂNIO NO PROCESSO DE INTERAÇÃO ROCHA-ÁGUA EM GRANITÓIDES DO COMPLEXO ITU (SP)

*Helen Soares Borges da Silva*

AVALIAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE PLUMAS DE NECROCHORUME

*Fernando Augusto Saraiva*

INVESTIGAÇÃO SÍSMICA NA PLANÍCIE COSTEIRA DE BERTIOGA (SP)

*Emilio Eduardo Moreira Barbosa*

UTILIZAÇÃO DE DADOS GRAVIMÉTRICOS DERIVADOS DE ALTIMETRIA POR SATÉLITE E GEOFÍSICA MARINHA NO ESTUDO DE ESTRUTURA DO EMBASAMENTO NA REGIÃO DA BACIA DE SANTOS, SP

*Renata Regina Constantino*

FILTRAGEM ADAPTATIVA SVD DE VOLUMES SÍSMICOS 3D PARA REALÇAR REFLETORES E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

*Washington Oliveira Martins*

EQUAÇÕES PSEUDO-ACÚSTICAS PARA MODELAGEM E MIGRAÇÃO REVERSA NO TEMPO EM MEIOS COM ANISOTROPIA POLAR

*Diego Fernando Barrera Pacheco*

IMAGEAMENTO DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁREAS CONTAMINADAS UTILIZANDO ARRANJOS POÇO-SUPERFÍCIE

*Eduardo Lima de Abreu*

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E SIMULAÇÃO DAS REVERSÕES DO CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA

*Marco Aurélio do Espírito Santo*

## ESTUDO EM LABORATÓRIO DA DINÂMICA DOS ISÓTOPOS DE URÂNIO NO PROCESSO DE INTERAÇÃO ROCHA-ÁGUA EM GRANITÓIDES DO COMPLEXO ITU (SP)

**Helen Soares Borges da Silva**

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

77 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 06.02.2012

**RESUMO.** São apresentados os resultados do estudo do processo de lixiviação de urânio de granitóides do Complexo Itu (SP), através de experimentos de laboratório, para elucidar os mecanismos envolvidos no processo de interação rocha-água. Para tanto, foram coletadas seis amostras representativas das diferentes fácies graníticas do Complexo Itu, as quais foram submetidas ao processo de lixiviação utilizando um aparato experimental especialmente projetado e desenvolvido para esta pesquisa. Das rochas analisadas três são sienogranitos, duas são granitos alcalinos e uma é monzodiorito. Fragmentos de cada uma das rochas foram mantidos em frascos de vidro, contendo água destilada que ficou percolando pelo sistema constantemente, sob temperatura ambiente. Periodicamente, ao menos uma vez por mês, a água foi retirada para análise de urânio e substituída por outra. Cada granito foi submetido ao processo de lixiviação juntamente com uma duplicata e o sistema ficou em funcionamento por 180 dias. As concentrações de urânio e as razões de atividades  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  nos granitóides e nas amostras de água foram determinadas pela técnica de espectrometria alfa, que requer uma alta purificação química do urânio. A rotina experimental adotada mostrou-se satisfatória, apresentando rendimentos químicos variando entre 28 e 96%. A comparação dos resultados com aqueles determinados por ICP-MS, em seis amostras, indicou bons níveis de exatidão, com erros relativos variando de 2,3 a 12,8% (média =  $7\pm 4\%$ ). A quantidade total de urânio lixiviado, normalizado pela área superficial da rocha submetida à lixiviação e também pela concentração deste elemento nos granitóides, variou significativamente de uma amostra para outra, indicando reações envolvendo diferentes fases minerais. As maiores quantidades de urânio foram lixiviadas nas primeiras etapas do experimento, apresentando em seguida decréscimo gradual, com estabilização da taxa de dissolução, exceto para um sienogranito da Intrusão Cabreúva. As razões de atividade  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  determinadas nas águas indicaram desequilíbrio radioativo significativo, com valores variando entre  $1,63 \pm 0,02$  e  $2,9 \pm 0,1$ , que indicam lixiviação preferencial do  $^{234}\text{U}$ . Esses enriquecimentos de  $^{234}\text{U}$  não foram causados por recuo alfa direto, mas devem-se à fragilização da rede cristalina dos minerais que contêm urânio e à mudança no estado de oxidação deste elemento de 4+ para 6+. As análises dos cátions presentes nas águas analisadas sugerem que plagioclásio e biotita foram os minerais que mais sofreram dissolução. Como os minerais acessórios (apatita, titanita e allanita) que concentram urânio estão associados com a biotita, a sua dissolução pode ter acarretado a mobilização deste elemento nessas fases, contudo, estudos adicionais são necessários para confirmar esta hipótese.

**ABSTRACT.** This paper presents the results of uranium lixiviation process in granitoids from Itu Complex (SP), through laboratory experiments, in order to elucidate the mechanism involved during rock-water interaction. To achieve this, six representative samples were taken from different granite facies of Itu Complex and submitted to an experimental lixiviation apparatus that was developed and built for this project. Fragments of each sample were maintained in glass bottles, containing distilled water that percolated the system constantly, at room temperature. Periodically (at least once a month) the water was removed for uranium dissolution analyses and replaced with fresh distilled water. Each granite sample and one duplicate were submitted to the lixiviation process and the system remained operating for 180 days. The uranium concentration and the  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  activity ratios of both the granitoids and water samples were determined by alpha spectrometry, that requires a high level of uranium chemical purification. The experimental routine used was satisfactory with chemical recovery varying from 28 and 96%. The comparison of these results with those determined with ICP-MS, in six samples, indicated good accuracy levels, with relative errors varying from 2.3 to 12.8% (average =  $7\pm 4\%$ ). The total amount of dissolved uranium, normalized by the respective superficial area of the rock, varied significantly from one sample to another, indicating reactions that involve different mineral phases. During the first water sampling it was observed the highest values for uranium lixiviation, which were followed by a gradual decrease of the dissolution rates, tending to present a constant rate at the end of the experiment, except for one sample from the Cabreúva Intrusion. The  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  activity ratios indicated a significant radioactivity disequilibria, with values between  $1.63 \pm 0.02$  and  $2.9 \pm 0.1$ , that indicate preferential leaching of the  $^{234}\text{U}$ . This enrichment was not caused by direct alpha recoil, but was probably due to the crystal lattice damage of uranium enriched minerals and its oxidation state change from 4+ to 6+. The analyses of the cations present in the water samples suggest that plagioclase and biotite are the minerals most affected by dissolution. As the uranium enriched accessory minerals (apatite, titanite and allanite) are associated with biotite, its dissolution may have enhanced the mobilization of this element from accessory phases, although additional studies are necessary to confirm this hypotheses.

## AVALIAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS NO COMPORTAMENTO ESPACIAL DE PLUMAS DE NECROCHORUME

**Fernando Augusto Saraiva**

Orientador: Dr. Fabio Taioli (IGc-USP)

93 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 07.02.2012

**RESUMO.** Nos últimos 20 anos, impactos ambientais relacionados à implantação e funcionamento de cemitérios têm sido objeto de diversas discussões públicas, levantamentos ambientais e alguns trabalhos acadêmicos. A maioria das pesquisas tem demonstrado o esperado dano ambiental causado pelos cemitérios. Por outro lado, em estudos ambientais tanto acadêmicos quanto técnicos, os pesquisadores e profissionais têm se valido de diversas metodologias, especialmente dos métodos indiretos de investigação por sua rapidez e qualidade dos resultados. Os métodos indiretos utilizados na avaliação e controle das contaminações por cemitérios têm sido a eletrorresistividade e os eletromagnéticos. Mais recentemente o radar (GPR – *Ground Penetrating Radar*) tem sido mencionado em literatura e utilizado principalmente em estudos forenses. Neste projeto se implantou em uma área sem qualquer histórico de contaminação, corpos e restos de animais com semelhanças a corpos humanos, comparando os métodos e técnicas geofísicas no acompanhamento da formação da pluma de contaminação possivelmente originada a partir da formação do necrochorume. Os resultados mostraram que o método da eletrorresistividade com a técnica do caminhamento elétrico apresentou os melhores resultados quanto à delimitação da pluma gerada. Análises físico-químicas efetuadas na água subterrânea para se avaliar os resultados não mostraram claramente as alterações previstas, especialmente quanto ao esperado aumento da condutividade elétrica.

**ABSTRACT.** In recent years, environmental impacts related to the deployment and operation of cemeteries has been the subject of several public discussions, environmental surveys and academic papers. Most surveys have shown the expected environmental damage caused by cemeteries. On the other hand, in academic and technical environmental studies, researchers and professionals have been using various methodologies, especially the indirect methods of investigation due to quickness and quality of results. The indirect methods used in the evaluation and control of contamination caused by cemeteries has been the electrical and electromagnetic. More recently Ground Penetrating Radar has been mentioned in literature and mainly used in forensic studies. This study implemented in an area without any history of contamination, animal bodies with similarities to human burials and compared the methods and geophysical techniques to monitor the formation of the plume of contamination probably originated from the formation of necroleachate. The results showed that the method of electrical imaging showed the best results concerning the delimitation of the plume generated. Physical and chemical analysis performed in groundwater to evaluate the results did not clearly show the expected changes, especially regarding the specific increase in electrical conductivity.

## INVESTIGAÇÃO SÍSMICA NA PLANÍCIE COSTEIRA DE BERTIOGA (SP)

**Emilio Eduardo Moreira Barbosa**

Orientador: Dr. Renato Luiz Prado (IAG-USP)

94 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 09.03.2012

**RESUMO.** Este trabalho avalia a potencialidade do emprego da sísmica de reflexão para mapear os depósitos sedimentares quaternários e o embasamento na planície costeira de Bertioiga (SP). Foi feita uma aquisição CMP em uma linha perpendicular à costa e aplicado o fluxograma de processamento convencional utilizado em sísmica de reflexão. Na região estudada estão presentes o embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano e sedimentos de origem marinha, estuarino-lagunar/lacustre-paludial, fluvial e de encosta, de idades pleistocênicas e holocênicas. São descritos os procedimentos adotados para a escolha da área dos ensaios, para os testes de análise de ruídos, e para a aquisição CMP. Nas condições da área, a fonte de impacto tipo marreta forneceu melhores resultados em comparação com a fonte do tipo compactador de solos utilizando-se a técnica *Mini-Sosie*. O método mapeou dois contatos importantes com boa continuidade: o topo rochoso e uma interface que separa camadas sedimentares dentro das unidades do Quaternário. Além disso, permitiu inferir a existência de uma falha normal afetando o embasamento e sedimentos. Para a obtenção de uma seção geológica final, os resultados da sísmica de reflexão foram integrados aos resultados obtidos por outros autores do mesmo registro sísmico utilizando os métodos de tomografia por ondas *P* refratadas e o da análise multicanal de ondas superficiais. A sísmica de reflexão se mostrou uma potencial ferramenta para ser aplicada em ambientes costeiros, podendo trazer importantes subsídios para estudos da evolução geológica.

**ABSTRACT.** This work evaluates the potentiality of the seismic reflection method to mapping quaternary sedimentary deposits in the Bertioiga (SP) coastal plain. A CMP acquisition was done in a perpendicular line to the coast and it was applied a conventional processing flow used in shallow reflection seismic. The geology of the study area comprises the Pre-Cambrian basement formed by igneous-metamorphic rocks, which is covered by Holocene and Pleistocene sediments of marine, estuarine-lagoonal/lacustrine-marshy, fluvial and of hillside origins. It's described the procedures adopted to choose the study area, to execute the walkaway noise tests and to acquire and analyse the CMP data. For the local geological conditions the sledge hammer gave better results compared to vibrator source used with the Mini-Sosie method. The seismic reflection method has mapped two important interfaces, the basement and the contact between two different sedimentary units, besides a geologic fault. Aiming the elaboration of a final geological section, the seismic reflection results were complemented with the results of other authors with the same data recorded, using Tomography Applied to *P* Refracted Waves and Multi Channel Surface Waves Analysis. The seismic reflection method shows to be a potential tool to be used in coastal environments and can contribute to the geological evolution study of the coastal plain.

## UTILIZAÇÃO DE DADOS GRAVIMÉTRICOS DERIVADOS DE ALTIMETRIA POR SATÉLITE E GEOFÍSICA MARINHA NO ESTUDO DE ESTRUTURA DO EMBASAMENTO NA REGIÃO DA BACIA DE SANTOS, SP

**Renata Regina Constantino**

Orientador: Dr. Eder Cassola Molina (IAG-USP)

71 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 14.03.2012

**RESUMO.** O embasamento oceânico representa a situação tectônica de uma determinada área e seu conhecimento é crucial em estudos que visam explorar o fundo marinho. Devido à alta taxa de sedimentação, principalmente em bacias oceânicas, a topografia do embasamento é mascarada e suas estruturas podem estar enterradas, inacessíveis à observação direta. Este trabalho visa estimar a profundidade do embasamento na região da Bacia de Santos a partir de uma análise combinada de dados gravimétricos obtidos a partir de altimetria por satélite e gravimetria marinha, dados batimétricos e modelo de espessura sedimentar de bancos de dados internacionais e dados de espessura crustal disponíveis na região. Na primeira etapa do trabalho foi calculado o efeito do pacote sedimentar no sinal gravimétrico na Bacia de Santos e a profundidade da Interface Crosta Manto (ICM) foi modelada a partir de inversão gravimétrica com vínculos. Na etapa seguinte, a confiabilidade dos modelos obtidos foi testada através de análise flexural. Os dados de profundidade da ICM flexural e gravimétrica se mostraram em concordância, sinalizando a adequação de seu uso na próxima etapa do trabalho. O efeito gravimétrico da ICM encontrada por análise flexural e o efeito gravimétrico dos sedimentos foram então calculados e subtraídos da anomalia Bouguer original. O campo residual assim obtido, que se admite representar as feições topográficas do embasamento, foi invertido na última etapa do trabalho, fornecendo informações que mostram um embasamento com feições topográficas de até 700m em certas regiões isoladas. Este embasamento gravimétrico pode, dentro de suas restrições, oferecer importantes subsídios para a elaboração de modelos genéticos e tectônicos de interesse exploratório na região.

**ABSTRACT.** The ocean basement represents the tectonic situation of an specific area and their knowledge is crucial in studies aimed at exploring the seabed. Due to the high sedimentation rate, especially in ocean basins, the topography of the basement is masked and their structures can be buried, inaccessible to direct observation. This paper aims to estimate the depth of the basement in the region of the Santos Basin from a combined analysis of gravity data obtained from satellite altimetry and marine gravimetry, bathymetric data and sediment thickness from international data banks and crustal thickness data available in the region. In the first step of the work it was calculated the gravity effect of sediments in Santos Basin and the Crustal Mantle Interface (CMI) was modeled from constrained gravity inversion. In the next step, the reliability of the models obtained was tested by flexural analysis. The flexural and gravity CMI proved to be in agreement, indicating the appropriateness of its use in the next stage of work. The gravity effect of Flexural CMI and the gravity effect of sediments were then calculated and subtracted from the original Bouguer anomaly. The residual field thus obtained, which is assumed to represent the topographical features of the basement, was inverted in the last step of the work, providing information that show a basement with features of up to 700m in some isolated regions. This gravimetric basement may, within its restrictions, offer important insights for the development of genetic and tectonic models off exploration interest in the region.

## FILTRAGEM ADAPTATIVA SVD DE VOLUMES SÍSMICOS 3D PARA REALÇAR REFLETORES E ESTRUTURAS GEOLÓGICAS

**Washington Oliveira Martins**

Orientador: Dr. Milton José Porsani (UFBA)

65 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 29.03.2012

**RESUMO.** Neste trabalho aplica-se o método de filtragem adaptativa SVD (*Decomposição em Valores Singulares*) com o propósito de aumentar a qualidade da seção sísmica final, a fim de realçar refletores e estruturas geológicas. Para tanto fez-se o uso de um algoritmo que realiza a decomposição da matriz de dados sísmicos em autoimagens e valores singulares que são calculados com base no conceito matemático da álgebra linear relacionados aos autovetores e autovalores das matrizes de covariância. A filtragem opera com a decomposição SVD de um subconjunto de traços extraído de um volume sísmico 3D, e a cada posição do operador, o traço filtrado (centro do operador) é obtido tomando-se apenas a primeira autoimagem ou somando-se as primeiras autoimagens do painel de 5 traços selecionados. Assim, melhoramos a coerência correspondente às reflexões primárias, em detrimento do ruído, ou seja, eventos não correlacionados localizados nas demais autoimagens. Essa técnica de filtragem esta fundamentada na ideia de que para extrairmos a porção mais correlacionável ou coerente dos dados sísmicos, devemos usar as autoimagens associados aos maiores valores singulares. Pois o que se espera, em se tratando de dados sísmicos, é que o sinal desejado e o ruído situem-se em bandas distintas de autoimagens, de maneira que através de uma escolha apropriada de autoimagens se consiga atenuar os eventos indesejáveis sem alterar as reflexões de interesse, durante a reconstituição SVD. A filtragem SVD pode ser vista como um método de filtragem adaptativa multicanal onde cada traço filtrado guarda certo grau de coerência com os traços imediatamente vizinhos. O método de filtragem SVD proposto foi implementado em linguagem Fortran e aplicado a dados sísmicos sintéticos correspondente a um volume 3D marítimo e a dados sísmicos reais do Campo de Quiambina da Bacia do Recôncavo. Os resultados obtidos demonstram a eficácia tanto na melhoria da coerência espacial das reflexões como também na atenuação de ruídos não correlacionáveis, revelando desta forma as feições e estruturas geológicas de interesse para a exploração de petróleo.

**ABSTRACT.** In this work we apply an adaptive singular value decomposition (SVD) filtering method in order to increase the quality of the final seismic section, to enhance reflectors and geological structures. For this was done using an algorithm that performs the decomposition of the matrix of seismic data in eigenimages and singular values which are calculated using the mathematical concept of linear algebra to the related eigenvectors and eigenvalues of matrices covariance. The filtering operation with the SVD decomposition of a subset of traces extracted from a 3D seismic volume, and the each position of the operator, the filtered trace is obtained by taking only the first eigenimage or adding the first eigenimages of the five traces panel selected. Thus we improved the coherence corresponding to the primary reflections, instead of the remaining signal, that is uncorrelated events located in the other eigenimages. This filtering technique is based on the idea that for us to extract a portion correlated or coherent seismic data, we use the eigenimages associated with the largest singular values. For what is expected, in the case of seismic data is that the desired signal and the noise if locate in distinct bands of eigenimages, so that through a suitable choice of eigenimages is able to mitigate the adverse events without changing the reflections of interest, during reconstitution SVD. The SVD filtering approach may be seen as a multichannel filtering method where each filtered seismic trace retains the coherence of the neighbouring seismic traces. The proposed filtering method SVD was implemented in Fortran language and applied to synthetic seismic data representing a 3D volume marine survey and real seismic data Field Quiambina of Recôncavo Basin. The results demonstrate the effectiveness of both the improvement of spatial coherence of the reflections as also in the noise attenuation is not correlated, thus revealing the features and geological structures of interest for oil exploration.

## EQUAÇÕES PSEUDO-ACÚSTICAS PARA MODELAGEM E MIGRAÇÃO REVERSA NO TEMPO EM MEIOS COM ANISOTROPIA POLAR

**Diego Fernando Barrera Pacheco**

Orientador: Dr. Reynam da Cruz Pestana (UFBA)

48 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 30.03.2012

**RESUMO.** Nos últimos anos, com a necessidade de se aperfeiçoar a exploração e o processamento dos dados sísmicos, tem havido um crescente interesse no uso da equação da onda com anisotropia no imageamento dos dados sísmicos. Estudos em laboratório têm indicado, com provas muito convincentes, de que intercalações de folhelho em camadas delgadas introduzem no meio uma anisotropia polar, dependendo da inclinação das camadas com respeito a um eixo de simetria. Se o efeito da anisotropia é desprezado, certamente, a imagem sísmica irá apresentar erro no posicionamento dos refletores. Visando incorporar os efeitos da anisotropia na imagem sísmica, muitos algoritmos de migração baseados na teoria de raios e também na solução da equação da onda têm sido adaptados, a partir do caso isotrópico, para corrigir os efeitos devido à anisotropia do meio. Portanto, os métodos convencionais de migração, inclusive a migração reversa no tempo, estão sujeitos a erros em meios com algum tipo de anisotropia e isso produz imagens sísmicas de baixa resolução e refletores mal posicionados. Assim sendo, para se produzir imagens que serão usadas, por exemplo, para o delineamento de reservatórios, devem ser empregados métodos de migração que levem em consideração a anisotropia do meio. Neste trabalho derivamos equações para meios com anisotropia TTI, para a onda  $P$ , partindo da equação de dispersão exata para meios TTI proposta por Tsvankin (1996). Estas novas relações de dispersão são válidas para  $\delta > \epsilon$  (parâmetros de Thomsen) e anisotropia forte. Usando as novas equações da onda  $P$  pura, para meios TTI, migramos com a técnica RTM com o método de expansão rápida (REM) os dados sintéticos Hess e BP-TTI, melhorando significativamente as seções migradas quando são comparadas com migrações que não levam em consideração a anisotropia do meio.

**ABSTRACT.** In recent years there has been a growing interest in the use of the wave equations with anisotropy in the imaging of seismic data due to the need to improve the exploration and seismic data processing. Laboratory studies have indicated with convincing evidence that thin layers of shale introduces in the media a polar anisotropy, depending on the inclination of the layers with respect to an axis of symmetry. If the effect of the anisotropy is not taken in account in the imaging procedure, the migrated section will present mispositioned reflectors. Whether the effect of the anisotropy is not taken into account, the seismic image has an error in the positioning of the reflectors. To incorporate the effects of the anisotropy in the seismic imaging, many migration algorithms based on ray theory and the solution of the wave equation have been adapted, from the isotropic case, to correct the effects of the anisotropy in the seismic imaging. Therefore, conventional methods of migration, including the reverse time migration, are prone to errors with some kind of anisotropy in the media, thus producing low resolution images and seismic with mispositioned reflectors. Consequently, to produce images used to delineate reservoirs, for example, methods of migration that take the anisotropy of the media into account must be implemented. In this work we derive  $P$  wave equations for TTI media, starting from the exact dispersion equation for TTI media proposed by (Tsvankin, 1996). This new dispersion equations are valid for  $\delta > \epsilon$  (Thomsen's parameters) and strong anisotropy. Using the new equations for pure  $P$  wave for TTI media, we migrated the Hess and BP-TTI synthetic data set with RTM technique with rapid expansion method (REM). It significantly improved the migrations sections when compared with migrations that did not take into account the anisotropy of the media.

## IMAGEAMENTO DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA DE ÁREAS CONTAMINADAS UTILIZANDO ARRANJOS POÇO-SUPERFÍCIE

**Eduardo Lima de Abreu**

Orientador: Dr. Carlos Alberto Mendonça (IAG-USP)  
111 p. – Dissertação (Mestrado) – Defesa 11.04.2012

**RESUMO.** Procedimentos geofísicos de imageamento de resistividade permitem a identificação de feições no substrato a partir de um conjunto de medidas de resistividade elétrica realizadas por eletrodos na superfície do solo. Na geofísica ambiental, imageamento de resistividade tem sido utilizado para caracterizar áreas contaminadas, pois as propriedades elétricas da água subterrânea são substancialmente modificadas quando contaminantes são dissolvidos. A existência de um contraste de resistividade permite a identificação e o mapeamento dessas áreas contaminadas de um modo não intrusivo. Estudos recentes sugerem que a combinação de eletrodos instalados no interior de poços, em complemento aos eletrodos em superfície, pode melhorar o imageamento elétrico. Este trabalho tem como objetivo estudar a viabilidade do uso de arranjos com eletrodos em poço e em superfície em áreas com potencial de risco ambiental, ou modelos representando tais áreas. Arranjos poço-superfície foram testados em um experimento de laboratório com o propósito de determinar a extensão que as propriedades de uma camada de resíduos orgânicos são modificadas quando a oxidação do sistema é induzida por um dispositivo bioeletroquímico denominado na geofísica como “biogeobateria”. Configurações poço-superfície foram experimentadas em condições de campo na caracterização de uma área de bota-fora de sedimentos com expressiva emissão de metano. Em combinação com dados de poços de monitoramento multinível, esse estudo mostra que níveis com acumulação de gás metano podem ser identificados pelo imageamento elétrico, tanto utilizando eletrodos apenas em superfície quanto em arranjos poço-superfície, com a qualidade do imageamento sendo substancialmente aprimorada no segundo caso.

**ABSTRACT.** Geophysical resistivity imaging allows the identification of subsurface features from a set of resistivity measurements performed with electrodes connected at the ground surface. In environmental geophysics, resistivity imaging has been applied to characterize contaminated sites because the electrical properties of groundwater are substantially modified when contaminant species are dissolved. The existence of a resistivity contrast allows the identification and mapping of such contaminated areas in a non-intrusive way. Recent studies suggest that a combination of electrodes in boreholes, in addition to electrodes at the ground surface, may improve the quality of the electrical images. This work aims to explore the feasibility of such ground-and-subsurface arrays in characterizing environmentally risky areas or scaled models representing them. Combined ground and surface arrays were tested in a laboratory experiment to determine the extension in which the properties of an organic residue were modified when oxidation was induced by a bioelectrochemical device termed as “biogeobattery” in geophysics. Surface-and-borehole arrays were tested in field conditions to characterize a disposal site of organic-rich sediments with expressive methane emanation. In combination with data from monitoring wells with multi-level sampling resources, this study suggests that methane pools trapped at the subsurface can be identified from resistivity images, using either surface or surface-borehole arrays, the quality of the image in the second configuration being substantially improved.



## CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO E SIMULAÇÃO DAS REVERSÕES DO CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA

**Marco Aurélio do Espírito Santo**

Orientador: Dr. Andrés Reinaldo Rodriguez Papa (ON)

113 p. – Tese (Doutorado) – Defesa 16.04.2012

**RESUMO.** A análise dos dados paleomagnéticos mostra que o campo magnético da Terra tem revertido de sinal de maneira desordenada e repentina nos últimos 160 Ma. O processo de reversão é rápido, da ordem de  $10^3$  anos, quando comparado ao intervalo entre reversões sucessivas, que pode levar de  $10^4$  a  $10^7$  anos. Recentes trabalhos de análises de dados, dínamos experimentais e modelagens teóricas têm aprofundado o conhecimento sobre o dínamo terrestre. No entanto, as questões fundamentais relativas à transição de polaridade permanecem sem respostas: a natureza que dispara as reversões, o mecanismo físico que dá origem as reversões, a razão para as variações longas na taxa de reversão, são ainda problemas em aberto. As cronologias modernas de reversões, baseadas em registros paleomagnéticos, têm em torno de 300 reversões ocorridas nos últimos 160 Ma. Várias contribuições têm apontado que uma distribuição que ajusta os dados geomagnéticos é uma distribuição de Poisson com uma taxa de processo constante ou variável. Outros trabalhos apontam a distribuição Gama como uma melhor aproximação para os dados. Recentemente a distribuição de Lévy foi apontada como uma possível alternativa às propostas anteriores. No entanto, devido à amostra de dados ser pequena do ponto de vista estatístico, o processo de reversão ser não-estacionário e existirem inúmeras escalas geomagnéticas a caracterização estatística completa da cronologia de reversões ainda é um desafio. Neste trabalho realizou-se uma caracterização da cronologia de reversões através de uma estatística não paramétrica e de lei de potências efetuada na cronologia de Cande e Kent mostrando que uma distribuição de lei de potências é uma distribuição possível de ajuste para os dados. Este fato levou a introdução de um modelo crítico auto-organizado (SOC) para vi modelar as reversões. Este modelo foi baseado na teoria da complexidade de Bak e Sornette e apresenta dois estados de magnetização equiprováveis. Complementou-se a análise dos dados através da comparação dos dados sintéticos do modelo SOC, como também com dados sintéticos gerados por um modelo de reversões baseados no modelo de Ising 2D. A comparação dos dados reais e sintéticos aponta para a possibilidade de um fenômeno crítico como um possível gerador para as reversões.

**ABSTRACT.** Analysis of paleomagnetic data shows that the Earth's magnetic field has reversed its sign, disorderly and suddenly, during the last 160 Ma. The reversal process is fast, of the order of  $10^3$  years, compared to the interval between successive reversals, which can lead from  $10^4$  to  $10^7$  years. Recent works on data analysis, theoretical modeling and experimental dynamos have thorough knowledge about the terrestrial dynamo. However, fundamental questions concerning the transition of polarity remain unanswered: what triggers the nature reversals, external or internal to the Earth, the physical mechanism that gives rise to reversals, the reason for the long variations in the rate of reversal, are still open problems. The modern chronologies of reversals, based on paleomagnetic records, have around 300 reversals occurred in the last 160 Ma. Many contributions have shown that a distribution that fits the geomagnetic data is a Poisson process with a rate constant and also variable. Other studies indicate the Gamma distribution as a better approximation to the data. Recently, the Lévy distribution has been identified as a possible alternative to previous proposals. However, due to short samples of data from the statistical point of view, the process of reversal being non-stationary and a large number of different geomagnetic scales, a full statistical characterization of the timing of reversals is still a challenge. In this work we carried out a characterization of the timing of reversals through a nonparametric statistics and the law of scale made in the chronology of Cande and Kent showing that a distribution of power law distribution is a possible fit to the data. This fact led to the introduction of a model self-organized critical (SOC) to model reversals. This model was based on the theory of complexity of Bak and Sornette and has two equally probable states of magnetization. We complemented the analysis of data by comparing the synthetic data model SOC, as well as with synthetic data generated by a model based reversals in 2D Ising model. The comparison of synthetic and real data points to the possibility of a critical phenomenon as a possible generator for the reversals.